



# O Labirinto do Conhecimento

Reflexões sobre a Ciência e seu Ensino



Organizadores

Marcos César Izquierdo Neves  
Fernanda Torres Barbosa  
Julia Aguiar Pereira

# **O LABIRINTO DO CONHECIMENTO: REFLEXÕES SOBRE A CIÊNCIA E SEU ENSINO**

**Organizadores:**

**Marcos Cesar Danhoni Neves  
Fernanda Peres Ramos  
Josie Agatha Parrilha da Silva**

**“Meu estado de espírito sintetiza estes dois sentimentos [otimismo e pessimismo] e os supera: sou pessimista com a inteligência, mas otimista com a vontade. Em cada circunstância, penso na hipótese pior, para pôr em movimento todas as reservas de vontade e ser capaz de abater o obstáculo.”**

**Antonio Gramsci**

---



**EDITORA LCV - LABORATÓRIO DE CRIAÇÃO VISUAL  
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL  
GRUPO PET-FÍSICA-UEM**

**TUTOR**

Marcos Cesar Danhoni Neves

**CONSELHO (GRUPO)**

Adão Murillo Ferreira dos Santos

Ellen Karolyne Immich

Fernanda Tiemi Karia

Gabriel Felipe Souza Gomes

Gabriel Francischini de Oliveira

Gabrielly Maria Camargo de Jesus

Guilherme Tavares Tel

Isabela Antunes de Souza Lima

Jessica Fiorini Romero

João Marcos Favaro Lopes

Leandro Moraes Azevedo

Milena Chierrito Oliveira

Pedro Haerter Pinto

Rebeca Leal de Paiva

**EQUIPE TÉCNICA**

Grupo PET-FÍSICA-UEM

---



**Copyright © 2019** para os autores

**Todos os direitos reservados.** Proibida a reprodução, mesmo parcial, por qualquer processo mecânico, eletrônico, reprográfico etc., sem a autorização, por escrito, dos autores.

**Todos os direitos reservados desta edição 2019 para LCV.**

Todas as informações da obra, ora publicada, como as marcas registradas, os logos, as imagens e quaisquer outros conteúdos utilizados, são de responsabilidade dos autores.

**Revisão textual e gramatical:** Carlos Mendes

**Normalização textuale de referência:** Carlos Mendes

**Projeto gráfico/diagramação:** Marcos C. D. Neves

**Capa - arte final:** Valdir Heitkoeter de Melo Junior (título: labirintos que nunca visitei – estudo II; técnica: nanquim sobre papel; tamanho: 18x18cm; ano: 2018)

**Ficha catalográfica:** Eliane Jovanovich (CRB 9-1250)

**Fonte:** Calibri

**Tiragem - versão impressa:** 500 exemplares

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**(LCV - PET-FÍSICA - UEM, Maringá – PR., Brasil)**

D278

O Labirinto do Conhecimento, Reflexões sobre a Ciência e seu Ensino/Marcos Cesar Danhoni Neves, Fernanda Peres Ramos, Josie Agatha Parrilha da Silva (Organizadores).  
Maringá: LCV-UEM, 2019.  
508p. : il.

ISBN 978-85-8017-224-9

1. Educação para a ciência. 2- Conhecimento público. 3. Educação tutorial.  
I. Neves, Marcos Cesar Danhoni, org. II. Ramos, Fernanda Peres, org. III.  
Silva, Josie Agatha Parrilha da, org. IV. Título.

CDD 21.ed. 530

# PRÓLOGO

A presente obra comemora a ciência e seu ensino em todos os seus meandros. Comemora também, em nível local, 27 anos de criação do grupo PET-FÍSICA (Programa de Educação Tutorial) do curso de Física da Universidade Estadual de Maringá. O PET trata-se de um Programa em nível de governo (política pública) criado pelo Ministério da Educação (MEC) em 1979. Comemora também os 15 anos do Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM), da Universidade Estadual de Maringá.

O Programa nasceu com a sigla PET, mas com um nome estranho aos dias de hoje: Programa Especial de Treinamento. Nasceu para ser uma espécie de “depositário” de alunos “diferenciados” ao estilo dos honor Programs ingleses.

O grupo PET-FÍSICA foi fundado em outubro de 1991, data de aprovação para seu funcionamento pelo MEC. Sua criação deveu-se a um Edital Público lançado pelo Ministério para criação de vários grupos no Brasil naquele ano. O Departamento de Física (DFI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM) tornou público este Edital numa de suas reuniões para ver se havia algum professor interessado na elaboração individual de um projeto. Ninguém se interessou, e o Edital na Física passaria em branco não fosse o interesse manifestado pelo seu tutor atual e um dos coordenadores da presente obra.

Naquela época, 1991 até 2010, os projetos PET que respondiam a Editais nacionais eram de cunho autoral. A partir de julho de 2010, os projetos passaram a responder de forma institucional, sem um autor reconhecido como responsável pelo Projeto, o que prejudica a essência do Programa.

O Grupo PET-FÍSICA nasceu como um projeto altamente inter e transdisciplinar. Desde sua origem privilegiaram-se ações que contemplassem ciências, educação, cultura, linguagem, comunicação social. O grupo começou com quatro integrantes em 1991, duplicando no ano seguinte e se consolidando com doze integrantes em 1993, seguindo o cronograma estipulado pelo MEC. As atividades do grupo concentraram-se em:

- i) Discussão da natureza do curso de graduação (licenciatura e bacharelado) e atividades correlatas: mini-cursos, oficinas, palestras, publicação de manual para o estudante de graduação em Física;
- ii) Interação com atividades de ensino e extensão: produção de jornais (“A Resistência”, Jornal Mural, “Programa de Rádio: Minuto da Ciência – Rádio FM Universitária”, “Programa de ensino de Física para Portadores de Necessidades Visuais – PDV”);
- iii) Interação com atividades de ensino e pesquisa: seminários, comunicações científicas em diferentes eventos da área (tutorial e afins), promoção das SNCTs (quase todas as edições, desde sua criação em 2003 pelo Governo Lula, via Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT);
- iv) Inter e Transdisciplinaridade: atividades ligadas à promoção de diálogos com diferentes áreas do conhecimento, especialmente devido à promoção de eventos (destaque para os workshops de arte-ciência), publicação de livros, sites, exhibits, etc.

Nesta longa trajetória, o grupo contou com a formação de quase 130 (cento

e trinta profissionais), e a atuação de três tutores: seu criador (1991-1993), do Prof. Arlindo Antonio Savi (1994-1995); do Prof. Marcos C. Danhoni Neves (1996-2011); do Prof. Ricardo Francisco Pereira (2011) e novamente do Prof. Danhoni (de 2012 em diante).

A tabela 1 (relativa a janeiro de 2018) mostra a distribuição por estratos (graduandos, graduados, mestres, mestrandos, doutores, doutorandos, pós-doutores). O estrato “graduados” encerra dúvidas sobre o destino atual de vários egressos, uma vez que perdemos contato para atualizar o status de cada um. No entanto, os números, baseados na tabela e no gráfico de distribuição 1, permitem a seguinte leitura:

Graduandos	15
Graduados	34
Mestrandos	2
Mestres	23
Doutorandos	6
Doutores	22
Pos Doutores	14
Abandono	9
Pos Graduados	2

Tabela 1. Distribuição de petianos por estratos (pós-graduados aqui têm a conotação de “especialização”).

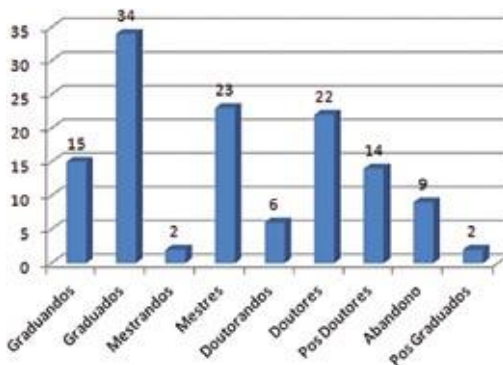


Gráfico 1. Distribuição dos petianos atuais e egressos.

- cerca de 88% de nossos petianos lograram a graduação (com a integralização no grupo, dos 12 bolsistas atuais, este número ficará muito próximo dos 100%);
- 54% estão fazendo pós-graduação (stricto sensu), inclusive 14 (quatorze) logrando estágios de pós-doutoramento;
- do estrato acima, sabemos que 90% já se encontra empregado, majoritariamente, em instituições públicas (universidades estaduais, federais, institutos técnicos, escolas públicas, etc);

- dos 34 graduados, sabemos, difusamente, que a maioria está ou no magistério de Ensino Médio ou se prepara para ingressar em cursos de pós-graduação, preferencialmente, de natureza stricto sensu.

A história do grupo é uma história da promoção efetiva de novas ideias tanto para a graduação quanto para uma universidade que, infelizmente, fecha-se para discussões mais amplas de formação, ao ecletismo, à história da ciência, à cultura. O PET-FÍSICA da UEM tem agido com vigor na promoção de seminários de pesquisa, projetos de experimentação didática nas escolas, ensino de física para pessoas portadoras de necessidades visuais (PDVs) dentro da escola pública (o projeto mais longo do grupo – praticamente desde seu ano de criação), publicação de livros (ver ilustrações abaixo), organização de eventos (com destaque para as Semanas Nacional de Ciência e Tecnologia-SNCT e Workshops Paranaense de Arte-Ciência/International Meeting on Art-Science)



Figuras 2. Livros “PET: correspondência de uma guerra particular”; “Reinventando a graduação”; “Paradigmas e diversidades no ensino de Física”.



Figuras 3. Livros em parceria com o PET-FÍSICA (UEM).

A obra aqui apresentada nasce não somente das atividades do PET-FÍSICA. Nasce também dos trabalhos de pesquisa levados adiante no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM-UEM), em nível de Mestrado e Doutorado que completou, em 2018, 15 anos de existência. O Programa nasceu com o objetivo de formar professores pesquisadores nas linhas de Processos de Ensino-Aprendizagem, Formação Docente, História e Epistemologia da Ciência. Nestes 15 anos graduou 209 Mestres e 67 Doutores.

Em toda essa trajetória muitas produções, além de dissertações e teses, foram produzidas assim como parcerias nacionais e internacionais estabelecidas. O presente livro reúne diferentes temáticas da ciência e de seu ensino, propondo uma espécie de labirinto do conhecimento abarcando um sem-número de áreas científicas que merece o crivo da análise histórica, epistemológica, filosófica, instrumental, educacional.

O PCM-UEM, contou com a colaboração constante de outras Instituições que permitiram a interação com os diferentes autores que aqui aparecem com suas reflexões neste grande labirinto do conhecimento. Dentre estas instituições citamos: DEARTES-UEPG; PPGECT-UTFPR/PG; Museo Galileo (Florença, Itália); Warburg Institute (University College of London, Londre, UK). As diferentes edições dos eventos “Workshop Paranaense de Arte-Ciência”/“International Meeting on Art-Science” (Brasil), “Science & Democracy” (Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, Itália), “Brunian Seminars” (Warburg Institute, UK) contribuíram decisivamente para a escolha dos temas aqui apresentados.

Devemos lembrar ainda o “Programa Nacional de Pós-Doutoramento” – PNPD, criado nas gestões democráticas e progressistas dos governos Lula e Dilma, que permitiram que duas das co-autoras da presente obra pudessem desenvolver seus temas de pesquisa acerca da natureza da ciência e de sua inter e transdisciplinaridade.

Alguns dos artigos de autoria internacional foram mantidos em suas línguas originais (inglês, italiano, francês) para não cair no tão temido bordão traduttore traditore ...

Inúmeros autores e Instituições nacionais e internacionais estão aqui representados neste labirinto do conhecimento no sentido de proporcionar ao público reflexões necessárias para uma ciência que se constrói sob seus paradigmas e, sobretudo, sob uma perspectiva anti-paradigmática necessária para mudar visões de mundo e processos educativos, onde a liberdade de pensamento se sobressaia diante das perspectivas muito ruins num mundo hoje dominado por sistemas anti-libertários, claramente opressores e fascistas.

Os organizadores.  
Maringá, verão de 2019.

# SUMÁRIO

As embarcações companheiras do rio Xingu .....	11
Cosmology and Physics .....	17
The Universe according to Arp .....	23
Relações interdisciplinares entre Artes Visuais e Astronomia: relendo a obra “As Plêiades” de Elihu Vedder .....	31
La Madone sur les cratères de la Lune, une épistémologie esthétique .....	59
L’epistemologia storica del concetto di energia nell’insegnamento della Fisica .....	69
Giulio Cortini .....	83
A escuridão do espaço profundo .....	105
Efeitos inusitados com a luz do Sol .....	115
A História da Ciência e a Filosofia da Ciência ajuda, atrapalha, ou são irrelevantes para o Ensino de Física? .....	131
Olografia e Arte .....	147
SULear vs NORTEar: representações e apropriações do espaço entre emoção, empiria e ideologia .....	159
The nature of Science: a didactical issue .....	181
Sobre as “Mancadas Einsteinianas” .....	199
The quasi-steady state Cosmology .....	221
Open Letter to closed minds .....	233
The origin of the 3K radiation .....	237
O enigma de Saturno .....	243

CTS, alfabetização e as visões deformadas no Ensino de Ciências: formação discursiva entre professores de Física .....	251
The shadow of light: Leonardo's mind by candlelight .....	267
Sobre as manchas solares de Galileo Galilei.....	271
A experiência sinóptica: um instrumento para criar efeitos tridimensionais em obras de arte .....	285
Uma falsa controvérsia: a segunda Lua craterada do Renascimento galileano entre Elsheimer, Cigoli e Passignano .....	295
Via-Íris: a Via Láctea metacolorida .....	303
A construção de um fato científico: um olhar fleckiano sobre a controvérsia da geração espontânea.....	307
Construindo uma impressora 3-D: uma interação entre universidade e comunidade.....	341
Lego Minstrom: a aplicação da robótica no Ensino de Física e no desenvolvimento tecnológico.....	347
Educação Tutorial e a questão do Ensino de Física para portadores de deficiência visual .....	355
Synopter: rebuilding the three-dimensionality from bidimensional world .....	365
Diálogos interdisciplinares Arte-Ciência.....	373
Creativity in the Arts and Science.....	393
Astronomy in Renaissance Art.....	409

# As embarcações companheiras do rio Xingu<sup>1</sup>

Carlos Alfredo Argüello<sup>2</sup>



Em meados de abril de 2002, nas atividades da segunda etapa intermediária de ciências de nosso curso de Educação Indígena de terceiro grau (primeiro curso para formar especificamente professores indígenas de nível universitário no Brasil), percorremos o rio Xingu, desde o posto indígena Coluene até a aldeia Yudjá Tubatuba. O Rio Xingu atravessa a Terra Indígena do Parque do Xingu, na Amazônia legal, estado do Mato Grosso e possui uma riqueza étnica incomparável, formada de 14 povos diferentes.

Na etapa entre Pavurú e Diauarum nos surpreendeu um fato que chamou a atenção de todos os que viajavam no barco de alumínio, impulsionado velozmente pelo motor de popa, e que mereceu nossa reflexão.

No fim da tarde, com o sol já baixo, à nossa esquerda, com a superfície da água assemelhando-se a um perfeito espelho, vimos projetada sobre o topo da vegetação próxima da margem direita uma imagem escura que nos acompanhava, com a mesma velocidade de nossa lancha, “navegando” sobre as árvores.

Próxima do rio, a mata ciliar era densa e coberta de trepadeiras e cipós emaranhados. Não foi difícil reconhecer nesta imagem escura a sombra de nossa embarcação. Movemos os braços saudando a imagem e esta respondia simultaneamente. O problema é que intuitivamente esse não era o lugar da sombra.

A observação detalhada da “sombra” nos mostrou outra embarcação similar, invertida, viajando no mesmo sentido, com a tripulação cabeça para baixo: ambas imagens “coladas” pelo fundo da embarcação, e respondendo também simultaneamente a nossos sinais. Ainda mais surpresas nos estavam reservadas.

Olhando a superfície da água entre a lancha e a margem do rio, descobrimos outro par de imagens similares, que igualmente nos acompanhava (veja esboço na Figura 1). Nos distanciamos da margem, e as imagens sumiram; nos aproximamos, e

1 Trabalho originalmente publicado na revista Física na Escola, v. 5, n. 1, 2004

2 Professor aposentado - Instituto de Física “Gleb Wataghin”, UNICAMP, Campinas, Brasil.



elas reapareceram . Quanto mais veloz a lancha, mais nítidas as imagens das quatro embarcações.

Ali estavam as “embarcações companheiras” do rio Xingu, que só nos abandonariam no momento em que o sol se afundou no horizonte, pouco antes da chegada a nosso destino.

Quero utilizar este episódio para ilustrar, a partir de um fato real, cotidiano, o que é Ciência, o que é atitude científica, qual o processo de fazer Ciência e de como podemos praticar uma educação em Ciência contextualizada, mesmo nos lugares mais distantes e hostis.

### **O estado de alerta: a observação crítica da natureza**

Quando observamos o mundo que nos rodeia, há eventos que não podemos explicar imediatamente, ou porque não conhecemos esse mundo suficientemente bem ou porque estes eventos são realmente novos para nós. Em ambos os casos é fundamental perceber, detectar o fenômeno que cria a necessidade da explicação.

Devemos estar atentos continuamente, sem descanso, para a observação crítica do mundo que nos rodeia e, uma vez formulada a pergunta fundamental, devemos ser confiantes na possibilidade da explicação. Não há mistérios eternos, há somente coisas que não sabemos explicar ainda.

Essa confiança na existência de uma explicação satisfatória, racional e coerente com o corpo atual de conhecimentos, e a atitude contínua e persistente da observação crítica do entorno são molas mestras que acionam a Ciência e que nos torna observadores científicos.

Na nossa longa viagem pelo rio Xingu aconteceram muitos fatos interessantes, melhor detectados por alguns, quase despercebidos por outros. Vimos atravessando as margens do grande rio um veado, uma raposa e uma jovem preguiça, além de inúmeros animais. Alguns destes fatos não geram perguntas; são corriqueiros. É comum um veado atravessar um rio a nado. Mas a preguiça, com sua extrema lentidão de movimentos, não é um bom nadador, então nos perguntamos: o quê ela faz quase afogada no meio de um rio de forte correnteza?

Explicações surgem, são hipóteses que seguem a pergunta formulada: a preguiça, sendo jovem e portanto pouco experiente, pode ter caído de uma árvore da margem. Ou talvez tenha sido perseguida por algum de seus predadores naturais e entrado no rio como último recurso para escapar.

Neste caso a hipótese, por não contradizer nossa experiência, o nosso corpo de conhecimentos sobre a região, e ser coerente com estes, torna-se uma explicação possível e satisfatória. Resta-nos somente nos aproximarmos da margem e deixar a preguiça que resgatamos a salvo em uma árvore distante da água.

### **A necessidade de uma explicação elaborada**

Há também situações que fogem a possibilidade de explicação imediata, convertendo-se em um desafio. Reconhecer e aceitar esse desafio consiste na base da atitude científica em busca de uma explicação mais elaborada, e que muitas vezes contraria

nossa intuição. Voltemos ao exemplo das quatro embarcações companheiras.

Nossa intuição nos diz que as imagens devem ser provocadas pela reflexão da luz do sol na água calma do rio e a embarcação, ou a sombra desta, interrompendo esta luz, produz uma mancha escura com contornos definidos.

O que a óptica básica nos diz? Que só poderemos ver este fenômeno quando o ângulo determinado pela altura  $h$  da matas ciliares e a distância  $d$  da embarcação até ela seja menor que o ângulo  $\hat{a}$  que descreve a altura do sol (Figura 2).



Figura 1. Esboço das embarcações companheiras.

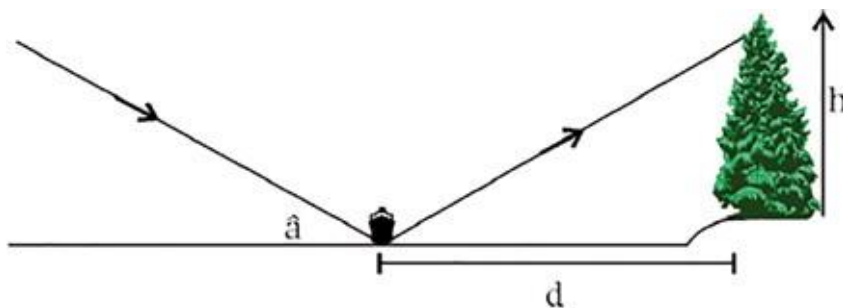


Figura 2

Utilizamos aqui a conhecida lei da reflexão, que assegura que o ângulo da incidência é igual ao ângulo da reflexão.

Também sabemos que na incidência normal sobre água (na vertical) é refletida tão-somente 2% da luz incidente. Na reflexão rasante, o valor do coeficiente de

reflexão chega ao seu valor máximo, 100%, calculado utilizando-se a lei de Fresnel. Podemos assim obter o valor exato do coeficiente de reflexão, para o ângulo de incidência determinado que em nosso caso sempre será muito alto.

Na Figura 3 mostramos a iluminação direta D e a refletida, R que incidem sobre a mata ciliar. Portanto, a mata ciliar no lugar da sombra da embarcação experimenta uma diminuição de intensidade de 50% na sua iluminação quando o sol está perto do horizonte.

### A forma das imagens companheiras

Sobre um espelho plano horizontal colocamos um objeto opaco, e iluminamos o objeto com um feixe paralelo de luz. Observando o feixe luminoso refletido em uma tela vertical, obteremos duas sombras do objeto, uma direita e outra invertida como mostra a Figura 4. A sombra direita A,B é formada pela luz refletida na água e depois bloqueada pelo objeto. A sombra invertida B,C é formada pela luz bloqueada e depois refletida na água. Como o raio B coincide em ambos casos, as duas sombras aparecem ligadas pela sombra da base do objeto.

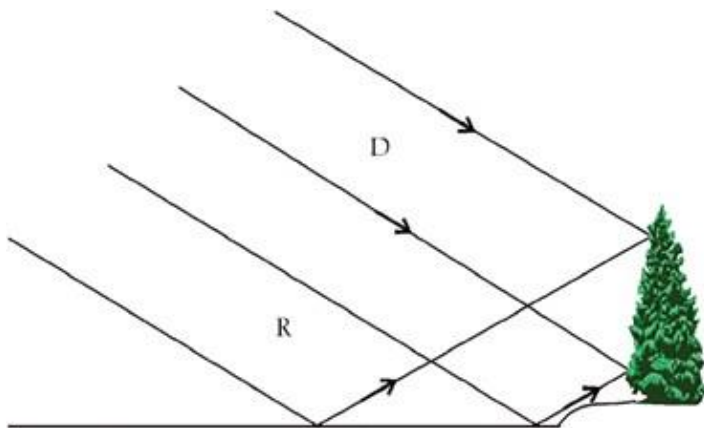


Figura 3

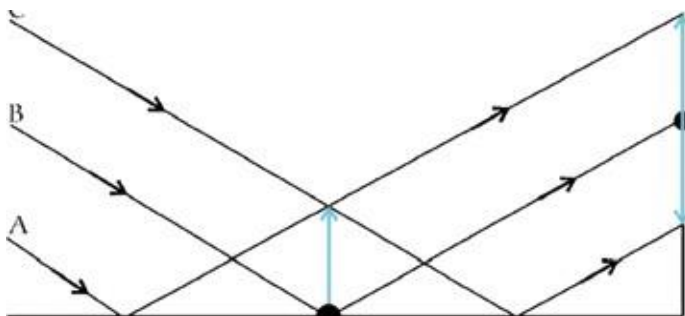


Figura 4



**Figura 5**

Para completar nossa explicação, percebemos que as outras duas imagens não são nada mais que o reflexo da mata ciliar, que contém a projeção Figura 5 das sombras, novamente a sua intensidade beneficiada pelo grande ângulo da reflexão.

### **O laboratório**

A explicação dada, que parece convincente, e está de acordo com as leis fundamentais da óptica geométrica e da Física, pode ser corroborada montando um modelo onde reproduzimos as características dos parâmetros relevantes do fenômeno observado (Figura 4).

### **A persistência da imagem na retina**

Quando diminuimos a velocidade da embarcação, o fenômeno torna-se difícil ou impossível de observar. É também muito difícil observar esse fenômeno se nos deslocamos em uma canoa a remo. Em uma situação estática, com a embarcação parada, a imagem desta na mata não é perceptível devido à irregularidade da mata como “tela de projeção”, com partes em diferentes profundidades e poder de reflexão variável. Quando viajamos a boa velocidade, com nossos olhos focalizados nas sombras da embarcação, o olho não percebe as variações e irregularidades causadas pela posição detalhada de partes da tela de projeção (mata ciliar), devido ao fenômeno de persistência da imagem detectada na retina.

Por décimos de segundo nosso cérebro percebe uma “tela média de projeção” nesse intervalo de tempo. Quanto mais veloz a nossa viagem, mais elementos intervem na média da observação e mais nítida esta se torna.

## Considerações finais

Com este roteiro resumido, pretendemos mostrar como podemos aproveitar fatos da vida cotidiana, contextualizando então nessa situação; enunciados, leis, métodos importantes da atividade científica, como exemplo e guia de futuras e diferentes atividades. Se bem que é certo que a explicação teórica é suficiente e elementar, a atividade de simulação experimental é fundamental quando se trata de explicar fenômenos deste tipo a nossos alunos índios, cuja cultura privilegia o desempenho manual e está longe das características necessárias para a abstração científica que se reflete em fórmulas, leis, princípios e enunciados de validade universal.

Alguns poucos canoieiros indígenas que observaram este fenômeno, tratam de associá-lo a explicações mágicas. No entanto, dentro da escuridão da Oca (grande casa indígena coletiva), uma simples experiência realizada com uma lanterna, um pedaço de espelho ou vidro e um objeto qualquer (semente, pedra, etc...) pode mostrar à comunidade a existência de outras formas de observar o mundo e de explicá-lo, que trazem a riqueza do pensamento quantitativo, experimental e amplamente generalizador.

Este é um exemplo de educação em Ciência a partir do contexto etno-cultural do aluno e dos conhecimentos prévios de seu povo. Se há milhares de anos os índios do Xingu utilizam a canoa a remo, que ainda hoje usam para pescar, há várias décadas também utilizam barcos de alumínio movidos a motor de popa, e esse é o contexto no qual realizam hoje suas grandes travessias.

Devemos também não ridicularizar ou destruir impiedosamente o pensamento mágico. Sentimos, nas grandes distâncias navegadas, longe de qualquer contato com a nossa cultura, isolados nas entranhas da selva, também algo mágico nas quatro embarcações que nos acompanhavam, em um mundo luminoso de rios espelhados e densas matas.

## Referências

- D. Halliday, R. Resnick, e K. Krane, Física 4 (LTC, Rio de Janeiro, 1992).
- G. Fowles, Introduction to Modern Optics(H, Rand W. Inc., USA, 1968).

# Cosmology and physics<sup>1</sup>

Halton Arp<sup>2</sup>

Starting from 1966 it has become increasingly clear that high redshift objects are physically associated with disturbed, low redshift galaxies. An empirical sequence of birth of high redshift quasars in the nucleus of a parent galaxy, their ejection and subsequent evolution into lower redshift quasars and then into somewhat higher redshift companion galaxies can be demonstrated. Observationally this is how new galaxies are being created. But the fact that their redshifts are intrinsic and decrease with time will be argued here as invalidating the entire, conventional relativistic physics. Therefore extraordinary observational proof is required. A sample of some of the high probability associations is shown in Figures 1-3. Detailed accounts of the full evidence may be referenced in the book "Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academic Science" (Arp, 1998).

To summarize the observational situation, there is ample evidence that energetic nuclei eject matter. Quasars, along with galaxy clusters tend to be strong X-ray and radio emitters like the nuclei of large, active galaxies from which they originate. The ejected objects, however, are isolated compact energy condensations and cannot persist in their present form for a long duration of time. Therefore, it is established that these high redshift objects are young. Their redshifts diminish as they travel outward and evolve into more normal galaxies.

## The new cosmological theory

In 1977 Narlikar and in 1993 Narlikar and Arp showed that the conventional Friedmann solution of the field equations of relativity yielded a more general solution if particle masses were allowed to be a function of time. This yielded a simple solution where particle masses, and therefore spectral shifts, varied with age since creation (t):

$$m \propto t^2 \propto (1 + z)^{-1}$$

This solution is in flat (Euclidean) space where the  $G_{\mu\nu}$  terms are = 0 in the famous:

$$G_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}.$$

At first, we considered it a much needed validation of the variable mass theory of redshifts, that it was an actual solution of the greatly honored Einstein equations. Slowly I have now come to the opinion that the Riemannian space curvature terms on the geometric "field" side of the TR equation were only a complicated, non-physical

<sup>1</sup> Published at *Acta Scientiarum* 22(5):1281-1284, 2000. ISSN 1415-6814.

<sup>2</sup> *Max-Planck Institut fuer Astrophysik, 85741 Garching, Germany.* Este capítulo homeageia seu autor que faleceu em 28 de dezembro de 2013.



way of fitting the observations that resulted from the real, but ignored variations of the mass,  $m=m(t)$ . In fact I have come to view the equation

$$0 = T_{\mu\nu}$$

as a tautological conservation of momentum/energy which destroys the basis of TR.

Moreover, since particles could be created at any time, their clock rates ran on various time scales ( $\tau$ ) which, as they aged, speeded up, gradually approaching the universal time scale ( $t$ ). Because of this universal time scale, a primary reference frame was implied (another anathema to relativity theory). Singularities involving infinities, such as black holes, do not exist in the new solutions because they become creation events (white holes). It is the emergence of matter from mass/energy concentrations which in fact is actually observed.

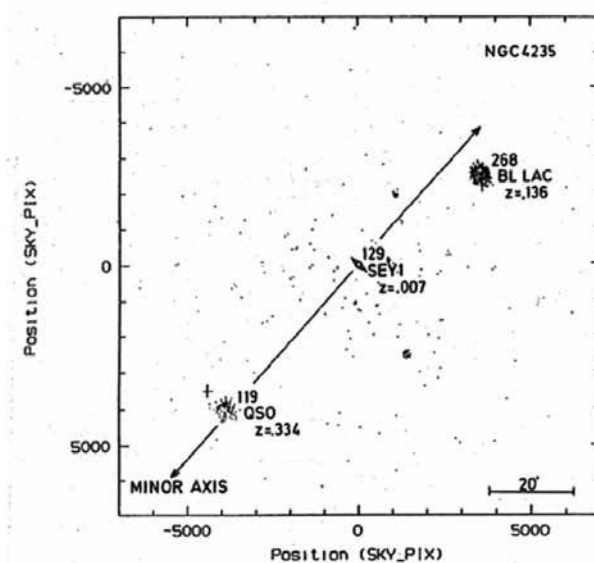
The most fundamental change of concept which the non-velocity redshifts have initiated is the nature of mass. Here the mass of an electron, for instance, depends on the number of particles with which it has communicated. As its signal horizon expands (at velocity  $c$ ) its mass increases, the photon emitted in an atomic transition increases in energy and its redshift decreases with time. For galaxies all created at the same time, redshifts increase as we look back in time to the more distant galaxies - exactly as in the relation observed by Hubble. But this is a Machian universe which Einstein regretted never having been able to achieve.

As a further comment, the “dark” or “missing” matter is eliminated as a problem because galaxy masses judged from redshift dispersions are no longer so large. The last bastion of dark matter, the flat rotation curves of spiral galaxies, are better fitted by Milgron - Sanders - McGonough models (see Sellwood and Kosowsky 2000 for latest references). I personally suspect a “pushing” sea of much faster than light gravitons as advocated by Le Sage and Van Flinders is the explanation for gravity. This model is possibly now forced by the elimination of the conventional curved space-time explanation of gravity which, in any case, was impossible to unify with electromagnetism in TR.

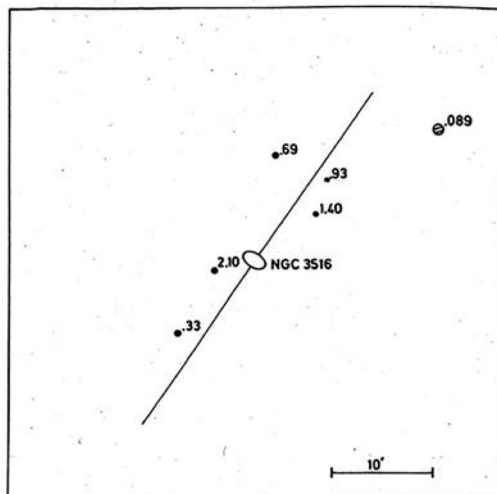
### **Proper time for local physics**

Led by investigations of Tepper Gill and Hans Montanus (1999), among others, a new way of treating classical physics problems is evolving. It is called proper time physics because there are two time scales,  $t$ , the universal time and the different  $\tau$  time scales for many different objects. It takes place in flat (Euclidean) space with a preferred reference frame. As the summary Table 1 shows, these essential properties are exactly the same as in the Narlikar-Arp variable mass cosmological solution. The  $m(t)$  properties do not come into the traditional local physics problems because the creation epoch of the dominant material is the same. But on the cosmological scale the effects of different creation epochs are enormous (and lead to the reductio ad absurdum of the Big Bang). It is very attractive, some might even say mandatory, to have at present the same physics applied to phenomena on all scales.

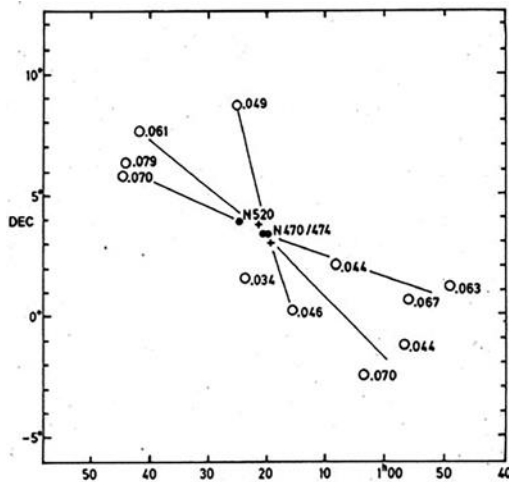




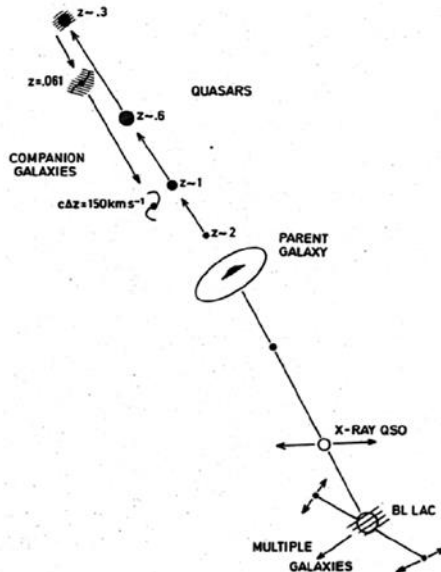
**Figure 1.** A field pictured in X-rays showing a pair of quasars (redshifts =  $z = .334$  and  $.136$ ) aligned along the minor axis of the active Seyfert galaxy NGC 4235 (from Arp 1997)



**Figure 2.** Six quasars ejected out along the minor axis of the active Seyfert galaxy NGC 3516. The chance is about one in a million of accident configuration. The redshifts diminish with increasing distance from the galaxy and also fall close to quantized values of redshift which quasars obey. The discovery was rejected by Nature Magazine (from Chu et al. 1998)



**Figure 3.** Plus signs locate two very bright radio quasars paired across a bright, disturbed pair of galaxies. The chance of this configuration being accidental is about one in a billion! Further out the quasars have diminished in redshift and split up into clusters of galaxies as indicated by the open circles (from H. Arp and D. Russel, Origin of clusters of galaxies, ApJ submitted)



**Figure 4.** Schematic representation of quasars and companion galaxies found associated with central galaxies from 1966 to present. The progression of characteristics is empirical, but it is also required by the variable particle mass theory applied to galaxy creation by Narlikar and Arp (1993). The diagram is from H. Arp (1998)

In the last column of Table 1 I have listed, in abbreviated form, logical refutations of the relativistic tenets - refutations that require no mathematics or expert knowledge. (It is a pleasure to acknowledge Tom Van Flandern (2000) which reference I have paraphrased for many of the entries.) There is a growing number of independent researchers who are now making specific analyses of TR and finding rigorous disproofs, in its own language, of various TR assumptions. I have listed just a few of them at the bottom of the proper time column in Table 1.

Concept	Var. mass	Proper time	Relativistic	Common sense
primary reference frame		✓	X	Aver. over detection = reference
flat (Euclidean) space	✓	✓	X	Space defined as direction
universal & local time	✓	✓	X	Clocks run fast and slow
no singularities (black holes)	✓	✓	X	Finite does not go infinite
no fields (action at distance)	✓	✓	X	Causality
$mas = f(t)$	✓		X	$m \neq f(t)$ as $v \rightarrow c$
$mas = f(t)$	✓		X	Mach, e. m. speed = c
no dark matter			X	High redshifts not velocity
no Big Bang, expansion of space or faster than light inflation	✓		X	Something cannot come from nothing, space cannot expand
	cosmological	terrestrial	historical	
	Hoyle	Van Flandern Phipps, Gill	Einstein	
	Narlikar	Selen, Dover, Montanna	Academia	
	Arp	Galecki	Media	

**Table 1.** Some of the most important concepts in modern physics and cosmology are listed in the first column. The next three columns show whether variable mass, proper time or TR physics support or violate these concepts. The last column gives the common sense (operational definition) of the concepts. Finally, at the bottom of the columns are a few of the names associated with the three analytical systems

Probably many of these independent researchers have wondered whether Academia is a doomed institution. Has 800 years of uncritical approval and acceptance led to senescence? Has a self-serving feedback loop between academia and the news media convinced the two parties that fundamental assumptions can never be questioned?

What is to be done? Press with logic and insistence on both estates? Of course! Press ahead with independent research and mutual support from all such researchers. Of course! It is my hope that by putting forth the candid thoughts of this paper, we may use each other's results and concepts to unify science on all scales, and across all disciplines, in a way that will lead to more fruitful discussions and understandings in the future.

## References

- Arp, H. Pairs of X-ray sources across Seyferts: The NGC4235 field. *Astron. Astrophys.*, 328(2):17-20, 1997.
- Arp, H. *Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academic Science*. Montreal: Montreal, 1998.
- Chu, Y.; Wei, J.; Hu, J.; Zhu, X.; Arp, H. Quasars around the Seyfert galaxy NGC 3516.

Astron. Astrophys., 2:596598, 1998.

Gill, T.; Montanus, H. Proper Time Physics. Hadronic J., 22:625, 1999.

Narlikar, J. Two astrophysical applications of conformal gravity. Ann. Physics, 107:325, 1977.

Narlikar, J.; Arp, H. Flat spacetime cosmology: a unified framework for extragalactic redshifts. Astrophys. J., 405(1):51-56, 1993.

Selwood, J.; Kosowsky, A. Does dark matter exist? Astroph/0009074, 2000. In.: van Flandern, T. Physics has its principles. Meta Bull., 9(1), 2000.

# The Universe According to Arp<sup>1</sup>

Domingos S. L. Soares<sup>2</sup>, Marcos C. D. Neves<sup>3</sup>, Andre K. T. Assis<sup>4</sup>

We are used to being astonished by beautiful images of galaxies, splendid arrangements of stars, gas and interstellar dust. The Sun and its planetary system are located in one of them, the Milky Way galaxy, a giant spiral galaxy, with the Sun sitting in the periphery of its disk. Our similar-sized neighbor is the Andromeda galaxy, another spiral, formidable and harmonious, especially when contemplated with a telescope. Incidentally, the Andromeda galaxy is the most distant cosmic object visible with the unaided eye.

But galaxies, like people, can also be complicated and strange, and interact in a very peculiar way. And that is what we shall deal with here—with such a complex and, to a degree, indomitable universe.

One of the first astronomers to embrace the “weird” galaxies was the American Halton Christian Arp<sup>5</sup> (1927-2013), born in New York City, United States, and well-known amongst his friends and close colleagues by the nickname “Chip.” He graduated in astrophysics in 1953, but even before this date, he had worked under Edwin Hubble (1889-1953). In 1957 he began to work at the Palomar Observatory, which then had largest telescope in the world, the 200 inch Hale telescope. Arp worked for 29 years at Palomar until he finally moved to the Max Planck Institute for Astrophysics, in Germany in 1983, where he stayed active in astronomy until his death in 2013.

Our story begins with Arp’s interest for galaxies with strange shapes, in the majority of the cases, caused by gravitational interactions with their close neighbors. Some of them were clearly in the process of merging. Two or more galaxies interact so strongly that their original shapes are destroyed and the interacting group quickly turns into a single object made up of the aggregation of stars and all material present in the original galaxies. As soon as he began his work at Palomar, he started to look for galaxies of this kind. After quite some time, in 1966 he published the result: an atlas of “weird” galaxies, the “Atlas of Peculiar Galaxies,” which, to this day, is still used in astronomical research dedicated to understanding the evolution of galaxies.

---

1 Trabalho apresentado para o livro-homenagem a Halton Arp, editado por Roy Keys pela Editora Apeiron, Canadá

2 Physics Department. Federal University of Minas Gerais. P. 702, 30123-970 Belo Horizonte, MG, Brazil dsoares@fisica.ufmg.br – www.fisica.ufmg.br/~dsoares

3 Physics Department. State University of Maringá – UEM 87020-900 Maringá, PR, Brazil. macedane@yahoo.com – www.galileo-400-anos.blogspot.com

4 Institute of Physics ‘Gleb. ataghin’ University of Campinas — UNICAMP 13083-859 Campinas, SP, Brazil. assis@ifi.unicamp.br – www.ifi.unicamp.br/~assis

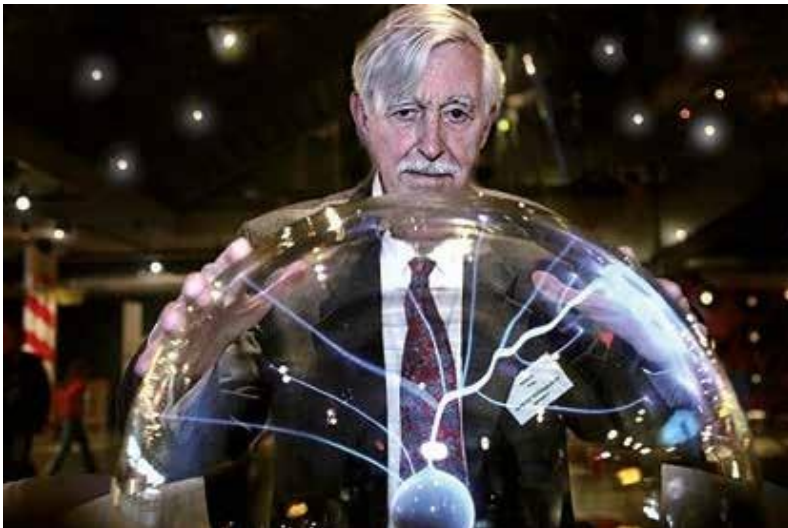
5 After being ill for some time, Halton *Chip* Arp passed away on December 28, 2013 in Munich, Germany. He was born on March 21, 1927 in New York City, United States. Arp is well known for his non orthodox views in astrophysics and specially in cosmology. He is the author of the renowned *Atlas of Peculiar Galaxies* (1966), of innumerable scientific publications and of the books *Quasars, Redshifts and Controversies* (1987) and *Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academy* (1998). Arp was living in Germany since 1983 where he was a researcher at the Max Planck Institute for Astrophysics. According to a communication from our colleague Hilton Ratcliffe “*His legacy will live on with anyone who is concerned with objective scientific reason. Chip was a fine man and a very dear friend and colleague. His final paper is currently with the referees of ApJ, and I shall let you all know when it is published.*”

The Atlas consists of a set of 338 sky fields, presented in rectangular format, identified by “Arp nnn,” where “nnn” is the number of the field. Each field shows one or more galaxies that always exhibit some peculiar structure, often caused by the gravitational interaction between them. The field sizes range from – the smallest – 2 arcminutes wide, up to 1 degree wide (Arp 318). The fields were observed with the 200 inch. telescope and with the 48 inch Schmidt telescope, the latter well suited for the larger sky fields. The images were engraved on photographic emulsions specially designed for astronomical use.

Arp sorted the general features of his Atlas in four large groups.

- Arp 1 to 101 – Spiral galaxies that have: low brightness, subdivided spiral arms, arms with detached segments, three arms, one arm, faint companions and elliptical galaxies as companions.
- Arp 102 to 145 – Elliptical galaxies with the following features: connected to spirals, close to disturbed spirals, close to galaxy fragments and close to material apparently ejected.
- Arp 146 to 268 – Galaxies (not included in previous groups) that have rings, jets, filaments, tails, amorphous spiral arms and adjacent loops to the main body.
- Arp 269 to 338 – Double galaxies connected by stellar arms (bridges) and with long filaments, galaxy groups and galaxy chains.

Photographic illustrations of these groups, obtained by Arp, are available online at <http://nedwww.ipac.caltech.edu/level5/Arp/frames.html>.



**Figure 1:** Halton “Chip” Arp.<sup>2</sup>

The field Arp 81, shown below, is a pair of spiral galaxies which began colliding, i.e., at closest approach, 100 million years ago. During this period, the original shapes

<sup>6</sup> [Overbye, 2014].

of the galaxies became very disturbed. Their original nuclei and signs of what were their stellar disks are readily visible. At the top of the image is a “tail” produced by the gravitational force of one galaxy over the stellar disk of the other, in this case, the largest one NGC 6621, to the left. Such a structure is called a “tidal tail.” The formation of this tail is due to the very same phenomenon that produces ocean tides on Earth, from which it gets its name. Ocean tides are caused by the combined gravitational forces of the Moon – mainly this – and of the Sun on the terrestrial oceans.



**Figure 2:** The field Arp 81, a pair of galaxies in strong gravitational interaction. The galaxy on the left is NGC 6621 and on the right is NGC 6622. Arp 81 is 300 million light years from us. One of the main consequences of these kind of interaction is an increase in star formation in the galaxies (Credit: Hubble Space Telescope/NASA).

The field Arp 244 is another example where tidal tails clearly show up. This system is known as the Antennae Galaxies because of its peculiar shape. The tails are definitely formed by the gravitational interaction between stars belonging to the disks of the two spiral galaxies that form the system.



**Figure 3:** The field Arp 244, another pair in strong interaction (NGC 4038 and NGC 4039).





The tidal tails that emerge from both galaxies in the pair give the impression of insect antennae, hence the popular name of this system, “Antennae Galaxies” (Credit: Brad Whitmore/STScI).

This was demonstrated for the first time by the brothers Alar Toomre, astronomer and mathematician, and Juri Toomre, astronomer, by means of numerical simulations performed with a computer in the late 1960s. Alar and Juri Toomre were born in Estonia. In 1949 they immigrated to the United States where they graduated and furthered their astronomical research.

Arp 244’s galaxies were represented by stellar disks, each one with 120 particles. These particles, which represent the galaxy’s stars, undergo the action of the gravitational force exerted by both galaxies. Initially the galaxies are perfect disks, and then they are “thrown” into a mutual elliptical orbit. Through the action of the gravitational forces, stars gradually abandon the original disk-like distribution in the subsequent orbital motion. As illustrated below, some of the stars move far away from the majority of stars that formed the disks. The Toomre brothers chose an appropriate angle of view of the simulated system in order to obtain an image that is similar to the real system.

The simulations, of this system and others, performed by the Toomres showed, for the first time in the history of astronomy, that the shapes of interacting galaxies were the result of gravitational interactions among the constituents of the interacting system. Astronomy, the study of the locations of celestial bodies in space and time, is here supplemented by a physical law – Newton’s law of universal gravitation – and becomes authentic astrophysics.



**Figure 4:** Result of the numerical simulation of the Antennae Galaxies. Filled little circles represent stars of one galaxy and open circles stars of the other. The orbital plane of the original galaxies, initially disks of stars, is indicated by “Orbital Plane.” The mutual gravitational forces act in such a way that they pull disk stars out to form tidal tails. Compare this with the previous figure, which is an image of the real system (Credit: Alar Toomre and Juri Toomre).

After the publication of Alar and Juri Toomre’s investigation in ApJ, in 1972, the study of interacting galaxies by means of numeric-computational simulations became a topic of great attention in the astronomical community. This kind of simulation is known as “N body simulation,” where the systems involved in the interactions are represented by systems with N particles. In the simulation of Arp 244, there are N

= 240. Nowadays, with the development of supercomputers, N can easily reach 100 thousand. Furthermore, galaxies are represented by more realistic models with the inclusion of gas and dust, which are important components of many galaxies. Other processes are also considered such as the chemical evolution of galaxies and the consequent changing in their stellar populations, and hydrodynamic interactions, typical of gaseous components.

The indomitable universe can not only be seen in the cosmic dimension. It also marked Arp's attitudes throughout his entire scientific life.

He is known for his strong opposition to the standard model of cosmology. The orthodox scientific community acclaims the standard model, the Big-Bang model. Nevertheless, its critics point out to its many inconsistencies, especially when the predictions of the theory are confronted with astronomical observations. Most of Arp's ideas in this and other scientific topics were publicized, for the specialist and non-specialist, in his three books, *Quasars, Redshifts and Controversies* (1987), *Seeing Red* (1998), and *Catalogue of Discordant Redshift Associations* (2003).

In 2003 one of the authors, MCDN, met Halton Arp twice in Italy. The first meeting happened in Naples, at the Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, at Palazzo Serra di Cassano, during the International Congress on Science and Democracy, organized by Marco Mamone Capria.<sup>7</sup> The second meeting took place in Pavia at the International Workshop on Alternative Cosmologies, organized by Enrico Giannetto.

It was a great pleasure for MCDN to meet him. Three years later he invited Arp to write a paper for the *Acta Scientiarum* journal of the Universidade Estadual de Maringá (Brazil), as MCDN was responsible for the section on natural sciences of this publication. He accepted the invitation and published the paper "Cosmology and Physics."<sup>8</sup> In this work he considered the observation of extra-galactic bodies, showing that their redshifts were a function of their age, instead of being a function of their recessional velocities away from us. Arp believed that a model like the big bang was not necessary in order to understand the

behavior of the universe. In this paper he pointed out that the analysis of new data indicated the necessity of a new physics in order to satisfy experiments which had up to now been based on Einstein's theory of relativity (TR). He believed that the present situation requires simple logic rather than mathematical formulae for new solutions. It also requires new rules which are outside the normal scope of TR. He criticized the paradigms which confine science to the news media by an inadequate use of an old physics which is not open to the new possibilities required for a deep understanding of nature and the universe.

He concluded this paper as follows:

Probably many of these independent researchers have wondered whether Academia is a doomed institution. Has 800 years of uncritical approval and acceptance led to senescence? Has a self-serving feedback loop between

7 [Fanuzzi, Gargano and Chiaro, 2010].

8 [Arp, 2000].

academia and the news media convinced the two parties that fundamental assumptions can never be questioned? What is to be done? Press with logic and insistence on both estates? Of course! Press ahead with independent research and mutual support from all such researchers. Of course! It is my hope that by putting forth the candid thoughts of this paper, we may use each other's results and concepts to unify science on all scales, and across all disciplines, in a way that will lead to more fruitful discussions and understandings in the future.

Below we present a few of the events which took place in Italy, organized by the Istituto Italiano per gli Studi Filosofici,<sup>9</sup> in which Arp participated. The participants are also listed to give an idea of the persons with whom he was probably in contact during these meetings.

- **NEW IDEAS IN ASTRONOMY**, In collaborazione con l'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Padova e l'Osservatorio Astronomico di Padova. Venezia, 5-7 maggio 1987. Relazioni di: C. Maccagni, F. Hoyle, J. Heidmann, R. Kraft, A. Renzini, C. Chiosi, L. Rosino, V. Ambartsumian, R. Dickens, M. Roberts, R. Wolstencroft, S. Bonometto, M. Capaccioli, G. Bertin, M. Burbidge, S. Di Serego-Alighieri, E. Khachikian, P. Rafanelli, I. Pronik, J. Sulentic, N. Sharp, G. Schnur, S. Cristiani, H. Arp, W. Tifft, W. Napier, W. Saslaw, W. Alfvén, L. Woltjer, G. Burbidge, A. Treves, A. Zensus, J. Narlikar, J. P. Vigièr, G. Börner, R. Sanders, J. C. Pecker, K. Rudnicki, J. Wampler, W. Brinkmann, A. Cavaliere, D. Sciama, V. Clube, R. Ruffini.
- **KOSMOS: LA COSMOLOGIA OGGI TRA FILOSOFIA E SCIENZA (COS- MOS: COSMOLOGY BETWEEN PHILOSOPHY AND SCIENCE)**, In collaborazione con l'Istituto Gramsci Veneto e il Goethe Institut, Venezia, 8-9 maggio 1987. Relazioni di Umberto Curi, Livio Gratton, Halton C. Arp, Dennis W. Sciama, Jayant V. Narlikar, Enrico Bellone, Geoffrey Burbidge, Jean-Pierre Vigièr, Oddone Longo, Nicola Badaloni, Dieter Wandschneider, Fred Hoyle, Carlo Sini, Jean Heidmann, Paolo Zellini, Jean-Claude Pecker.
- **IL PRINCIPIO ANTROPICO (THE ANTROPIC PRINCIPLE)**, In collaborazione con l'Istituto Gramsci Veneto, il Goethe Institut, il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Padova, Venezia, 18-19 novembre 1988. Relazioni di: John Barrow, Oddone Longo, Brandon Carter, Hubert Reeves, Fred Hoyle, Livio Gratton, Dennis W. Sciama, Jean Heidmann, Frie-

---

<sup>9</sup> [Fanuzzi, Gargano and Chiaro, 2010] and [Gargano, 2005].



drich Cramer, Nicola Dalla Porta, Halton C. Arp, George Coyne, Bernulf Kanitscheider, Massimo Cacciari.

- **LE ORIGINI DELL'UNIVERSO (ORIGIN OF THE UNIVERSE)**, In collabo- razione con: Istituto Gramsci Veneto, Dipartimento di Astronomia dell'Università di Padova, Goethe Institut. Venezia, 15- 16 dicembre 1989. Relazioni di: Umberto Curi, Rudolf Kippenhahn, Ferruccio Franco Repellini, George Ellis, Roberto Barbon, Giulio Giorello, Marco Senal- di, Livio Gratton, Volker Weidemann, Remo Ruffini, Remo Bodei, Pao- lo Rossi, Paul Davies, Roger Penrose, Martin Rees, Halton C. Arp, Juan Casanovas S. J., Jean Heidmann, Dennis W. Sciama, Jean-Pierre Vigier.
- **ORIGINI: L'UNIVERSO, LA VITA, L'INTELLIGENZA (ORIGINS: UNIVERSE, LIFE, INTELIGENCE)**, In collaborazione con l'Istituto Gramsci Veneto e il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Padova. Venezia, 18- 19 dicembre 1992. Relazioni di: Umberto Curi, Oddone Longo, Paolo Budinich, Margherita Hack, Massimo Calvani, Julian Chela-Flores, Cris- tiano Cosmovici, André Brack, Francesco Bertola, Jean Heidmann, Regi- naldo Francisco O. P., Dennis W. Sciama, Halton Arp.
- **LA BELLEZZA DELL'UNIVERSO (THE BEAUTY OF THE UNIVERSE)**, In collaborazione con l'Istituto Gramsci Veneto e l'Università di Padova. Venezia, 17-18 dicembre 1993. Relazioni di: Umberto Curi, Carlo Sini, Nicolò Dallaporta, Giangiorgio Pasqualotto, Giò Pomodoro, Massimo Calvani, Peter Kafka, Giovanni Boniolo, Bruno Bertotti, Halton Arp, Francesco Bertola, Werner Zeilinger, Enrico Bellone, Paolo Bettiolo, Jean Heidmann, Franco Rella, Dennis Sciama.
- **CONVEGNO INTERNAZIONALE: SCIENZA E DEMOCRAZIA (INTERNA- TIONAL CONGRESS: SCIENCE AHD DEMOCRACY)**, In collaborazione con l'Università di Perugia. 12- 14 giugno 2003. Relazioni di: Stefano Dumontet, Marco Mamone Capria, David Rasnick, Marcos Cesar Dan- honi Neves, T. Tonietti, A. Drago, G. Moran, Halton Arp, David Rasnick, Roberto Germano, Anthony Liversidge, Sergio Siminovich, Frank Lad, Marinella Leo, Raffaele Capone, Marco Mamone Capria, Sergio Calde- raro, Adriana Valente, I. Nobile, Pasquale Santé, Federico Di Trocchio.
- **PAVIA INTERNATIONAL WORKSHOP ON ALTERNATIVE COSMOLOGIES**, Organized by Eric Lerner and Enrico Giannetto, June 23- 25, 2003, Uni- versità degli Studi di Pavia. Relazioni di: Jack Sulentic, Sisir Roy, Menas Kafatos, Chuck Gallo, Anthony Peratt, Halton Arp, Ya. Baryshev, H. C. Kandpal, Eric J. Lerner, Jacques Moret-Bailly, Marcos Cesar Danhoni Neves, Georges Paturel, Francesco Sylos Labini.

In honor of his brilliant work and the bravery he always showed in his constant fight against the establishment, two of the authors (AKTA and DSLS) have done

a Portuguese translation of one of his books.<sup>10</sup>

Randall Meyers, the celebrated composer, especially known by the music he composed for the Hollywood film “The English Patient,” who directed and produced the documentary film “Universe: The Cosmology Quest,”<sup>11</sup> published on his official website<sup>12</sup> a precious short film in memory of Fred Hoyle, showing his meeting with Chip Arp. In this encounter we perceive the power of anti-paradigmatic arguments against the establishment. It is vitally important to keep alive the memory of this great warrior of modern science.

## Bibliography

Arp, H., Atlas of Peculiar Galaxies (California Institute of Technology, Pasadena, 1966).

Arp, H. Catalogue of Discordant Redshift Associations (Apeiron, Montreal, 2003).

Arp, H. Quasars, Redshifts and Controversies (Interstellar Media, Berkeley, 1987). Arp,

H. Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academy (Apeiron, Montreal, 1998) Arp, H., Cosmology and physics. *Acta Scientiarum*, Vol. 22 (5), pp. 1281-1284 (2000).

Arp, H., O Universo Vermelho: Desvios para o Vermelho, Cosmologia e Ciência Acadêmica (Editora Perspectiva, São Paulo, 2001), Portuguese translation by A. K. T. Assis and D. S. L. Soares.

Fanuzzi, M., Gargano, A. and Chiaro, A. La dimensione internazionale dell'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici (Napoli, IISF, 2010).

Gargano, A., Lezioni di Premi Nobel (Napoli, IISF, 2005).

Meyers, R. Universe: The Cosmology Quest. Los Angeles: Floating World Films, 2004. Available at: <http://www.youtube.com/watch?v=KmotCQCxQEI> and [http://www.youtube.com/watch?v=m-2uvQ\\_MJz8](http://www.youtube.com/watch?v=m-2uvQ_MJz8).

Meyers, R., <http://www.randallmeyers.com/films.php>, 2012.

Overbye, D., “Halton Arp, 86, Dies; Astronomer Challenged Big Bang Theory.” *The New York Times*. Jan. 6, 2014. Available at: [http://www.nytimes.com/2014/01/07/science/space/halton-c-arp-astronomer-who-challenged-big-bang-theory-dies-at-86.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2014/01/07/science/space/halton-c-arp-astronomer-who-challenged-big-bang-theory-dies-at-86.html?_r=0).

---

10 [Arp, 1998] and [Arp, 2001].

11 [Meyers, 2004].

12 [Meyers, 2012].

# Relações interdisciplinares entre Artes Visuais e Astronomia: relendo a obra “As Plêiades” de Elihu Vedder<sup>1</sup>

Leticia Laís Ducheiko<sup>2</sup>, Josie Agatha Parrilha da Silva<sup>3</sup>, Marcos Cesar Danhoni Neves<sup>4</sup>

## Introdução

A obra “As Plêiades”, do pintor norte americano Elihu Vedder (1836-1923), reproduzida na Figura 1, será objeto de análise, pois, contém questões que propiciam discussões interdisciplinares entre as áreas de Artes Visuais e de Física/Astronomia. A escolha se deu, porque a obra, diferente de “Saturno devorando um de seus filhos”<sup>5</sup> de Rubens ou “Os embaixadores”<sup>6</sup> de Hans Holbein, ainda não encontra análises com perfil interdisciplinar. Neste sentido a pesquisa terá como objetivo apresentar a leitura de imagens como uma possibilidade de desenvolver uma proposta interdisciplinar.



**Figura 1** - Elihu Vedder. As Plêiades. Óleo sobre tela, 61,3 x 95,6 cm, 1885  
Fonte: METMUSEUM<sup>7</sup>, 2014.

Parte-se do pressuposto que uma visão interdisciplinar procura enfrentar os problemas mais globais da sociedade e a superação dos saberes disciplinados,

<sup>1</sup> Publicado em ALEXANDRIA - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.8, n.2, p.199-23, 2015, ISSN 1982-5153.

<sup>2</sup> Licenciada em Artes Visuais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG.

<sup>3</sup> DEARTES-UEPG e PPGECT – UTFPR-PG.

<sup>4</sup> Programa de Educação Tutorial em Física – PET-FÍSICA, Universidade Estadual de Maringá.

<sup>5</sup> Título da obra: Saturno devorando um de seus filhos; Autor: por Peter Paul Rubens; Ano: 1636; Técnica: óleo sobre tela; Tamanho: 182cmx87cm.

<sup>6</sup> Título da obra “Os embaixadores”, Autor: Hans Holbein, O Jovem, ano 1553, Técnica: Óleo sobre madeira; Tamanho: 207cm x209,5cm.

<sup>7</sup> METMUSEUM. As Plêiades. Disponível em: <<http://www.metmuseum.org/Collections/search-the-collections/13070#fullscreen>>. Acesso em 28 de jan. de 2014.



fragmentados e parcelados (FAZENDA, 2008). Assim, com essa leitura de imagem pretende-se alcançar uma visão de mundo mais ampla e que apresente uma possibilidade de resgate do homem com a totalidade da vida e não somente com uma face do conhecimento. (TRINDADE, 2008). De acordo com Trindade (2008, p. 67),

[...] a ciência moderna, eleita a condutora da humanidade na transição das trevas para a luz, o conhecimento desenvolveu-se pela especialização e passou a ser considerado mais rigoroso quanto mais restrito for seu objeto de estudo; mais preciso, quanto mais impessoal. Eliminando o sujeito de seu discurso, deixou de lado a emoção e o amor, considerados obstáculos à verdade. Especializado, restrito e fragmentado, o conhecimento passou a ser disciplinado e segregador. (TRINDADE, 2008, p. 67).

O autor demonstra de forma breve e concisa que com a ciência moderna o conhecimento passou a ser disciplinado, fragmentado e restrito. Trindade (2008) fala, ainda, que a ciência moderna é que foi escolhida como condutora da humanidade, mas que nós vivemos numa época histórica de crises. A ciência compartimentada mostra apenas uma realidade, uma face e afasta questões essenciais da vida e apresenta “uma existência fragmentada e alienada, a humanidade assiste, perplexa, à crise das ciências, à crise do próprio homem”, assim, a crise “aloja-se como reflexo do saber existir fragmentado” (TRINDADE, 2008, p. 68-77).

Trindade (2008) propõe a revisão do conceito de ciência, para uma ciência que assuma a subjetividade e afirma que a interdisciplinaridade apresenta diferentes conceitos e que “[...] surgiu da necessidade de reunificar o conhecimento” (TRINDADE, 2008, p. 72). Seja para reunificar conhecimentos, corrigir problemas procedentes da fragmentação ou como prática pedagógica, a interdisciplinaridade se faz necessária, pois, concordando com Yared (2008, p. 166) “para atingir a maturidade perfeita como pessoa humana, a tarefa da educação visa o homem integral”. Com a interdisciplinaridade busca-se um todo significativo, e a busca de um todo significativo também é o objetivo da leitura de imagem, em que se quer apreender o significado da obra. (GUIMARÃES, 2008).

Para realizar a análise de “As Plêiades” utilizou-se a proposta apresentada por Panofsky (2012), por entender que este se configura como um método de análise que pode ser utilizado em diferentes áreas de conhecimento, inclusive na Arte. Erwin Panofsky (1892-1968), em seu livro Significado nas Artes Visuais (2012), faz analogias entre o cientista e o humanista, sendo que o primeiro investiga a natureza e o segundo os registros humanos, mas o estudo de ambos inicia com a observação. Quando cientistas ou humanistas dirigem “[...] a atenção a certos objetos, obedecem, conscientemente ou não, a um princípio de seleção prévia, ditado por uma teoria, no caso do cientista, e por um conceito geral da história, no caso do humanista” (PANOSFSKY, 2012, p. 25).

Para Panofsky, adotar uma metodologia para o estudo de uma obra de arte significa fazer duas formas de análise, uma análise mais objetiva, chamada por Panofsky de Pesquisa Arqueológica, e uma mais subjetiva, chamada de Recriação Estética (SILVA, 2013). Os dois processos não se sucedem e na verdade se interpenetram, pois “a síntese recreativa serve de base para a investigação arqueológica, e esta, por sua

vez, serve de base para o processo recreativo” (PANOSFSKY, 2012, p. 35). A partir de Panofsky (2012) apresenta-se a leitura de imagem realizada em três atos de análise: a Descrição Pré-Iconográfica, a Análise Iconográfica e a Interpretação Iconológica.

Na pesquisa serão utilizados como referencial teórico Argan (1992), com seu livro *Arte Moderna*, Gombrich (2011) e o livro *A história da arte e Janson* (2001), com o livro *A História Geral da Arte*. Estes três autores são historiadores de arte e discorrem sobre o período e os movimentos artísticos ocorrentes no contexto em que a obra foi concebida. No que diz respeito às questões mais específicas do autor e da obra em análise, serão utilizados Soria (1970), com seu livro *Elihu Vedder: American Visionary Artist in Rome* e Murray (1979), Soria (1979) e Taylor (1979) no livro *Perceptions and Evocations: The Art of Elihu Vedder*. O autor Taylor foi diretor do *Smithsonian's National Collection of Fine Arts*, que possui acervo com obras de Vedder, Murray é pesquisador de arte nos Estados Unidos e Soria é historiadora e se dedica ao estudo de artistas Americanos na Europa no século XIX, sendo portanto, estes autores, de considerável interesse na pesquisa sobre Elihu Vedder e suas obras.

O resultado da pesquisa foi organizado em seis momentos e considerações finais. No primeiro, “Leitura de imagens a partir de Panofsky” será apresentada a proposta desse autor para a análise de imagens; “Elihu Vedder: vida e obra” trará um breve resumo da vida e obra de Vedder; “Sobre a obra *As Pleiades* e seu contexto”, o terceiro momento, apresentará o contexto sob no qual o autor realizou a obra; “Descrição Pré-Iconográfica da obra *As Pleiades*” apresentará o 1º ato da análise proposta por Panofsky; “Análise Iconográfica da obra *As Pleiades*”, apresentará o 2º ato da análise; “Interpretação Iconológica da obra *As Pleiades*” trará o 3º e último ato da análise.

## **Leitura de Imagens a partir de Panofsky**

Para adotar o método de Panofsky, foi necessário instruir-se sobre as circunstâncias em que o objeto foi criado; verificar a informação factual (idade, autoria, etc.) existente, comparar com outras obras da mesma classe etc. Estas informações auxiliarão na realização da leitura de imagem. Para que se possa prosseguir com a apresentação dos passos para a análise e interpretação, é necessário o esclarecimento sobre alguns conceitos utilizados por Panofsky, como Iconografia e Iconologia, e forma e tema.

Iconografia é “o ramo da história da arte que trata do tema ou mensagem das obras de arte em oposição a sua forma” (PANOSFSKY, 2007, p. 47), ou seja, trata do tema ou do assunto da obra (SILVA, 2013). Iconologia é quando “uma iconografia se torna interpretativa e, desse modo, converte-se em parte integral do estudo da arte, em vez de ficar limitada ao papel do exame estático preliminar”, sendo o estudo do significado do objeto e é um método de “interpretação que advém da síntese mais que da análise [...]” (PANOSFSKY, 2012, p. 54). A forma de um objeto é o seu aspecto visível e o tema pode ser descrito em três níveis. Esses três níveis são: o primário ou natural (identificação das formas puras - linha, cor, etc. - são os motivos artísticos); o secundário ou convencional (ligam-se os motivos artísticos aos assuntos e conceitos); e o significado intrínseco ou conteúdo (é a revelação de princípios qualificados por uma personalidade e condensados na obra). (PANOSFSKY, 2007 apud SILVA, 2013, p. 87).

Quando o objeto da interpretação é o tema primário ou natural, faz-se o ato de interpretação Pré-Iconográfica, familiarizando-se com os objetos e eventos, compreendendo a maneira pela qual, em diferentes condições históricas, estes obje-

tos e eventos foram expressos pelas formas presentes na obra. Quando o objeto de interpretação é o tema secundário ou convencional, constituindo o mundo das imagens, estórias e alegorias, faz-se a Análise Iconográfica, familiarizando-se com temas e conceitos específicos através do conhecimento de fontes literárias, compreendendo-se a maneira pela qual sob diferentes condições históricas, os temas ou conceitos foram expressos pelos objetos e pelos eventos presentes na obra. Quando o objeto de interpretação é o significado intrínseco ou conteúdo, constituindo o mundo dos valores simbólicos, faz-se a interpretação Iconológica, familiarizando-se com tendências essenciais da mente humana, condicionada pela psicologia pessoal, através da intuição sintética, compreendendo a maneira pela qual, sob as diferentes condições históricas, as tendências essenciais da mente humana foram expressas por tais temas e conceitos específicos. (PANOFSKY, 2007 apud SILVA, 2013).

Panofsky apresenta três atos para a interpretação. O primeiro ato da interpretação, a Descrição Pré-iconográfica, refere-se a “história do estilo”, a compreensão da maneira pela qual os objetos e eventos foram representados por tais formas, ou seja, é a fase de identificação das formas puras – cor, linha, etc. (PANOFSKY, 2007 apud SILVA, 2013). O segundo ato, a Análise Iconográfica, refere-se a “história dos tipos”, a compreensão do porquê os temas ou conceitos foram representados por tais objetos e eventos, ou seja, é a interpretação dos significados convencionais que os símbolos representados na obra expressam (PANOFSKY, 2007 apud SILVA, 2013). O terceiro ato, a Interpretação Iconológica, refere-se à análise da “história dos sintomas culturais ou símbolos”, buscando compreender como as tendências especiais da mente humana foram expressas por temas ou conceitos, ou seja, é a fase em que se apreende o significado da obra e o que seus símbolos representam na cultura na qual foi produzida. (PANOFSKY, 2007 apud SILVA, 2013).

De forma objetiva, pode-se entender que no primeiro passo, a Análise Pré-iconográfica, se constitui da descrição detalhada dos elementos que formam a obra, descrevem-se as cores, as figuras, as expressões faciais, a localização espacial dentro da obra, etc. No segundo passo da interpretação, a Análise Iconográfica, buscam-se fontes que tragam informações mais detalhadas sobre o que os elementos representados na obra significam, como: quem são os personagens e o que as cores e os objetos representam naquela cultura em que o objeto foi produzido. O terceiro passo, a Interpretação Iconológica é passível de diferentes interpretações, pois pode ser realizado de acordo com a interpretação de quem faz a análise (SILVA, 2013). É o passo mais subjetivo, mas leva-se em conta o contexto histórico e social da obra, localizada em seu tempo e espaço (SILVA, 2013) e a partir das informações obtidas no referencial teórico, o pesquisador interpreta o que pode compreender da obra.

Nos passos de Panofsky (2012) percebe-se que esta metodologia possibilita uma análise que vai desde os elementos que formam a imagem até a interpretação que se faz dos símbolos e signos que a obra contém. Para instruir-se sobre as circunstâncias em que o objeto em análise foi criado, suas informações factuais e comparar com outras obras, procurou-se informações sobre a vida e a obra do autor.

### **Elihu Vedder: vida e obra**

A obra “As Plêiades” é de autoria de Elihu Vedder, pintor norte-americano, nascido em 1836 em Nova York. Vedder iniciou seus estudos em Nova York, com H. Mattison, e depois com Picot em Paris, para onde foi em 1856. (SORIA, 1970; 1979). Segundo Gombrich (2011, p. 504), Paris atraía muitos artistas no período, pois,

Paris torna-se a capital artística da Europa no século XIX, tal como fora Florença no século XV e Roma no século XVII. Artistas do mundo inteiro afluíam a Paris para estudar com os grandes mestres e, sobretudo, para se juntar ao debate sobre a natureza da arte infundável nos cafés de Montmartre, onde a nova concepção de arte era laboriosamente preparada. (GOMBRICH, 2011, p. 504).

Esses anos de estudos em Paris fez com que Vedder se aproximasse da cultura europeia. Taylor (1979) afirma que ele foi um pintor expatriado, já que viveu a maior parte de sua vida na Europa. Vedder retornou para Nova York em 1861, durante a Guerra Civil, onde permaneceu por cinco anos. Logo que a guerra acabou, em 1866, ele voltou a Paris e, no fim do mesmo, ano se estabeleceu na Itália (SORIA, 1979). Soria (1979) afirma que muitos pintores americanos foram para Roma depois da Guerra Civil, pois, havia muitas encomendas de obras para eles. O artista vivia num círculo de artistas americanos que viviam na Europa, os quais formaram um grupo. Ele elogiava Roma por comportar todos os tipos de arte e por sua localização que permitia acesso às artes de outros lugares. (SORIA, 1979). Soria (1979) nos diz que sua façanha artística só pode ser compreendida se tomarmos Roma por base.

Vedder casou-se com Carrie Rosekrans em 1869 e sua primeira viagem à Londres foi durante sua lua de mel. Sua amizade com Frederick Leighton e William B. Richmond (do grupo de artistas que Vedder fazia parte) oportunizou o conhecimento do movimento Pré-Rafaelita. Podem-se observar influências do seu contato deste estilo artístico em suas obras, em especial, nas expressões faciais de suas figuras humanas, que parecem ter o rosto ligeiramente alongado, uma característica destes artistas. (JANSON, 2001).

Em Roma, Londres e principalmente em Paris, Vedder recebeu influências da Europa no Pós-Romantismo e na qual acaba de ocorrer o Neoclassicismo, no contexto de Napoleão. Vedder herdou algo do Neoclassicismo, pois, algumas de suas obras como *Dancing Girl* e *Girl with a lute*, apresentam influências de Ingres (1780-1867). (SORIA, 1979). Taylor (1979, p. VII tradução nossa) nos diz que, “Ele começou a pintar quando Courbet [1829-1877] era um nome para inflamar os jovens e provocar a ira dos críticos, e morreu quando o cubismo já havia se tornado acadêmico, mas seu trabalho não é relacionado com nenhum dos dois. “

Vedder viveu em um período de efervescência artística na Europa, pois, o Pós-Romantismo na arte deu lugar para as vanguardas. Soria (1979) afirma que Vedder se tornou um instrumento de transição do passado para o século XX. O artista realizou exposições de suas obras na Europa, mas recebeu severas críticas. Decidiu, então, expor seu trabalho na América e foi muito elogiado e bem recebido.

Neste período, década de 1880, Vedder fazia viagens constantes para os Estados Unidos e apesar de ter vivido grande parte de sua vida na Europa, ele teve reconhecimento nos país de origem, ficando famoso por suas ilustrações para a edição americana de *O Rubaiyat de Omar Khayyam*, publicado em 1884. *O Rubaiyat* é

8 A Irmandade Pré-rafaelita foi um grupo de artistas formado em 1848 por três jovens pintores: Hunt (1827-1910), Millais (1829-96) e Rossetti (1828-82) (ARGAN, 1992). Rossetti formulou a poética Pré-rafaelita e orientou num sentido de revivalismo do ideal cavalheirismo românico (ARGAN, 1992, p. 175).

um poema com versos em forma de quadra, foi escrito originalmente em torno de 1120 pelo matemático, astrônomo e poeta persa Omar Khayyam (MURRAY, 2014). Este livro encontra-se hoje no Smithsonian American Art Museum.

Com o sucesso imediato de sua edição do livro *O Rubaiyat*, foi feito membro da Sociedade do Instituto Nacional de Artes e Letras, Nova York (SMITHSONIAN, 2014). Depois de sua edição, Vedder fez obras baseadas nessas ilustrações, entre elas a obra “As Plêiades”. O poema *O Rubaiyat* tem relações com a astronomia e como dito, seu autor fora também astrônomo. As ilustrações que Vedder fez para esse poema também possuem algumas relações com a astronomia. Em uma autobiografia Vedder menciona que tem interesse pela astronomia e pela astrologia, em especial pelo uso de seus símbolos. (MURRAY, 1979).

Vedder também atuou também como decorador nos Estados Unidos, sendo que Murray (1979) considera que ele foi o precursor da Art Nouveau nos Estados Unidos. Vedder viveu os últimos anos em Roma e sua morte, em 29 de janeiro de 1923, recebeu atenções em Roma e nos Estados Unidos, e foi tema de inúmeros artigos em jornais e periódicos. (SORIA, 1979).

### **Sobre a obra “As Plêiades” e seu contexto**

A obra, que pode ser visualizada na Figura 1, é uma pintura em óleo sobre tela. Esse tipo de pintura era muito comum no período em que a obra foi concebida. Datada do ano de 1885, ela mede 61,3cm x 95,6cm. Atualmente se encontra no Metropolitan Museum of Art de Nova York (METMUSEUM, 2014). Neste museu há também estudos do artista sobre a obra (Figuras 2 e 3).



**Figura 2** - Elihu Vedder, Estudo para “As Plêiades”. Carvão sobre papel cinza, 48,4x32,5 cm, 1883-1884.  
Fonte: METMUSEUM<sup>9</sup>, 2014

<sup>9</sup> METMUSEUM. Estudo para “As Plêiades”. Disponível em: <<http://www.metmuseum.org/Collections/search-the-collections/13071>>. Acesso em 28 de jan. de 2014.



**Figura 3** - Elihu Vedder. Estudo para “As Plêiades”. Carvão sobre papel cinza, 48,4x32,5 cm, 1883-1884  
Fonte: METMUSEUM<sup>10</sup>, 2014.

Ao falar do contexto artístico em que Vedder viveu será necessário levar em conta que o artista presenciou grandes mudanças na arte de seu tempo. Quando ele nasceu o Neoclassicismo e o Romantismo estava em voga na arte europeia, pois, segundo Janson (2001), esses movimentos duraram até aproximadamente 1850.

Vedder teve contato, como já apresentado, com as obras dos Pré-rafaelitas, sendo necessária uma análise dessas influências em suas obras. Vedder viu também o contexto do surgimento das vanguardas europeias. Tendo ele vivenciado neste período de transições, para a compreensão da sua obra se fará uma análise das heranças deixadas a ele do Romantismo e do Neoclassicismo, as influências dos Pré-rafaelitas e o contexto do surgimento das vanguardas modernas europeias.

Quanto ao Neoclassicismo, a autora Soria (1979) afirma que algumas obras de Vedder, como Dancing Girl (Figura 4) e Girl with a Lute (Figura 5), possuem influências de Jean-Auguste-Dominique Ingres (1780-1867), um grande mestre do Neoclassicismo. Segundo Gombrich (2011, p. 504) ele foi o “principal mestre conservador na primeira metade do século XIX”, admirava a arte heroica da antiguidade clássica e insistia em desenhos com muita precisão. Suas pinturas definem bem o Neoclassicismo, pois, busca harmonia no colorido, ordem, desenho bem definido, referências à cultura clássica, pinceladas suaves, sem composição dramática e seguiam regras bem definidas da academia. Entre os temas principais estão: nus, temas históricos e mi-

<sup>10</sup> METMUSEUM. Estudo para “As Plêiades”. Disponível em <<http://www.metmuseum.org/Collections/sear-ch-the-collections/13072?rpp=20&pg=1&ao=on&ft=The+Pleiades&pos=2>>. Acesso em 28 de jan. de 2014.



tológicos e os retratos. Há semelhanças entre as obras de Vedder e obra A Condessa de d'Haussonville (Figura 6) de Ingres nas características acima descritas em ambos os artistas.



**Figura 4** – Elihu Vedder. Dancing Girl. Óleo sobre tela. Coleção particular.

**Fonte:** WIKIMEDIA, 2014<sup>1</sup>



**Figura 5** – Elihu Vedder. Girl with a Lute. Óleo sobre tela. Coleção particular.

**Fonte:** WAHOOART.COM, 2014<sup>2</sup>



**Figura 6** – Jean-Auguste-Dominique Ingres. Condessa d'Haussonville. Óleo sobre tela. Coleção Frik

**Fonte:** WIKIPEDIA, 2014<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jean-Auguste-Dominique\\_Ingres\\_-\\_Comtesse\\_d%27Haussonville\\_-\\_Google\\_Art\\_Project.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jean-Auguste-Dominique_Ingres_-_Comtesse_d%27Haussonville_-_Google_Art_Project.jpg)>. Acesso em 27 de maio de 2014.

Sobre as influências Românticas, é importante destacar que o romântico é tido na cultura artística moderna como antítese do clássico (ARGAN, 1992). Enquanto que o clássico está voltado para a razão, o romântico para a emoção. Em geral, como característica romântica observamos a emoção e a intuição no lugar da racionalidade; busca de inspiração temática na Idade Média, Barroco, Oriente Médio e Extremo Oriente; os temas são relacionados a lendas, exotismo, violência e natureza; há fortes contrastes com riqueza de cores. (JANSON, 2001). Destas características, ressalta-se em algumas obras de Vedder mais emoção e intuição do que representações racionais. O que Vedder realmente tem de relação com o Romantismo é na representação de lendas e da paisagem de naturezas.

Com a Revolução Francesa o sentimento romântico tomou conta da Europa o que se refletiu em obras como as dos artistas John Constable (1776-1837) e Joseph William Turner (1775-1851). O primeiro, junto com todo o contexto do Romantismo eleva o status da pintura de paisagem. (GOMBRICH, 2011). A obra de Constable A catedral de Salisbury (Figura 7) é um exemplo deste gênero de pintura no período. Vedder viveu uma dicotomia entre a pintura de paisagem e a pintura visionária (SORIA, 1979). Um exemplo de pintura de paisagem de Vedder é a obra Bordighera (Figura 8). Quanto à pintura visionária Vedder teve grande influência de William Blake (1757-1827). Influenciados pelos ideais da Revolução Francesa e pela Revolução Industrial, os artistas sentiram-se livres para expressarem suas visões pessoais, passando a expressar sua individualidade e a ideia de finalidade da arte era de expressar uma personalidade. (GOMBRICH, 2011).



Figura 7 – John Constable. A catedral de Salisbury





**Figura 8** – Elihu Vedder. Bordighera. Óleo sobre tela. Augustine Historical Society.  
Fonte: ARTRENEWAL, 2014<sup>13</sup>

William Blake foi um artista que expresso sua personalidade e visões pessoais na arte. O poeta e místico inglês vivia num mundo de sua própria criação e desprezava as academias e seus padrões e criticava a visão mecanicista do mundo da época. Muitos o chamavam de louco ou excêntrico, mas alguns acreditavam em sua arte. O artista fazia gravuras, como a da Figura 9, para sobreviver ou para ilustrar seus poemas, em geral oníricos e fantásticos, pois, ele recusava o natural e confiava em seu olho interior (GOMBRICH, 2011; JANSON, 2001; ARGAN, 1992). Segundo Gombrich (2011), depois da Renascença, Blake foi o primeiro a se rebelar conscientemente da tradição. Algumas obras de Elihu Vedder tem a temática dos sonhos e da fantasia em comum com as de Blake, como por exemplo, Fortune (Figura 10).

Em relação a influência Pré-rafaelitas, podem-se encontrar semelhanças entre suas obras, como *The Soul between Doubt and Faith*, Figura 11, com as obras de Simeon Solomon (1840-1905) (Figura 12) e de Rosseti (Figura 13). Tais obras apresentam grandes semelhanças em especial na forma como o artista constituiu as expressões faciais dos personagens.

12 Disponível em: <<http://www.tate.org.uk/art/research-publications/the-sublime/anne-lyles-sublime-nature-john-constables-salisbury-cathedral-from-the-meadows-r1129550>>. Acesso em 27 de maio de 2014.

13 Disponível em: <<http://www.artrenewal.org/pages/artwork.php?artworkid=27652>>. Acesso em 27 de maio de 2014.



**Figura 9** – William Blake. O Ancião dos Dias. Água-forte com aquarela, 1794, British Museum, Londres.  
Fonte: GOMBRICH, 2011.



**Figura 10** - Elihu Vedder. Fortune. Óleo sobre tela. Speed Art Museum



**Figura 11** – Elihu Vedder. The Soul between Doubt and Faith. Óleo sobre tela. The Herbert F. Jonson Museum of Art

Fonte: TRUTH BOOK, 2014<sup>15</sup>



**Figura 12** – Simeon Solomon. A Anunciação. Óleo sobre tela. Tate Gallery

Fonte: PRE RAFAELITE ARTE, 2014<sup>16</sup>

14 Disponível em: <<http://www.oceansbridge.com/oil-paintings/page?xPage=sectionlist.html&xSec=750>> Acesso em 27 de maio de 2014.

15 Disponível em: <<http://truthbook.com/angel-pictures/angels-experience-feelings>>. Acesso em 27 de maio de 2014.

16 Disponível em: <<http://preraphaelitepaintings.blogspot.com.br/2011/05/simeon-solomon-annunciation.html>>. Acesso em 27 de maio de 2014.



**Figura 13** – Dante Gabriel Rossetti. Bem amada. Óleo sobre tela.  
Fonte: OILPAINTINGDALI.COM, 2014<sup>17</sup>

Vedder viveu ainda num período em que as Vanguardas Europeias estavam fervilhando. Édouard Manet (1832-1883) e seus companheiros também modificaram os rumos da história da arte - ficaram conhecidos como Impressionistas. Neste estilo observa-se a recusa em pintar sem estar diante de seu modelo, a preferência pela luz natural, o interesse pela cor e pela velocidade e, ainda, o movimento (GOMBRICH, 2011). Foi principalmente a partir dos impressionistas que a arte tomou novos rumos, com novas formas e novos temas. Vieram com eles os chamados Pós-Impressionistas, entre os quais estão: Van Gogh (1853-1890), Cezanne (1839-1906) e Gauguim (1848-1903), dos quais resultaram mais tarde as vanguardas europeias, como o Expressionismo, o Cubismo e o Simbolismo.

Com o sentimento do Romantismo surgiram aqueles que levaram os ideais românticos mais a fundo e de forma mais radical e que foram chamados de simbolistas. O Simbolismo, juntamente com o Expressionismo, foi um movimento artístico que influenciou fortemente o desenvolvimento de todo o Modernismo. Os simbolistas eram a favor da temática do mundo interno e da fantasia, também tiveram influência da cultura oriental e foram mais ousados e irracionais no uso de símbolos e misticismo. Segundo Argan (1992) teriam tido influência da obra de Blake, mesmo artista que influenciou a obra de Vedder.

<sup>17</sup> Disponível em: <[http://www.oilpaintingdali.com/views.asp?hw\\_id=2649&class\\_id=6&sort\\_id=203&nsort\\_id=0](http://www.oilpaintingdali.com/views.asp?hw_id=2649&class_id=6&sort_id=203&nsort_id=0)>. Acesso em 27 de maio de 2014.



De acordo com Janson (2001) Gauguin é a figura central do simbolismo, já para Argan (1992) Odilon Redon (1840-1916) foi o maior artista do simbolismo. Ao comparar trabalhos de Vedder, como o da Figura 14, com um trabalho de Gauguin (Figura 15), e de Redon (Figura 16) observamos algumas semelhanças. Há relações não formais, mas na carga simbólica da obra, mas Vedder mantém-se ligado às regras acadêmicas, enquanto que os simbolistas tendem a abandoná-las. Segundo Argan (1992) o simbolismo antecipa a concepção surrealista e, observando atentamente a obra de Vedder *The Sphinx of the Seachore*, percebe-se que há uma antecipação desta concepção surrealista.



**Figura 14** – Elihu Vedder. *The Sphinx of the Seachore*. Óleo sobre tela. Museu de San Francisco.

Fonte: ART. PRO. TOK, 2014<sup>18</sup>



<sup>18</sup> Disponível em: < <http://art.pro.tok2.com/V/Vedder/v\}Çedd02.jpg> >. Acesso em 27 de maio de 2014.

**Figura 15** – Paul Gauguin. Araerea. Óleo sobre tela. Musée d'Orsay.

Fonte: MUSEE-ORSAY, 2014.<sup>19</sup>



**Figura 16** - Odilon Redon. Cyclope. Óleo sobre tela. Rijksmuseum Kröller-Müller, Otterlo

Fonte: WIKIART, 2014<sup>20</sup>

Na continuidade a leitura de imagem, buscou-se compreender no primeiro ato a maneira que os objetos e fenômenos foram representados, no segundo o que os símbolos da obra expressam e no terceiro apreender o significado da obra, na busca de um todo significativo.

### **Descrição Pré-Iconográfica da obra “As Plêiades”**

Com relação às figuras humanas, observamos que a obra apresenta sete figuras femininas que parecem estar dançando. Elas vestem roupas em tons de rosas, azuis ou violetas, cinzas e amarelos, todos muitos claros, quase brancos. Os tecidos são leves e esvoaçantes, talvez façam referência à cultura clássica pela forma em que estão dispostos em seus corpos. Algumas das figuras parecem estar apenas com um tecido envolvido no corpo deixando que apareçam suas pernas e seus seios. São todas de pele muito clara e cabelos claros e duas delas possuem os cabelos em tons de castanhos e as outras cinco em tons de loiro.

As figuras humanas parecem estar erguendo as mãos em um movimento dançante e seguram uma fina corda branca e prateada, que passa por entre as mãos de todas. A corda parece dançar sobre elas. Sobre as cabeças das personagens, em alguns pontos da corda, estão seis estrelas que brilham em tons de dourado. No canto inferior direito, há uma estrela que parece escapar da extremidade da corda que a

<sup>19</sup> Disponível em: <[http://www.musee-orsay.fr/en/collections/works-in-focus/painting.html?no\\_cache=1&-zoom=1&tx\\_damzoom\\_pi1%5BshowUId%5D=2320](http://www.musee-orsay.fr/en/collections/works-in-focus/painting.html?no_cache=1&-zoom=1&tx_damzoom_pi1%5BshowUId%5D=2320)>. Acesso em 27 de maio de 2014.

<sup>20</sup> Disponível em: <<http://www.wikiart.org/en/odilon-redon/the-cyclops>>. Acesso em 27 de maio de 2014.

figura feminina centralizada segura.

As personagens estão apoiadas sobre uma superfície de cores tão parecidas com as de suas roupas que chegam a misturar-se em alguns pontos. Misturam-se em cores muito sutis o fundo, os tecidos das roupas e o local em que elas estão apoiadas. Dessa maneira, é difícil definir se as cores das roupas são essas ou se são reflexos das luzes celestes que as envolvem, tanto no fundo e sobre suas cabeças, quanto no chão (se é que estão mesmo sobre um chão). Esta superfície parece ser tão leve que as figuras parecem pisar sobre uma nuvem, ou sobre um tecido fino como o de suas próprias roupas. Na obra toda há um harmônico envolvimento cromático muito equilibrado formando uma atmosfera celeste e a luz parece emanar de cada uma das estrelas.

A personagem centralizada (Figura 17) tem o corpo voltado para o espectador, cabelos castanhos claros que estão presos, um braço levemente esticado a cima de si e outro levemente esticado para o seu lado direito. Parece mover uma das pernas, prestes a continuar o movimento, enquanto apoia-se sobre a outra. Esta personagem segura em sua mão esquerda, a mão que está para cima de sua cabeça, um pedaço da fina corda compartilhada entre todas e que possui uma estrela. Em sua outra mão, aquela que está mais abaixada, há outro pedaço da fina corda, é a extremidade de que a estrela do canto inferior escapou, conforme se pode observar nos estudos feitos nas Figuras 24 e 25. Esta personagem é a que tem a roupa mais escura, em tons de acinzentados. Sua roupa tem um corte bem definido, com alças e algo que segura o tecido em sua cintura. Ela tem o olhar distante e não é possível definir com exatidão se olha para fora do quadro ou para a estrela do canto inferior direito.



**Figura 17** - Personagem Central  
Fonte: Recorte da Figura 1.

Quanto às outras personagens, estas parecem apresentar mais luz. Da esquerda para a direita, a primeira personagem ao fundo (Figura 18) que também está voltada com o corpo de frente para o espectador, tem os dois braços levemente levantados para cima, segurando com as duas mãos um pedaço da corda. Ela apoia-se em sua perna esquerda enquanto faz um sutil movimento com a perna direita, movendo-a e tocando o chão com a ponta de seus dedos do pé. Seu rosto está voltado para cima, parecendo olhar para sua mão ou para uma das estrelas e sua expressão em um primeiro momento parece ser serena, mas de certa forma, seu olhar fixo e sua boca fechada, incomodam. Suas vestes parecem cair, deixando à mostra seus seios e uma das pontas do tecido que a envolve está diretamente ligado com a atmosfera que as envolve, não sendo possível identificar onde termina o tecido e onde começa esta atmosfera.

A segunda personagem da esquerda para a direita está de costas (Figura 19) e apoia-se em sua perna esquerda enquanto levanta suavemente para trás a sua perna direita, mas não podemos ver seu pé que está atrás da personagem centralizada. As suas vestes são em tons mais rosados formam um tipo de vestido, muito leve, solto e despreocupado, mas possui alças que o seguram em seu corpo e algo que o prende a sua cintura. Esta personagem também levanta os dois braços para cima muito suavemente e também segura com cada uma das mãos um pedaço da corda que passa entre todas.



**Figura 18** – Primeira personagem da esquerda  
Fonte: Recorte da Figura 1



**Figura 19** – Segunda personagem da esquerda para a direita  
Fonte: Recorte da Figura

A personagem central de costas ao fundo (Figura 20) veste tons mais amarelados e está atrás da figura centralizada à frente. Seus cabelos claros estão presos. Sua roupa está segura em seu corpo enquanto ela levanta os braços para cima segurando a corda como as demais. Só é visível um de seus pés que está apoiado, e por isso a impressão que se tem é a de que ela é a figura mais estática. Ao lado da figura



centralizada há uma personagem totalmente de perfil (Figura 21) que se apoia com um pé enquanto levanta o outro levemente para trás, seus braços também estão levantados segurando a corda. Seu cabelo é castanho claro e está preso de forma diferente das demais, pois parece estar trançado descendo em direção às costas, enquanto o cabelo das demais está preso atrás da cabeça. As vestes desta personagem são um tecido mal preso ao corpo, deixando aparecer toda a lateral de suas pernas, de sua cintura e de seu seio e ela aparenta olhar para suas mãos que seguram a corda.



**Figura 20** – Personagem central ao fundo  
Fonte: Recorte da Figura



**Figura 21** – Personagem totalmente de perfil  
de perfil

Fonte: Recorte da Figura 1

A figura mais ao fundo - segunda personagem da direita para a esquerda (figura 22) está em tons mais amarelados com cabelos claros, encontra-se voltada para frente, mas está praticamente escondida pelas duas em sua frente. Seu rosto levemente voltado para o lado está escondido sob o braço de uma das outras. Um de seus braços está dobrado à frente de seu corpo, e o outro que está escondido atrás de outra figura, mas percebe-se que ele está levantado pela sua mão que se pode ver na altura de sua cabeça.

A última figura do lado direito da obra (Figura 23) está com o corpo também voltado de frente para o expectador e olha para baixo com o rosto com mais sombra. Sua veste está bem presa ao corpo da cintura para baixo, enquanto que na parte superior não há nada e seus seios estão à mostra. Há apenas um pedaço do tecido sobre seu ombro, mas este não se sabe onde começa e nem onde termina, pois se mistura com atmosfera que as envolve. Essa personagem também apresenta os braços levemente levantados e à cima de sua cabeça e por entre suas mãos passam partes da corda que todas seguram.



Figura20–Personagemcentral  
ao fundo  
Fonte: Recorte da Figura 1



Figura20–Personagemcentral  
ao fundo  
Fonte: Recorte da Figura 1

A corda que perpassa pelas mãos de todas as personagens foi analisada na Figura 24. A linha vermelha indica o caminho percorrido pela corda passando pelas personagens e pelas estrelas (que estão destacadas com um X alaranjado). Podem ser levantadas outras hipóteses sobre o caminho que a corda percorre já que em alguns pontos ela não pode ser visualizada com nitidez.



**Figura 24** – Estudo sobre o caminho percorrido pela corda  
Fonte: Autores (Imagem impressa alterada manualmente e digitalizada)

Na Figura 25, foi realizado um estudo sobre qual estrela pertence a cada personagem. Iniciando pela estrela circulada com azul, a estrela que está no canto inferior direito parece pertencer a personagem central que está marcada com um X azul, o tracejado marca a trajetória que liga a estrela à personagem. Essa lógica de correspondência entre círculos, marcações com X e tracejado de mesma cor é seguida com as outras personagens. Os pedaços da corda que estão demarcados com coloração preta são as áreas de transição entre uma e outra personagem, pertencem a duas delas ou a nenhuma.



Figura 25 – Estudo sobre o pertencimento das estrelas.

Fonte: Autores (Imagem impressa alterada manualmente e digitalizada)

Há um grande movimento dançante na obra, mas é equilibrada. As linhas são todas muito sinuosas, porém, as figuras estão todas na vertical, não havendo linhas diagonais em demasia e nem muito fortes. As figuras parecem que foram esculpidas, com contornos bem definidos, fazendo mais uma vez referência à cultura clássica, mas o fundo é composto por cores bem difusas. A obra também apresenta pouca profundidade, as figuras parecem todas ocuparem um espaço muito próximo umas das outras enquanto que o fundo dilui-se em uma perspectiva tonal. A luz presente na obra emana das estrelas e deixa toda a cena com um brilho e a textura é muito suave, a pele das figuras lembra um mármore usado em esculturas, suas roupas um tecido muito leve e drapeado.

Na representação das figuras femininas observa-se um caráter naturalista, apesar do tema não o ser. As estrelas, porém, parecem ser mais idealizadas, ou lembram ícones, ou ainda, por mais que pareçam naturais, estão em um contexto que não é natural. Quanto ao cenário, este se aproxima de algo mais abstrato, mas não

fosse pelo fundo que lembram nuvens ou ainda a aurora boreal.

Como este passo da análise da obra, a análise Pré-Iconográfica, refere-se a “história dos estilos” (PANOFSKY, 2012) e tendo por base a descrição feita e como os elementos estão representados na obra, se arrisca dizer que esta obra apresenta um estilo clássico. As figuras humanas seguem o cânone de representação do corpo humano. Há movimento, mas o equilíbrio da cena predomina. Há também outros apontamentos a cima que levam a esta interpretação, como modelado de forma escultórica das figuras, dando ênfase no desenho. Sendo datada da segunda metade do século XIX, pode-se deduzir que o artista teve contato com obras, temas e ideias neoclássicas, tanto na Europa, onde viveu grande parte de sua vida como onde nasceu e deu os primeiros passos na carreira artística, os Estados Unidos.

Outros motivos levam a aproximar esta obra com o Neoclassicismo, como por exemplo, as roupas das figuras humanas, que, como descrito acima, parecem fazer referência à cultura da antiguidade clássica. Nota-se isso, comparando as vestes das personagens da Figura 1 com representações de tecidos em obras da antiguidade, como na Vênus de Milo – Figura 26.



**Figura 26** – Vênus de Milo. Mármore, 202 cm de altura, 200 a.  
C. Fonte: WIKIPEDIA, 2014<sup>21</sup>

Poder-se-ia classificar a obra como neoclássico, mas pela data essa classificação encerrada seria imprópria, já que o Neoclassicismo durou até meados do século XIX e a obra analisada situa-se temporalmente na segunda metade deste século. Não somente isso há ainda outros aspectos na obra que se distancia do Neoclassicismo, aproximando-se até mesmo do Romantismo, período que, segundo Janson (2001), se desenvolveu no mesmo período que o Neoclassicismo. O fundo é diluído em cores e

21 Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MG-Paris-Aphrodite\\_of\\_Milos.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:MG-Paris-Aphrodite_of_Milos.jpg)>. Acesso em 27 de maio de 2014.

perde a forte marca do desenho que possuem as figuras humanas.

Observando “As Plêiades”, se encontram relações formais com obras românticas, em especial no fundo. No entanto, o que tem maior importância é a carga clássica que a obra carrega. Dessa maneira, se conclui que a história do estilo da obra em questão – “As Plêiades” – está ligada ao estilo clássico.

### **Análise Iconográfica da obra “As Plêiades”**

As personagens representadas por Vedder representam um mito da Grécia antiga no qual as sete irmãs: Alcyone, Maia, Electra, Merope, Taygete, Calaneo e Sterope, filhas de Atlas e Pleione, foram transformadas por Zeus em estrelas para fugir de Órion, um caçador gigante. Órion também se transformou em uma constelação e continuou a persegui-las no céu. Seis das irmãs tiveram filhos com deuses, mas Mérope teve um filho com um mortal: Sísifo. (ENCYCLOPEDIA, 2014). É possível compreender que estas personagens são as do mito grego pelo título da obra que corresponde diretamente ao mito. Pode-se observar que na obra há a presença de sete mulheres e sete estrelas, correspondendo também ao número de personagens e estrelas do mito. A forma com que as personagens foram representadas faz referência à cultura clássica, sendo mais um indício da presença de um mito grego.

Tanto o título da obra quanto o mito grego dizem respeito a um aglomerado de estrelas existente perto da constelação de Órion. Na astronomia, sabe-se que o aglomerado das Plêiades fica na constelação de Touro, perto da constelação de Órion, que elas estão localizadas bem próximas ao Equador Celeste, numa região facilmente observada por povos dos dois hemisférios (CARDOSO, 2004). Essas estrelas não fizeram parte somente das observações dos povos gregos, mas também de povos de várias partes do mundo.

No Renascimento, Galileo realizou sistemáticas observações sobre as Plêiades, assim como sobre a Lua, do planeta Júpiter, de outras estrelas, como as nebulosas de Órion e de Presépio. Estas observações foram publicadas em seu livro *Siderus Nuncius*, O Mensageiro das Estrelas. Seu desenho feito das Plêiades pode ser visto na Figura 27 (DANHONI NEVES et al, 2007, p. 15).



**Figura 27** – Desenho da constelação das plêiades segundo Galileo Galilei.



As Plêiades “são vistas como um conjunto de sete estrelas a olho nu. Com um binóculo simples, esse número cresce rapidamente para uma centena de constituintes” (CARDOSO, 2004, p. 76) e são conhecidas como um aglomerado estelar aberto na constelação do Touro, classificada com o número 45 no Catálogo Messier (M45). Estas estrelas encontram-se a cerca de 430 anos-luz do sistema solar e contém grande quantidade de material nebuloso brilhante e mais de 1000 estrelas, das quais seis ou sete podem ser vistas a olho nu. As mais brilhantes são Alcyone, Maia, Electra, Merope, Taygete, Calaeno e Sterope. Com um telescópio este número aumenta consideravelmente. De acordo com a Encyclopædia Britannica (2014), elas foram fotografadas pela primeira vez por Pau e Prosper Henry em 1885, mesmo ano em que Vedder pintou “As Plêiades”, no entanto, seus estudos antecedem esta data.

Charles Messier (1730-1817), em 1771 registrou 45 objetos nebulosos, os quais chamou de M1, M2, M3, etc. que mais tarde foi observado que se tratavam de grandes aglomerados de estrelas: M1 é a nebulosa de Caranguejo, M13 é o aglomerado de Hércules e M45 constitui as Plêiades. Portanto, o número de catálogo das Plêiades é M45. Estas estrelas encontram-se a cerca de 430 anos-luz do sistema solar e contém grande quantidade de material nebuloso brilhante e mais de 1000 estrelas, das quais seis ou sete podem ser vistas a olho nu. As mais brilhantes são Alcyone (Eta Tauri), Celaeno (16 Tauri), Electra (17 Tauri), Taygeta (19 Tauri), Astérope (21 Tauri), Maia (20 Tauri), Mérope (23 Tauri) (MALUF, 1992). Com um telescópio este número aumenta consideravelmente, como pode ser visto nas Figuras 28 e 29. A Figura 28 é uma vista mais ampla, aparecem também às estrelas chamadas de Plêione e Atlas, que na mitologia grega seriam os pais das Plêiades. (ENCYCLOPEDIA, 2014). Verifica-se assim que o tema da pintura de Vedder tem relações com a ciência, por ser relacionado a essas estrelas, contudo, o tema também mitológico.



<sup>22</sup> Disponível em: < <http://jane.whiteoaks.com/2009/05/31/chasing-galileo-the-pleiades/>. Acesso em: 27 de maio de 2014.

Figura 28 - The Pleiades. NASA/ESA/AURA/Caltech  
Fonte: ENCYCLOPEDIA, 2014.<sup>23</sup>



Figura 29 - The Pleiades. NASA  
Fonte: ENCYCLOPEDIA, 2014.<sup>24</sup>

### Interpretação Iconológica da obra “As Plêiades”

Este passo da análise revelou que a mitologia possui grande influência na representação artística, mesmo que os temas sejam ligados à astronomia. Após os novos conhecimentos obtidos sobre a obra e várias tentativas de relacionar mais estritamente a obra com a ciência, percebeu-se o quanto a mitologia influencia na representação de um tema ligado a ciência. Procurou-se relações entre o posicionamento das Plêiades na obra e o posicionamento das Plêiades no universo, mas não foi encontrada nenhuma relação.

Por mais que esta obra tenha sido concebida primeiramente como ilustração para um poema de um astrônomo o que predomina é a representação do mito. Murray (1979, p. 183), afirma que em uma autobiografia de Vedder que este “menciona seu interesse pela astronomia (ou astrologia)”, mas neste terceiro passo da análise, que é mais subjetivo, chega-se a conclusão de que o artista se baseou mais no que ouviu dizer sobre o mito do que em interpretações científicas sobre o assunto.

23 Disponível em: <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/464556/Pleiades>>. Acesso em: 04 de fev. de 2014.

24 Disponível em: <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/464556/Pleiades>>. Acesso em: 04 de fev. de 2014.

Isso caracteriza em muitos casos a sua arte, já que ele interessava por pinturas visionárias, porém, ele também observava e pintava paisagens. Então, poderia ter Vedder observado também o céu na reprodução das Plêiades.

Mesmo que a representação do mito seja imperativa dentro da pintura, influências da astronomia, já que as personagens e principalmente as estrelas estão envolvidas em um material nebuloso e brilhante e este material é visível no aglomerado das Plêiades. (ENCYCLOPEDIA, 2014). Por este motivo, afirma-se que há relações nesta imagem entre arte e ciência, ou entre as artes visuais e a astronomia, por mais que essa relação seja mantida principalmente por intermédio da mitologia. Quanto ao mito, Vedder parece ter adicionado um elemento a mais: a corda, pois o fio brilhante que aparece na obra não consta na mitologia. Este fio é o que mantém as irmãs ligadas umas às outras, mas que uma delas acaba rompendo. Esta irmã é a Plêiade mais escura, mais apagada, talvez envergonhada, triste, por ter tido um filho com um mortal, enquanto que as outras tiveram filhos com deuses – talvez esse fato seja o motivo do rompimento da corda que unia as irmãs.

Outro aspecto da obra de Vedder é que cada personagem possui uma estrela, enquanto que na mitologia, as Plêiades são transformadas em estrelas. Enquanto que o mito transforma pessoas em estrelas, Vedder personifica novamente as estrelas, que agora somente seguram estrelas em uma corda. Dessa maneira, as emoções das estrelas estão refletidas nas personagens, assim como a luz das estrelas estão refletidas nas personagens, ou a deixam ofuscada como a personagem central enquanto a estrela escapa. Esta estrela perdida segue para baixo, pode-se inferir que a gravidade da Terra está puxando-a do céu em direção aos mortais que na Terra vivem.

Foram levantados assim outros dois aspectos da Física, e agora não somente da Astronomia: a reflexão da luz, inércia e gravidade. Estes conceitos da Física estão aplicados na representação artística. As estrelas emanam luz, mas com essa luz refletem emoções nas personagens. A inércia leva à estrela que escapou da corda a seguir em linha reta e a gravidade a puxa para baixo. Neste caso, Vedder parece ignorar as distâncias existentes entre a localização das estrelas no espaço e o planeta Terra, já que há uma força gravitacional, que a interpretação subjetiva leva a considerar vir deste planeta.

Levando em consideração principalmente este último passo da análise, em que se busca um significado para a obra, percebe-se as relações existentes entre Arte e Ciência, entre Artes Visuais e Física, tanto na parte da Astronomia, quanto de outros conceitos.

## **Considerações Finais**

A leitura de imagem da obra, segundo a metodologia de Panofsky (2012), proporcionou análises para as áreas de Arte/Artes Visuais e Ciência/Astronomia. Em relação às Artes Visuais realizou-se a apreciação artística e a identificação de conceitos da área, como os elementos da linguagem visual e os períodos e estilos envolvidos na análise. Quanto à Ciência, a leitura revelou ainda no século XIX a forte influência da mitologia, mesmo que os temas tenham relações com a ciência, o que influenciou e pode influenciar em interpretações sobre temas científicos. Além desta constatação, ainda foram levantados conceitos relativos à Física, como gravidade, inércia, re-



flexão da luz, e outros mais específicos à área da astronomia, como aglomerado de estrelas e nebulosidade.

Além da apreensão de conceitos, a leitura de imagem proporcionou uma compreensão de um todo significativo da obra e levantaram-se questões sobre o ser humano suas emoções e seus sentidos. Tal compreensão reafirma a que o conhecimento não pode ser apresentado como algo separado do homem, uma verdade distante deste e sim se deve apresentar como uma construção humana.

A partir desta experiência podemos afirmar que a análise de imagem, calçada em uma metodologia específica, possibilita o desenvolvimento de uma proposta interdisciplinar. Em especial por proporcionar uma visão ampla na leitura da imagem, sem preocupação em trabalhar com apenas uma área de conhecimento. Importante destacar com a utilização da metodologia de Panofsky que a área de Arte/Artes Visuais deve ser vista como uma área de conhecimento que, assim como a ciência utiliza métodos e apresenta resultados, apesar de trabalhar com a subjetividade humana, no caso específico: a criação de uma pintura.

A proposta de leitura de imagens configura-se em um caminho para o desenvolvimento de uma proposta interdisciplinar, pois, a partir da compreensão de uma obra, pode-se compreender o homem e o mundo como um todo, e não de forma compartimentada.

## Referências

Argan, G. C. Arte Moderna. Tradução de Denise Bottmann e Federico Carotti. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

Cardoso, Walmir Thomasi. Existe uma sabedoria que perdemos no conhecimento? In: Costa, Adriano et al (Org.). Escola da família / Fundação para o desenvolvimento da educação. Diretoria de projetos especiais. São Paulo: FDE, 2004. p. 70-80 (Série Ideias, nº32).

Danhoni Neves, Marcos. Cesar et. al. (Org.). Da Terra, Da Lua e Além. Maringá: Massoni, 2007.

Encyclopedia Britânica. Plêiades. Disponível em: <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/464556/Pleiades>. Acesso em: 04 de fev. de 2014.

Fazenda, Ivani (Org.). Interdisciplinaridade e os saberes a ensinar: que compatibilidade existe entre esses dois atributos? A guisa de apresentação. In: O que é interdisciplinaridade? São Paulo: Cortez, 2008. p. 11-16.

Gombrich, Ernst Hans. A história da arte. Tradução de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: LTC, 2011. P.475-597.

Guimarães, Maria José Eras. Interdisciplinaridade: consciência do servir. In: Fazenda, Ivani (Org.). O que é interdisciplinaridade? São Paulo: Cortez, 2008. p. 125-135.

Institute for Advanced Study. Biografia Erwin Panofsky. Disponível em: <https://www.ias.edu/people/panofsky>. Acesso em: 04 de Abr. de 2014.

Janson, H. W. História Geral da Arte. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Metmuseum of Art. Coleções. Disponível em: <http://www.metmuseum.org/Collections/search-the-collections/13070>. Acesso em: 28 de jan. de 2014.

- Murray, Richard. *The Art of Decoration*. In: TAYLOR, Joshua C. et al. *Perceptions and Evocations: The Art of Elihu Vedder*. New York: Smithsonian Institution, 1979.
- Murray, Richard. Smithsonian American Art Museum. Disponível em: <http://americanart.si.edu/exhibitions/online/vedder/rubaiyatmain.html>. Acesso em: 20 de jan. de 2014
- Panofsky, Erwin. *Significado nas Artes Visuais*. Tradução de Maria Clara F. Kneese e J. Fuinsburg. 3ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 2012.
- Silva, Josie Agatha Parrilha da. *Arte e ciência no Renascimento: discussões e possibilidades de reaproximação a partir do codex entre Cigoli e Galileu no século XVII*. 2013, 503 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.
- Smithsonian American Art Museum. *Coleções e artistas*. Disponível em: <http://americanart.si.edu/collections/search/artist/?id=5138>. Acesso em: 15 de janeiro de 2014.
- Soria, Regina. *Elihu Vedder: American Visionary artist in Rome (1836-1923)*. New Jersey: Fairleigh Dickson University Press, 1970.
- Soria, Regina. *Introduction*. In: TAYLOR, Joshua C. et al. *Perceptions and Evocations: The Art of Elihu Vedder*. New York: Smithsonian Institution, 1979.
- Taylor, Joshua C. *Foreword*. In: \_\_\_\_\_ et al. *Perceptions and Evocations: The Art of Elihu Vedder*. New York: Smithsonian Institution, 1979.
- Trindade, Diamantino Fernandes. *Interdisciplinaridade: um novo olhar sobre as ciências*. In: Fazenda, Ivani (Org). *O que é interdisciplinaridade?* São Paulo: Cortez, 2008. p. 65-84.
- Yared, Ivone. *O que é interdisciplinaridade?* In: Fazenda, Ivani (Org). *O que é interdisciplinaridade?* São Paulo: Cortez, 2008.



# La Madone sur les cratères de la Lune, une épistémologie esthétique

Anne-Françoise Schmid<sup>1</sup>

## Introduction: le maniérisme comme lien entre science et art

L'année 2013 a été celle du quatrième centenaire de la mort de Lodovico Cardi di Cigoli (1559-1613). Cet artiste, ami de Galilée, peintre et architecte, inventeur d'un perspectographe, a contribué à synthétiser les rapports entre science et religion. Dans l'église Santa Maria Maggiore dans le Trastevere à Rome, il a peint une fresque représentant la Madone ou la dame de l'Apocalypse de Jean, chap. 12:n «Puis il parut dans le ciel un grand signe, une femme revêtue du soleil, la lune sous ses pieds, et une couronne de douze étoiles sur la tête. Elle était enceinte et elle criait, dans le travail et les douleurs de l'enfantement»

Or la Madone est sur une Lune semblable à celle du Sidereus Nuncius de Galilée, rappelant ainsi un objet de la science contemporaine dans un tableau dont la destination est l'adoration religieuse.

On peut dire que cette fresque met en relation deux objets contrastés, l'un, expressif, représentation de la croyance et de la tradition, et l'autre témoignage de l'actualité scientifique, montré tel quel et glacé. Il y a en particulier un contraste entre les images des corps célestes, douze étoiles en couronne, un soleil à la fois alcôve et lumière, et la Lune telle que la science en rend compte. Nous postulons un mouvement entre les deux par celui des tissus qui permettent l'échange entre la vie spirituelle et le réel des sciences, passages entre expression, représentation et savoir.

Notre hypothèse pour fêter l'anniversaire du Cigoli est de réfléchir sur ces contrastes et leurs rapports. Chez le Cigoli, les objets sont donnés, soit par la tradition soit par l'actualité des sciences, ils sont hétérogènes, mais des rapports sont exprimés entre ces deux objets. Il ne s'agit pas seulement d'exposer des savoirs, mais aussi les relations que l'on entretient à ceux-ci, et les postures tant dans le concept que dans le sensible. C'est ce double rapport au contenu de savoir et à l'intime que l'on peut appeler le maniérisme, que l'on a attribué à l'œuvre picturale du Cigoli. Nous allons chercher à montrer que ce maniérisme est une forme des relations entre arts et sciences, lorsque les objets sont donnés, la lune de Galilée, la Madone de l'Apocalypse. On pourrait aussi invoquer l'idée de baroque, développée par le philosophe Gilles Deleuze à propos de Leibniz, dans *Le Pli*.

Ce texte propose une réinterprétation du maniérisme dans les relations entre science et art et en montre les conséquences pour les sciences contemporaines. Pour cela, il faut revenir à l'objet, objet de science et objet d'art, objet donné et objet non donné, ce qui nous permettra de revenir sur le perspectographe, instrument dont le Cigoli a inventer l'une des formes: de l'objet donné à sa perspective, ou au contraire du schéma projeté à partir du donné pour concevoir de nouveaux objets, mais en un sens différent d'«objet».

<sup>1</sup> INSA de Lyon et Ecole des Mines de Paris - France. Contribuição enviada para o "2nd International Meeting on Art-Science", 2015, Universidade Estadual de Maringá e Universidade Estadual de Ponta Grossa.

## De l'objet et du rapport à l'objet

Dans le rapport entre art et sciences, nous pensons donc qu'il faut traiter ensemble la question de l'objet et du rapport à l'objet. Nous traitons d'un couple, qui met en relation O et le rapport à O, que l'on peut traiter comme une perspective sur O ou un modèle de O, selon la posture scientifique ou esthétique.

Du point de vue de l'art cette question a été abordée dans l'ouvrage d'Umberto Eco *La poétique de l'œuvre ouverte*<sup>2</sup>. Il distingue les objets donnés et les objets ouverts, dont l'identité doit être élargie. Eco montre que les objets ne sont plus caractérisable par leur totalité, mais par leur multi-dimensionnalité, qui n'est plus seulement dans le contexte, mais dans l'objet lui-même. Eco cite des compositions musicales, en particulier les *Klavierstücke* de Stockhausen, cahier 11, dont l'auteur est bien identifié, mais qui ouvre à des interprétations ne sont pas données, parce que l'ordre choisi des motifs n'est pas l'œuvre du compositeur, mais celui de l'interprète. L'œuvre est alors achevée, mais ouverte, elle passe à un nouveau mode d'identité. Une œuvre de Mozart par contre, permet des tonalités expressives différentes selon les interprétations, mais comme œuvre, elle restera semblable à elle-même. La structure du morceau n'est pas laissée à l'interprète.

Même dans l'œuvre ouverte, Eco ne voit pas de relation directe entre sciences et arts au travers de l'objet et du rapport à l'objet. Son hypothèse est qu'il y faut une «métaphore épistémologique»:

Mais si une forme esthétique ne peut fournir un substitut de connaissance scientifique, on peut y voir en revanche une métaphore épistémologique: à chaque époque, la manière dont se structurent les diverses formes d'art révèle au sens large, par similitude, métaphore, résolution du concept en figure – la manière dont la science, ou en tout cas, la culture contemporaine voient la réalité.

Nous proposons un passage de la métaphore épistémologique à une métaphore esthétique. De la métaphore de la foi, transposée dans le ciel, et l'objet lune comme autonyme de la science, tel que dans le *Sidereus Nuncius*. D'après Eco, il n'y a pas, dans l'œuvre ouverte, de recouvrement de l'un à l'autre, mais cette métaphore est un complément à la connaissance.

## Construction des relations entre science et art, de l'œuvre ouverte à la science ouverte

Dans les régimes interdisciplinaires et multiples de la science contemporaine, on ne peut plus, comme Eco le voit bien des relations entre science et art, postuler une relation directe entre l'épistémologie et les sciences. Une telle relation supposerait qu'un exemple particulier de science vaudrait comme paradigme de celle-ci, la

<sup>2</sup> Paris, Le Seuil, collection «Points», 1965, p. 15-40. Ce texte peut être consulté également sur [www.musicologie.org](http://www.musicologie.org) (consulté le 11 novembre 2013). Texto apresentado em virtude do International Meeting on Art-Science (Brasil).

mécanique pour la physique, la physique pour la chimie, la biologie pour les sciences humaines. Cette façon de procéder ne suffit plus pour les sciences contemporaines, il faut admettre les rapports indirects entre sciences et épistémologies, et la pluralité des épistémologies. La science n'est plus donnée comme un objet connu, elle ne se donne plus comme la mécanique galiléenne, où un objet astronomique apparaît au bout d'un instrument. L'objet science est un objet «X», à concevoir, tout en rendant compte de ce que l'on voit par nos instruments. Pour reprendre la métaphore d'Eco, la science aussi devient œuvre ouverte, et l'épistémologie générique, qui ne dépend pas d'une discipline particulière, permet de construire des moyens de comprendre indirectement et partiellement cet objet science.

Cela ne signifie pas qu'arts et sciences soient directement mélangées et intriquées, nous pensons que la prudence d'Eco garde toute sa valeur. Mais par contre, nous devons, dans l'espace contemporain, construire des intermédiaires. L'épistémologie générique est une sorte d'intermédiaire entre science et philosophie. De même, nous proposons l'esthétique comme un intermédiaire entre science et art. Celle-ci n'est plus un complément à la connaissance, mais une condition inchoative, une orientation partielle, une reconnaissance sans concept de la non-convergence et une expérience de pensée conceptive, qui ne traite plus ses objets comme donnés et connus.

### **De la métaphore épistémologique à l'épistémologie générique**

Les conditions du passage entre la métaphore épistémologique d'Eco et l'épistémologie esthétique supposent la structure conceptuelle de l'épistémologie générique, relativement indépendante des disciplines, mais qui les respecte, et les «traite» (aucune n'est dominante) et qui pratique une démocratie des disciplines (chacune a le même poids, aucune n'est réputée plus importante que les autres- par exemple, on ne fera pas des OGM les produits de la biologie moléculaire), une intimité collective (qui tient compte non seulement des objets mais du rapport intime à ceux-ci), que nous traitons à l'occasion de l'art comme une forme contemporaine du maniérisme, enfin un travail matriciel entre les hétérogènes (sciences, philosophie, ou art, science), mais orienté et dynamique, à la façon de la philosophie non-standard de François Laruelle<sup>3</sup>.

Ces traits ne sont pas une banalité, car ils déplacent les oppositions ou les continuités entre les théories et les faits telles que les pensaient l'épistémologie classique. Nous ne sommes plus à l'intérieur d'une théorie ou d'une discipline, nous sommes dans un espace qui ne dépend directement d'aucune d'elles, et pourtant elles garantissent la cohérence et la compatibilité de ce qui est construit dans cet espace générique, qui travaille avec des fragments de sciences, de théories, de disciplines. Les disciplines sont convoquées par une discipline soustractive, ou encore dite « discipline + 1 » qui articule les relations entre disciplines. Elle ne surdétermine pas les autres, mais les sous-détermine. Nous pouvons choisir l'épistémologie comme une telle discipline pour comprendre les nouveaux objets des sciences, ou encore l'esthétique pour interpréter les formes inchoatives des séries de données. Mais n'importe quelle discipline peut servir de discipline +1. On pourrait par exemple relire l'œuvre

<sup>3</sup> François Laruelle, *Introduction aux sciences génériques*, Paris, Pétra, 2008 et *Philosophie non-standard. Générique, quantique, philo-fiction*, Paris, Kimé, 2010, tous deux en cours de traduction anglaise.

de Freud en choisissant la thermodynamique pour rassembler ses métaphores, ou encore comprendre les multiplicités philosophiques en les sous-déterminant par la biologie, essentiellement multidisciplinaire. Cette façon de comprendre les sciences comme en superposition n'est plus du tout positiviste, les faits corrélats de théories isolées sont réinterprétés dans des séries d'autres fragments de théories.

### **Les objets intégratifs, une hypothèse plus radicale que celle de Eco**

Cette façon de travailler conduit à considérer les nouveaux objets de la science non plus comme complexes, mais comme «intégratifs». L'objet complexe correspond à peu près à l'étape de l'œuvre ouverte, ou la création d'une discipline à elle seule ne permet plus d'appréhender les objets auxquels elle collabore, mais il y faut l'interprétation des autres. Cet état suppose la convergence des perspectives disciplinaires sur l'objet partiellement donné, de même que les Klavierstücke sont bien toujours l'œuvre de Stockhausen, mais qui ne deviennent audibles que par l'intermédiaire d'un instrumentiste, qui n'est plus seulement implicitement «traducteur», mais explicitement «traducteur-compositeur».

Les «nouveaux objets» ont des caractéristiques encore bien différentes. Ils superposent des fragments de savoirs en fonction d'une discipline +1. Ils sont faits aussi des non-savoirs de chaque discipline sur ces objets, non-savoirs disciplinaires qui permettent, par itération, à reformuler dans chaque discipline, les savoirs qu'elle maîtrise et les non-savoirs qu'elle construit. Ces objets n'ont pour unité partielle et momentanée que les intentions des chercheurs, qui ne les recouvrent pas. Enfin, ces objets ne sont plus manipulables, ils ne sont pas construits dans la distance phénoménologique qui sépare le chercheur de son objet. Ils sont radicalement non-synthétisables. De même que le concept d'«incertitude» est passée des marges de la science à son cœur, celui de non-synthétisable commence à donner des ouvertures méthodologiques aussi bien sur des objets créés (OGM, produits des nano-technologies, produits de la biologie de synthèse, etc.) que des objets d'étude (obésité, dépression) qui relèvent de nombreuses disciplines et ne convergent pas. Il faut inventer des méthodes scientifiques qui permettent de construire des méthodes d'invention dans cette non-synthèse.

On peut dire déjà que dans la madone sur les cratères de la Lune du Cigoli, il y a une sorte de non-synthèse entre ce qui vient de la religion et ce qui vient de la science galiléenne. La science est comme un corps étranger dans l'atmosphère spirituelle du tableau ainsi que dans son lieu (une église). Pourtant certains éléments du tableau donnent des pistes, tels les tissus ou les nuances de lumière, et la forme même «tableau», telle une œuvre achevée, ou encore le maniérisme, interprété non seulement comme savoir de l'objet peint mais comme rapport à celui-ci, intention du peintre ou du spectateur, permettent de recomposer cette synthèse. Notre hypothèse est que la science actuelle ne peut être complètement réunifiée par l'épistémologie ni l'art par l'esthétique, comprises comme des savoirs de surplomb. Il faut tenir compte de leur hétérogénéité, qui n'est pas réductible à une discipline ou à une autre. L'épistémologie met à disposition des quantités de modèles de fragments de sciences, comme l'esthétique des modèles d'œuvre d'art. Leur superposition fait surgir des éléments émergents.

L'objet intégratif a été reconnu autant sur le plan de l'épistémologie que

de l'esthétique. Le philosophe anglais Robin Mackay, éditeur de la revue *Collapse*, a déclaré que l'objet intégratif permet de faire la différence entre l'art moderne et l'art contemporain. Dans l'ouvrage accompagnant l'exposition de Simon Starling à la galerie Thyssen-Bornemisza Art Contemporary, Vienne, Sternberg Press, 2012, pp. 18-19, il développe cette idée, et l'amise en œuvre à l'occasion de l'exposition de John Gerrard à la Modern Art Gallery à Oxford<sup>4</sup>, 2012.

### L'inversion du perspectographe (Armand Hatchuel)

L'objet intégratif permet de conjuguer épistémologie générique et esthétique. L'une des façons de le faire peut être exemplifiée par ce qu'Armand Hatchuel a appelé l'«inversion du perspectographe»<sup>5</sup>. Cette conception renverse la notion d'œuvre ouverte, en ce sens qu'il ne s'agit pas de montrer que de l'œuvre donnée et fermée on passe à l'œuvre ouverte, comme à un progrès ou à une complexification. La question est plutôt de montrer que l'œuvre donnée est un cas particulier parmi une quantité de «X» à concevoir. Plutôt qu'un perspectographe, où l'image d'un objet donné se dessine sur une surface en fonction des règles de la perspective et que peut lire le peintre, faisons-en usage de telle sorte que ce soit non pas l'objet qui soit l'origine, mais l'image sur la surface tel un croquis ou un «sketch» générique permettant de projeter une infinité d'objets possibles. Il ne s'agit pas de modéliser selon les perspectives l'objet donné, mais de concevoir, à l'aide d'un modèle générique, une multiplicité d'objets. Cela suppose une nouvelle posture, où l'enjeu ne soit plus de modéliser les objets, mais de les concevoir. En d'autres termes, on passe de l'anomalie constatée – il y a une citation autonyme de Galilée dans un tableau de l'apparition de la Madone, mais à une anomalie désirée à partir du «sketch» de leur articulation ou de leur, non-articulation ou désarticulation.

... et ses conséquences pour l'art

Ce qui est ordonné dans une perspective ne va plus de soi, comme avec le perspectographe du Cigoli. Maurice Matieu, mathématicien et peintre, articule art et mathématiques en disant que la différence des propriétés de  $\mathbb{R}$  (ensemble des nombres réels) et des puissances de  $\mathbb{R}$  est que  $\mathbb{R}$  est ordonné, alors que ses puissances ne le sont pas<sup>6</sup>. Il en conclut que la peinture commence avec les puissances de  $\mathbb{R}$ . L'œuvre picturale est comprise alors comme une résistance à l'ordre et une création par «petits bouts» (comme en géométrie analytique), et non pas comme la vue surplombante d'un ensemble habité par des objets donnés. Plutôt qu'un tableau en totalité, il s'agit de construire un espace déterminé par «petits bouts», à la fois sensibles et conceptuels (le geste du peintre), une lutte contre un ordre pour accompagner la recherche de ce qui ne se voit pas ou encore une peinture «sans» toile, comme par exemple celles de James Turrell qui s'inscrivent dans la roche même du volcan. Ainsi l'ordre et les dimensions ne sont plus données, il faut les concevoir, c'est encore une autre façon, plus proche du vécu du peintre, de décrire la destruction de l'œuvre achevée

4 Anne-Françoise Schmid, « On contemporary Objects », traduction Robin Mackay, à paraître dans *Collapse*.

5 Armand Hatchuel, Yoram Reich, Pascal Le Masson, Benoit Weil, Akin Kazakci, «Beyond Models and Decision: Situating Design through generative functions. This paper has been accepted and published in the proceedings of the International Conference on Engineering Design, Seoul August 2013

6 Maurice Matieu, *Autobiographie par la forme*, Actes Sud, 2009, p. 34.



et de l'objet donné. Le rapport à l'objet du peintre est la résistance à un ordre et à des dimensions données.

Un exemple d'objet intégratif en art a été l'exposition de Pierre Huygues au Centre Pompidou à Paris (2013-2014), où chaque espace, chaque morceau ne prenait sens qui par le rapport non-synthétique aux autres<sup>7</sup>. Il y a apparemment du donné, mais il est sans cesse transformé et mis en conception, ne serait-ce que par la présence et le mouvement des spectateurs qui participent à l'élaboration d'un espace générique.

### **...et ses conséquences pour les sciences**

En ce qui concerne les sciences, on peut aussi donner sens à l'«inversion du perspectographe», les sciences ne se contentent plus de décrire ce qui est, elles créent des objets. Dans cette activité, la science conduit plusieurs régimes et plusieurs échelles à la fois, des régimes disciplinaires et non-disciplinaires. Il faut intégrer d'autres ingrédients que ceux prévus par la classique corrélation entre fait et théorie, mais aussi les données (qui ne sont pas des faits), la modélisation, la simulation. L'articulation de ces régimes suppose la prise en compte dans la science non seulement des contenus de savoirs, mais aussi du rapport à ces savoirs, elle devient à sa façon également maniériste, elle crée des dimensions. Selon Nicole Mathieu, géographe, il ne suffit pas de mettre bout à bout environnement et esthétique pour faire de la durabilité, il y a un angle, une non-continuité à construire<sup>8</sup>.

On peut manifester cette idée en mettant en évidence disciplines et échelles hétérogènes qui interviennent dans les «objets contemporains», de telle sorte qu'ils ne sont visibles que par l'organisation non-positiviste d'une discipline +1, et ne sont jamais complètement synthétisables. Les objets ne sont plus manipulables, visible dans une distance phénoménologique, ils deviennent au contraire condition de visibilité et sont condition de bifurcations et de rencontres. Mais il faut pour cela qu'aucune discipline ne se mette en surplomb sur les autres, au contraire qu'elles soient sous-déterminées par l'une d'elles. C'est une sorte de généralisation aux objets et aux disciplines de l'idée de la sous-détermination de la théorie par les faits chez Quine, mais dans une épistémologie où l'on n'oppose plus théorie et fait.

### **A partir de ces conséquences, construire des relations indirectes entre arts et sciences**

On ne peut plus survoler ni les arts ni les sciences. De même que Maurice Matieu propose la démarche par petits bouts, on trouve dans l'épistémologie contemporaine l'émergence d'une notion que nous croyons très importante, celle d'intermédiaire, de théorie ou d'axiomatique intermédiaire. Elle avait été introduite par K. Merton au XIX<sup>e</sup> siècle, reprise pour comprendre la biologie par Jean Gayon, utilisée indépendamment par Fernando Zalamea pour comprendre la variété des mathématiques contemporaines, etc. Cette notion est sans doute une façon de passer les frontières de l'espace épistémologique limité par les concepts de théorie et de faits, et qui inférait l'idée que les sciences se trouvent en un espace unifié, qu'elles unifient d'ailleurs elles-mêmes.

<sup>7</sup> Voir le catalogue de Lavigne, 2013.

<sup>8</sup> Nicole Mathieu et Anne-Françoise Schmid eds., 2014.

On ne peut plus passer d'un fragment de science à un autre naïvement, en faisant des collages autonomes. Tout ce travail suppose une modélisation des fragments. On ne peut plus faire reposer l'épistémologie sur une science particulière, mais sur des éléments modélisés des unes et des autres. C'est un des résultats de la philosophie non-standard de François Laruelle, qui s'est opposé à Alain Badiou justement sur cette question, ne plus faire directement de la théorie des ensembles, même celle de Paul Cohen, un fondement de la philosophie<sup>9</sup>. La notion d'intermédiaire est en train de modifier les relations entre l'universel et le local.

## Une nouvelle interprétation du maniérisme

Dans ce nouveau contexte, comment tenir compte des rapports entre les savoirs, lorsque les objets ne sont pas donnés, même plus objets ouverts, mais objets «X»? Il y faut la construction progressive d'un angle entre arts et sciences, on ne peut les mettre bout à bout, mais leur rapport invisible est toujours là.

Pour le manifester, on voit émerger un autre concept, qui a une histoire particulière autour de l'espace public (Habermas) ou des cafés comme lieu, mais qui a trouvé une renaissance en ethnopsychiatrie, sous l'expression d'«intimité collective»<sup>10</sup>, dont il a été fait usage maintenant dans divers domaines, dont il a été rendu compte dans une table ronde d'un colloque de Cerisy sur l'interdisciplinarité (septembre 2013), mais aussi dans une thèse soutenue en décembre 2013 à l'Ecole des Mines de Paris par Paris Chrysos, pour transformer ou compléter la notion de réseau pour comprendre les objets technologiques personnalisés. L'intimité collective set un mode d'échange scientifique, qui ne dépend plus des logiques disciplinaires, et qui permet de construire des communs dont les contenus ne peuvent être réduits à une discipline et dans un espace générique. L'intimité collective suppose un changement de niveau qui permet le croisement des disciplines une fois traitées, d'en superposer des fragments, rassemblés par la discipline soustractive ou discipline +1. On peut utiliser l'esthétique de cette façon pour les sciences et inversement. Ce rapport entre discipline constitue un geste, pour mettre en relation indirecte sciences et arts.

## Conclusion: Le Cigoli comme modèle?

Reprenons la Madone sur les cratères de la Lune. Ne voyons ni la Madone ni la lune comme des objets donnés, ouvrons-les en les combinant avec les savoirs qu'ils supposent, rendons les non-synthétisables par la mise en intime de leurs contenus, traitons-les d'objet «X» inconnus. Lune et Madone seront alors des modèles particuliers de sciences et d'art, pas seulement des objets donnés, à partir desquels bien d'autres objets et rapports peuvent être composés, que ce soit en sciences et en arts, mais de telle sorte que les points de vue surplombants soient réduits au minimum.

9 Voir l'Anti-Badiou de François Laruelle ainsi que le chapitre « Philosophica Acta » de l'ouvrage de Mathieu & Schmid, 2014.

10 Hounkpatin, Perez, Wexler-Czitrom, Courbin, 2011.

Table ronde: *Epistémologie générique des « communs » entre interdiscipline et discipline*, Colloque de Cerisy, septembre 2013 (A-F. Schmid, A. Perez, E. Sanchez-Albarracin, M. Mambrini-Doudet, L. Coutellec), à paraître en 2015. Schmid, Mambrini-Doudet, Hatchuel, 2011.

Schmid, 2011, "Epistémologie générique : de l'ego à l'« intimité collective » de la science».

Alors nous pourrions dessiner des liens autres que chronologiques entre l'art de Cigoli et l'art contemporain, et, de même, entre les sciences et les arts. Que faire alors de la lumière et du mouvement des tissus? De l'intime objectal, à la fois non personnel et non synthétisable.

### Références:

Apocalypse de Jean, chap.12

Gilles Deleuze, *Le Pli, Leibniz et le Baroque*, Paris, Minuit, 1988.

Umberto Eco, *La poétique de l'œuvre ouverte*, Paris, Le Seuil, collection « Points », 1965.

Armand Hatchuel, Yoram Reich, Pascal Le Masson, Benoit Weil, Akin Kazakci, «Beyond Models and Decision: Situating Design through generative functions», This paper has been accepted and published in the proceedings of the International Conference on Engineering Design, Seoul August 2013.

Armand Hatchuel, Benoît Weil, Pascal Le Masson, "Towards an ontology of design: lessons from C-K design theory and Forcing", *Research in Engineering Design*, 24, 2014, 147-163.

Lucien Hounkpatin, Avner Perez, Henny Wexler-Czitrom, Laurianne Courbin, 2011. *Vers un nouveau paradigme : la clinique de la multiplicité et la fabrication de « l'intime collectif »*, *Comprendre et traiter les situations interculturelles, approches psychodynamiques et psychanalytiques*, 67, 2011, 55–107.

François Laruelle, *The concept of non-photography*, Translated Drew Burk, New York, Urbanomic / Sequence Press, édition bilingue, 2011.

François Laruelle, – *Anti-Badiou: Sur l'introduction du maoïsme dans la philosophie*, Paris, Kimé, 2011. *Anti-Badiou. On the Introduction of Maoism into Philosophy*, translated by Robin Mackay, London, New York, Bloomsbury.

François Laruelle, *The Non-Philosophy Project*, Gabriel Alkon and Boris Gunjevic eds., Telos Press, 2012. François Laruelle, *Photo-Fiction, a Non-Standard Aesthetics*, translated by Drew Burk, Minneapolis, Univocal, édition bilingue, 2012.

Emma Lavigne, 2013, *Pierre Huygues, Exhibition catalog*, Centre Pompidou, Paris, 2013.

Robin Mackay, 2012, « On Making Ready », in: Simon Starling, *Superflex. Reprototypes, Triangulations and Road Tests*, Berlin, Sternberg Press, Thyssen- Bornemisza Art Contemporary, p. 15-21.

Nicole Mathieu et Anne-Françoise Schmid eds., 2014, *Modélisation et Interdisciplinarité. Six disciplines en quête d'épistémologie*, Paris, Quae, collection « Indisciplines ».

Maurice Matieu, *Autobiographie par la forme*, Arles, Actes Sud, 2009.

Mondriaan Piet, 1919-1920. *Natuurlijke werkelijkheid abstracte werkelijkheid*, *De Stijl* (reedited in 2010, *Réalité naturelle et réalité abstraite*, Paris, éditions du Centre Pompidou, 2010)

PIN, *Philosophy of/as Interdisciplinary Network* : [www.Philosophy.gatech.edu/pin.php](http://www.Philosophy.gatech.edu/pin.php)

Phan Denis, Schmid Anne-Françoise, Varenne Franck (2007), « Appendix 1 - Episte-

mology in a Nutshell: Theory, Model, Simulation and Experiment », in : Agent-based Modelling and Simulation in the Social and Human Sciences, D. Phan et F. AMBLARD (ed.), GEMAS Studies in Social Analysis Series, Oxford, The Bardwell Press,

Schmid Anne-Françoise, 2012, "The Science-Thought of Laruelle and its effects on Epistemology", in: John Mullarkey and Anthony Paul Smith eds, Laruelle and Non-Philosophy, Edinburgh University Press, pp. 122-142.

Varenne Franck, 2009. Models and Simulations in the Historical Emergence of the Science of Complexity", in M.A. Aziz-Alaoui & C. Bertelle (eds), From System Complexity to Emergent Properties, Springer, 2009, 3-21 Page 25

Zalamea Fernando 2013, Synthetic Philosophy of Contemporary Mathematics, London, New York, Urbanomic-Sequence.



# L'epistemologia storica del concetto di energia nell'insegnamento della Fisica<sup>1</sup>

Alex Lino<sup>2</sup>, Marcos Cesar Danhoni Neves<sup>3</sup>, Marco Mamone Capria<sup>4</sup>

## Premessa

L'insegnamento delle scienze sta attraversando un periodo di crisi e di ripensamenti, anche in seguito alle frequenti accuse di "analfabetismo scientifico" mosse ai cittadini. È chiaro che se questo tipo di deficit culturale fosse così diffuso come spesso si afferma, una buona parte della responsabilità andrebbe attribuita alla scuola. In realtà tali accuse sono spesso ingiustificate e interessate: l'idea che quasi sempre le sottende è che la virtù opposta, diciamola "alfabetismo scientifico", si rivelerebbe nella propensione ad accettare senza troppe verifiche i pareri delle "autorità scientifiche" in ogni campo politicamente sensibile (primo fra tutti quello medicosanitario).

Per quanto ci riguarda pensiamo invece che un cittadino scientificamente consapevole sarebbe, in generale, più resistente (e non meno) all'imposizione di pareri non corredati da appropriate spiegazioni e giustificazioni, e mostrerebbe un sano scetticismo verso le presunte autorità che evitano il confronto pubblico.

Con tutto ciò, resta il problema di definire la maniera migliore per impartire una solida istruzione in campo scientifico, su cui si possa fondare la consapevolezza scientifica del cittadino adulto.

L'approccio storico-epistemologico alla didattica delle scienze da Mach a Piaget

Una proposta didattica che è stata articolata da diversi prestigiosi scienziati, storici ed epistemologi è di ancorare l'insegnamento delle scienze (qui ci soffermeremo soprattutto sulla fisica) al loro sviluppo storico.

È quasi superfluo sottolineare che non si tratta di introdurre, a fianco delle nozioni teoriche o sperimentali, date e nomi sulle "scoperte", e neanche di ravvivare l'esposizione con qualche aneddoto curioso. L'idea è invece che comprendere una teoria scientifica non è come imparare le "istruzioni per l'uso" di un certo macchinario, ma mettersi in condizione di progettare il macchinario; e per progettare un macchinario occorre capire quali funzioni debba svolgere e perché alcune soluzioni apparenti dei problemi posti dalla progettazione non sono adeguate. In altre parole, si tratta di far condividere agli studenti il momento creativo della teoria, non limitarli a essere "utenti" della stessa.

Oggi viviamo in una fase storica in cui le pretese di formazione culturale da

<sup>1</sup> Trabalho apresentado na Revista La Física nella Scuola, v. XLVIII, p. 65-75, 2015.

<sup>2</sup> Discente do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá – PCM/UEM, Maringá, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Educação Tutorial em Física – PET-FÍSICA, Universidade Estadual de Maringá – PCM/UEM, Maringá, Brasil.

<sup>4</sup> Dipartimento di Matematica, Università degli Studi di Perugia, Italia

parte della scuola si sono molto indebolite rispetto a una quarantina d'anni fa,<sup>5</sup> e in cui una concezione strumentalista dell'istruzione scientifica è diventata quella prevalente: nell'opinione di molti, la scuola dovrebbe impartire conoscenze atte a favorire un rapido ingresso nel mercato del lavoro, e in particolare fornire una conoscenza delle teorie fisiche che si presti a una loro rapida applicazione in contesti concreti. Tuttavia è dubbio che questo obiettivo si possa raggiungere, nel caso delle teorie fisiche, senza che gli studenti abbiano fatto uno sforzo di genuina comprensione delle teorie da applicare: è solo nella ripetizione di applicazioni già note che l'approccio strumentalista può avere successo, ma non nella ideazione di nuove applicazioni.

In realtà quella di abolire la dimensione storica è una tentazione ricorrente nella storia della didattica delle scienze. Torniamo indietro di oltre un secolo, per incontrare due grandi scienziatofilosofi. Il fisico, epistemologo e storico della fisica Pierre Duhem, nel recensire nel 1903 quello che divenne presto un classico nel suo genere, *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico* di Ernst Mach (autore a lui per molti versi congeniale), scriveva:

Da alcuni anni il nostro insegnamento secondario delle scienze fisiche tende sempre più a respingere ogni considerazione storica e a considerarla come oggetto di una curiosità vana e oziosa. Quelli che si sono sforzati di promuovere questa tendenza avrebbero un grande interesse a meditare l'opera del professor Mach; non dubito che questa lettura scuoterebbe la loro convinzione; essa contribuirebbe, penso, a dar loro una convinzione del tutto opposta, a cui l'esperienza dell'insegnamento o degli esami ha condotto più di un professore: non ha una comprensione completa e penetrante di una legge fisica che non conosce, almeno all'ingrosso, i principî erronei che questa legge ha sostituito e gli sforzi che ha dovuto fare per soppiarli.<sup>6</sup>

Queste considerazioni erano un commento alla seguente citazione di Mach:

Gli elementi fondamentali delle nozioni che la meccanica studia si sono sviluppati quasi completamente a proposito di ricerche su casi molto speciali di fenomeni meccanici. L'analisi storica di questi problemi particolari resta d'altra parte il mezzo più efficace e più naturale di penetrare gli elementi essenziali dei principî, e si può anche dire che non è che attraverso questa via che si può arrivare alla piena comprensione dei risultati generali della meccanica.<sup>7</sup>

Il commento di Duhem dà anche una prima risposta a quella che è la principale, e più naturale, obiezione che si fa alle proposte di storicizzare l'insegnamento della fisica: uno studio accurato di tutte le false partenze e di tutti i vicoli ciechi nello sviluppo storico di una certa nozione oggi considerata importante comporterebbe un eccessivo investimento di tempo e sforzo da parte di insegnanti e studenti. Ora, è evidente che l'insegnamento storico della fisica non consiste nel sostituire l'obiettivo di insegnare la fisica con quello di insegnare la storia della fisica: si tratterà, piuttosto, di selezionare episodi dello sviluppo di una teoria o di un concetto che hanno lasciato

5 Esiste un testo di fisica impostato storicamente e destinato alle scuole secondarie, il *Project Physics Course*, a cura di Holton, Rutherford e Watson (TPPC 1975). Fu concepito negli anni Sessanta, e adattato (e arricchito) nell'edizione italiana pubblicata nel 1977 da Zanichelli (TPPC 1977). L'edizione originale è interamente e gratuitamente disponibile su Internet, all'indirizzo indicato in bibliografia. Per la storia del progetto e la sua versione attuale si veda Holton 2003.

6 Duhem 1903.

7 Corsivo aggiunto. Traduciamo dalla citazione francese (il passo corrispondente nell'edizione italiana è Mach 1977, p. 27).

la loro impronta nella teoria o concetto come attualmente concepiti.<sup>8</sup>

La presentazione di tali episodi ha innanzitutto un'importante funzione motivazionale. In effetti molto spesso lo studente di fisica (e ancor più quello di matematica) rimane perplesso davanti all'esposizione di certe nozioni perché sembrano "cadere dal cielo", o più precisamente perché non si riesce a capire come possa essere accaduto che qualcuno, per quanto geniale, possa averci pensato. Di solito la reazione –quasi automatica– dell'insegnante a questo tipo di perplessità è di invitare lo studente a fidarsi e ad aspettare, perché prima o poi vedrà che quelle nozioni "servono".

Con questa reazione però l'insegnante, senza rendersene conto, perde un'importante occasione. L'occasione, cioè, di interrogarsi su quella perplessità, e più precisamente sull'origine della percezione, da parte dello studente, della stranezza di quelle nozioni. Quando una certa nozione, che pretende di applicarsi ad esperienze che abbiamo fatto un po' tutti (come quelle di cui prevalentemente si occupa la fisica elementare), ci sembra strana, ciò vuol dire che altra sarebbe la maniera in cui affronteremmo la spiegazione di quelle esperienze se qualcuno ci chiedesse di farlo in un contesto extrascolastico. In breve: lo studente non arriva nell'aula scolastica come tabula rasa. Questo concetto è stato bene espresso da Gaston Bachelard nel 1938:

Sono spesso stato colpito dal fatto che i professori di scienze, più ancora degli altri se possibile, non capiscono che non si capisca. [...] I professori di scienze immaginano che la mente comincia come una lezione, che si può sempre rifare una cultura incurante raddoppiando l'orario, che si può far capire una dimostrazione ripetendola punto per punto. Non hanno riflettuto sul fatto che l'adolescente arriva nella classe di fisica con conoscenze empiriche già costituite: si tratta allora non di acquisire una cultura sperimentale, ma piuttosto di cambiare la cultura sperimentale, di rovesciare gli ostacoli accumulati dalla vita quotidiana.<sup>9</sup>

A parte il suggerimento, discutibile, che quello che lo studente porta in aula sia semplicemente un "ostacolo" alla corretta comprensione, Bachelard coglie un punto importante: l'insegnante che pensa di poter produrre comprensione attraverso la reiterazione è sicuramente in errore; e si può dire che tuttora questa strana illusione didattica non è affatto rara.

Una controprova che una fisica "prescolastica" lo studente ce l'ha è fornita da numerose ricerche sperimentali di psicologia cognitiva,<sup>10</sup> in cui si propone a un gruppo di studenti un quesito di fisica elementare decontestualizzato, cioè senza indicare o suggerire a quale capitolo del libro di testo bisognerebbe far ricorso per rispondere, ma offrendo una scelta tra diverse risposte, una sola delle quali corretta "dal punto di vista del libro di testo" e le altre variamente "sbagliate". Il fatto interessante è che molti studenti che hanno già studiato il capitolo "giusto" del libro di testo, e che saprebbero ripetere le affermazioni in esso contenute se opportunamente sollecitati durante un'interrogazione, rispondono al quesito in maniera errata. Ma non in maniera arbitrariamente errata.

8 Tuttavia sarebbe sbagliato considerare l'eventuale spostamento dell'interesse di uno studente di scienze verso la storia e l'epistemologia come una sconfitta educativa. Diverse considerazioni importanti al riguardo si trovano in Barretto Bastos Filho 2003.

9 Bachelard 1938, p. 18 (il primo corsivo è aggiunto).

10 McCloskey *et al.* 1980, McCloskey 1983.



In generale l'esperimento di chiedere ai propri studenti come risponderebbero a un quesito ragionevolmente semplice, formulato senza permettere di capire come il docente "vorrebbe" che rispondessero, dovrebbe essere fatto, e frequentemente, da ogni insegnante che volesse accertarsi del grado reale di comprensione della sua classe. In effetti il duplice e contraddittorio ruolo del professore (insegnante e esaminatore) fa sì che gli studenti imparino presto a "indovinare" da ogni indizio messo anche involontariamente a loro disposizione quali risposte gli siano "gradite", e una volta che l'hanno indovinato, diranno ciò che piace al professore del tutto indipendentemente dalla loro eventuale convinzione. Le loro vere opinioni si rivelano invece quando gli studenti possono far ricorso solo ad esse per produrre una soluzione a un problema.<sup>11</sup>

Come si accennava, gli errori dello studente che non è messo in condizione di capire che cosa "ci si aspetta" che risponda hanno una logica interna: in essi è spesso individuabile una rassomiglianza con teorie che nello sviluppo storico hanno preceduto quelle oggi accettate. L'aspetto più affascinante di questa emersione spontanea del passato è che si osserva in normali studenti che, della storia della fisica – si può dirlo con certezza – non sanno praticamente niente! Quindi il loro ripercorrere sentieri intellettuali aperti parecchi secoli prima non può essere assimilato alla tendenza dell'erudito a ripescare nella memoria nozioni acquisite attraverso i suoi studi.

Nella sua ultima opera, scritta in collaborazione con un fisico teorico (Ronaldo Garcia) e significativamente intitolata Psicogenesi e storia della scienza, il più celebre psicologo cognitivo del secolo scorso, Jean Piaget, ha teorizzato una corrispondenza tra gli stadi nella costruzione di nozioni fisiche (e matematiche) di base nei bambini e gli stadi dello sviluppo storico di quelle nozioni. Secondo Piaget e Garcia le «costruzioni cognitive» non si succedono linearmente, ma danno adito, stadio dopo stadio, a delle ricostruzioni di ciò che precede integrato in quello che segue. Ne consegue che le idee costruite a un livello superiore di pensiero, anche quando si tratti delle idee di un teorico, si basano necessariamente su una struttura di azioni da cui esse traggono la loro sostanza pur ampliandola a livelli diversi [...].<sup>12</sup>

La concezione sintetizzata in questa citazione non coincide con quella "discontinua" presentata da Thomas Kuhn nel suo libro sulle rivoluzioni scientifiche,<sup>13</sup> in quanto secondo Piaget e Garcia le nuove idee «traggono la loro sostanza» da quelle, e non le soppiantano in un senso radicale: però nemmeno si aggiungono, semplicemente, alle vecchie. Se non c'è una "rottura" vera e propria, quindi, non c'è neppure un semplice "raffinamento".

In questa sede dobbiamo limitarci a queste poche osservazioni suggestive, che radicano nella psicologia della conoscenza l'importanza di tener conto, nell'insegnamento, della storia delle idee. Ci soffermeremo adesso su un caso particolare, ovviamente senza pretese di completezza, per mostrare la fecondità pedagogica dell'approccio storico.

## Il caso dell'energia

<sup>11</sup> Per un esempio e la sua analisi, si veda Mamone Capria 2001, pp. 24-30.

<sup>12</sup> Piaget, Garcia 1985, p.91.

<sup>13</sup> Kuhn 1970.

Oggi la parola “energia” è probabilmente tra le più ricorrenti nel discorso pubblico, sia perché la nostra società vive costantemente sotto la minaccia della “crisi energetica”, sia perché la ricerca di nuove “forme di energia”, rinnovabili e non inquinanti, è al centro delle preoccupazioni di molti ricercatori, sia infine perché tutti noi dobbiamo periodicamente pagare per qualcosa che viene definito, nelle bollette, come “consumo di energia”. La familiarità della parola non significa però che il concetto sia ugualmente chiaro.

In effetti quello di energia è un concetto difficile. Ecco ad esempio quello che ebbe a dire al riguardo uno dei più grandi fisici matematici attivi tra XIX e XX secolo, Henri Poincaré:

Non ci resta più che un enunciato per il principio della conservazione dell’energia: c’è qualcosa che rimane costante. Sotto questa forma, esso è da sua volta al di là dei colpi dell’esperienza e si riduce a una specie di tautologia. È chiaro che se il mondo è governato da leggi, ci saranno quantità che rimarranno costanti. Come i principi di Newton, e per una ragione analoga, il principio di conservazione dell’energia, fondato sull’esperienza, non potrebbe più essere infirmato da essa.<sup>14</sup>

Ma, si potrebbe obiettare, questa dichiarazione forse rappresenta uno stadio superato nello sviluppo delle idee fisiche. E allora andiamo a leggere quello che dice Richard Feynman sessant’anni dopo, in uno dei più celebri testi di fisica del XX secolo:

È importante capire che nella fisica odierna non abbiamo una conoscenza di ciò che l’energia è. Non abbiamo un’immagine dell’energia che entra in piccole gocce di grandezza definita. Non va così. Comunque ci sono formule per calcolare qualche quantità numerica, e quando le sommiamo tutte ci viene [...] sempre lo stesso numero. È una cosa astratta in quanto non ci dice il meccanismo o le ragioni per le varie formule. [...] Così noi al momento non capiamo questa energia come se fosse un contare qualcosa, ma solo come una quantità matematica, il che è una circostanza astratta e piuttosto peculiare.<sup>15</sup>

Dunque, nonostante la sua apparente concretezza (se si pagano bollette per il consumo di qualcosa quel qualcosa dev’essere molto concreto...), la nozione teorica di energia è «astratta e piuttosto peculiare». Di questa situazione l’insegnamento deve tenere conto. E, alla luce dello stato attuale della questione, che è in prima approssimazione quello che si ricava da queste due citazioni, abbiamo il diritto di aspettarci che lo sviluppo storico del concetto presenti molte incoerenze e tortuosità. È proprio così, naturalmente, anche se in questa sede per illustrarlo ci dovremo limitare solo a poche considerazioni.

## Aristotele e i suoi commentatori

Poiché la contrapposizione usuale tra la fisica moderna, nata nel XVII secolo, e quella antica e medievale, è che la prima avrebbe rimesso in primo piano l’“esperienza”, è bene cominciare con un’affermazione che non apparirebbe strana a nessuno sulla sola base della propria ordinaria esperienza: la più generale osservazione empirica sui

<sup>14</sup> Poincaré 1968, p. 143.

<sup>15</sup> Feynman *et al.* 1975, I-1, cap. 4.

sistemi terrestri è che il loro movimento presto o tardi si esaurisce, a meno che non lo si sostenga con una potenza motrice.

Si direbbe in altre parole che una forza sia necessaria a permettere la continuazione di un moto. Ora, questa affermazione, che non si troverebbe in un testo di fisica di oggi, enuncia invece un principio della dinamica aristotelica. Secondo Aristotele, più precisamente, i moti terrestri sono di due tipi: quelli diretti al luogo naturale di un corpo, e quelli che hanno un'altra direzione. Il luogo naturale di un grave è il centro della Terra (che per Aristotele è anche il centro dell'universo, ma questa è una questione cosmologica che possiamo trascurare). Quindi non è necessaria una spiegazione per il fatto che un grave cade, ma lo è per il fatto che un grave non cade, o che, comunque, non si muove secondo una traiettoria verticale.

Supponiamo che un corpo non segua una traiettoria verticale. Ciò può avvenire, per esempio, se c'è qualche altro corpo che gli impedisce il moto verticale, come quando un grave è posato su un tavolo. Ma ciò accade anche in un altro fenomeno, molto comune e ben noto fin dall'antichità più remota: il lancio di un proiettile. Tale fenomeno contraddice, almeno in apparenza, il principio aristotelico sopra enunciato: infatti quando lanciamo un sasso con la mano, esso continua a muoversi, almeno per un po', in una direzione "innaturale" (per esempio orizzontalmente) anche dopo aver lasciato la mano, e senza che sia evidente una forza che lo accompagni.

Come questo fatto si potesse conciliare con l'universale osservazione empirica sopra descritta ha costituito un problema per secoli, e il dibattito su tale problema ha avuto una funzione cruciale nello sviluppo della fisica moderna.<sup>16</sup>

Aristotele cercò di ottenere una conciliazione dando all'aria un ruolo nel mantenimento del moto. Egli stesso, però, offrì due diverse ipotesi circa tale ruolo, e quindi i commentatori di Aristotele si trovarono di fronte a un problema al quale non era possibile rispondere attraverso una analisi dei suoi testi. Inoltre che l'aria, la quale da chi corre è chiaramente avvertita come una fonte di resistenza al moto, potesse essere il fondamento della conservazione del moto generava un paradosso di non facile soluzione.

Alcuni autori nella tradizione aristotelica, e in particolare Giovanni Filopono (VI sec. d. C.) e Giovanni Buridano (XIV sec. d. C.), si spinsero a ipotizzare che nel lancio del sasso (per tornare al nostro esempio) la mano comunica al sasso una "virtù motrice" che perdura anche dopo che sia cessato il contatto tra mano e sasso.

## **Che cosa si conserva nel moto?**

Si può considerare tale ipotesi come un primo passo verso una "fisica inerziale" – passo compiuto come revisione di un principio aristotelico, quello sopra citato, colpevole di un'eccessiva aderenza all'esperienza ordinaria. Nei *Principia Philosophiae* (II, §§37-38), del 1644, Cartesio enuncia un principio diverso, che definisce «prima legge della natura», cioè «che ogni cosa rimane nello stato in cui è, fin tanto che niente lo cambi». A illustrazione, pone appunto il problema: «Perché i corpi spinti dalla mano continuano a muoversi dopo che essa li ha abbandonati», e dà la risposta:

<sup>16</sup> La scoperta di quel vero e proprio continente sconosciuto che era fino ad allora la scienza medievale si deve a Pierre Duhem, che ne trattò in monumentali opere storiche. Un libro vasto e utilissimo (anche come raccolta di testi originali) sulla meccanica nel Medio Evo è Clagett 1972. Per una sintesi con un'ampia bibliografia si può vedere Grant 1983.

grazie alla prima legge. Ecco il passo pertinente:

Vediamo tutti i giorni la prova di questa prima regola nelle cose lanciate. Infatti non c'è altra ragione perché esse continuino a muoversi, quando sono fuori della mano di chi le ha spinte, se non che, secondo le leggi della natura, tutti i corpi che si muovono continuano a muoversi finché il loro moto sia arrestato da altri corpi.

E qual è il ruolo dell'aria?

Ed è evidente che l'aria e gli altri corpi liquidi, entro i quali vediamo queste cose muoversi, diminuiscono a poco a poco la velocità del loro moto; perché possiamo anche sentire con la mano la resistenza dell'aria, se scuotiamo abbastanza rapidamente un ventaglio aperto, e non esiste corpo fluido sulla terra che non resista, ancor più manifestamente dell'aria, ai moti degli altri corpi.

Ma nonostante il rallentamento prodotto sui corpi dai mezzi in cui si muovono, il moto, se lo si considera quantitativamente associato alle diverse masse che si spostano, non va perduto: per Cartesio il prodotto tra massa e velocità (in senso scalare), sommato su tutti i corpi dell'universo, rimane costante. Si tratta di un tentativo di dare forma quantitativa alla sua prima legge, cioè di rispondere alla naturale domanda che da essa sorge: che cosa esattamente si conserva quando diciamo che lo stato di una cosa che si muove rimane invariato?

Oggi "tutti" sanno che la legge di conservazione cartesiana non funziona, ma che la si può salvare, e promuoverla a una delle leggi fondamentali della dinamica classica, se si sostituiscono le velocità scalari con le velocità vettoriali, come fu notato già nel 1669 da Wallis, Wren e Huygens nel caso degli urti. Questa correzione conduce però alla legge di conservazione della quantità di moto, ma non a una legge di conservazione dell'energia – che, come "tutti" sanno, è una grandezza scalare, anche se, come risulta dalle citazioni di Poincaré e Feynman, quale forma questa grandezza abbia in generale non è affatto chiaro a priori.

Interrompiamo la ricostruzione per un momento. È istruttivo che uno dei massimi pensatori occidentali possa aver commesso un errore che oggi sarebbe severamente rimproverato a uno studente. Questo conferma la ben nota verità che arrivare a destinazione sapendo in anticipo quale dev'essere il punto d'arrivo è molto più facile che aprirsi una strada prima che la meta sia definita. Per lo studente è motivo di conforto sapere che anche grandi scienziati si sono potuti sbagliare, e anche su questioni di grande importanza. Per inciso, può essere anche utile per lo studente sapere che lo stesso autore che occupa un posto di riguardo nei manuali di storia della filosofia, sia stato anche uno scienziato di prim'ordine (no, non si tratta di un caso di omonimia...). Forse varrebbe la pena cercare di spiegare agli studenti (e, prima ancora, che l'insegnante di fisica cercasse di spiegare a sé stesso) come mai questa duplice competenza è oggi per lo più considerata un lusso inutile. Anche per questo la storia della fisica ci dà un aiuto prezioso.<sup>17</sup>

## La disputa delle forze vive

Proseguiamo. Il più famoso critico della legge di conservazione cartesiana

17 Per esempio ci informa che la *Meccanica* di Mach è stato un libro capitale nella formazione di Albert Einstein.

è stato un altro grande pensatore multidisciplinare: Leibniz.<sup>18</sup> Cominciò con un breve articolo dal lungo titolo pubblicato nel 1686: “Breve dimostrazione dell’errore memorabile di Cartesio e di altri circa una legge naturale secondo cui, come essi pretendono, Dio conserverebbe sempre la stessa quantità di moto; della quale abusano anche in meccanica”. Si può considerare questo come l’inizio, che precede l’apparizione dei Principia di Newton (1687), di una delle più celebri dispute della fisica del XVIII secolo: la cosiddetta disputa delle forze vive, a cui parteciperanno fino alla metà del secolo (e anche oltre) praticamente tutti i maggiori fisici e filosofi.<sup>19</sup>

Jean d’Alembert la formulò mezzo secolo dopo come la questione «se la forza dei corpi in movimento è proporzionale al prodotto della massa per la velocità, o al prodotto della massa per il quadrato della velocità». <sup>16</sup> È chiaro che la risposta dipende in maniera cruciale dal senso assegnato al termine “forza”. Si andrebbe fuori strada se si pensasse che il termine avesse lo stesso significato di quello attuale, e anche che avesse all’epoca lo stesso senso per tutti gli autori; ma ciò non significa che la disputa sulle forze vive, come troppo frettolosamente la liquidò d’Alembert, fosse «solo una questione di parole».

La prospettiva di Leibniz è quella della ricerca di una quantità scalare che si conservi. Secondo Leibniz<sup>17</sup> è «conforme a ragione» assumere la conservazione della forza motrice totale, che né diminuisce (poiché «vediamo che nessuna forza è perduta in un corpo senza che si trasferisca in un altro»), né aumenta («il moto perpetuo non si verifica in nessun luogo, in quanto nessuna macchina e perciò nemmeno l’intero universo può accrescere la propria forza senza un nuovo impulso dall’esterno»). L’errore di Cartesio sarebbe quindi avere identificato quantità di moto (che non si conserva) e forza motrice (che si conserva).

Per dimostrare l’errore di Cartesio, Leibniz parte da due presupposti, che dice condivisi «sia dai cartesiani che dagli altri filosofi e matematici del nostro tempo» (nel secondo adottiamo unità moderne):

1. la forza motrice acquistata da un corpo nel cadere liberamente da una certa altezza fino al suolo è la stessa necessaria per portarlo dal suolo fino a quella altezza (come si vede, ad esempio, nel caso del pendolo, se si astrae dalle resistenze);

2. per sollevare fino a un’altezza di 4 metri un corpo A di 1 kg ci vuole la stessa forza motrice che per sollevarne uno, B, di 4 kg all’altezza di 1 metro (vedere illustrazione).

Ne segue che le forze motrici acquisite nella caduta al suolo da A e da B devono essere uguali. Anche se Leibniz non dà una formula generale per la forza motrice, nel caso in esame adotta l’espressione del prodotto tra massa (non distinta dal peso) e altezza: nella notazione attuale  $mgh$ . Il valore comune a cui si riferisce, a meno di un fattore (dimensionale) costante, è quindi 4. Ma la legge di caduta dei gravi galileiana mostra che le “quantità di moto” nei due casi sono, rispettivamente, proporzionali a 2 e a 4. Ciò dimostra che la quantità di moto cartesiana non equivale alla forza motrice, e quindi è sbagliato affermare che si conservi.

<sup>18</sup> Per una sintesi del contributo di Leibniz sulla questione si veda Iltis 1971.

<sup>19</sup> Hankins 1965, Laudan 1968. La critica di Leibniz a Cartesio è discussa anche in TPPC 1975, 1977 (cap. 9.7). Una recente esposizione che, anche se concisa, mette la questione in un contesto più ampio è Smith 2006. <sup>16</sup> D’Alembert 1759, <sup>17</sup> Leibniz 1686.

Dalla legge galileiana della caduta libera dei gravi si ricava in generale che

$$mv^2 = 2mgh$$

cioè  $mgh$  è uguale a  $mv^2/2$ , che è la nostra energia cinetica. Quindi si può misurare la forza motrice tanto come  $mgh$  quanto come energia cinetica.

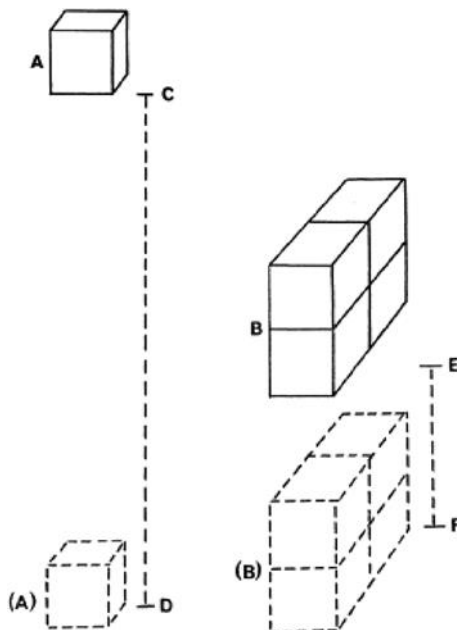


Illustrazione da Leibniz 1686

Trattandosi di calcoli molto elementari, e per giunta impliciti nel ragionamento di Leibniz, è strano che Leibniz non dica che la forza motrice si può calcolare anche con la formula per la nostra energia cinetica. In contributi successivi Leibniz scriverà che la forza motrice coincide con la vis viva, cioè la nostra energia cinetica, ma senza il fattore  $\frac{1}{2}$ . È questa la quantità il cui totale si conserverebbe nell'universo. Huygens l'aveva introdotta in precedenza mostrando che, effettivamente, essa si conserva negli urti elastici,<sup>20</sup> ma in un caso come quello della caduta libera la "forza viva" si conserva solo se si ammette che si possa in parte "mascherare" in ciò che oggi chiamiamo energia potenziale.

Chiaramente la "forza motrice" leibniziana non è la "forza" nel senso newtoniano – nozione che, peraltro, è ben più problematica di come solitamente la si

<sup>20</sup> Vedere la regola 6 di Huygens 1669.

presenta.<sup>21</sup> È in parte su come interpretare le relazioni tra vis viva, quantità di moto e forza newtoniana che nacque e si sviluppò la disputa sulle forze vive, la quale non si concluse, al contrario di come spesso è stato scritto,<sup>22</sup> con la pubblicazione del *Traité de Dynamique* di d'Alembert nel 1743.<sup>23</sup>

## La conservazione dell'energia

La questione della conservazione solleva un ultimo punto. Sia nel caso della forza viva che in quello della quantità di moto vettoriale, al momento del contatto con il suolo di un corpo in caduta libera abbiamo una quantità che scompare, almeno in buona parte (il che è evidente soprattutto se non c'è rimbalzo, cioè nel caso dell'urto anelastico). Se vogliamo salvare l'idea di legge di conservazione leibniziana siamo quindi costretti ad ipotizzare che la vis viva scomparsa si sia redistribuita a livello microscopico. L'ipotesi che una parte della vis viva sia «assorbita dalle particelle che compongono la massa» fu avanzata da Leibniz in uno scritto inedito dei primi anni 1690.<sup>24</sup> Ci limitiamo qui a notare che una tale ipotesi aveva conseguenze importanti anche circa la natura dei costituenti ultimi della materia (e in particolare circa l'esistenza di corpi realmente “duri”) e del calore.<sup>25</sup>

Semplificando, si può dire che Cartesio arrivò nelle vicinanze della legge di conservazione della quantità di moto, ma con un importante difetto, e che Leibniz arrivò nelle vicinanze della legge di conservazione dell'energia meccanica nel caso della caduta libera dei gravi, ma senza valorizzarla pienamente perché il suo programma di ricerca puntava in un'altra direzione.<sup>26</sup> La polemica tra Leibniz e i cartesiani si ramificò nel secolo successivo sia dal punto di vista teorico che sperimentale, ed è a tali sviluppi che siamo debitori per il principio generale di conservazione dell'energia, per il principio di minima azione e per la meccanica lagrangiana.

Abbiamo descritto sommariamente un tratto della strada, lunga e tortuosa, che ha portato all'introduzione del principio di conservazione dell'energia: un principio, va sottolineato, che non è nato perché “obbligato” dall'evidenza sperimentale ma perché una sequenza di pensatori, da Cartesio ai filosofi della natura tedeschi e oltre, concepirono per ragioni filosofiche che nell'universo ci dovesse essere, dietro la diversità dei fenomeni, un fondo costante.<sup>27</sup> (Anche le idee esposte da Poincaré nel passo sopra citato si possono considerare come una versione disincantata dello stesso postulato filosofico). Questo è un esempio importante di interazione tra branche del sapere che la didattica corrente tende, dannosamente, a dissociare e che invece l'impostazione storica rimette in comunicazione.

## Conclusione

Riteniamo che far partecipare gli studenti alle discussioni storiche, sia pure

21 Per una sintesi della questione si veda Danhoni Neves 2008a.

22 Anche da Mach [1977, pp. 306-7].

23 Laudan 1968, Iltis 1971.

24 Leibniz 1692-96, 1695.

25 Scott 1959.

26 Cfr. Hankins 1965, p. 281.

27 Cfr. Kuhn 1959, pp. 96-100



opportunamente semplificate (ma non travisate), stimolandoli a immaginare quali “consigli” avrebbero dato ai grandi scienziati del passato, servirebbe ad aumentare il loro grado di consapevolezza delle nozioni fisiche, dando loro al tempo stesso l’esperienza, preziosissima, di come nasce un’ipotesi scientifica e di quanto poco la ricerca scientifica si possa descrivere in termini di “razionalità istantanea”. Per gli studenti è molto utile entrare in contatto con la dimensione della controversia nella ricerca scientifica, perché ciò li prepara ad affrontare con maggiore consapevolezza tematiche attuali, in vari campi scientifici, su cui il consenso degli scienziati è ancora incerto e precario.

Inoltre, come diverse ricerche psicologiche sui parallelismi tra apprendimento e sviluppo storico dei concetti hanno mostrato, le versioni “antiquate” dei concetti fisici risultano spesso più intuitive per lo studente, il quale, partendo da esse, può realizzare una genuina crescita conoscitiva, invece di limitarsi a quegli esercizi di memoria e imitazione a cui spesso si riduce la didattica delle scienze e che, in effetti, lasciano intatte le sue “convinzioni profonde”.

La storia della fisica ha anche il merito di rinnovare il contatto con esperimenti ed esperienze elementari e accessibili,<sup>28</sup> ma che contengono il germe di concetti teorici della massima importanza, e favorisce una sana e non artificiosa interdisciplinarietà.

Infine insistiamo che da un punto di vista pedagogico non è affatto necessario che gli studenti seguano gli sviluppi storici in tutta la loro, a volte disorientante, complessità: basta selezionare episodi e testi che mettano in luce le scelte teoriche decisive (e a tale scopo occorre, però, che l’insegnante abbia della storia una conoscenza non superficiale, basata soprattutto sulle fonti primarie, eventualmente tradotte). Se poi qualche studente fosse conquistato da questo tipo di insegnamento allo studio della storia della scienza in senso proprio, pensiamo che l’insegnante non avrebbe nulla di cui rimproverarsi.

## Riferimenti

- Assis A. K. T. 2010: *The Experimental and Historical Foundations of Electricity*, Montreal, Apeiron.
- Bachelard G. 1938: *La formation de l’esprit scientifique*, Paris, Vrin.
- Barretto Bastos Filho J. 2003: “Il giudizio dei ‘pari’ e dei ‘dispari’”, pp. 75-92 di Mamone Capria 2003.
- Cartesio 1644: *Principia Philosophiae*, Amsterdam.
- Clagett M. 1972: *La scienza della meccanica nel Medioevo*, a cura di L. Sosio, Milano, Feltrinelli.
- D’Alembert J. 1759: *Essai sur les éléments de philosophie* (ristampa: Fayard, 1986).
- Danhoni Neves M. C. 2008: *Memórias do Invisível*, Maringá, EUEM.
- Danhoni Neves M. C. 2008a: “Uma história para o conceito de força”, pp. 42-68 di

<sup>28</sup> Un buon esempio, relativo all’elettricità, di utilizzazione intensiva di esempi semplici e fondati storicamente, è dato da Assis 2010.

Danhoni Neves 2008.

Duhem P. 1903: "Analysedel'ouvrage de Ernst Mach: «La mécanique. Étude historique et critique de son développement»", Bulletin des Sciences Mathématiques, vol. 27, pp. 261-83.

Feynman R. P., Leighton R. B., Sands M. 1975: La Fisica di Feynman—The Feynman's Lectures on Physics, Inter European Editions.

Gerhardt C. I. (a cura di) 1860: Mathematische Schriften, vol. VI, Berlino e Halle, H.W. Schmidt, 1860 ( ripr. facs.: Hildesheim, G. Olms, 1971).

Grant E. 1983: La scienza nel Medioevo, Bologna, Il Mulino.

Hankins T. L. 1965: "Eighteenth-Century Attempts to Resolve the Vis Viva Controversy", Isis, vol. 56, pp. 281-97.

Holton G. 2003: "The Project Physics Course, Then and Now", Science and Education, vol. 12, pp. 779-86.

Huygens C. 1669: "Regles du mouvement dans la rencontre des corps", Journal des Sçavans, pp. 19-24.

Iltis C. 1970: "D'Alembert and the vis viva controversy", Hist. Phil. Sci., vol. 1, pp. 135-44.

Iltis C. 1971: "Leibniz and the Vis Viva Controversy", Isis, vol. 62, pp. 21-35.

Kuhn T. S. 1959: "Energy Conservation as an Example of Simultaneous Discovery", ristampato alle pp. 66-104 di Kuhn 1977.

Kuhn T. S. 1970: The Structure of Scientific Revolutions [1962], Chicago e Londra, The University of Chicago Press.

Kuhn T. S. 1977: The Essential Tension, Harvard University Press, Chicago e Londra, The University of Chicago Press.

Laudan L. L. 1968: "The Vis Viva Controversy, a Post-Mortem", Isis, vol. 59, pp. 130-43.

Leibniz G. W. 1686: "Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii et aliorum circa legem naturalem, secundum quam volunt a Deo eandem semper quantitatem motus conservari, qua et in re mechanica abuntur", pp. 117-23 di Gerhardt 1971, vol. VI.

Leibniz G. W. 1692-96: "Essay de Dynamique sur les loix du mouvement, où il est montré, qu'il ne se conserve pas la même Quantité de mouvement, mais la même Force absolue, ou bien la même Quantité de l'Action motrice", pp. 215-30 di Gerhardt 1860.

Leibniz G. W. 1695: "Specimen Dynamicum pro admirandis Naturae Legibus circa corporum vires et mutuas actiones detegendis et ad suas causas revocandis. Pars I", pp. 234-46 di Gerhardt 1860.

Mach E. 1977: La meccanica nel suo sviluppo storico-critico, Torino, Bollati Boringhieri. Mamone Capria M. 2001: "Matematica e fisica tra linguaggio e realtà", pp. 163-207 di Stelli 2001 [www.dmi.unipg.it/mamone/sems/mattfis.pdf](http://www.dmi.unipg.it/mamone/sems/mattfis.pdf)

Mamone Capria M. (a cura di) 2003: Scienza e democrazia, Napoli, Liguori.

McCloskey M. 1983: "Fisica intuitiva", Le Scienze, giugno, pp. 108-18.

McCloskey M., Caramazza A., Green B. 1980: "Curvilinear Motion in the Absence of

External Forces: Naive Beliefs About the Motion of Objects”, *Science*, vol. 210, pp. 1139-41.

Piaget J., Garcia R. 1985: *Psicogenesi e storia delle scienze*, Milano, Garzanti.

Poincaré H. 1968: *La Science et l’Hypothèse*, Parigi, Flammarion.

Scott W. L. 1959: “The Significance of «Hard Bodies» in the History of Scientific Thought”, *Isis*, vol. 50, pp. 199-210.

Smith G. E. 2006: “The vis viva dispute: A controversy at the dawn of dynamics”, *Physics Today*, Ottobre, pp. 31-6.

Stelli G. (a cura di) 2001: *Percorsi della filosofia del Novecento*, Perugia, IRSSAE Umbria. TPPC 1975: *The Project Physics Course*, a cura di G. Holton, F. J. Rutherford, F. G. Watson <https://archive.org/details/projectphysicscollection>

TPPC 1977: *The Project Physics Course*, edizione italiana, Bologna, Zanichelli [www.catalogo.zanichelli.it/Pages/Opera?id\\_opera=0000000000570](http://www.catalogo.zanichelli.it/Pages/Opera?id_opera=0000000000570)



# Giulio Cortini

Luisa Bonolis

Giulio Cortini è nato a Roma il 1° dicembre 1918. Nel 1942 si è laureato in Fisica, con lode, all'Università di Roma. Giovanissimo, prese parte alla Resistenza militando nei Gruppi di Azione Partigiana e costruendo ordigni esplosivi durante l'occupazione tedesca a Roma, dove venne arrestato nel 1943 per cospirazione.

Assistente volontario a Roma nel 1944, incaricato nel 1946, di ruolo nel 1949, fin dall'inizio della sua attività di ricerca fece parte di un gruppo di ricerca diretto da Gilberto Bernardini che studiò le evaporazioni nucleari prodotte dai raggi cosmici con la tecnica delle emulsioni nucleari, allora nuova per Roma. Trascorse un anno come ricercatore a Bruxelles lavorando allo studio della componente molle della radiazione cosmica con Giuseppe Occhialini, che si trovava l' a a partire dall'estate del 1948.

Nel 1951 prese la libera docenza e continuò ad lavorare alle ricerche sui raggi cosmici con il gruppo di Edoardo Amaldi, Giustina Baroni, Carlo Castagnoli e Augusta Manfredini. Nel 1953 il gruppo studiò un evento che si poteva interpretare come l'annichilazione di un protone con un antiprotone. In quella occasione Cortini sviluppò una nuova tecnica per la misura dell'energia di particelle ionizzanti veloci. In quel periodo furono ottenuti risultati rilevanti sulle particelle "strane" prodotte dai raggi cosmici. In particolare fu data la prima dimostrazione che i prodotti dei cosiddetti "mesoni tau" sono tre pioni. Un lavoro sui getti è considerato ancora oggi il punto di partenza per considerazioni sulle interazioni nucleone-nucleone ad altissima energia.

Nel 1956 Cortini divenne professore straordinario di Fisica superiore a Messina e passò a Catania l'anno successivo. Trascorse un lungo periodo a Napoli, sulla cattedra di Fisica superiore prima e Fisica Generale poi, promuovendo lo sviluppo della Fisica nucleare, in particolare seguendo da vicino la realizzazione e l'attività di un laboratorio finanziato dall'INFN per la preparazione e lo sviluppo di emulsioni nucleari esposte a fasci di acceleratori.

A partire dal 1962 cominciò a manifestare interesse per le ricerche didattiche, che dal 1969 in poi divennero il suo principale campo di ricerca. Numerose pubblicazioni sull'insegnamento della relatività ristretta e generale culminarono, le prime, in un grosso esperimento svolto per iniziativa di Cortini sotto l'egida della Società Italiana di Fisica, al quale parteciparono gruppi di docenti e di insegnanti di Torino, Bologna, Roma, Napoli e Palermo. Esso costituì il primo tentativo di collegare tra loro, in una collaborazione interuniversitaria, gruppi di ricerca didattica di diverse sedi universitarie allo scopo di introdurre l'insegnamento di un ramo importante della fisica moderna nella scuola secondaria. Quella collaborazione fu il seme da cui si

<sup>1</sup> **Giulio Cortini**, a cura de Luisa Bonolis, *Maestri e allievi nella fisica italiana del Novecento*. Ed. Nuovi Percorsi, Pavia, 2008.

Per ulteriori notizie biografiche si veda il "Ricordo di Giulio Cortini" a cura di F. Guerra e B. Preziosi, pubblicato sul *Nuovo Saggiatore* [vol. 22 (3-4) pp. 36-38].

Si veda anche "Giulio Cortini: um físico contra o nazi-fascismo", a cura di M.C.D. Neves ("Memórias do Invisível", EDUEM, Maringá, Brasile).

sviluppò in seguito il Gruppo Nazionale di Didattica della Fisica del CNR. I suoi risultati furono pubblicati sotto il nome “Iniziativa Relatività”, in un quaderno del Giornale di Fisica. Tra il 1965 e il 1974 Cortini organizzò a Napoli il Seminario Didattico, che venne riconosciuto come Istituto, dalla Facoltà di Scienze.

Nel 1974 fu chiamato a Roma, dove insegnò Complementi di Fisica generale, e dove ha poi organizzato e diretto il Raggruppamento Didattico della Facoltà di Scienze MFN, denominato successivamente Laboratorio di Didattica delle Scienze. La creazione di questi organismi universitari aveva lo scopo di avviare e svolgere ricerche sulla didattica delle Scienze soprattutto (ma non esclusivamente), al livello di scuola secondaria, di contribuire alla qualificazione degli insegnanti di discipline scientifiche e di costituire dei punti di riferimento istituzionali entro l’Università per tutti quegli Enti che sono interessati all’insegnamento delle Scienze nella scuola italiana.

Dopo il suo pensionamento Cortini fu nominato Professore Emerito presso la Facoltà di Scienze MFN dell’Università di Roma “La Sapienza”.<sup>1</sup>

Ha pubblicato diversi manuali per l’università, tra cui il libro *Misure e Apparecchi di fisica* scritto in collaborazione con Sebastiano Sciuti. Ha diretto la collana “Argomenti di scienze” per l’editore Loescher e ha pubblicato numerosi volumi di interesse didattico, tra cui *La Relatività ristretta* (Loescher 1978), *Fisica e Matematica con il Calcolatore Tascabile*, con Margherita Fasano (Loescher 1980), ha curato le raccolte di saggi *Le trame concettuali delle discipline scientifiche* (La Nuova Italia 1985), *Informatica e Scuola* (La Nuova Italia 1988), *Incontrare la scienza* (La Nuova Italia 1990).

È morto a Roma il 29 maggio 2006.



Giulio Cortini nel 1949 (Cortesia Franca Magistrelli).

## La famiglia e gli studi a Roma

Professor Cortini, lei è d'accordo se registriamo alcuni suoi ricordi?<sup>2</sup>

Ma certo!

*Dove è nato?*

---

<sup>2</sup> Colloquio avvenuto nell’abitazione di Giulio Cortini il 21 settembre 2005. In questa occasione Cortini mi ha consegnato due *file* contenenti ricordi personali che, d’accordo con lui, ho inserito nella trascrizione della registrazione rileggendo insieme la versione finale. (Luisa Bonolis)

Sono nato a Roma, il 1° dicembre del 1918, cioè ho 86 anni.

*Ha qualche ricordo che risale ai suoi anni di scuola? Quando si sono manifestati i suoi interessi per la scienza?*

La mia professoressa di matematica, si chiamava Casanova, era una donna di grande intelligenza, di grande efficienza, brava! Lei si rese subito conto che io la matematica la capivo.

*E con la fisica?*

Lei era anche insegnante di fisica

Quindi già dalla scuola si sono evidenziate la passione per la fisica e per la matematica.

Sì. Poi mi sono iscritto al corso di laurea in fisica. A quell'epoca non era una scelta così comune.

*Era una scelta che nessuno capiva; dicevano: "Ma che cos'è fisica?" Oppure: "Ma è chimica?"*

Soprattutto si considerava una professione legata all'insegnamento, non al concetto di ricerca.

Esattamente!

*I suoi genitori come hanno accolto questa decisione?*

I miei genitori mi hanno lasciato tranquillo.

*Suo padre che tipo di attività svolgeva?*

Mio padre era avvocato; era bravo, bravissimo! Era un uomo di grande, grandissimo valore, e in fondo io l'ho deluso, perché lui aveva uno studio legale, e io avrei potuto rilevarlo.

*E sua madre?*

Mi lasciava tranquillo...

*Quindi lei si è iscritto a fisica a Roma in che anno?*

Oh dio! Deve essere stato negli anni Trenta.

*Che cosa ha trovato lì? Quali erano gli insegnanti?*

C'era Amaldi; era un grande! Amaldi è stato veramente un grande! Un grandissimo!

*Quanti studenti eravate quando lei si è iscritto?*

Tre!

*Si ricorda chi erano le altre persone?*

C'era Francesca Bachelet, che poi è diventata professoressa, poi c'erano le sorelle Zevi, una era Maria e l'altra era Giuseppina, una specie di appendice della sorella. Poi c'era Lucio Mezzetti, bravissimo! C'era Ettore Pancini...

*Come erano organizzati i corsi? Eravate talmente pochi!*

Ricordo le lezioni di Nestore Cacciapuoti; fece un corso di Fisica superiore, era una gestione familiare.

*Che tipo di argomenti venivano trattati a quell'epoca nel corso di Fisica superiore?*



Si insegnava spettroscopia, essenzialmente.

*E Amaldi che cosa insegnava?*

Amaldi faceva il corso di Fisica generale e poi faceva un corso superiore, un corso sui neutroni; era il suo mestiere!

*E Pancini?*

Pancini comparve a un certo punto, perchè lui era a Padova, però voleva venire a Roma, venne a studiare a Roma con Amaldi...ed era un genio.

*Cosa ricorda dei corsi di matematica?*

Mi ricordo il corso di Meccanica razionale; noiosissimo! Io in tutta l'università ricordo due corsi veramente divertenti e che mi affascinarono molto: quello di Giuseppe Armellini, era un bravissimo professore, divertente, spiritoso, e il corso di Analisi di Francesco Severi, che faceva delle esposizioni bellissime.

## **La laurea e gli anni della guerra**

*Che tipo di tesi fece?*

Feci la tesi con Gian Carlo Wick; teneva un corso di Fisica teorica.

*Cosa intendeva Wick per fisica teorica? Si trattava di meccanica quantistica?*

Sì, era un corso abbastanza tosto! Quella era un'epoca in cui la meccanica quantistica non era ancora ben consolidata e quindi ci si arrampicava sugli specchi.

*Quale testo vi faceva utilizzare?*

Le sue dispense.

*Che tipo di insegnante era?*

Bravo!

Quindi lei in fondo era attratto più dalla fisica teorica...

Sì. Con Wick feci una tesi orale, come avveniva all'epoca...

*Cosa significava tesi orale?*

Prima studiai un libro e poi sostenni una specie di esame.

Tutti voi facevate in quel momento questo tipo di tesi?

No, perché Lucio Mezzetti, per esempio, fece una bella tesi scritta.

*Come mai nel suo caso Wick scelse questa soluzione? Perché io ero militare, e quindi ebbi questa facilitazione. Quando si è laureato?*

Nel 1942, da sottotenente. Mi diedero la lode per la mia media alta, perché non avevo fatto esami nella sessione "incriminata" (quella del 18 obbligatorio) e per l'appoggio di Armellini, impressionato dalla chiarezza che avevo dimostrato nel riferire un difficile discorso di Poincaré. Così fin da allora, ma del resto già nel corso di esami, mi giovò la mia capacità didattica. Una volta Ferretti mi disse che c'erano delle persone che riuscivano a esporre con chiarezza anche argomenti che non avevano capito bene.

*A questo punto siamo in un periodo molto turbolento!*

Sì, infatti poi mi hanno arrestato! Già da giovanotto cominciai a cospirare contro il regime di Mussolini. Mi avevano affidato il soccorso rosso a Roma. Non che fossi molto bravo, né che mi esponessi molto. Il gruppo a cui mi ero legato era quello dei comunisti cattolici (Adele Bei li aveva battezzati i “cannibali vegetariani”), guidati da Franco Rodano e Adriano Ossicini. Il nostro maggior successo fu la stampa di un giornaleto monopagina, formato francobollo, dal nome simbolico “Pugno Chiuso”. Subito dopo la sua uscita clandestina ci fu una bufera di arresti. Caddero Franco Rodano, Lucio Lombardo Radice e parecchi altri. La tempesta si avvicinò a me il 21 maggio 1943, durante un tranquillo pranzo in famiglia.

Nella grande stanza da pranzo di Via del Gelsomino, stavamo andando a tavola. C'erano papà, mamma, Liana, io. E avevamo un ospite: Vittoria Giunti.

Arriva una scampanellata. La donna viene ad annunciare che c'è un signore che mi vuole parlare. Vado alla porta e quando l'apro entrano cinque o sei poliziotti in borghese che cominciano a perlustrare la casa. Vittoria li vede, capisce al volo, si alza e senza dire verbo si dirige verso l'altra scala e va via.

I poliziotti esplorano la casa e ci domandano, insistendo, se c'è un'altra persona. Tutti neghiamo e loro, che si accorgono di aver fatto una pessima figura, non insistono. Io dovevo andare in bagno e lo dico a uno dei poliziotti: “farò la cacca in sua presenza”. La mamma era coperta di macchie rosse per la pena e la preoccupazione.

Papà mi dà un foglio da 500 lire che mi sarà utile. Scendo circondato dai guardiani dell'ordine e entriamo in una macchina scoperta con una cappotta. La loro presenza mi infastidisce e mi turba.

Mi sbarcano alla Questura Centrale a Via Santo Stefano del Cacco e mi lasciano seduto in un ufficio con un guardiano che mi controlla. Passano alcune ore. Alla fine mi interroga il famoso Domenico Rotondano, Capo dell'Ufficio politico fascista. Mi contesta alcune passeggiate che avevo fatto insieme a compagni, in particolare una a Montesacro, insieme a Adriano Ossicini. C'eravamo fermati a sedere su una scaletta, sicurissimi di non essere osservati. E invece sapevano tutto.

Mi limito a fare il finto tonto.

Al momento di andare via, verso sera, devo firmare una carta e mi ammannettono a un altro compagno bloccando la mano sinistra in maniera che la destra mi resta libera. Non diciamo una parola e così entro a Regina Coeli.

In quel momento ero pronto a tutto.

E fu una fortuna perché mi misero a dormire, per mancanza di spazio, in una cella di rigore.

Circondato da mura altissime, senza una finestra, prendeva luce da un alto lucernaio e sul pagliericcio mi addormentai presto ma, mi svegliai poco dopo per l'assalto delle cimici. La mattina mi portarono in una cella normale che avevano sgomberato dai precedenti occupanti. Era una stanza più o meno di tipo ordinario, a parte il fatto che la finestra era coperta da una persiana rivolta verso l'alto in modo che risultava impossibile guardare all'esterno. Per i bisogni personali c'era un grosso vaso che cambiavano una volta al giorno.

Restai a Regina Coeli un paio di mesi e mi ricordo bene come avvenne la mia liberazione.

Una notte fui svegliato da un rumore di mare in tempesta.

Nel dormiveglia mi scoprii a domandarmi se sotto la prigione c'era il mare e ben presto capii che quel rumore era dovuto a tante persone che gridavano contro la prigione fascista: era caduto Mussolini, la gente urlava contro il regime e chiedeva la liberazione dei detenuti.

A farla breve, fui liberato due giorni dopo. Sulla soglia trovai papà che leggeva il giornale e volle parlare per telefono con casa per non produrre una sorpresa troppo forte al mio arrivo.

Chiesi subito di fare il bagno. Le donne di casa, la mamma e Liana, non potevano aspettare e, per la prima (e unica) volta in vita mia, feci il bagno in loro presenza.

Subito dopo la prigionia aderii al Partito Comunista Italiano.

Ero, naturalmente, un compagno di base, ma i capi della resistenza romana, tra cui Carlo Salinari e Antonello Trombadori, che conoscevo da tempo, pensarono che, essendo laureato in fisica, ero adatto a fare la parte dell'artificiere. Ma ero un neofita, di quelli con tre narici. Non potevo certo mettere in discussione gli ordini del Partito. Nella mia totale ignoranza, comperai un manuale Hoepli intitolato "Le mine", lo studiai coscienziosamente e mi accinsi a obbedire all'ordine del partito.

Scambiando discorsi con amici chimici, imparai un pó di cose: che era facile ottenere che certe miscele facessero delle belle fiammate, e così via. Inoltre, utilizzando le mie basi culturali fabbricai un paio di timer artigianali, il cui elemento fondamentale era un orologio dozzinale, da cui avevo strappato la lancetta dei minuti.

Ebbi presto la collaborazione di due compagni bravissimi, Giorgio Labò e Gianfranco Mattei, che purtroppo dopo qualche mese furono arrestati e assassinati dai fascisti.

La prima azione concreta la feci quando ancora ero solo, facendo esplodere una granata di artiglieria residua dagli scontri di Porta S. Paolo. Qualcuno aveva segnalato l'esistenza di quella granata inesplosa. Assieme a un compagno che mi aveva presentato Trombadori, andammo a vedere.

Trovammo la granata rimasta in un'aiuola vicina alle Mura Aureliane. Decidemmo di tornare l'indomani mattina presto (con poca gente tra i piedi) a raccogliere l'oggetto. Io sapevo che a casa di mio suocero doveva esserci una sacca portaombrelli che sembrava fatta apposta per infiltrarci un grosso cilindro pesante: c'era anche un manico per facilitare il trasporto. Ci allontanammo chiacchierando. Quel compagno aveva fatto l'artigliere, si vantava di conoscere bene quel tipo di granate e di poter essere molto disinvolto nel trasportarne una (un peso di 14 chili). Mi descrisse anche la struttura interna di quell'ordigno e cosa si doveva svitare e rimontare per farlo esplodere a comando.

Appuntamento alle 6 del mattino (subito dopo la fine del coprifuoco). Aspetta, aspetta, il compagno non viene. Alla fine decido di agire da solo. C'era ancora un luce livida dell'alba invernale, ma di momento in momento la luce aumentava.

Entro nell'aiuola e, incurante dei numerosi passanti, infilo la granata nel portaombrelli e faticosamente me la carico. Ma, ahimè, per me un carico di 14 chili era ben pesante. La mia "officina" era quel giorno una bottega di falegname vicina a Ponte Milvio, ossia, più o meno all'altro capo di Roma. Come arrivarci? Decisi di fare

tappa a casa di Marcello Conversi, che abitava lì vicino. Arrivai a casa sua che era ancora a letto. vedersi scaricare sul suo letto quell'oggetto pesante e, certamente, alquanto temibile,

Marcello fece buon viso a un gioco inatteso. Ma promisi di tornare presto per portarmelo via.



Marcello Conversi con Fiammetta Lusignoli nel 1941.

E difatti tornai quel pomeriggio stesso con una bicicletta. Attaccai il portaombrelli alla canna e partii. Quando arrivai al ponte sul Tevere mi accorsi che il ponte era presidiato da un soldato tedesco. Non potevo dare segni di paura. Passai e lui non mi disse niente.

In quella bottega di falegnami di Ponte Milvio lavorai parecchi giorni, smontando la granata, con l'incoscienza di uno che aveva avuto solo indicazioni generiche su come operare con un oggetto pericolosissimo, e preparando un timer, anzi due timer (uno per il futuro). Quando ebbi finito, la bomba era pronta, truccata da estintore, e si trovò il compagno che la sistemò in un ufficio dell'EIAR.

Il botto ci fu, all'ora prevista, ma ebbe ben poco rilievo. Quei pochi compagni che, avvertiti del "colpo" in programma, ascoltavano il radiogiornale aspettandosi un botto, si accorsero solo di una esitazione dello speaker in quel momento, ma nulla più. Un ben misero risultato per tante fatiche e tanti rischi.

Ad ogni modo, il botto c'era stato e ciò mi diede un notevole prestigio.

Un vero guaio.

I dirigenti si convinsero che ero in grado di preparare a comando una bomba a tempo, senza difficoltà. Risultato: una bomba che non poteva esplodere. E difatti non esplose, come vedremo.

Nel frattempo, io avevo anche una vita privata. Mi ero legato a una valorosa compagna, Laura Garroni, che militava con i comunisti cattolici, ma, poiché mi aiutava

sempre più nella mia attività bombarola (il suo pseudonimo era “Caterina”, mentre il mio era “Cesare”), proprio in quel giro di tempo era stata “comandata” a lavorare con me, per evidenti motivi di sicurezza.

La sposai in chiesa la sera del 25 ottobre. Dopo la cerimonia caricai la sposa sulla canna della bicicletta e, dopo una cena di famiglia, ce ne andammo. La mattina dopo decidemmo di prenderci una giornata di vacanza dai compiti di partito.

Ricomparvi dunque la mattina del 27 ottobre.

E mi sento dire da Carlo Salinari (irritatissimo per la mia assenza) che bisognava preparare un'altra bomba da far esplodere il 28 ottobre, ossia il giorno dopo! Bisognava attaccare le celebrazioni della Marcia su Roma, che i fascisti avevano in programma al teatro Adriano. Dichiarai che era impossibile. Per preparare l'altra avevo dovuto lavorare parecchi giorni, e ora mi mancavano parecchi ingredienti, tra cui l'esplosivo. Ma Salinari insisteva. L'ordine perveniva direttamente dal CLN.

Gli ordini del partito non si discutono.

Passai una giornata angosciata per procurarmi tutto ciò che non avevo. Dovetti tra l'altro arrancare in bicicletta fino a Monte Sacro, per trovare un compagno che mi consegnò della gelatina esplosiva (che io non avevo mai usato).

Alle 5 del mattino del 28 ci incontrammo con Gianfranco e Laura nell'officina di via Censola. Avevamo soltanto una pila elettrica, che rischiava di esaurirsi, e avemmo tempo per fare soltanto una prova di funzionamento, usando il secondo timer artigianale che io avevo messo da parte. Anche questa volta l'ordigno fu truccato come un estintore, e un compagno, rischiando la vita, lo portò sotto il palco dove si dovevano riunire i fascisti.

Pensare che tutto il CLN sarebbe stato attaccato alla radio in attesa ad aspettare il botto!

E pensare, oggi, che se l'ordigno avesse funzionato sarebbe stato un miracolo!

E difatti, non funzionò.

Perché? Ipotesi possibili: pila esaurita, interruttore in configurazione sbagliata, innesco (di fortuna) di un esplosivo a me sconosciuto non funzionante...chi lo sa? Dopo l'arrivo degli alleati andai insieme a Sasà Bentivegna a vedere. L'ordigno era ancora lì e decidemmo di tornare più tardi per portarlo via. Ma quando tornammo già qualcuno lo aveva portato via sicché mai conosceremo quel perché.

Visto che ho raccontato un insuccesso della nostra – chiamiamola pomposamente così – tecnologia artigianale, voglio invece descriverne alcuni successi.

Importanti furono le bombe a tempo con innesco chimico messe a punto e fabbricate da Giorgio e Gianfranco. Ne furono preparate parecchie e, tra l'altro, furono uno degli strumenti di battaglia di Mario Fiorentini e di Carla Capponi.

Importante fu la costruzione in serie dei chiodi a quattro punte. Merito di due compagni operai particolarmente tosti, Idolo e Peppino, che fecero le prove, idearono il procedimento, e lo realizzarono.

Un altro caso fu quello della preparazione di efficienti bombe a mano. Avevamo a disposizione molte bombe da mortaio Brixia. Si trattava di trasformarle. Ce ne occupammo cercando le soluzioni migliori, con Laura e con Tullio Pietrocola. Alla fine

Tullio ebbe un'idea geniale. Fare una capocchia alla breve miccia e preparare delle strisce di cartone trattate con fosforo in modo che i compagni potessero accendere le bombe come si accende un fiammifero.

Più banale, come tecnologia, fu il caso di via Rasella. Una cassetta d'acciaio fu riempita di pentrite. E fu appoggiata su altre scatole contenenti pentrite, per un totale di 18 chili di esplosivo. L'innesco era una semplice miccia di durata calcolata in anticipo: nessun artificio particolare. Le "nostre" bombe a mano furono utilizzate per il secondo attacco (sembra che quelle bombe abbiano confuso le idee ai tedeschi, che cercarono invano un mortaio).

In quel caso il botto ci fu, tragicamente grosso (come tutti sanno).

### **I raggi cosmici e le prime ricerche**

Torniamo ora al momento in cui ha iniziato la sua attività di ricerca.

Ho iniziato in un modo abbastanza strano. Era uscita all'epoca la tecnica delle emulsioni nucleari, e i miei capi, cioè Wick e Amaldi, non capirono che era un discorso assai complicato e difficile e presero questo giovanotto, che ero io: "Tu occupati delle lastre nucleari!". Fu una scelta sbagliata!

*In che senso?*

Nel senso che non si poteva affidare a una persona inesperta, completamente inesperta, una nuova tecnica. Mi fu affidata in modo abbastanza incosciente (dopo che avevo concluso un lavoretto insieme a Franco Molina).

*Non c'era nessuno lì a Roma che fosse competente in questo genere di ri-*

*cerche  
?*

*Non c'era nessuno!*

*Cominciò da solo o ebbe un aiuto da qualcuno?*

Inizialmente ebbi un aiuto da Ettore Pancini, che mi apprezzava molto e mi voleva bene, tra l'altro perché eravamo comunisti tutt'e due. Aveva una grande esperienza personale e mi guidò molto all'inizio. Fu una cosa abbastanza avventurosa, molto avventurosa! Imparai a guardare in un microscopio. Persi moltissimo tempo per la mia inesperienza. Presto Ettore mi abbandonò e le prime tracce di protoni le vidi dopo avere fatto diversi tentativi a vuoto di ripetere ricerche pubblicate su *Physical Review*. Invece c'era una soluzione semplice: irraggiare le lastre con i neutroni dell'impianto della Sanit' a (un acceleratore da 1100KV). Vidi così tanti protoni di rinculo.

*Chi altro si occupava di queste cose in Italia in quel momento?*

Occhialini stava ancora a Bruxelles, infatti, quando finalmente mi mandarono da lui, imparai tantissime cose, ma prima feci un piccolo lavoro autonomo con l'aiuto di Augusta Manfredini, che si era laureata un pó prima di me. Solo dopo un anno passato a Bruxelles con Beppo Occhialini, imparai una serie di accorgimenti tecnici molto importanti.

*Come affrontò il problema inizialmente? Come si acculturò in questo campo sconosciuto?*

Mi misi a studiare un pó di libri e fu una cosa avventurosa...c'era Gilberto Bernardini, c;he era un grande fisico! Ed io lavoravo con lui e lui tirava fuori delle conclusioni dai raggi cosmici, dalle poche cose che noi riuscivamo a mettere insieme, che erano geniali.



Ettore Pancini verso il 1945 (Archivio Dipartimento di Fisica Università di Roma “La Sapienza”).

*In che cosa consisteva esattamente il vostro lavoro?*

Consisteva nell'esaminare un gran numero di lastre che per esempio erano state esposte alla Testa Grigia oppure in pallone. Facemmo un'esperienza in pallone che fu davvero complicata.

*Questi palloni da dove venivano lanciati in quel periodo?*

Da Milano, infatti io mi trasferii a Milano e ci rimasi un bel pó di giorni. Chi c'era a Milano che lavorava a queste cose?

C'era Aldo Persano, un fisico molto piú esperto di me che lavorava all'osservatorio meteorologico. Per amicizia decidemmo di fare questi lanci e fu una cosa abbastanza avventurosa perché avevamo comprato questi palloni di neoprene – lui aveva già un'esperienza di palloni. Facemmo questi lanci dopo lunghe elucubrazioni e discussioni, decidemmo di lanciare 3 palloni, lui aveva molta pratica in questo tipo di cose. Era una cosa avventurosa perché il recupero del materiale era affidato ai carabinieri. Scrivemmo una lettera diretta al capo dei carabinieri del luogo dove sarebbe stato ritrovato il materiale con tutta una spiegazione relativa al materiale e perché bisognava recuperarlo; c'era anche un assegno diviso a metà, perché questi avessero un incentivo a spedire. Ed infatti lo spedirono indietro.

*Quindi l'interpretazione veniva fatta in collaborazione con Gilberto Bernardini. Ma Wick si interessava degli aspetti teorici di queste questioni?*

No!

*Quanto durò il suo periodo milanese?*

É stato un periodo breve, una quindicina di giorni

*E Pancini si occupava di questi argomenti in quel momento?*

No! Pancini aveva abbandonato. L'esperimento di Pancini, Piccioni e Con-



versi era già concluso.

*Che tipo di collocazione aveva a quell'epoca?*

Quando alla fine dell'occupazione tedesca di Roma entrai nell'Istituto di Fisica, Amaldi mi chiarì che non aveva per il momento possibilità di pagarmi. Ma alla fine del primo mese mi diede le prime 1000 lire, raccattate chissà dove! Poi diventai "assistente volontario in soprannumero". Mi misi a ristudiare la fisica del biennio, sui libri di Amaldi e di Bernardini. Ero assiduo e facevo molti esami. Facevo lezioni di fisichetta agli studenti di ingegneria, arrabattandomi tra attività a di cui non ero padrone, ma recavo un buon contributo all'organizzazione dell'Istituto.

Amaldi dispose che tutti i giovani dell'Istituto facessero un seminario. Fu Piccioni che mi suggerì (mi assegnò, potrei dire) il mio: un teorema di elettronica sugli amplificatori. Era un discorso abbastanza complesso. Me lo preparai parola per parola e andò bene (Ferretti si congratulò). Cominciava a venir fuori la mia capacità didattica! Più tardi mi occupai dell'organizzazione delle esercitazioni per gli studenti. Un anno le organizzai proprio bene, facendo entrare i gruppi uno alla volta: almeno la prima lezione la capivano bene, e non erano spaesati per tutto il resto del corso. Ma avevamo questi due professori – Amaldi e Bernardini – ed erano una disperazione!

*In che senso?*

Perché gli studenti andavano da Bernardini a chiedere delle facilitazioni per l'esame, e lui diceva sempre di no! Poi andavano da Amaldi che diceva sempre di sì! Sicché noi eravamo un pó sballottati tra questi due poli opposti; c'erano sempre queste agitazioni tra gli studenti.

*Quali erano i problemi?*

I problemi riguardavano gli esami, le sessioni d'esame, perché un giovanotto appena entrato veniva subito messo a fare gli esami e questo era un errore. Certo si trattava di un'emergenza!

*Quindi anche a lei capitò questo tipo di situazione?*

Continuamente! Io diventai un bravissimo esaminatore.

*Ma Gilberto Bernardini teneva qualche corso a*

*Roma?*

Certo, teneva il corso di fisica. C'erano due corsi di fisica: uno per il primo anno e uno per il secondo, Bernardini si alternava con Amaldi ed io mi ricordo delle scene incredibili! Ad un certo punto io stavo facendo esami e sentii Gilberto che cominciò ad urlare "Non abbia paura! La smetta di avere paura!". Quel poveretto tremava. Io per esempio ricordo l'esame per diventare assistente. Amaldi ci diede un compito scritto: "I principi di conservazione". Avevo studiato parecchio; il giorno prima dell'esame Laura mi aveva sgridato per la debolezza che dimostravo nel paventare l'esame. Andammo al cinema a vedere un film con Ingrid Bergman "Io ti salverò". Anni dopo Pancini mi disse che dovevo a quel compito se poi avevo vinto la cattedra, perché prima di leggerlo Amaldi non aveva alcuna stima di me, e invece il mio fu giudicato il secondo tra quelli di tutti i miei colleghi; il primo fu quello di Ernesto Corinaldesi.

*Il terrore degli esami di fisica! E Gilberto era severo come esaminatore? Sì!*



Figura 3.4: Lago di Como, 16 settembre 1949. Gita in barca durante il convegno della Società Italiana di Fisica. Da sinistra: Franca Magistrelli, Giulio Cortini, Magda Sansone (Cortesia Franca Magistrelli).

Però tutti dicono che fosse una persona molto affascinante.

Sì, altroché! Era un uomo straordinario! Abbiamo avuto una grande fortuna perché quei due erano realmente dei capi! Erano tutti e due straordinari ed era un ambiente meraviglioso! Un ambiente incredibile, di persone, che cercavano di migliorare il mondo. È stata una grande fortuna avere queste due persone! Naturalmente tra loro c'erano anche dei contrasti.

*Che genere, per esempio, di contrasti? Su che cosa dissentivano?*

Questo mi sembra un po' difficile dirlo...erano due persone molto decise, diciamo così, però erano bravi!

*Avevano tutti e due un carattere molto forte?*

Sì!

*Torniamo al lavoro sulle emulsioni nucleari. Ci furono altre immissioni di persone?*

No, essenzialmente ad un certo punto io presi la decisione di andare direttamente da Occhialini, a Bruxelles e allora imparai un sacco di cose. Anche Occhialini era un uomo straordinario! Facevamo dei lanci con palloni; sono rimasto sei mesi.

*C'erano altri italiani che lavoravano con Occhialini in quel momento?*

No.

## L'antiprotone

*Come è andata la storia dell'antiprotone?*

Fu Carlo Castagnoli che segnalò quell'evento. Avevamo studiato parecchi eventi di un certo interesse, avevamo fatto dei ragionamenti abbastanza sottili su varie cose. L'antiprotone era nell'aria. Tutti i teorici del mondo erano d'accordo nel pensare che esso facesse parte del quadro delle particelle elementari e a Berkeley un gruppo di importanti fisici sperimentali (tra cui Emilio Segrè e Clyde Wiegand) avevano progettato ed eseguito un esperimento per dimostrarne definitivamente l'esistenza. L'esperimento riuscì e fu premiato con un premio Nobel. Tuttavia quei ricercatori vollero una conferma più sensazionale: provocare nelle loro lastre nucleari fenomeni analoghi al "nostro". La tecnica di rivelazione studiata era dunque quella delle lastre nucleari, la stessa che usavamo noi a Roma. Un nuovo esperimento con questa tecnica avrebbe permesso di studiare – al di là della mera "esistenza" – le interazioni dell'antiprotone con la materia.



Lago di Como, 16 settembre 1949. In prima fila da sinistra: Giulio Cortini, Adriana De Angelis, Franca Magistrelli. Dietro: Mendola e Giacomo Morpurgo (Cortesia Franca Magistrelli).

Tutto cominciò una sera, o meglio un pomeriggio avanzato. Io mi ero attardato in laboratorio a lavorare, quando Carlo entrò nel mio studio, e richiamò la mia attenzione su un "evento" che era stato trovato in una lastra esposta ai raggi cosmici in alta quota. Lui lo aveva selezionato e se ne stava occupando con Augusta. Li avevo visti che parlottavano tra loro, ma non sospettavo nulla di sensazionale. E allora Carlo uscì fuori con la domanda "Se fosse un antiprotone?".

“Ci sarebbe un’energia di 2 GeV”, osservai. “Due..., perché due?” “Nell’anichilazione spariscono in due, l’antiprotone e un protone”. La faccia di Carlo si schiarì. Lui non lo se lo ricordava e pensava che si sviluppasse soltanto un GeV, menodi quel che l’evento faceva supporre.

Quando in un gruppo di persone si trova oro, di regola emergono le qualità meno nobili degli interessati: ambizione, gelosia, invidia... Amaldi era fuori Roma e Carlo insisteva con molta determinazione che dovevamo portare avanti l’analisi prima che lui rientrasse a Roma: così cominciammo a lavorare intensamente su quell’evento e facemmo filtrare in tutto l’Istituto la notizia: stavamo lavorando alla “scoperta” dell’antiprotone. Le discussioni furono accese. Ricordo in particolare il contributo di Bruno Touschek, che prese la cosa molto seriamente. Il suo contributo fu molto importante.

Il motivo di tanta fretta era meschino: chi avrebbe firmato “la scoperta”? Era possibile escluderne Amaldi? I miei ricordi sono confusi e non sono in grado di rammentare bene quel che accadde in quei giorni, e di mettere i vari eventi in ordine di tempo.

Li rammento alla rinfusa.

La notizia si sparse nel laboratorio: che stessimo studiando un possibile antiprotone suscitò l’interesse dei colleghi. E cominciarono estese e lunghe discussioni.

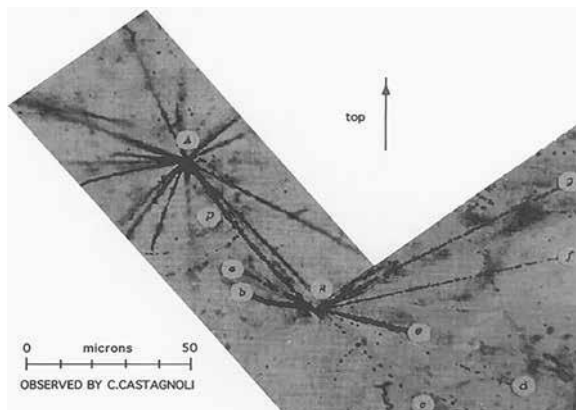
Un autorevole professore di fisica di Torino pubblicò su una rivista settimanale un’intervista in cui descrisse in termini molto elogiativi il nostro lavoro. Di conseguenza diversi giornalisti vennero a intervistarci: in particolare volevano parlare con la “donna del gruppo”, Augusta Manfredini.

Amaldi, al suo ritorno a Roma venne, naturalmente, informato della situazione e tutti facemmo apparire che la discussione dell’evento era già stata svolta nei dettagli: non c’era bisogno del suo contributo.

Io partecipai tiepidamente alla discussione (per rettitudine o per il pensiero “io gli regalo un evento e lui mi mette in cattedra”? ). E finì che gli proponemmo di scrivere il lavoro.

Il punto debole del nostro lavoro era che la connessione tra i due eventi poteva essere frutto di una sovrapposizione casuale. Noi calcolammo che la probabilità di tale ipotesi casuale era molto bassa (ma accade anche che si vincano terni al lotto!). Comunque, l’evento ci pareva interessante e gli demmo un nome: Faustina.

Uno dei problemi che ci si posero era dimostrare che nell’evento si era sviluppata un’energia alta. Io inventai un metodo nuovo di misurare l’energia di una particella in volo la cui traccia passa attraverso pi u lastre: fu un mio contributo originale alla discussione, di cui vado ancora orgoglioso. Quella mia invenzione avrebbe meritato che pubblicassimo un lavoro tecnico a parte, ma non lo facemmo.



L'evento "Faustina", interpretato come la traccia di un antiprotono, fu trovato in una delle lastre appartenenti al pacco di emulsioni lanciato dall'aeroporto di Elmas, vicino Cagliari, nel 1953.

Alla fine, la mia opinione prevalse e chiedemmo ad Amaldi di scrivere il lavoro e decidemmo di pubblicarlo col titolo "Unusual event found in nuclear plates", o qualcosa di simile<sup>3</sup>. Amaldi, era in contatto frequente con il gruppo di Berkeley e grazie al suo prestigio il nostro gruppo venne associato al loro "secondo" esperimento: loro ci mandarono delle lastre che avevano esposto al fascio di antiprotoni prodotti dalla loro macchina, da 6.3 GeV, che era entrata in funzione da poco e noi vi trovammo il "primo" evento del tipo "faustina": telegramma, congratulazioni. Ma naturalmente il prestigio di questo nuovo risultato, e di quelli che seguirono, rimase in gran parte a loro.

## L'insegnamento

*Nel 1951 prese la libera docenza. Come è proseguita la sua carriera universitaria?*

Quando venne il momento di concorrere alla cattedra, riuscii al secondo tentativo, nel 1956, per l'appoggio di Gilberto Bernardini, che era presidente della commissione. A Messina fui professore straordinario di Fisica superiore; ci rimasi meno di 1 anno. Ma feci alcune buone amicizie: Simona Mafai, col marito (comunisti sfegatati) e altri. Poi andai a Catania. Furono due anni in continuo attrito col direttore dell'Istituto, Renato Ricamo. Nel 1959 diventai ordinario, fui chiamato da Eduardo Caianiello a Napoli. Qui cambiai insegnamento: nel '63, dopo aver chiamato Pancini alla Fisica superiore, passai dalla Fisica superiore alla Fisica generale, dove mi trovavo molto meglio. Ci rimasi fino al '74.

I primi tempi a Napoli ero molto contento, anche se fin dal principio fui in contrasto violento con alcuni ricercatori locali e in particolare con l'insopportabile Roberto Stroffolini. Ma quando arrivò il '68 i contrasti diventarono estremi. Fu allora

<sup>3</sup> Il lavoro fu pubblicato con il titolo "Unusual event produced by Cosmic Rays" e fu firmato da E. Amaldi, C. Castagnoli, G. Cortini, C. Franzinetti e A. Manfredini.

che decisi di abbandonare la ricerca in fisica e mi dedicai completamente alla didattica, fondando il Seminario Didattico, che si teneva al vecchio Istituto di Via Tari, invece che alla Mostra d'Oltremare, dove allignavano tutti i contestatori. Ma loro riuscirono a rendermi la vita difficile anche lì, sostenendo tra l'altro una femmina pestifera che preferisco non nominare.

L'inverno del 1968 fu dominato nell'Università dai cosiddetti sessantottini (giustamente?). I quali interrompevano le lezioni per i più svariati motivi, organizzavano eventi di politica varia nelle aule e nelle sedi in cui si sarebbe dovuta fare lezione e disturbavano l'anno accademico in tutti i modi possibili. Io li detestavo ma, professore progressista, partecipai qualche volta, sia pure obtorto collo, alle loro iniziative. Una volta avevano organizzato una seduta pro Vietnam nell'Istituto di Fisica di Via Tari. I disgraziati non avevano pensato a organizzare un servizio d'ordine, e quando arrivai nell'aula mi accorsi che tutte le gradinate superiori erano occupate da fascisti, armati di uova (marce, suppongo) e forse di pietre. Se le passavano da una fila di banchi all'altra per prepararsi a usarle. Vidi rosso. Tutta la rabbia che avevo accumulato (contro i sessantottini) si scatenò, mi levai la giacca e guidai un assalto all'aula. Urlavo, e riuscii a cacciare i fascisti fuori dall'aula, con l'aiuto di alcuni (non tanti) studenti e di un paio di bidelli.

Quando parlo della mia vita, ho la tendenza a svalutare il mio ruolo nelle vicende molteplici della mia lunga esistenza. Non è un caso. Negli ultimi tempi ho spesso ripensato con dolore ai numerosi casi in cui io sono stato inferiore, per azioni o per omissioni, a un livello che sarebbe stato il più dignitoso e onesto. Questo però non significa che tutta la mia vita sia stata poco onesta. Ci sono dei momenti, o dei periodi, ai quali ripenso con piacere, pomposamente li definisco "momenti di gloria". Uno di questi riguarda il mio seminario sul "paradosso dei gemelli", a Roma. Si tratta di un paradosso che è conseguenza della teoria della relatività. Anna e Dario sono due gemelli e, ovviamente, hanno la stessa età. Anna si mette in moto a velocità relativistica: corre come una pazza e torna indietro. Quando si ricongiungono Anna è più giovane di Nino. Che questo risultato abbia un'aria paradossale credo che sia evidente, se non altro perché, dal punto di vista della teoria della relatività, ci si può domandare quale dei due abbia viaggiato e quale no. E questo argomento tende a produrre la convinzione che ci sia simmetria tra le due situazioni. Fiumi di inchiostro sono stati spesi in proposito, in particolare perché un distinto astronomo, ha sostenuto, molto energicamente, che il paradosso è impossibile, ossia che si tratta effettivamente di un paradosso. L'argomento era diventato più caldo perché un fascicolo di *Physics Today* dedicato tutto al paradosso, ne aveva recentemente negato la possibilità. Io avevo proposto l'argomento come titolo di un seminario, a conclusione di un corso di aggiornamento per insegnanti che avevo organizzato a Serapo. Poi, trovandomi ben padrone dell'argomento, lo avevo riproposto come seminario per l'Istituto di Fisica di Roma. Ma tutto mi aspettavo fuor di trovare l'aula piena di colleghi autorevoli. C'erano Ettore Pancini, Gianfranco Chiarotti, Marcello Conversi, Bruno Touschek e altri. Tuttavia pareva che, tranne Touschek, non avessero riflettuto sul problema e che fosse materia nuova per loro.

Mi ero preparato bene. Cominciai coll'invocare l'autorità: passai in rassegna una ventina di libri di autori riconosciuti che lo accettavano senza riserve. Poi discussi la teoria. Falsificai l'argomento di Bergson sulla simmetria dei due gemelli. E posi chiaramente i due ben distinti quesiti che interessavano: È vero che il paradosso è una

conseguenza diretta della teoria della relatività? È vero che numerosi esperimenti lo confermano? Alla fine Touschek intervenne in appoggio al mio punto di vista.

Fu forse quel seminario a propiziare la mia chiamata a Roma, sulla cattedra di Complementi di fisica generale I nel 1974. Fu una gran fortuna che a quel tempo i fisici di Roma ebbero la possibilità di disporre di parecchie cattedre e i colleghi decisero di chiamarmi. Incredibile, non andai neanche a ringraziare Amaldi.

## **Il Laboratorio di Didattica**

*A Napoli aveva organizzato il Seminario Didattico, continuò a occuparsi di didattica anche a Roma?*

Sì, fondai il Laboratorio di Didattica delle Scienze. Avevo alle spalle l'Iniziativa Relatività, che avevo diretto a Napoli e a cui avevano partecipato parecchi colleghi di tutta Italia. E contavo di lavorare assieme a diversi esperti di didattica che operavano sul posto. Ma Paolo Guidoni era un litigioso, Paolo Pani rifiutò ogni collaborazione, Salvo D'Agostinosi rivelò (a mio avviso) incapace, Matilde Vicentini, Sandro Petruccioli e Carlo Tarsitani si defilarono.

Comunque il Laboratorio funzionò per parecchi anni, soprattutto perché con l'aiuto del PCI ci furono assegnati per diversi anni ben 10 comandi di insegnanti, che rappresentarono le 5 aree disciplinari del Laboratorio: matematica, fisica, chimica, biologia e scienze della terra. L'esistenza dei comandi valse a tenere insieme i colleghi delle varie discipline che facevano parte del Laboratorio (Milena Bandiera, Bruno Bertolini, Lucio Lombardo Radice, e altri). I risultati furono il collegamento, tramite un archivio elettronico, con circa 1000 insegnanti di materie scientifiche nelle scuole romane, più di 50 corsi di aggiornamento per insegnanti (di cui una decina diretti da me), diversi congressi, diversi cicli di conferenze (che in realtà sostituivano anche il seminario generale, che era stato soppresso di fatto e sostituito da tanti seminari specialistici) e altrettanti libri pubblicati da Nuova Italia, un tentativo fallito di portare l'elettronica nella scuola secondaria (fallito, ma aveva un pregio: è l'unico esperimento didattico che, a mia conoscenza, abbia avuto un esito negativo. Il che dimostra che è stato, effettivamente, un esperimento).

Alla fine del mio lavoro di fisico, mi debbo domandare in quale misura io abbia dato un contributo valido al quadro scientifico italiano.

Sono stato un bravo insegnante, questo sì, ma limitatamente alla fisica del biennio, anche se per diversi anni sono stato docente di Fisica superiore, e ho pubblicato su tale materia un grosso corso di dispense.

Ho studiato parecchio, ma non ho assimilato molto. La tecnica delle lastre l'ho conosciuta abbastanza bene, ma le mie competenze tecniche si fermavano lì. Una carenza gravissima: l'elettronica. E, più tardi, una carenza assurda nell'uso dei calcolatori.

Se devo ricordare le cose utili che ho concluso, forse la più importante è il libro di fisichetta, Misure e apparecchi di fisica che pubblicai assieme a Sebastiano Sciuti: fu adottato per molti anni praticamente da tutte le Università italiane, tanto che ci guadagnai parecchio. Ancora una volta la mia capacità didattica.

A tal proposito voglio ricordare che un anno, a Napoli, tenni un corso di



Fisica generale del tutto originale, partendo da un “pedagogato” fatto dapprima a quella decina di studenti seccioni che vennero alla prima lezione. Facevo partecipare attivamente gli allievi, sempre a gruppi di otto persone. La cosa riuscì. Il numero dei gruppi and’o aumentando fino alle vacanze di Natale. Alla fine feci alcune lezioni frontali nell’aula di via Tari colma fino alle ultime file. Fu un lavoro originale di cui ero molto fiero (anche se non fu possibile andare avanti in quel modo per tutto l’anno). Purtroppo non ho mai trovato la voglia di scrivere un resoconto di quel (riuscito) tentativo. Eppure varrebbe la pena di raccogliere quell’eredità.

Con l’Iniziativa Relatività, con il Seminario didattico a Napoli e con il Laboratorio di didattica delle scienze, a Roma, ho contribuito a creare un collegamento tra i ricercatori didattici italiani. Altri lavori didattici di qualche rilievo furono i quaderni su “La propagazione della luce”, redatti con l’aiuto di Ugo Buontempo, Stefano Schacherl e Carlo Tarsitani, e con la partecipazione sistematica di parecchi insegnanti (purtroppo il Ministero, dopo averli finanziati non li diffuse per niente tra gli insegnanti). Su quei quaderni tenni una relazione (che fu molto apprezzata) al congresso Internazionale sull’ottica a Braga (Portogallo).

*Complessivamente, come giudica l’insieme della sua attività?*

Il mio pregio maggiore è stato forse un impegno abbastanza spinto per l’insegnamento e un disinteresse abbastanza costante rispetto alle mie possibilità di guadagno e di potere (una volta Amaldi mi disse che avevo “buon carattere”).

Se devo dirla tutta, temo che, ai fini della mia carriera come fisico, il mio lavoro più rilevante sia stato la bomba di via Rasella, dalla quale (anche se non me ne sono mai vantato) trassi un certo prestigio, nonché la stima e l’appoggio di alcuni maestri e colleghi influenti.

## **Bigliografia**

### **Bibliografia sui raggi cosmici**

- [1] Bernardini G., Cortini G., Manfredini A., Sull’assorbimento in diversi materiali della radiazione che genera le evaporazioni nucleari, Nuovo Cimento, 1948, 5, 511 – 512.
- [2] Bernardini G., Cortini G., Manfredini A., Nuclear Evaporations Produced by Cosmic Rays, Phys. Rev., 1948, 74, 845–846.
- [3] Cortini G., Manfredini A., Persano A., Sulla generazione dei mesoni lenti in quota, Nuovo Cimento, 1948, 5, 507–508.
- [4] Cortini G., Manfredini A., Persano A., Sulla variazione con la quota della frequenza delle evaporazioni nucleari nelle lastre fotografiche, Nuovo Cimento, 1948, 5, 292–297.
- [5] Bernardini G., Cortini G., Manfredini A., On the Absorption of Nucleonic Component in Cosmic Rays, Phys. Rev., 1948, 74, 1878–1879.
- [6] Addario M., Cortini G., Sulla fotoproduzione degli eventi osservati nelle lastre fotografiche, Nuovo Cimento, 1948, 5, 567– 568.
- [7] Bernardini G., Cortini G., Manfredini A., Sulle evaporazioni nucleari nei raggi cos-

- mici e l'assorbimento della componente nucleonica. Prima parte, Nuovo Cimento, 1949, 6, 456–469.
- [8] Cortini G., Sulla distribuzione in energia delle particelle emesse nelle evaporazioni nucleari, Nuovo Cimento, 1949, 6, 470–484.
- [9] Bernardini G., Cortini G., Manfredini A., On the Nuclear Evaporation in Cosmic Rays and the Absorption of the Nucleonic Component. I, Phys. Rev., 1949, 76, 1792–1797.
- [10] Bernardini G., Cortini G., Manfredini A., On the Nuclear Evaporation in Cosmic Rays and the Absorption of the Nucleonic Component. II, Phys. Rev., 79, 1950, 952–963.
- [11] Baroni G., Cortini G., Milone A., Scarsi L., Vanderhaeghe G., Etude de la composante molle du rayonnement cosmique au Pic du Midi, Nuovo Cimento, 1952, 9, 867–885.
- [12] Cortini G., Manfredini A., Segrè G., On nuclear explosions produced by primary protons in emulsions exposed in the high atmosphere, Nuovo Cimento, 1952, 9, 659–686.
- [13] Cortini G., Manfredini A., Segrè G., Sullo spettro di energia della componente nucleonica a varie quote, Nuovo Cimento, 1952, 9, 19–193.
- [14] Castagnoli C., Cortini G., Franzinetti C., Manfredini A., Moreno D., An Investigation on jets, Nuovo Cimento, 1953, 10, 1539–1558.
- [15] Amaldi E., Castagnoli C., Cortini G., Manfredini A., Preliminary Research on OV1 Events in Emulsions, Nuovo Cimento, 1953, 10, 135–1353.
- [16] Amaldi E., Baroni G., Castagnoli C., Cortini G., Manfredini A., Contributions to the tau Meson Investigation, Nuovo Cimento, 1953, 10, 93–948.
- [17] Amaldi E., Castagnoli C., Cortini G., Franzinetti C., Life time Measurements of Unstable Charged Particles of Cosmic Radiation Using Emulsions, Nuovo Cimento, 1954, 12, 668–676.
- [18] Castagnoli C., Cortini G., Manfredini A., Decadimento in quiete di una particella di massa iperprotonica, Nuovo Cimento, 1954, 12, 464–465.
- [19] Amaldi E., Baroni G., Castagnoli C., Cortini G., Franzinetti C., Manfredini A., On a Possible Negative  $K-\pi$  Meson Decay, Nuovo Cimento, 1954, 11, 207–209.
- [20] Amaldi E., Baroni G., Cortini G., Franzinetti C., Manfredini A., Contribution to the tau-Meson Investigation, Rendiconti del Congresso Internazionale sulle particelle instabili pesanti e sugli eventi di alta energia nei raggi cosmici, Padova 12–15 aprile 1954, Supplemento al Volume XII del Nuovo Cimento, 1954, 181–194 ; Amaldi E., Baroni G., Cortini G., Franzinetti C., Manfredini A., Contribution to the  $K$ -Meson Investigation, *ivi*, 210–219; Castagnoli C., Cortini G., Franzinetti C., Observations on Charged Unstable Particles Heavier than protons (Hyperons), *ivi*, 297–304.
- [21] Amaldi E., Castagnoli C., Cortini G.
- [22] Cortini G., Franzinetti C., Manfredini A., Unusual Event Produced by Cosmic Rays, Nuovo Cimento, 1955, 1, 492–500.
- [23] Castagnoli C., Cortini G., Franzinetti C., Observations on Unstable Fragments,

Nuovo Cimento, 1955, 2, 550–564.

- [24] Castagnoli C., Cortini G., Manfredini A., On the Measurement of Ionization in Nuclear Plates, *Nuovo Cimento*, 1955, 2, 301–313.
- [25] Baroni G., Cortini G., Manfredini A., Su un metodo per determinare il percorso residuo degli iperoni, 1955, *Nuovo Cimento*, 1, 473–481.
- [26] Castagnoli C., Cortini G., Manfredini A., K–Meson and Hyperon Events, *Nuovo Cimento*, 1955, 2, 565–573.
- [27] Castagnoli C., Cortini G., Manfredini A., On the Measurements of Ionization in Nuclear Plates, Rendiconti della Conferenza internazionale sulle particelle elementari e XLI Congresso nazionale di fisica, Pisa 12–15 giugno 1955, Supplemento al IV volume, Serie X, del *Nuovo Cimento*, 1956, 243–244; Castagnoli C., Cortini G., Manfredini A., K–Meson and Hyperon Events, *ivi*, 439–440; Castagnoli C., Cortini G., Franzinetti C. Observations on Unstable Fragments, *ivi*, 615–616.
- [28] Cortini G., Emma V., Ferrero F., Milone C., Milone Tamburino S., Rinzivillo R., Rubbino A., Tribuno C., Risultati sperimentali sulla fotoproduzione di protoni e di neutroni, International conference on mesons and recently discovered particles e XLIII Congresso nazionale di fisica, Padova–Venezia, settembre 1957 (Padova : Ciclografia Borghero), XV–2; Cortini G., Manfredini A., De Marco A., Sanna A., Tomasini G., Misure di ionizzazione in emulsioni nucleari, *ivi*, XVI–10.
- [29] Cortini G., Milone C., Rubbino A., Ferrero F., Energy Spectra of Photoneutrons From Cr and Ta, *Nuovo Cimento*, 1958, 9, 85–98.
- [30] Cortini G., Milone C., Rinzivillo R., Tribuno C., Photoprotons from Nitrogen, *Nuovo Cimento*, 1958, 9, 188–191.
- [31] Ciuffolotti L., Luzzatto G., Tomasini G., Cortini G., On the Mass Measurements in G–5 and K–5 Emulsions, *Nuovo Cimento*, 1958, 9, 1110–1113. [31] Cortini G., Luzzatto G., Tomasini G., Manfredini A., On the Method of Ionization Measurement in G–5 and K–5 Emulsions, *Nuovo Cimento*, 1958, 9, 706–720.
- [32] Cortini G., Milone C., Papa T., Rinzivillo R., Photoneutrons from Al, *Nuovo Cimento*, 1959, 14, 54–61.

### **Bibliografia generale**

- [33] G. Cortini e S. Sciuti, Misure ed apparecchi di fisica: Elettrocit`a. [corso universitario dell'anno] 1951–1952. (Universit`a di Roma) Roma: Tip. Marves, [1953] ; 2. edizione completamente rielaborata Roma: V. Veschi, 1954.
- [34] G. Amaldi, G. Careri, A. Cimino e G. Cortini (a cura di), Il progresso della tecnica: Vol. I. (Torino, Ed. Radio Italiana, 1954).
- [35] G. Cortini, Termodinamica: teoria cinetica dei gas, Appunti dalle lezioni di fisica generale, tenute all'Universit`a di Napoli, anno accademico 1965–66 ( Napoli, Liguori, 1966).
- [36] G. Cortini, Lezioni di fisica 2: elettromagnetismo, fisica moderna per gli studenti di ingegneria (Napoli, Liguori, 1969).
- [37] G. Cortini, Elettromagnetismo: appunti di fisica generale per gli studenti di

fisica (Napoli, Liguori, 1969).

- [38] G. Cortini, *La relatività ristretta*, con nota storica di S. Bergia, Torino, Loescher, 1978).
- [39] G. Cortini, M. Fasano Petroni, *Fisica e matematica con il Calcolatore* (Torino, Loescher, 1980).
- [40] G. Cortini (a cura di), *Le trame concettuali delle discipline scientifiche: problemi dell'insegnamento scientifico*, Facoltà di scienze matematiche fisiche e naturali, Università degli studi di Roma La Sapienza, Laboratorio di didattica delle scienze (Scandicci, La nuova Italia, 1987).
- [41] G. Cortini et al., *L'elaboratore on line per analizzare situazioni sperimentali: studio del moto del pendolo* (Bologna, Tecnoprint, 1988).
- [42] G. Cortini (a cura di), *Informatica e insegnamento scientifico* (Scandicci, La nuova Italia, 1988).
- [43] G. Cortini (a cura di), *Incontrare la scienza: riflessioni e proposte rivolte agli insegnanti* (Scandicci: La nuova Italia, 1990).
- [44] G. Cortini (a cura di), *Percorsi di fisica* (Scandicci, La nuova Italia, 1991). [45] G. Cortini, *The use of the computer as a laboratory instrument in teaching experimental physics*, *Phys. Educ.*, 1992, 27, 159–162.
- [46] U. Buontempo, G. Cortini, S. Tamburini, *Orientarsi nella fisica* (Milano, Sansoni per la scuola, 2000).



# A escuridão do espaço profundo

Domingos Savio de Lima Soares<sup>1</sup> e Marcos Cesar Danhoni Neves<sup>2</sup>

## Introdução

O Telescópio Espacial Hubble (HST, de Hubble Space Telescope) é um projeto das agências espaciais norte-americana (NASA) e europeia (ESA). Em abril de 1990 elas colocaram em órbita da Terra um telescópio refletor com um espelho de 2,4 m de diâmetro, o HST, que revolucionou a astronomia desde então. O seu nome é uma homenagem ao pai da astrofísica extragaláctica, o astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953). Livre dos efeitos de degradação óptica da atmosfera terrestre, o HST atinge, em suas observações, uma resolução 10 vezes melhor do que os telescópios baseados no solo.

O HST foi empregado para inúmeras pesquisas astronômicas desde o seu lançamento, mas um objetivo extraordinário sempre esteve nas mentes dos astrônomos: o que obteríamos se deixássemos o HST observar uma região qualquer do céu, totalmente escura quando observada do solo, durante um tempo de exposição muito longo? Ela permaneceria escura ou nos revelaria segredos inimagináveis?

Esta aventura científica começou em dezembro de 1995, quando o chamado “Campo Profundo do Hubble Norte” (“Hubble Deep Field North, HDF-N) tornou-se o pioneiro das observações profundas do HST; a profundidade aqui refere-se à distância observada no campo. O HDF-N foi o pioneiro das observações profundas do HST. O campo escolhido situa-se na constelação boreal, circumpolar, da Ursa Maior. O campo do HDF-N apresenta cerca de 3.000 galáxias, em variados estágios de evolução.

Poucos anos depois, o mesmo tipo de observação foi realizado nos céus do hemisfério Sul. Trata-se do “Campo Profundo do Hubble Sul” (“Hubble Deep Field South, HDF-S). O HDF-S foi observado em outubro de 1998, e é o equivalente ao HDF-N para a região do céu próxima ao polo celeste Sul. O campo localiza-se na constelação do Tucano. Assim como no HDF-N, as galáxias mais distantes vistas estão à distância de aproximadamente 12 bilhões de anos-luz.

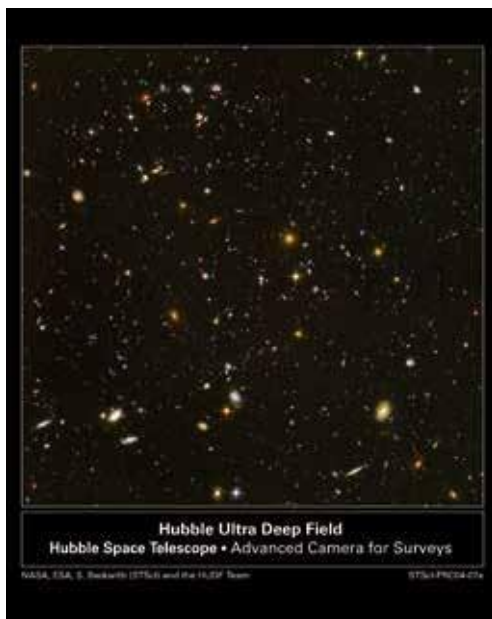


1 Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

2 Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá (UEM).

**Figura 1:** À esquerda, Campo Profundo do Hubble Norte, em inglês, “The Hubble Deep Field North” (HDF-N), imagem obtida pelo Telescópio Espacial Hubble em 1995. Nesta imagem aparecem aproximadamente 3.000 galáxias numa área do céu equivalente a um centésimo da área aparente da Lua cheia, e está localizada na constelação boreal da Ursa Maior, próxima ao polo celeste Norte. Como no HUDF, a maioria das 3.000 galáxias que aparecem aqui são vistas como pequenas manchas deformadas contra o fundo do céu. À direita, Campo Profundo do Hubble Sul, em inglês, “The Hubble Deep Field South” (HDF-S), imagem obtida pelo Telescópio Espacial Hubble em 1998. A área do céu é a mesma do HDF-N mas está localizada próxima ao polo celeste Sul, na constelação do Tucano.

Em setembro de 2003 a janeiro de 2004 O HST observou o chamado “Campo Ultra Profundo do Hubble”, ou, em inglês, “Hubble Ultra Deep Field”, HUDF. A região do céu que foi observada, ou seja, o campo, localiza-se na constelação da Fornalha, bastante próxima da nossa familiar constelação do Caçador (Órion), onde estão as famosas estrelas “Três Marias”. Este campo é bastante pequeno, a sua área no céu corresponde, para efeitos de comparação, a cerca de um centésimo da área da Lua quando em sua fase cheia. Quando observada através de telescópios no solo, esta área é absolutamente escura! Não se vê nada nela, nem mesmo qualquer estrela de nossa própria galáxia, a Via Láctea. Mas o que o HST “viu” foi simplesmente assustador! Nada mais, nada menos que aproximadamente 10.000 galáxias, nas formas mais esquisitas.



**Figura 2:** Campo Ultra Profundo do Hubble, em inglês, “The Hubble Ultra Deep Field” (HUDF), imagem obtida pelo Telescópio Espacial Hubble em 2003 e 2004. A área do céu que aparece na imagem é equivalente a 1% da área aparente da Lua

cheia, e está localizada na constelação da Fornalha, próxima da conhecida constelação de Órion. Estima-se que HUDF contenha mais de 10.000 galáxias. As galáxias maiores são as mais próximas. A maioria das galáxias aparecem como pequenas manchas disformes.

A Tabela I apresenta as características dos Campos Profundos do Hubble. Todos eles apresentam uma área do céu equivalente a aproximadamente 1% da área que a Lua Cheia nos apresenta no céu. O tempo de exposição do Campo Ultra Profundo do Hubble foi o dobro dos tempos de exposição dos Campos Profundos do Hubble Norte e Sul.

Tabela I – Campos Profundos do Telescópio Espacial Hubble

Campo	Área (arcmin <sup>2</sup> )	Exposição (hora)	galáxias
HDF-N	6,6	>100	~3.000
HDF-S	5,3	>100	~3.000
HUDF	5,8	>200	~10.000

Os Campos Profundos Norte e Sul apresentam, aproximadamente, o mesmo número de galáxias. Isto é razoável já que o universo deve ser homogêneo, i.e., deve apresentar, aproximadamente, a mesma distribuição de galáxias em grande escala em todas as regiões do céu. Esta constatação é também uma confirmação do chamado Princípio Cosmológico (PC), sempre invocado na construção de teorias cosmológicas (e.g., Soares 2013). O PC afirma que o universo é, em grande escala, homogêneo e isotrópico.

Podemos adotar o PC para estimar o número de galáxias que seriam observadas caso o HST fizesse um mapeamento de toda a esfera celeste com o mesmo tempo de exposição adotado para o Campo Ultra Profundo (HUDF). A esfera celeste possui uma área de  $4\pi \text{ rad}^2$ , ou 148.510.661 arcmin<sup>2</sup>. Podemos inferir, a partir dos dados da Tabela I, que o Hubble observaria cerca de **250 bilhões de galáxias** em toda a esfera celeste, se a observasse continuamente por 200 horas. Este é, portanto, o limite observável atual: o universo possui pelo menos 250 bilhões de galáxias.

E se aumentássemos este tempo de exposição de forma indiscriminada, sem limites? O que esperar neste caso daquilo que poderíamos chamar de Campo Infinitamente Profundo do Hubble (HIDF)? Esta é questão que pretendemos discutir. Na próxima seção apresentamos o problema da escuridão do céu noturno, muitas vezes referido na literatura como “paradoxo de Olbers”, problema intimamente relacionado à questão que pretendemos abordar. Na seção 3, respondemos à questão acima



dentro das limitações do conhecimento científico atual. Concluímos, na seção 4, com algumas ponderações adicionais.

#### A escuridão do céu noturno

Por que o céu é escuro à noite? O que este simples fato nos ensina sobre o universo em que vivemos?

-- Ora, o céu é escuro à noite porque o Sol está iluminando o outro lado da Terra! O que isto tem a ver com a totalidade do universo em que vivemos?", alguém poderia muito apropriadamente argumentar.

Mas, se o universo é infinito e possui infinitas estrelas e galáxias, haverá certamente uma estrela em qualquer direção para a qual olharmos. A área que o Sol ocupa no céu é 180.000 vezes menor que a área de todo o céu. Desta forma deveríamos esperar que o céu brilhasse com a intensidade de 180.000 sóis, mesmo à noite! Seria impossível a nossa vida no interior de tão extraordinária fornalha!

Sendo assim torna-se perfeitamente razoável a questão: "-- Por que o céu, num universo infinito em extensão e com infinitas estrelas, é escuro à noite?".

A escuridão do céu noturno, nos termos do parágrafo anterior, é conhecida na literatura científica como o "paradoxo de Olbers". Este nome deve-se ao médico e astrônomo alemão Heinrich Olbers (1758-1840), que em 1823 chamou a atenção para a questão, e apresentou uma possível solução -- que logo se revelou falha.

Olbers argumentou que a luz das estrelas distantes era absorvida pela matéria interestelar e que, portanto, o céu noturno não deveria brilhar tão intensamente como o disco solar. Esta interpretação é falha porque o meio interestelar, com o passar do tempo, tornar-se-ia tão quente que passaria a brilhar tão intensamente quanto um disco estelar! Toda a radiação que sobre o meio interestelar incidisse seria reemitida.

O problema é mais antigo, no entanto. Não foi Olbers o primeiro a levantar a questão. Merece menção o grande astrônomo Johannes Kepler (1571-1630), provavelmente o primeiro a propor este problema. Galileu Galilei (1564-1642), o grande astrônomo italiano, apontou, pela primeira vez, a recém-inventada luneta para o céu, em 1609. Entre outras grandes descobertas, ele logo verificou que a Via Láctea era na verdade constituída por um grande número de estrelas. Kepler, que acreditava num universo finito, argumentou, então, que a escuridão do céu noturno era uma evidência de que ele estava com a razão, isto é, o universo era de fato finito. O número de estrelas visíveis na Via Láctea não era suficiente para tornar o céu noturno brilhante como a superfície do Sol. Veremos a seguir que também Kepler estava enganado. A solução do "paradoxo de Olbers" não exclui a possibilidade de um universo infinito.



**Figura 3:** Imagem obtida pelo Telescópio Espacial Hubble de uma região do aglomerado globular Messier 4. O céu não é totalmente recoberto por estrelas, mesmo nesta região tão densamente povoada. (NASA e H. Richer/Universidade da Colúmbia Britânica, Canadá).

Neste ponto da discussão é bastante útil a utilização de uma analogia. Suponhamos um observador no meio de uma extensa floresta (Soares 2016). Existem muitas árvores, distribuídas mais ou menos uniformemente, por todo o lado. Suponhamos ainda que cada árvore possui um diâmetro médio igual a “d” -- 20 cm por exemplo. E que as árvores estejam separadas umas das outras por uma distância média “L” -- 2 metros, por exemplo. Cada árvore ocupará, portanto, uma área média total “A”, igual a  $L \times d$ , o que no nosso exemplo corresponderá a 4 metros quadrados. É relativamente fácil mostrar, teoricamente, que o observador não conseguirá enxergar nada além de uma distância “D” igual a  $A/d$ . A sua linha de visão sempre encontrará um tronco de árvore, se a floresta possuir uma extensão maior do que D.

Teremos, portanto, em nosso exemplo acima, que, além de uma distância de  $4/0,20=20$  metros, a nossa visão será obstruída pelo que poderemos chamar de um “muro” de troncos de árvores. Esta distância é chamada de “distância de recobrimento”, ou, “limite de fundo”. A previsão teórica pode facilmente ser verificada numa floresta de verdade! E funciona!

O resultado  $D=A/d$  é fisicamente bastante razoável: se a área média ocupada por uma árvore é pequena, intuitivamente, percebemos que a distância de recobrimento deve ser pequena também -- a floresta é muito densa; intuitivamente, também, percebemos que, se os troncos das árvores forem muito grossos, será menor a distância de recobrimento. Em linguagem matemática, dizemos que a distância D é diretamente proporcional à área ocupada por uma árvore e inversamente proporcional ao diâmetro da árvore.



Figura 4: Esta floresta não é grande o suficiente para que vejamos um “muro” de troncos ao fundo. Podemos discernir claramente faixas do céu. Se a floresta fosse mais densamente povoada de árvores e se os troncos fossem mais largos, a visão do céu de fundo poderia, eventualmente, ficar completamente bloqueada.

O que isto tem a ver com a solução de nosso problema? Vamos ver.

No caso do cosmos, temos ao invés de uma área “A”, um volume “V” médio, ocupada por uma estrela -- ou, uma galáxia, o que não faz diferença para o argumento. Cada estrela apresenta para o observador um disco de área média “s”. Podemos então calcular a “distância de recobrimento” para este caso também. E que representará a distância na qual veríamos um céu recoberto, com a intensidade luminosa do disco solar. Esta distância vale, de forma análoga ao exemplo da floresta,  $V/s$ . Em números, o que significa isto?

Podemos fazer um cálculo tentativo utilizando a Via Láctea como representante de todo o universo. Uma estrela, na vizinhança do Sol, ocupa um volume médio de 100 anos-luz cúbicos, que é a grandeza “V” em nossa equação. Consideremos o disco solar, para o qual conhecemos “s”, como representante de todos os discos estelares, e obteremos, então, para a distância de recobrimento, a imensa distância de 6.000 trilhões de anos-luz! A Via Láctea possui um diâmetro de 100.000 anos-luz. Isto significa que, considerando apenas a Via Láctea, não existem estrelas suficientes para o recobrimento do céu com radiação estelar.

E se considerarmos todo o universo? A distância de recobrimento será muito maior pois as galáxias -- o “lar” das estrelas -- estão separadas por distâncias imensas.

O inglês Edward Harrison (1919-2007), que foi professor emérito de Física e Astronomia da Universidade de Massachusetts, nos Estados Unidos, foi o responsável pela apresentação da solução definitiva do enigma da escuridão do céu noturno.

Em um notável livro, intitulado “A escuridão da noite: um enigma do universo” (Harrison 1995), ele apresenta todos os detalhes históricos do problema, e discute as soluções propostas -- um total de 15! A décima quinta é a solução que ele apresenta, e, a definitiva. A sua solução representa uma síntese do que há de correto em algumas das soluções apresentadas.

Harrison fez o cálculo do limite de fundo, para todo o universo, utilizando dados astronômicos atualizados, e encontrou, ao invés dos 6.000 trilhões mencionados acima, uma distância de 100 bilhões de trilhões de anos-luz! Mesmo sendo esta distância tão grande, o universo pode ser maior, e poderíamos ter um céu “infernamente” recoberto de luz. Por que, afinal de contas, isto não acontece? Como a idade média das estrelas é da ordem de 10 bilhões de anos -- que, incidentemente, é a duração de “vida” prevista para o Sol -- conclui-se que antes da sua luz nos atingir, ou seja, após percorrerem 10 bilhões de anos-luz, elas simplesmente deixam de emitir luz, por chegarem ao final de seu ciclo evolutivo. Outras estrelas são formadas mas a energia total disponível em cada instante não é suficiente para que o céu seja tão brilhante como o disco solar.

A conclusão final de Harrison é de que não há energia suficiente no universo para que o céu se apresente excessivamente brilhante, como afirma o paradoxo de Olbers. O universo pode não ser infinitamente grande, mas é grande o suficiente para não ser totalmente preenchido por uma radiação tão intensa quanto aquela que observamos diretamente no Sol.

Quer dizer, o universo é realmente muito grande mas a disponibilidade de energia não é suficientemente grande para que o céu noturno brilhe com a intensidade do disco solar.

A escuridão do céu deve ser bem contextualizada, para evitarmos erros. Se considerarmos outros comprimentos de onda da luz, fora da faixa visível, o céu poderá não ser escuro. Por exemplo, na faixa de micro-ondas há um brilho uniforme em todo o céu, conhecido como “Radiação de Fundo de Micro-ondas” (RFM). Os cientistas partidários da teoria cosmológica padrão consideram-na como um indício atual de um estágio anterior do universo, muito quente; uma explicação alternativa é dada pelo físico canadense P. Marmet (1932-2005), que a atribui ao brilho térmico do meio interestelar (Marmet 2011). Este brilho uniforme de micro-ondas pode ser trivialmente observado: de acordo com um dos descobridores da RFM, o físico Robert Wilson 10% do “chiado” que aparece numa tela de TV, ligada a uma antena, fora de sintonia, é devido à RFM; ver seu depoimento no documentário “The Cosmology Quest” (Wilson 2004).

### Espaço profundo

Pelo que vimos na seção anterior, a solução do paradoxo de Olbers implica em que o HIFD, o Campo Infinitamente Profundo do Hubble, não será recoberto de galáxias, pelo menos na faixa de comprimentos de onda do visível. Mas e em outros comprimentos de onda? Haverá o recobrimento?

Discutiremos dois modelos de universo, o primeiro, considerando o paradigma cosmológico atual, o Modelo Padrão da Cosmologia (MPC), que afirma que o universo teve uma origem num evento singular no passado, muitas vezes referi-

do como Big Bang, e que aqui denominaremos de Estrondão (cf. Soares 2002); este modelo será chamado de “Universo do MPC” (UMPC). O segundo, considerando um modelo de universo infinito no tempo e no espaço, que será chamado de “Universo Infinito no Tempo e no Espaço” (UITE).

## Universo do MPC

As observações do HUDF estão esquematizadas na figura 5, preparada pela NASA. Notamos que as galáxias mais distantes, e que fazem parte da imagem do HUDF, são aquelas que acabaram de “nascer”. Então, o aumento do tempo de exposição não modificará substancialmente a visão do HST, pois não haverá mais galáxias para serem vistas.

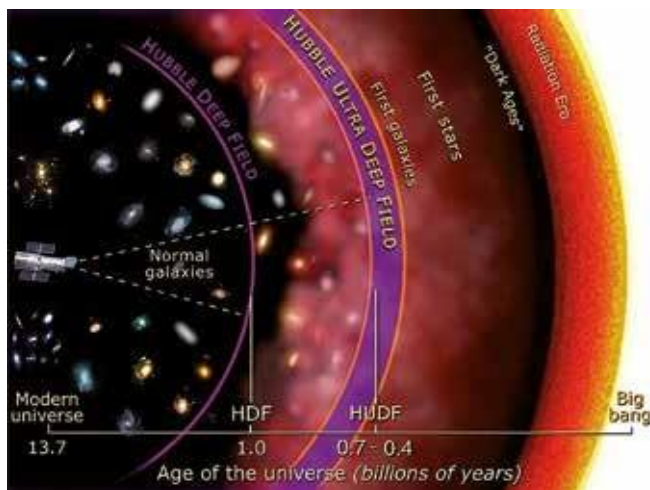


Figura 5: HDF no UMPC coincide com a visão do HUDF, pois neste as primeiras galáxias já apareceram; não há mais galáxias a serem observadas mesmo aumentando-se o tempo de exposição (NASA)

A figura 5 mostra o Estrondão há 13,7 bilhões de anos, a região espaço-temporal vista pelos HDFs norte e sul e a região correspondente do HUDF. O céu noturno do HUDF (figura 2) confirma a falta de energia no visível para o preenchimento com luz visível de toda a abóbada celeste.

Um detalhe importante relativo à figura da NASA: ela representa o universo que um observador perceberia se ele possuísse ferramentas observacionais adequadas, porque além da faixa do HUDF não se consegue observar. No presente estágio de nosso desenvolvimento tecnológico conseguimos obter a imagem das primeiras galáxias, que surgiram entre 400 e 700 milhões de anos após o Estrondão, i.e., a imagem do HUDF. Isto é o mais antigo que conseguimos observar em termos de luz visível. A radiação de fundo observada hoje na faixa de micro-ondas, a RFM, é um retrato “envelhecido” da radiação que começou a se propagar pelo universo cerca de 300.000 anos após o Estrondão, no final da era da radiação, que está mostrada na figura 5.

A seguir, veremos a situação segundo a perspectiva do modelo do UITE, sob o ponto de vista de um teórico, ou seja, como se o observador estivesse do lado de fora do universo.

### Universo Infinito no Tempo e no Espaço

A figura 6 apresenta um esquema do UITE. As galáxias se formam e desaparecem, mas o universo nos apresenta sempre a mesma aparência. O observador está fora do universo, e neste sentido, a imagem é, de fato, a visão que um teórico tem do universo. A questão importante então é saber como um observador na Terra perceberia o HIDF e o universo como um todo neste modelo, em outras palavras, queremos saber qual é para o UITE o equivalente à figura 5, que mostra a visão do observador na Terra para o UMPC.



Figura 6: Representação teórica do UITE. O HIDF não está representado pois é a visão observacional do UITE. Esta visão será limitada pelo avermelhamento da luz das galáxias por causa do efeito Hubble e o céu não será recoberto de luz visível.

Será o céu encoberto de luz para o HIDF no UITE? Mesmo se a quantidade de energia no visível for suficientemente grande teremos uma limitação intransponível, a saber, o avermelhamento da luz das galáxias distantes, o efeito Hubble (Soares 2009). Este efeito manifesta-se na região local do universo como a lei de Hubble. Rigorosamente a lei de Hubble estabelece a relação linear entre o desvio para o vermelho observado na luz de uma galáxia e a sua distância até o observador. Para regiões remotas do universo, como as que necessariamente teremos no universo infinito, a relação não será linear mas ainda assim há um aumento do avermelhamento da luz das galáxias. Então o céu não será recoberto de luz visível, mas sim de luz de maiores comprimentos de onda, micro-ondas e até ondas de rádio.

É importante salientar que o UITE não está em expansão. A lei de Hubble representa um fenômeno físico para o qual uma das explicações possíveis é a expansão do universo, mas não é a única. O UITE mesmo sem expansão deve obedecer a esta lei, pois ela representa um fenômeno físico observado. A explicação do efeito Hubble no UITE, no entanto, está fora do escopo do presente trabalho.



## Considerações finais

O espaço profundo, o espaço do Campo infinitamente Profundo do Hubble será irremediavelmente escuro, tanto no UMPC quanto no UITE. Poderá estar preenchido de fótons mas não na faixa do visível.

Como vimos, o UMPC e o UITE representam visões distintas do universo. Desta forma, eles são propícios também para a discussão de dois interessantes conceitos cosmológicos introduzidos pelo físico, matemático e cosmólogo inglês Edward Milne (1896-1950). Trata-se do “mapa do universo” e da “imagem do universo”. O mapa do universo é percebido por observadores cósmicos externos ao universo (godlike spectators, cf. Harrison 2000, p. 279). Este espectador tipo deus vê todo o cosmos como ele é em determinado instante de tempo. Em nosso caso, trata-se do UITE. Já o UMPC mostrado na figura 5, representa segundo Milne, a “imagem do universo”. Este tipo de observador é “habitante tipo verme” (wormlike denizens) do universo e vê corpos distantes no espaço e remotos no tempo; ele é incapaz de perceber todo o cosmos como ele é em um determinado instante de tempo — i.e., o mapa do universo —, exatamente como nós no universo em que habitamos. No universo real, o mapa e a imagem seriam coincidentes se a velocidade da luz fosse infinita. O mapa é a percepção instantânea do universo e a imagem é a percepção histórica. Uma situação semelhante, onde as duas visões — o mapa e a imagem do universo — aparecem, é discutida em Soares (2014).

## Referências

E. Harrison, *A escuridão da noite: um enigma do universo* (Zahar, Rio de Janeiro, 1995).

E. Harrison, *Cosmology, The Science of the Universe* (Cambridge University Press, Cambridge, 2000).

P. Marmet, *The 3 K Microwave Background and the Olbers Paradox* ([www.newton-physics.on.ca/olbers/index.html](http://www.newton-physics.on.ca/olbers/index.html), 2011, espólio de P. Marmet).

D. Soares, *A tradução de Big Bang*, ([www.fisica.ufmg.br/~dsoares/aap/bgbg.htm](http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/aap/bgbg.htm), 2002).

D. Soares, *O efeito Hubble* ([www.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/efhub.pdf](http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/ensino/efhub.pdf), 2009).

D. Soares, *Os fundamentos físico-matemáticos da cosmologia relativista*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 3302 (2013).

D. Soares, *UGE, Universo da Gominha Esticada*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36, 4301 (2014).

D. Soares, *A floresta encoberta* ([www.fisica.ufmg.br/~dsoares/extn/flrst/flrst.htm](http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares/extn/flrst/flrst.htm), 2016).

R. Wilson, em *The Cosmology Quest* ([youtube.com/watch?v=jOQFLOukrxM](https://www.youtube.com/watch?v=jOQFLOukrxM), parte 1, [youtube.com/watch?v=V4BPxQMUaAM](https://www.youtube.com/watch?v=V4BPxQMUaAM), parte 2, 2004).

# Efeitos inusitados com a luz do Sol

Fernando Lang da Silveira<sup>2</sup>, Rolando Axt

## Introdução

A vida somente é possível na Terra graças à luz solar. O reconhecimento deste fato remonta à Antiguidade e a importância atribuída pelos platônicos e os neoplatônicos ao Sol está na origem da hipótese revolucionária de Copérnico no século XVI que, como é bem sabido, colocou a Terra em movimento orbital enquanto o Sol permanecia em repouso no centro do universo. De acordo com aquela concepção o Sol iluminava tudo e toda luz, inclusive das estrelas, tinha origem nele e não lhe competia outra posição que não fosse central.

*No centro de tudo repousa o Sol. Em que outro melhor local deste belíssimo templo se iria colocar esta lâmpada para que pudesse iluminar tudo ao mesmo tempo? Chamaram-lhe corretamente a lâmpada, o mente e ainda outros, o piloto do mundo. Hermes Trimegisto chama-lhe o “deus visível”; A Electra de Sófocles “o que tudo vê”. E assim o Sol, como sentado em um trono real, governa a família de planetas que gira em torno dele. (COPÉRNICO, 1978; p. 527-528)*

Por outro lado as sombras encantam a humanidade, instigando nossa curiosidade, desde épocas remotas, como bem relata CASATI (2001). Elas também foram usadas como instrumentos epistemológicos, possibilitando em ocasiões variadas o avanço do conhecimento científico. Por exemplo:

- Na Antiguidade, Aristóteles<sup>3</sup> (384 – 322 a.C.) utilizou a *sombra* da Terra sobre a Lua, durante eclipses lunares, como um dos argumentos a favor da esfericidade da Terra; Aristarco de Samos<sup>4</sup> (320

1 Publicado como capítulo do livro organizado pelo Prof. Carlos Alberto dos Santos (IF-UFRGS), intitulado *Fiat Lux: para celebrar a luz e suas tecnologias*, autorizado pelos autores e pelo organizador. Este trabalho foi apresentado como palestra no VI Workshop Paranaense de Arte-Ciência/4th International Meeting on Art-Science, Ponta Grossa-PR, 2015.

2 Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3 - Aristóteles usou dois argumentos a favor da esfericidade da Terra: o primeiro é que a borda da *sombra* da Terra, projetada sobre a Lua durante eclipses, é sempre circular; o segundo é que, quando uma pessoa se move de norte para sul na superfície da Terra, as estrelas mudam sua posição em relação ao horizonte (BERRY, 1961; HOSKIN, 1999).

4 - Para calcular as distâncias que separam o Sol e a Lua da Terra e os seus tamanhos, Aristarco parte de seis hipóteses (HEATH, 1981; p. 353). A hipótese 5 afirma que o diâmetro do *cone de sombra* da Terra, quando a Lua o atravessa (eclipse *total* da Lua), é duas vezes o diâmetro da Lua (<http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=678> – acessado em 30/07/2015).



–250 a.C.) usou a *sombra* da Terra sobre a Lua, para determinar as dimensões cosmológicas e Eratóstenes de Cirene<sup>5</sup> (270 – 190 a.C.) usou a *sombra* de uma estaca, na medida da circunferência da Terra.

- Os atrasos de cerca de 10 min nos eclipses dos satélites de Júpiter permitiram, em 1675, que Ole C. Römer (1644 – 1710) provasse, pela primeira vez, a finitude da velocidade da luz (<http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=43> – acessado em 30/07/2015).
- O eclipse do Sol possibilitou, em 1868, que Lockyer (1836 – 1920) identificasse um elemento até então desconhecido – o hélio – no espectro da cromosfera solar. Em 1919, um eclipse do Sol permitiu que Eddington (1882 – 1944) realizasse a observação do desvio da luz de uma estrela pela massa do Sol, conforme previa a Teoria da Relatividade Geral.

A falta de conhecimento sobre as sutilezas da sombra pode levar a interpretações erradas de fotografias reais. Como exemplos podemos citar o caso da “*face em Marte*” (NASA, 1998)<sup>6</sup>, em que sombras causadas por reentrâncias em uma rocha marciana lhe deram a aparência de uma cabeça humana, o que foi usado como indicativo de que seria uma rocha construída artificialmente, e o caso da “*farsa da Lua*” (MOON HOAX, 2003), em que diferenças nas direções e comprimentos das sombras dos astronautas, sondas lunares e rochas da superfície lunar foram usadas como “evidência” de que as fotos da pousada do homem na Lua seriam montagens<sup>7</sup>. Esses fatos, de certa forma pitorescos, contribuem para incentivar o interesse e a curiosidade a respeito das sombras e do comportamento da luz.

Neste trabalho abordaremos alguns efeitos inusitados e interessantes en-

5 - Eratóstenes, o bibliotecário da grande coleção de manuscritos de Alexandria, mediu a extensão da *sombra* que uma estaca, cravada verticalmente sobre o solo horizontal de Alexandria, tinha ao meio-dia num dia em que o Sol estava no zênite na cidade de Siene (VERDET, 1991). Pelo comprimento da sombra, inferiu que o ângulo subtendido pelo arco de circunferência que separa as duas cidades (Siene se situa ao sul de Alexandria) era aproximadamente 7° e, conhecida a distância entre as duas cidades (Alexandre o Grande havia mandado medir os caminhos do Egito), determinou a circunferência da Terra (<http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1016> – acessado em 30/07/2015).

6 - A “*face em Marte*” foi vista pela primeira vez em fotos tiradas pela sonda Viking I, em 1996 (NASA, 1998), e foi inicialmente divulgada como sendo uma formação rochosa lembrando uma face humana. Novas imagens da mesma rocha, tiradas em 1998 pela sonda Mars Global Surveyor (MSSS, 2001), de um ângulo diferente, não apresentaram tal semelhança, indicando que a aparência de face humana dependia da iluminação e do ângulo de visada.

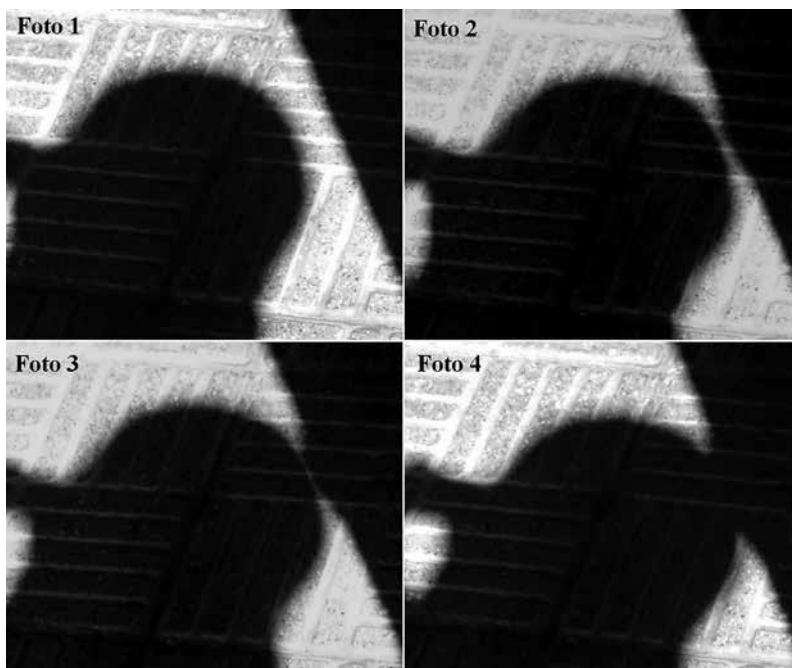
7 - Os defensores da “*farsa da Lua*” usam argumentos equivocados e refutáveis, pois as diferenças nos ângulos e comprimentos dessas *sombras* são perfeitamente explicadas por efeitos de perspectiva e de ondulações na superfície lunar.

volvendo a luz solar e as suas sombras.

### A “atração” entre as sombras

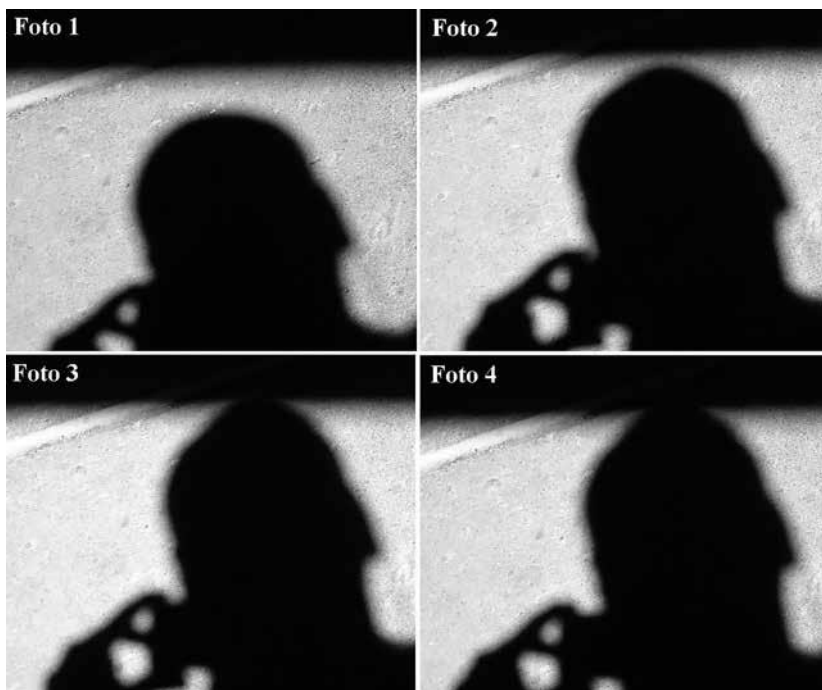
Quando a distância entre duas sombras se torna muito pequena, uma delas “atrai” a outra, deformando-a! Vejamos como esse fascinante fenômeno ocorre e pode ser explicado.

Na figura 1, uma seqüência de fotos mostra a sombra da cabeça do fotógrafo se aproximando da sombra de uma parede. Observa-se que dessa aproximação resulta a deformação da sombra da parede e o prematuro preenchimento do espaço antes iluminado.



**Figura 1** – *Projetada sobre a calçada, a sombra da cabeça do fotógrafo “atrai” a sombra da parede, deformando-a.*

Na figura 2, uma seqüência de fotos mostra a sombra da aba do alpendre “atraindo” a sombra da cabeça do fotógrafo e a deformando. Diferentemente do caso anterior, agora é a sombra da cabeça do fotógrafo que se deforma e avança em direção à sombra do alpendre. O efeito também está registrado em um vídeo que pode ser encontrado nos seguintes endereços: <https://www.youtube.com/watch?v=S42XaPdcAPs> e <https://www.youtube.com/watch?v=mQnYBR4PTCw> (acessados em 30/07/2015)



**Figura 2** – Projetada sobre a calçada a sombra da aba do alpendre “atrai” a sombra da cabeça do fotógrafo, deformando-a.

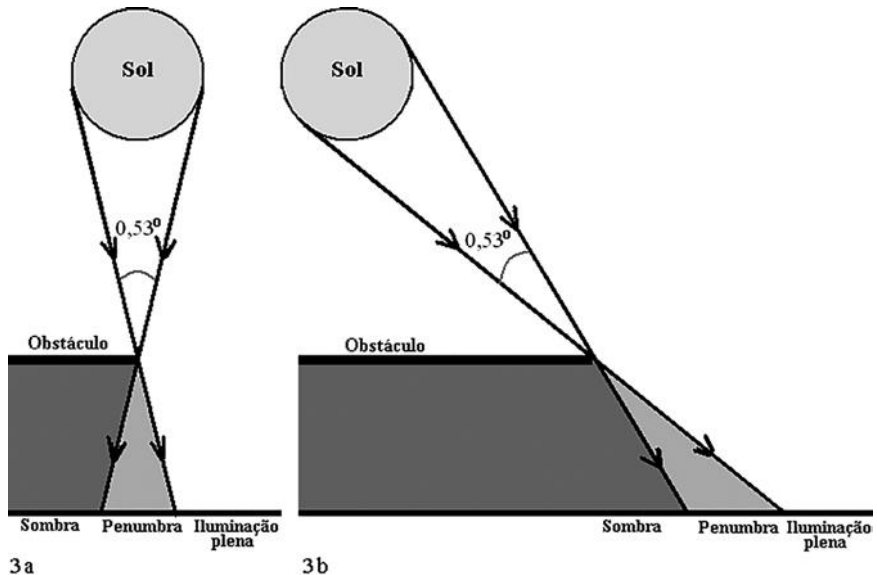
Antes de esclarecermos as razões do inusitado comportamento, esboçaremos o enunciado de uma **lei de “atração” entre sombras** que pode ser testada facilmente pelo leitor: **Quando duas sombras se aproximam, aquela que se encontra mais próxima do objeto que lhe corresponde será “atraída” (deformada) pela outra sombra, a do objeto mais distante.**

Na figura 1, para obter a deformação da sombra da parede, o fotógrafo encontrava-se mais distante da própria sombra do que a parede da sua. Na figura 2, a situação se inverte: o chão estava mais próximo da cabeça do fotógrafo do que da aba do alpendre.

Passemos agora à explicação do efeito.

Uma fonte de luz pode ser pontual ou extensa. O fato de o Sol ser para nós uma fonte luminosa extensa que subtende, em pontos situados na Terra, um pequeno ângulo de aproximadamente  $0,53^\circ$ , faz com que raios luminosos provenientes de regiões diferentes do disco solar incidam aqui na Terra segundo direções diferentes. Por isso as sombras produzidas por obstáculos que interceptam a luz solar não têm bordas bem definidas. As sombras só teriam bordas bem definidas caso todos os raios luminosos solares fossem paralelos entre si (o que se assume para fazer representações simplificadas da radiação solar) e então o fascinante fenômeno da “atração” entre sombras não ocorreria.

As figuras 3a e 3b representam de maneira esquemática a luz emitida pelos extremos do disco solar, passando por um ponto da borda de um obstáculo e gerando uma região de penumbra (região dentro da qual a iluminação varia desde um mínimo – sombra – até a iluminação plena).



**Figura 3** – A luz solar que se origina em regiões diferentes do disco solar produz som- bras com bordas não definidas (penumbra).

Na figura 3a a incidência dos raios solares que atingem o plano horizontal onde ocorre a sombra, é quase perpendicular a esse plano<sup>8</sup>. A situação em que o Sol se encontra baixo no céu é apresentada na figura 3b. Comparando essa figura com a figura 3a, podemos observar uma maior extensão de penumbra sobre o plano horizontal<sup>9</sup>. A rigor, em vez de usar um tom de cinza claro para indicar o intervalo que corresponde à penumbra nas situações apresentadas nas figuras 3a e 3b, deveríamos preencher esse intervalo com uma variação contínua entre o cinza escuro (sombra) e o branco (iluminação plena), ratificando a inexistência de bordas definidas, como indicado na legenda dessas figuras.

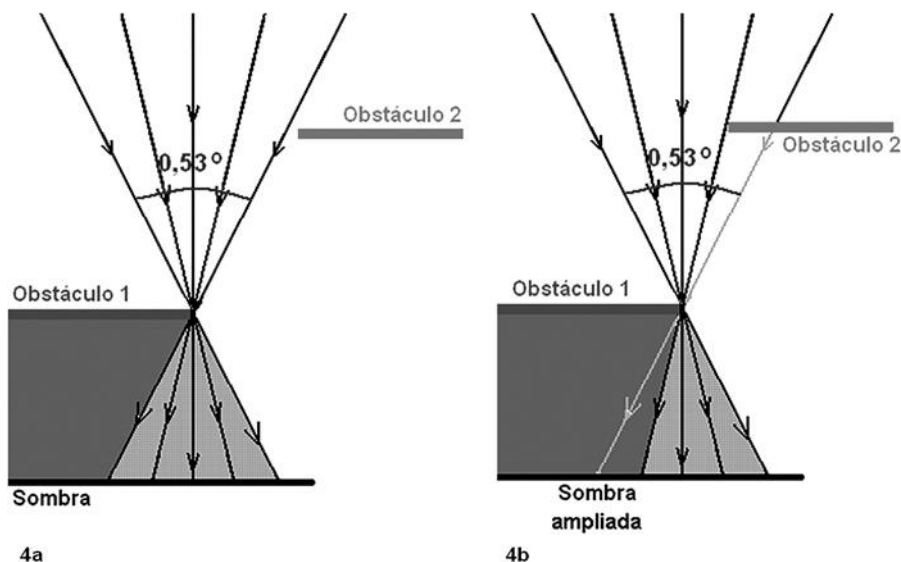
A figura 4 representa dois obstáculos próximos um do outro e posicionados a diferentes distâncias do plano que contém as suas sombras. A sombra

8 - A incidência perpendicular dos raios de luz solar sobre o plano onde acontece a sombra é a condição para a menor extensão da região de penumbra, isto é, aproximadamente 0,9 cm para cada metro de distância entre o objeto que projeta a sombra e o plano.

9 - As fotos apresentadas nas figuras 1 e 2 foram tiradas no final da tarde com o Sol baixo no céu, sobre uma calçada horizontal.

do obstáculo 2 não está representada por ser irrelevante para a explicação do efeito.

Na figura 4a o obstáculo 2 ainda não perturba a sombra do obstáculo 1 mas ao diminuir suficientemente a distância entre eles (e entre suas sombras) luz que chegava na região de penumbra próxima à sombra acaba por ser suprimida, ampliando então a região de sombra do obstáculo 1.



**Figura 4** – A sombra do obstáculo 1 se amplia quando o obstáculo 2 intercepta luz na região de penumbra do obstáculo 1.

Mais detalhes sobre este instigante efeito podem ser encontrados em SILVEIRA E AXT (2007).

### O “encolhimento” das sombras

Outro efeito inusitado envolvendo as sombras da luz solar é que o tamanho de uma sombra diminui quando a distância entre ela e o obstáculo que a produz cresce. As imagens da figura 5 apresentam a sombra próxima (a cerca de 1 m) e afastada (a cerca de 6 m) de um indivíduo que as fotografa. A sombra afastada notoriamente se encontra deformada em relação à sombra próxima, apresentando uma cabeça mais estreita em relação ao tamanho do tronco.



**Figura 5** – Sombra próxima e afastada do fotógrafo.

Na figura 6 vê-se a sombra de uma grade de arames sobre um piso de lajotas. No lado esquerdo da foto o piso se encontra próximo da grade e, conforme se avança para o lado direito, a grade se afasta do piso. Observa-se que, concomitantemente com o crescimento da distância entre a grade e o piso (isto é, no sentido da esquerda para a direita), a região de penumbra em torno da sombra dos arames cresce. Na parte mais distante do piso (lado direito da foto) resta apenas a penumbra produzida pelos arames.



**Figura 6** – Grade de arame intercepta a luz solar produzindo sombra e penumbra.

O efeito de “encolhimento” da sombra, originada pela interposição de um objeto à luz solar, pode ser facilmente previsto tendo-se em conta que os raios luminosos provenientes do disco solar são divergentes conforme já notado nas figuras 3 e 4. A figura 7 representa um obstáculo à luz solar e a conseqüente região de sombra que ele produz. Por meio de um simples cálculo trigonométrico, é fácil estimar-se que a região de sombra termina a uma distância cerca de 108 vezes a extensão L do obstáculo.

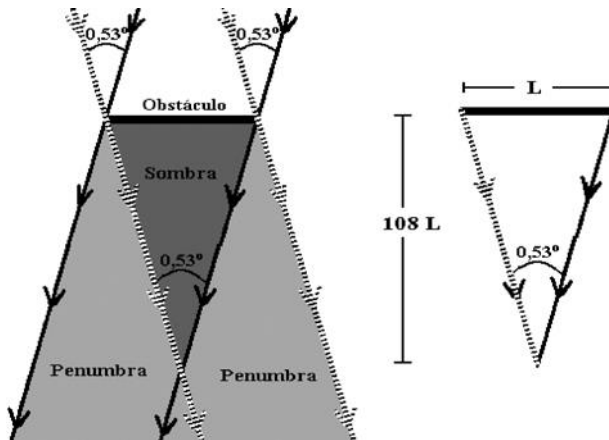


Figura 7 – Representação esquemática da região de sombra produzida por um obstáculo que impede a passagem dos raios luminosos solares.

Podemos agora aplicar o que foi apresentado na figura 7 à Terra e à Lua quando interceptam a luz solar. Sendo esses corpos esféricos (portanto a seção transversal da sombra é circular suas sombras constituem cones de sombra contornados por penumbra, como mostrado também na figura 7. A extensão do cone de sombra que cada um dos corpos produz é cerca de 108 vezes o diâmetro do objeto opaco. Como o diâmetro da Lua é cerca de 3,66 vezes menor do que o da Terra, a extensão aproximada do cone de sombra da Lua é  $108 \div 3,66 = 29,5$  diâmetros terrestres. Diferentemente da órbita da Terra em torno do Sol, a órbita da Lua em torno da Terra possui uma excentricidade não desprezível<sup>10</sup>, sendo a distância de perigeu (mínima distância entre os centros da Terra e da Lua) 28,0 diâmetros terrestres e a distância de apogeu (máxima distância entre os centros da Terra e da Lua) 31,9 diâmetros terrestres. Ou seja, o comprimento do cone de sombra da Lua é 1,5 diâmetros terrestres maior do que a distância de perigeu e é 2,4 diâmetros terrestres menor do que a distância de apogeu.

<sup>10</sup> - A excentricidade da órbita da Lua explica, por exemplo, que os intervalos de tempo que separam duas fases principais e consecutivas da Lua em um mesmo mês lunar sejam diferentes. Adicionalmente à excentricidade, a translação do sistema Terra-Lua em torno do Sol, determina que haja variações desses intervalos de tempo de um mês para outro. Duas fases principais consecutivas podem estar separadas por intervalos de tempo que variam entre 6,5 e 8,3 dias (SILVEIRA, 2001).



Desta forma, ainda que em uma Lua Nova ocorra o alinhamento Terra-Lua-Sol (o Sol na linha dos nodos<sup>11</sup> do sistema Terra-Lua ou muito perto dela<sup>12</sup>), de modo a cumprir a condição necessária para acontecer o ocultamento central do Sol pela Lua para um observador em determinada região da Terra, o eclipse do Sol poderá não ser total mas anular. Neste caso o disco lunar não encobre todo o disco solar pois o cone de sombra da Lua não chega até nós por ela estar nas proximidades do apogeu. Quando o eclipse é total, ele somente será percebido como tal por um observador dentro do cone de sombra da Lua. A intersecção do cone de sombra da Lua com a superfície da Terra em um eclipse total se dará perto do vértice do cone (a figura 8 representa esta situação embora os diâmetros relativos e a distância entre a Terra e o seu satélite não estejam em escala).



*Figura 8 – O vértice do cone de sombra ou umbra da Lua se encontra sempre próximo à superfície da Terra durante um eclipse solar total, determinando que o diâmetro da sombra da Lua na Terra seja muito menor do que o diâmetro lunar.*

O diâmetro da sombra da Lua na superfície da Terra, durante um eclipse solar total, será muito menor do que o diâmetro da Lua, representando um círculo sobre a superfície da Terra com diâmetro máximo de apenas cerca de uns 250 km; pequeno em comparação aos 3476 km de diâmetro da própria Lua. Portanto, o fenômeno do “encolhimento” da sombra é muito pronunciado nos eclipses solares. Na figura 9 está representada em escala compatível com a escala do diâmetro da Terra a sombra da Lua na Terra.

11 - A linha dos nodos do sistema Terra-Lua é uma linha determinada pela intersecção do plano da órbita da Terra em torno do Sol com o plano da órbita da Lua em torno da Terra. A cada 173 dias, essa linha está na mesma direção da linha Sol-Terra, ocorrendo então as temporadas de eclipses, que duram entre 31 e 38 dias (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 46-47). Comumente, em uma temporada de eclipse acontecem um eclipse solar (parcial, total ou anular) e um eclipse lunar (parcial, total ou penumbral), separados de duas semanas.

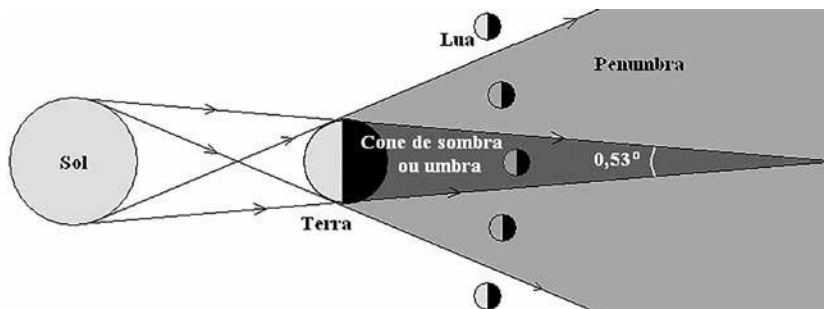
12 - Como o Sol, a Terra e a Lua têm tamanhos finitos, os eclipses podem ocorrer mesmo quando os três corpos não estão perfeitamente (centro a centro) alinhados. A máxima distância angular da Lua ao nodo da órbita lunar para um eclipse solar ser possível é  $18,5^\circ$ ; se essa distância for inferior a  $15,4^\circ$ , pelo menos um eclipse solar parcial certamente ocorrerá; se essa distância for inferior a  $12^\circ$ , ocorrerá com certeza um eclipse solar total ou anular (SMART, 1960, p. 381-390). O eclipse do Sol é classificado como parcial quando apenas a penumbra atinge a Terra. Mas mesmo em eclipses totais do Sol a faixa da Terra atingida pela sombra (onde haverá um eclipse total) é muito mais estreita que a faixa atingida pela penumbra (que terá um eclipse parcial).





*Figura 9 – A sombra da Lua na superfície da Terra durante um eclipse solar total tem um diâmetro com no máximo cerca de 250 km. Somente observadores dentro dessa sombra “encolhida” poderão perceber o eclipse como total.*

Vejam agora como a Terra eclipsa a Lua. Quando em uma Lua Cheia acontecer o alinhamento Lua-Terra-Sol, o cone de sombra da Terra sempre atingirá a órbita da Lua pois a sua extensão é muito maior do que a distância de apogeu da Lua, acontecendo então um eclipse total<sup>13</sup> da Lua. O diâmetro do cone de sombra da Terra à distância da Lua é facilmente calculável e se situa em valores próximos a 0,7 diâmetros terrestres ou 2,6 diâmetros lunares (a figura 10 é uma representação das condições para a ocorrência de um eclipse lunar total, embora os diâmetros e as distâncias entre os três corpos não estejam em escala). Vale notar que Aristarco de Samos (vide a nota de rodapé 2), três séculos antes de Cristo, já estimava em cerca de dois diâmetros lunares o diâmetro do cone de sombra da Terra na região onde passa a órbita da Lua.



*Figura 10 – O diâmetro do cone de sombra da Terra perfaz cerca de 0,7 diâmetros terrestres ou 2,6 diâmetros lunares na região onde orbita a Lua.*

Mais detalhes sobre o “encolhimento” das sombras pode ser encontrados em SILVEIRA E SARAIVA (2008).

13 - Para a Lua entrar no cone de sombra da Terra e acontecer um eclipse lunar total a máxima distância angular entre a Lua e o nodo da órbita lunar deve ser menor do que  $4,6^\circ$  se a distância for maior do que isso, mas menor do que  $10^\circ$  acontecerá um eclipse lunar parcial, quando apenas parte da Lua atravessa a região de sombra (OLIVEIRA FILHO E SARAIVA, 2004, p. 46-47).

## Imagens do sol observadas embaixo das árvores

Quando a luz solar que passa entre as folhagens das árvores incide no chão ou em paredes, é comum se observar manchas luminosas com formas arredondadas. Como são elas produzidas se os espaços pelos quais a luz passa têm geometrias irregulares e variáveis? Em circunstâncias especiais, pode acontecer que essas manchas se apresentem com forma quase circular e de mesmo tamanho. Como se explica tal padrão? Apesar de a ocorrência das referidas manchas luminosas ser extremamente comum, a grande maioria das pessoas sequer toma consciência delas. A figura 11 mostra algumas dessas manchas luminosas no chão embaixo de árvores.



**Figura 11** – Manchas arredondadas no chão embaixo das árvores.

É por demais sabido que um pequeno orifício em uma câmara escura (*pinhole*) pode conjugar imagens de objetos externos à câmara. A condição para que tenhamos uma imagem nítida em um anteparo é que o tamanho do orifício seja desprezível em relação à distância que o separa do anteparo. Se o objeto for o Sol, observam-se imagens nítidas do disco solar em anteparos posicionados a uma distância que seja muito maior do que a dimensão característica do orifício pelo qual a luz passa (SILVEIRA E AXT, 2001).

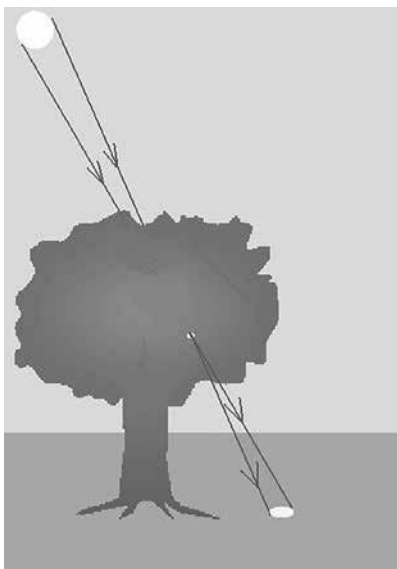
As imagens do disco solar conjugadas por pequenos orifícios têm outras notáveis características:

- O diâmetro dessas imagens é pouco afetado pelo tamanho do orifício. O diâmetro mede aproximadamente um centésimo (na verdade  $1/108$ , a mesma proporção indicada na figura 7) da distância que separa o orifício do anteparo (conforme a equação 3 em SILVEIRA E AXT, 2001). Portanto, se imaginarmos um orifício distante

cerca de 2 m do local onde aparece a imagem do Sol<sup>14</sup>, esta imagem terá diâmetro de aproximadamente 2 cm.

- Como a potência luminosa que atravessa o orifício depende da área do orifício, orifícios com dimensões diferentes, posicionados à mesma distância de um anteparo, conjugarão imagens com aproximadamente o mesmo diâmetro, todavia, com diferentes brilhos.

Para que possamos observar imagens do Sol sobre um anteparo embaixo das árvores conforme representado na figura 12, é necessário que os espaços ou "orifícios" entre as folhagens, que permitem a passagem da luz proveniente do Sol, estejam afastados do anteparo por uma distância que favoreça a ocorrência de imagens do disco solar.



*Figura 12 – A luz solar que passa entre as ramagens de uma árvore, incidindo no chão a uma distância grande comparada ao tamanho do orifício, determina uma imagem do disco solar.*

Nota-se na figura 11 a ocorrência de manchas arredondadas, aproximadamente de mesmo tamanho, mas com brilhos diversos. Esse comportamento se deve a que o brilho dessas imagens é regulado pelo tamanho dos orifícios. As imagens com maior brilho estão associadas a orifícios maiores do que as imagens com menor brilho. Entretanto, o tamanho das imagens do Sol não depende do tamanho dos orifícios e, se estes estiverem igualmente distantes do local onde vemos as imagens, todas elas terão aproximadamente o mesmo tamanho.

Durante os eclipses do Sol, as manchas luminosas produzidas pela luz que se

14 - Estamos supondo que os raios luminosos solares que atravessam o orifício incidam quase que perpendicularmente ao anteparo. Caso a incidência não seja normal ao anteparo, ocorrerá uma mancha elíptica, cujo semi-eixo menor terá aproximadamente a extensão indicada. O semi-eixo maior desta mancha será tanto maior quanto mais inclinados em relação à normal ao anteparo estiverem os raios luminosos provindos do Sol.

infiltra através das folhas da vegetação e incide no chão ou nas paredes distantes das folhas, se apresentarão com a forma do disco solar eclipsado. Este belo efeito foi registrado durante o eclipse parcial do Sol em 11 de setembro de 2007 em Porto Alegre. A figura 13 é uma fotografia de uma miríade de imagens em uma parede próxima a uma árvore, obtida durante o eclipse (SILVEIRA e AXT, 2007).



**Figura 13** – Miríade de imagens do disco solar eclipsado sobre uma parede.

A figura 14 mostra mais algumas imagens do disco solar em forma de lunas resultantes da passagem da luz na ramagem de uma árvore durante o eclipse e conjugadas sobre uma parede.



**Figura 14** – Imagens do disco solar parcialmente coberto durante o eclipse.

---



Um pequeno espelho plano que reflete a luz do Sol em direção a uma parede distante comporta-se como o pequeno orifício de uma câmara escura. A diferença em relação ao orifício está em que os raios luminosos ao invés de atravessarem o “orifício”, são refletidos no espelho. Desta forma, consegue-se facilmente uma imagem do disco solar dirigindo a luz solar refletida pelo espelho contra um anteparo (SILVEIRA E AXT, 2001). Este procedimento pode ser utilizado para se observar os eclipses com segurança, evitando-se a necessidade de filtros para barrar a radiação ultravioleta. Além disso, se o objetivo for a simples observação visual do eclipse, um pequeno espelho plano substitui complicados procedimentos que utilizam binóculos, lunetas ou telescópios para obter uma imagem real do disco solar sobre um anteparo. A única condição para isso é que a distância ao anteparo seja muito maior do que as dimensões do espelho.

Na figura 15 vê-se uma imagem do Sol eclipsado, obtida com auxílio de um pequeno espelho plano com área de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>, que refletiu a luz solar sobre uma parede distante cerca de 5 m do espelho.



**Figura 15** - Imagem do Sol eclipsado obtida com um espelho plano durante o eclipse de 11/09/2007 em Porto Alegre.

Mais detalhes sobre as imagens do disco solar são encontrados em SILVEIRA E AXT (2007).

## Conclusão

Neste artigo tratamos de três interessantes e contra-intuitivos efeitos que podem ser percebidos quando a luz proveniente diretamente do disco solar é barrada por objetos, determinando sombras. Justificamos teoricamente, ilustrando com fotografias e diagramas, cada um dos efeitos.

Apesar de os efeitos sempre acontecerem, eles são usualmente inusitados para as pessoas que não os conhecem e que não estão preparadas para a observação. Vale nesse contexto o que o filósofo da ciência Mario Bunge afirma (*Princípio Inverso de São Tomé*): é crer para ver! Ou seja, temos que saber da possibilidade de acontecerem todos estes efeitos para efetivamente observá-los.

## Referências

- Berry, A. *A short history of Astronomy*. New York: Dover Publications, Inc, 1961.
- Casati, R. *A descoberta da sombra*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- Chaisson E. e McMillan, S. *Astronomy Today*, 2<sup>nd</sup>. ed., Prentice Hall Inc, 1997.
- Copérnico, N. *On the revolution of heavenly spheres*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1978.
- Heath, T. *Aristarchus of Samos – The ancient Copernicus*. New York: Dover, 1981.
- Hoskin, M. (ed). *The Cambridge Concise History of Astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Knill, D., Mamassian, P. e Kersten, D. Geometry of Shadows. *J. Opt. Soc., Am. A.*, v. 14, n. 12, p. 3216– 3231, 1997.
- Moonhoax. [www.redzero.co.uk](http://www.redzero.co.uk), 2003. Acessado em 30/07/2015.
- MSSS (Malin Space Science Systems). Mars Global Surveyor – Mars Orbital Camera. San Diego: MSSS, 2001. [http://www.msss.com/mars\\_images/moc/01\\_31\\_01\\_releases/cydonia/](http://www.msss.com/mars_images/moc/01_31_01_releases/cydonia/). Acessado em 30/07/2015.
- NASA. Astronomy picture of the day, 1998. <http://apod.nasa.gov/apod/ap980407.html>. Acessado em 30/07/2015.
- Oliveira Filho, K. S. e SARAIVA, M. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. 2<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
- Silveira, F. L. As variações dos intervalos de tempo entre as fases principais da Lua. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 23, n.3, p.330-307, 2001. [http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v23\\_300.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v23_300.pdf). Acessado em 30/07/2015.
- Silveira, F. L. e AXT R. O que vemos quando projetamos a luz do Sol com um espelho plano: manchas luminosas ou imagens? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.18, n.3: p.364–375, dez. 2001. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6670>. Acessado em 30/07/2015.

\_\_\_\_\_ A “atração” entre as sombras! *A Física na Escola*, São Paulo, v.8, n.1,





p.17-21, 2007. <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num1/v08n01a04.pdf>. Acessado em 30/07/2015.

\_\_\_\_\_. Oeclipse solar e as imagens do Sol observadas no chão ou numa parede. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 24, n. 3: p. 353-359, dez. 2007. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6241>. Acessado em 30/07/2015.

SILVEIRA, F. L. e SARAIVA, M. F. O “encolhimento” das sombras. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 25, n. 2: p. 228-246, ago. 2008. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n2p228/5633>. Acessado em 30/07/2015.

Smart, W.M. *Text-Book on Spherical Astronomy*. 6<sup>th</sup> ed. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1960.

Verdet, J. P. *Uma história da Astronomia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1991.

---



# A História da Ciência e a Filosofia da Ciência ajudam, atrapalham, ou são irrelevantes para o ensino de Física?

Jenner Barretto Bastos Filho <sup>2</sup>

## Introdução

Após o término do X EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física) realizado em Londrina, Paraná, no período de 15 a 18 de agosto de 2006, coube-me, a convite de sua Coordenadora, a Profa. Dra. Irinea de Lourdes Batista, a grata tarefa de traçar algumas linhas para introduzir os trabalhos que resultaram dos Resumos e das Falas dos oradores que compuseram a Mesa Redonda que tive a honra de coordenar, intitulada ***História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Física***. A aludida Mesa realizada na tarde de 17 de agosto de 2006 foi composta pela Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, pelo Prof. Dr. Olival Freire Júnior do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia e pelo Prof. Dr. João Zanetic do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

Muito frequentemente, os organizadores de um evento, quando têm em mente a composição de uma Mesa Redonda, procuram convidar oradores que tenham pontos de vistas divergentes sobre o tema enfocado. Isso se dá com o fito de se procurar prover elementos que permitam suscitar sadias polêmicas em que todos, tanto o público participante quanto os próprios componentes da Mesa, se beneficiem sobremaneira com as discussões.

No entanto, não houve divergência alguma sobre a questão da recomendação de que os professores deveriam envidar esforços no sentido de ensejar, cada vez mais, o entrelaçamento da *História e Filosofia da Ciência* (doravante, HFC) com o Ensino de Física (doravante EF). Todos os três oradores se manifestaram como entusiastas deste entrelaçamento. Confesso que também compartilho deste entusiasmo.

Mas há quem pudesse ter se incomodado com tanto consenso. Muitos dos ouvintes-participantes talvez preferissem posições divergentes como, por exemplo, que algum dos três oradores defendesse com ênfase a tese segundo a qual *“a HFC atrapalha o aprofundamento dos conteúdos do EF”* enquanto um segundo defendesse com ênfase equivalente que *“a HFC potencializa e ajuda sobremaneira o aprofundamento dos conteúdos do EF”* e um terceiro orador defendesse a tese de que *“a HFC nem ajuda nem atrapalha o EF, ou seja, a HFC seria totalmente irrelevante para o EF”*. De fato, não assistimos a uma polêmica do gênero simplesmente porque os três oradores foram uníssonos quanto ao aspecto consensual da segunda tese.

Em que pese esse núcleo de consenso, a Mesa Redonda suscitou bastante discussão em virtude dos aspectos diversificados e complementares abordados

<sup>1</sup> Publicado originalmente na Revista *Norte Ciência* vol. 2, n. 2, p. 111-125

<sup>2</sup> Instituto de Física da UFAL e Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática PPGECIM/UFAL

sobre o tema central.

A Profa. Anna Maria Pessoa de Carvalho expôs os resultados de seu experimento pedagógico que englobou três pesquisas realizadas em escolas estaduais da cidade de São Paulo. Ela insistiu sobre certas características de textos originais que considera importantes para o desenvolvimento do conteúdo escolar, conteúdo esse concebido segundo três vertentes, a saber, a conceitual, a procedimental e a atitudinal. Ela elege para as suas considerações, aquilo que considera como o fator principal no que diz respeito ao ensino destas atividades: *o que aprendem os estudantes*. Como um dos resultados de sua pesquisa, a Profa. Anna Maria defende que a *História da Ciência* e a *Filosofia da Ciência* potencializam melhorias significativas no EF, além de contribuir para despertar vivo interesse nos estudantes.

O Prof. Olival Freire Júnior traz à baila a questão de qual deve ser a *História da Ciência* que interessa à *Educação em Ciências*. Ele argumenta em prol de um retorno a Gerald Holton e sua abordagem conectiva ao Ensino de Ciências. Argumenta ainda que “o êxito dessa abordagem [...] parece residir em não aceitar distinções ‘a priori’ de qual história contribui para o ensino da ciência, mas decidir o que incluir no ensino após o exame da pertinência de cada contribuição para a abordagem didática que se quer desenvolver”. Como uma de suas principais recomendações, ele insiste em que a adoção da perspectiva de Holton pode propiciar mediante pesquisa à literatura da *História da Física*, a incorporação de contribuições recentes e/ou antigas em relação às quais o EF deveria dar conta.

O Prof. João Zanetic, outro entusiasta do entrelaçamento acima aludido, defende a tese segundo a qual: “a formação cultural de qualquer pessoa ficará enriquecida se o EF levar em consideração elementos da história da física, da filosofia da ciência, dos estudos sociais da ciência e o relacionamento da física com outras áreas do conhecimento”. Defende também, a aproximação da Física com a Literatura, destacando a presença da Física em romances, contos, poesias, e peças de teatro. Argumenta Zanetic que o tratamento conjunto de tudo isso provê um melhor EF. Em tom memorial, fez alusão ao dia imediatamente anterior ao da abertura do X EPEF, ou seja, o dia 14 de agosto de 2006, que marcou o cinquentenário da morte de Berthold Brecht. Lembrou ainda a peça *Galileu Galilei* como exemplo privilegiado de algo cuja riqueza, potencializa o desenvolvimento de um EF numa orientação humanista.

Para finalizar esta Introdução mostro como o presente trabalho se encontra organizado. Na seção 2 centrarei minha atenção nos desdobramentos suscitados pelas falas dos oradores bem como pela maneira em que fui tocado pelas mesmas. Na seção 3 centrarei minha atenção na defesa da tese segundo a qual a HFC ajuda e potencializa sobremaneira a compreensão dos estudantes em uma situação que caracterize um EF consequente. Argumento que essa compreensão melhorada engloba tanto o conteúdo do EF *stricto sensu* quanto a contextualização cultural, histórica e filosófica da Física. O exemplo escolhido inspirado em célebre citação de Alexandre Koyré se refere à Revolução Científica do século XVII; por se constituir em tema amplo ele será enfocado aqui apenas sob alguns aspectos. Na seção 4 aprofundo e consubstancio os argumentos da seção precedente e reforço que a compreensão da natureza do que Koyré chama de *prólogo* e de *epílogo* da Física Clássica do século XVII enriquece sobremaneira a própria base conceitual

---



da Física e que, portanto, é enormemente benéfica para o EF. Na seção 5 darei o fechamento deste trabalho ocasião em que ressaltarei aquilo que considero mais relevante.

## **Desdobramentos suscitados pelas falas dos oradores**

No curso do debate foram levantadas muitas questões relevantes entre as quais a seguinte:

-Por que o Projeto Harvard para o Ensino de Física não teve a disseminação que, talvez, deveria ter tido em nosso país?

Deverei dizer, à guisa de esclarecimentos, que o Projeto Harvard perseguia como escopo para o Ensino Médio nos Estados Unidos uma aproximação, e talvez mesmo um entrelaçamento da Física com a História, a Filosofia, a Sociologia e outros campos do conhecimento. Vejo a questão levantada como muito relevante.

Responder a essa questão requer uma investigação genealógica de fôlego que busque encontrar causas. Para a consecução de um programa do gênero, é necessário se ater à história dos debates ocorridos no seio da comunidade dos pesquisadores em Ensino de Física. Uma investigação desse tipo é necessariamente longa, exige um número razoável de pessoas e é complexa em virtude da necessária confrontação entre as diversas concepções adotadas pelos atores sociais envolvidos tais como os professores, pesquisadores, estudantes, as instituições, os governos e as agências que são fontes de financiamento.

O Prof. Dr. Roberto Nardi da UNESP de Bauru vem, há alguns anos, se dedicando ao importante mister de reconstruir a *Memória do EF no Brasil* desde 1970 até então. Soubepor Nardi, por ocasião do IX EPEF que teve lugar em Jaboti- catubas, MG, em outubro de 2004, que as Atas do primeiro *Simpósio Nacional de EF* realizado em São Paulo de 26 a 29 de janeiro de 1970, constituem documento raro. Comotenho um exemplar dessas Atas (SBF, 1970) e fui testemunha presen- cial do evento - enquanto jovem estudante de graduação do Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia IF/UFBA- lembrei-me que o Projeto Harvard havia sido discutido na ocasião.

A partir da leitura das Atas é possível interpretar algo do espírito de então. É necessário ter em mente que àquela época o Brasil estava mergulhado na fase dura da ditadura militar. É possível que a cautela, com relação tanto às falas que foram transcritas mediante gravação quanto com relação aos próprios textos escritos e transcritos, talvez levemente adaptados, constituam uma tônica ao longo das Atas. Podemos, por exemplo, ler nas Atas aludidas, a seguinte fala do Prof. Giorgio Moscati:

O Projeto Harvard já foi discutido aqui na semana passada e nem todos estavam presentes, mas haverá, hoje, às 17 horas, conferência pronunciada pelo Prof. Watson sobre este projeto. [...] O Projeto Harvard é um projeto de ensino de Física, em que há ênfase, muito maior, ao contrário do que acontece no projeto do PSSC, dos aspectos históricos e da interação "homem-ciência". A origem deste projeto nos EUA está ligada ao fato de que o ensino de Física, lá, não é obrigatório no curso secundário,

de modo que grande número de estudantes não opta por este curso no secundário. Uma das soluções encontradas para atrair maior número de estudantes para cursos de Física no secundário foi o de fazer curso de Física que tivesse aspectos mais humanos. (ATAS do Primeiro SNEF, 1970, p. 84).

Assisti à palestra do Prof. Watson. Foi uma apresentação jocosa a fim de cativar corações e mentes. Lembro-me perfeitamente de uma passagem episódica na qual ele argumentava que os fascículos de conteúdo instrucional do Projeto Harvard eram leves, fáceis de carregar e assim não aborreciam os estudantes que não precisavam transportar pesos incômodos. Brincamos com colegas ao lado, ao compararmos tais fascículos com os pesados volumes do *Lectures on Physics* de Feynman, que são livros de capa dura e bem mais incômodos para carregar. Infelizmente a palestra do Prof. Watson não consta das Atas.

Tudo isso me interessou muito vivamente, pois nos meus dois anos iniciais de graduação (1967 e 1968) havia cursado no IF/UFBA as disciplinas *Física Geral e Experimental I e II*, ambas de periodicidade anual<sup>3</sup>, com o saudoso Prof. Felipe Serpa. Na ocasião, Felipe, que dirigia o CECIBA (Centro de Ciências da Bahia) usou o PSSC nas nossas turmas, experiência que nos marcou indelevelmente: tanto a mim quanto aos meus colegas de turma. Em 1970 já estava na fase final de minha graduação, cursando as disciplinas finais do bacharelado e interessei-me em fazer o curso do Projeto Harvard, plano, infelizmente não realizado. Desconheço até hoje - e lá se vão 40 anos, completados em janeiro de 2010 - as razões pelas quais esse tão esperado e prometido curso não foi oferecido em que pese a minha ansiedade de conhecê-lo e o desejo de confrontá-lo com o do PSSC o qual havíamos acompanhado como uma espécie de turma piloto e do qual havíamos sobremodo apreciado.

Ouvi, tempos depois, colegas falarem em outros congressos dos quais participei, que o espírito do PSSC era empirista, o que, em larga medida, pode ser pertinente. Não que o empirismo seja um defeito em si próprio. Pelo contrário, trata-se de uma ilustre Escola de Pensamento. O que os colegas queriam ressaltar era que uma concepção da complexa atividade científica reduzida simplesmente a uma mera recomendação de que *'fiquemos com os olhos abertos para observar o que a natureza vai nos mostrar como age'*, não consegue dar conta, nem minimamente, de sua inerente complexidade. Evidentemente, uma concepção do gênero não faz jus sequer a um Empirismo mais sofisticado. O que se criticava de fato era a possibilidade de se conceber um empirismo exacerbado e empobrecido que apenas ressalta no contexto do EF um conjunto de experimentos que corroboram teorias numa escolha de sequência linear na qual as ideias, sejam lá quais forem, somente têm valor, se passadas pelo crivo final do *experimentum crucis*. Polêmicas que são parte importantíssima do confronto de ideias e de teorias perderiam espaço e até mesmo desapareceriam de um EF com uma ênfase exageradamente empirista e consequentemente tal EF se empobreceria sobremaneira. No entanto, Felipe Serpa sempre se mostrava atento para nos fazer ver que aqueles resultados que obtínhamos daqueles experimentos excitantes e de baixo custo eram apenas na aparência 'diretos' e 'simples'. De fato, isso se dava em virtude das nossas mentes já estarem armadas e impregnadas de teorias. De

3 Logo depois, com a Reforma Universitária começada em 1968 e inspirada pelo acordo MEC/USAID as disciplinas passaram a ter periodicidade semestral, ao invés de anual.

outro modo, não veríamos coisa alguma.

Retorno às minhas considerações sobre o Projeto Harvard. Fora a minha decepção pessoal em ver frustradas as minhas esperanças de comparar o que tinha conhecido da Metodologia e dos experimentos dos quatro volumes do PSSC, o que muito me ajudou a compreender vários aspectos da Física, com o conteúdo e a metodologia do Projeto Harvard, dos quais infelizmente não me beneficiei diretamente, perguntaria o seguinte:

-Mas enfim por que o Projeto Harvard não vingou no Brasil?

Creio que um subsídio importante para ajudar a responder à pergunta acima seja a lembrança do espírito da época. Um texto lido pelo Prof. Ernest W. Hamburger referente a uma proposta feita a várias instituições de financiamento é instrutivo a respeito. Vejamos, pois:

Atualmente não existe nenhum texto moderno de Física para o curso secundário elaborado no Brasil. Existem textos nacionais do tipo tradicional como os de Antonio de Souza Teixeira Jr., de L. P. Maia, e outros e o texto do PSSC traduzido do inglês, com material fabricado pelo IBECC-FUNBEC. Está sendo traduzido o curso do Harvard Project. Melhor do que traduzir textos estrangeiros será elaborar textos e materiais nacionais. As condições culturais, econômicas e sociais do Brasil são **totalmente** diferentes das dos Estados Unidos ou de outros países desenvolvidos. Não é de se esperar, portanto, que curso projetado para estudantes norte-americanos seja o melhor para estudantes brasileiros. (ATAS do Primeiro SNEF, 1970, p. 85; a ênfase em negrito consta das Atas).

Um pouco mais adiante, lemos:

Nos países desenvolvidos, formam-se [...] grupos de professores, e outros especialistas, subvencionados por fundações, que elaboram cursos novos. É o caso do PSSC e do Harvard Project nos EUA e do curso Nuffield na Inglaterra, para mencionar só casos de Física. Em São Paulo já houve tentativa neste sentido, há alguns anos, como Projeto Piloto da UNESCO. Foi parcialmente bem sucedido, mas os resultados não foram suficientemente aproveitados posteriormente; além disso, trata somente de um assunto restrito, os modelos ondulatórios e corpusculares da luz. (ATAS do Primeiro SNEF, 1970, p. 85).

Como se pode notar, constatava-se que, diante da enorme carência de textos didáticos de Física voltados para o ensino secundário (hoje, ensino médio), a recomendação era a de que não se deveria apenas pautar-se pela experiência de países mais desenvolvidos. Dever-se-ia, principalmente, construir modelos próprios de ensino através de textos e materiais didáticos trabalhados pelos próprios professores e pesquisadores brasileiros.

O Projeto Piloto da UNESCO consistia uma experiência anterior a 1970. Depois vieram outras como o PEF (Projeto de Ensino de Física) e o GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). Sou da opinião de que todos eles tiveram méritos e obtiveram um sucesso relativo, mas é necessário enfatizar que não há



panacéias para o Ensino, não apenas de Física, como também de qualquer outra disciplina. E isso é válido para qualquer lugar do mundo. Por melhores que sejam os sistemas educacionais, eles ainda apresentam falhas e lacunas. Temos de abandonar a idéia do perfeccionismo, ou seja, da coisa absolutamente perfeita, pois isso pode dar vazão a fundamentalismos. Sou da opinião de que tudo o que fazemos é recorrentemente incompleto e imperfeito e sempre requer melhorias. Portanto, quanto mais experimentarmos a diversidade séria, no que diz respeito a abordagens e enfoques complementares, tanto melhor caminharemos.

E este argumento tem respaldo nos mundos respectivamente, social e natural.

A democracia genuína pressupõe: o princípio da alteridade (além de mim existe o outro tão legítimo quanto eu); o princípio da tolerância (tudo será tolerado, menos a intolerância como as ditaduras e os fascismos); o princípio da pluralidade (uma pluralidade de ideias e de concepções de mundo é algo mais enriquecedor que a unanimidade monótona). Logo, a diversidade de opiniões que constroem é desejável. Além dos princípios da alteridade, da tolerância e do pluralismo podemos acrescentar mais um, a saber, o princípio da alternância segundo o qual grupos dirigentes se sucedem, mas respeitando e dando continuidade a Políticas Públicas de Estado como a de combate permanente contra o Analfabetismo e a de sempre se colocar em prol de uma permanente e crescente Inclusão Social que abranja Cultura e Bem Estar para todos.

Também as culturas se beneficiam sobremodo quando estão em evolução permanente e abertas a influências que não comprometam os núcleos duros que constituem suas identidades. A extinção de quaisquer línguas ou dialetos, por menos falados que sejam, é um prejuízo irreparável para a cultura da humanidade, pois desaparecem com isso, e simultaneamente, concepções de mundo. Logo, a diversidade cultural é desejável.

A diminuição das espécies por ações predatórias antrópicas irresponsáveis empobrecem os ecossistemas e o mundo natural como um todo. Logo, a riqueza em diversidade biológica é desejável.

Se fizermos uma analogia entre os mundos social e natural, por um lado, e o mundo do pensamento, por outro, então veremos que enquanto a diversidade de concepções políticas que se toleram mutuamente e se potencializam no diálogo é condição necessária para o enriquecimento da democracia, e a diversidade biológica é condição necessária para a evolução da vida em toda a sua complexidade, também é igualmente necessária para o mundo da Cultura a crescente complexidade dos sistemas de pensamento. Esta reflexão nos conduz à tese, de que a HFC, por um lado, e o EF, por outro, devem se entrelaçar e formar sistemas de pensamento ainda mais complexos. Sem dúvida, propiciarão uma maior qualidade intelectual no sentido lato da intelectualidade. Diria ainda mais. Não apenas esses campos devem se entrelaçar, como também devemos ensejar uma maior aproximação e entrelaçamento dos princípios explicativos causais da Física com as Tecnologias a eles conectadas. Isso ajudaria a entender melhor o mundo em que vivemos. Evidentemente, temos que nos preparar bem mais do que até então nos preparamos e superar as imensas carências de diversas ordens.

Neste contexto, diria que não seria um anacronismo nem uma ex- tem-

poralidade se viermos a introduzir o Projeto Harvard, (ou algo similar, talvez mais atualizado), no contexto do Ensino de Ciências e de Matemática dos tempos de agora. A interdisciplinaridade hoje é bem mais complexa do que de fato o foi há 40 anos. Além de tudo isso, sou do parecer de que não apenas uma aproximação e um entrelaçamento entre HFC e EF sejam altamente enriquecedores como também que haja uma aproximação cada vez maior entre o EF e as Tecnologias Modernas.

Creio que nenhum dos três colegas oradores da Mesa Redonda discordaria desta tese, exceto no que diz respeito a pontos menores. Em suma, pelas Falas expressas e pelos Resumos publicados, a minha interpretação é a seguinte: todos eles consideram que um EF que se utiliza de recursos diversos é potencialmente mais rico e promissor que um EF que se baseia, simplesmente, em um único expediente cognitivo.

Na próxima seção pretendo argumentar, e se possível até mesmo mostrar, que quando estudamos um dado tema sob diversos pontos de vistas e à luz de múltiplas tradições teóricas temos melhores condições de enxergar inúmeros aspectos importantes. Tais aspectos sequer seriam questionados se nos ativéssemos apenas a um EF tradicional e orientado instrumentalmente para atender a certas demandas práticas que em nome de uma pressuposta eficiência técnica, condena como supérflua tal multiplicidade. Com este propósito em mente, tenho a intenção de explorar, a partir de um belo excerto de Koyrè, o que seriam o *prólogo* e o *epílogo* aos quais ele se refere e os desdobramentos que essa idéia pode suscitar para o enriquecimento do EF quando este se vê contextualizado com aspectos culturais, históricos e filosóficos.

### **Prólogo e Epílogo Celestes: Por que estudar astronomia em conexão com o EF? Porque a HFC potencializa e enriquece sobremaneira o EF conseqüente?**

La physique nouvelle ne naît pas seulement sur la terre: elle naît tout autant dans les cieux. Et c'est dans les cieux aussi qu'elle trouve son achèvement. Ce fait – le fait que la physique classique possède un “prologue” et un “épilogue” celestes – ou pour parler un langage plus sobre, le fait que la physique classique naît en fonction de l'astronomie, et en reste solidaire pendant toute son histoire, est plein de sens et gros de conséquences. (KOYRÉ, Études Galiléennes, 1966, p. 165).

Aqui, tenho a intenção de defender a tese enunciada abaixo.

TESE: Tenho como objetivo aqui mostrar que a HFC inserida em um EF conseqüente provê tanto uma melhor compreensão dos conteúdos *stricto sensu* da Física quanto das ricas conseqüências de seus desenvolvimentos para a Cultura entendida em um sentido mais amplo, o que permite uma compreensão melhor e bem mais enriquecida do mundo em que vivemos. Para tal vou me valer de um expressivo texto de Koyré, disposto acima em forma de epígrafe a esta seção,

o qual também constitui uma reivindicação de que o EF e o Ensino de Astronomia devam estar em íntima conexão.

Em outras palavras, argumento que os estudos astronômicos, em quaisquer que sejam os níveis de escolaridade - e muito particularmente no Ensino Médio - são fundamentais para o entendimento do mundo em que vivemos.

O mote do qual partirei para enfatizar os meus argumentos é aquele do famoso excerto de Alexandre Koyré segundo o qual o nascimento da física clássica tem *prólogo e epílogo celestes* (ver epígrafe a esta seção).

Quanto ao *prólogo* posso perfeitamente considerá-lo como sendo a própria ideia heliocêntrica e assim, adotar para ele a data de 1543 com a publicação do *De Revolutionibus* de Copérnico (COPÉRNICO, 1984). Quanto ao *epílogo*, trata-

-se da teoria gravitacional de Newton que unifica céu e terra; posso adotar para este extraordinário *epílogo* a data de 1686, quando Newton conclui os seus *Principia*, ou, alternativamente 1687, quando esses foram publicados pela primeira vez. Entre o *prólogo* e o *epílogo*, contudo, há pelo menos dois outros gigantes – Galileu e Kepler – cujas obras seminais conectam maravilhosamente 1543 a 1687.

- O que existe de tão especial neste período histórico de quase um século e meio?

Poder-se-ia argumentar que o heliocentrismo data de uma época muito mais antiga que 1543 e que Aristarco de Samos já houvera argumentado em prol desta ideia. O próprio Galileu ao escrever a sua carta a Cristina de Lorena em 1615 se referiu a Aristarco e a vários outros que precederam Copérnico na ideia heliocêntrica. Galileu se refere aos precursores do heliocentrismo assim:

Nem se deveria julgar temeridade o não acomodar-se com as opiniões já tidas como comuns, nem deveria haver quem tomasse como desdém se alguém não adere nas discussões a respeito da Natureza àquelas opiniões que lhe aprazem, acerca de problemas já há milhares de anos controvertidos entre filósofos da maior grandeza, como é a estabilidade do Sol e a mobilidade da Terra. Opinião esta sustentada por Pitágoras e por toda a sua seita, por Heráclides do Ponto, que foi da mesma opinião, por Filolau, mestre de Platão, e pelo próprio Platão, como relata Aristóteles e do qual escreve Plutarco, na vida de Numa, que Platão, já velho, dizia que sustentar outra opinião era a coisa mais absurda. O mesmo foi crido por Aristarco de Samos, como relata Arquimedes, por Seleuco, o matemático, por Hicetas, o filósofo, como refere Cícero, e por muitos outros. Esta opinião foi finalmente desenvolvida e confirmada com muitas observações e demonstrações por Nicolau Copérnico. (GALILEU GALILEI, [1615], 1988, p.54)

Perguntaríamos, a propósito:

---



- Se anteriormente a Copérnico tantos já pensaram e emitiram pareceres sobre o assunto, então o que haveria de tão especial em 1543?

- Em outras palavras, o que distinguiria assim tão vivamente Copérnico de todos os seus precursores da ideia heliocêntrica?

Há uma resposta para isso que, a despeito de sua aparente simplicidade, me parece plenamente satisfatória. A resposta é a seguinte: Pitágoras, Heráclides do Ponto, Filolau, Platão, Aristarco de Samos, Seleuco, Hicetas e tantos outros, não tiveram um Galileu como imediato sucessor para defender a idéia heliocêntrica com a elaboração de uma teoria convincente que representasse uma nova física. Copérnico, pelo contrário, teve Galileu. A nova física iniciada por Galileu é, portanto, um dos elos essenciais entre o *prólogo* de 1543 e o *epílogo* de 1687. E isso distingue muito claramente Copérnico de todos os demais precursores da ideia heliocêntrica.

A defesa copernicana do sistema heliocêntrico é, a despeito de seu brilhantismo, profundamente inconsistente e ainda profundamente arraigada a Aristóteles. Para termos uma ideia simplificada deste fato, podemos assim raciocinar, tal como fez Copérnico.

O sistema geocêntrico exige que o céu faça uma volta completa em torno da Terra ao cabo de 24 horas. O sistema heliocêntrico exige que a Terra realize uma rotação completa em torno de seu eixo no decorrer do período de 24 horas. Ora, como Copérnico argumentou -refutando o raciocínio de Ptolomeu de Alexandria- que a Terra é uma pequena poeirinha em comparação com a imensidão do universo, então é muito mais razoável se exigir que a poeirinha rode completamente em torno de seu próprio eixo no decurso de 24 horas do que exigir que o céu, que é imenso, realize um giro completo em torno da poeirinha no período de 24 horas. Tendo em vista o argumento de Copérnico segundo o qual o céu é imenso em comparação com a Terra, então se fossemos levar a sério a opção geocêntrica de Ptolomeu o Céu realizaria um movimento infinito, mas Copérnico afirma que o infinito, como sustenta Aristóteles<sup>4</sup>, não pode existir. Para detalhes didáticos da crítica de Copérnico a Ptolomeu, ver Bastos Filho, 1995a.

4 No cap. 7 do livro VI de seu livro *Física* intitulado *A Finitude ou Limitação do Movimento*, por exemplo, Aristóteles argumenta: "A partir dessas demonstrações se deduz com evidência que o infinito não pode ser percorrido por uma magnitude finita em um tempo finito..." (Ver Aristóteles, 1964, p. 660). [A tradução do espanhol para o português é de nossa responsabilidade].

Deste modo, a defesa heliocêntrica de Copérnico<sup>5</sup> se baseia – por mais estranho que isso possa parecer – em Aristóteles o que, evidentemente, não pode servir de ponto de partida para a elaboração de uma nova física que a sustente. Outro aspecto relevante é que Copérnico ainda se encontra ligado à distinção aristotélica entre “movimentos naturais” e “movimentos violentos”, distinção esta que a física de Galileu abolirá. Copérnico ainda se refere ao movimento diurno de rotação da Terra como sendo um “movimento natural” no sentido aristotélico.

A invenção de uma nova física e as descobertas astronômicas de Galileu como a da existência da fase cheia de Vênus, esta última incompatível com o sistema geocêntrico, é que vão dar caráter sólido à defesa do sistema heliocêntrico. Ver, por exemplo, (Cohen, 1987).

A astronomia de Kepler constitui o outro elo essencial na direção do *epílogo*. A astronomia já é heliocêntrica, mas a física ainda é a dos movimentos locais de Galileu. A Física torna-se heliocêntrica com Newton. Deste modo se me for permitido apenas citar os quatro personagens mais relevantes deste processo de um século e meio diria que são Copérnico, Galileu, Kepler e Newton.

Retorno à epígrafe de Koyré. Desde então a física e a astronomia jamais se separaram e hoje, se pensarmos na Cosmologia Moderna, o entrelaçamento de ambas ainda é mais intenso.

As razões para um ensino de astronomia entrelaçado com o da física não apenas são centradas na história como também na epistemologia.

Fazer com que os adolescentes se entusiasmem com os maravilhosos experimentos que podem ser feitos com planetários, sem dúvida, constitui um dos mais promissores caminhos para despertar vocações e, por que não dizer, despertar as melhores paixões.

Na próxima seção continuo a consubstanciar os argumentos em prol da Tese que comecei a defender nesta seção.

## A História e a Filosofia da Ciência atrapalham, ajudam ou são irrelevantes?

Evidentemente todas as três respostas são possíveis. Uma introdução de HFC pode ter lugar em um viés de difícil compreensão e não contribuir tanto para o EF. De fato, não se deseja razoavelmente que um estudante de Física tenha ne-

---

<sup>5</sup> “Mas porque não se levanta a mesma questão ainda com mais intensidade acerca do Universo cujo movimento tem de ser tanto mais rápido quanto Céu é maior do que a Terra? Ou tornou-se o Céu imenso porque foi desviado do centro por um movimento de força indescrevível e acabará por se precipitar também, se parar? Certamente se este raciocínio fosse razoável também a grandeza do Céu subiria até o infinito. Com efeito, quanto mais alto ele for levado pela força de seu movimento, tanto mais rápido esse movimento será devido ao aumento contínuo da circunferência que ele tem de percorrer no período de 24 horas. *Por outro lado, crescendo o movimento cresceria também a imensidade do Céu. Assim a velocidade aumentaria o movimento e o movimento aumentaria a velocidade até o infinito. Mas segundo aquele axioma da Física – o infinito não pode ser percorrido nem movido de forma alguma – o Céu terá necessariamente que permanecer imóvel.*” (COPÉRNICO, 1984, Livro I, Capítulo VIII, pp. 39-40 [originalmente publicado em 1543]; as ênfases em itálico e em itálico e negrito são acréscimos nossos). <sup>6</sup> Obviamente a Física a qual Copérnico se refere é a Física de Aristóteles e o argumento é o da impossibilidade do movimento infinito.

cessariamente que se transformar em um Historiador da Física e nem em um Filósofo da Física e sim, em primeira instância, que ele compreenda a Física de uma maneira que supere o mero aprendizado instrumental e possa dominar e confrontar conceitos. A História e a Epistemologia são de enorme ajuda para alcançar esses objetivos. Se o estudante vier a despertar uma vocação toda especial para se tornar, em futuro próximo, um Historiador ou um Filósofo da Ciência, então a inserção da HFC no EF alcançou esta finalidade que longe de ser um desvio é algo perfeitamente legítimo se bem que essa – é bom enfatizar- não é a finalidade precípua da inserção da HFC para o EF.

Falo a partir da perspectiva de um Professor de Física que concebe a inserção da HFC como excelente expediente cognitivo para melhorar e potencializar o EF e vejo desta maneira a finalidade precípua desta inserção, se bem que tal finalidade não tem necessariamente que ser única nem tampouco exclusiva.

[1] - Um primeiro argumento para consubstanciar que a HFC ajuda o EF é relativo à melhoria da compreensão da importância do significado deste *prólogo* de 1543 devido a Copérnico. A HFC presta valiosa ajuda ao estudante de Física de que se trata neste caso de algo qualitativamente diferente de todos os demais “prólogos progressos” de Pitágoras, de Heráclides do Ponto, de Filolau, de Platão, de Aristarco de Samos, de Seleuco, de Hicetas que são apontados na lista de Galileu por ocasião da famosa carta escrita a Cristina de Lorena.

[2] - Todos os demais precursores de Copérnico não tiveram quaisquer sucessores imediatos que pudessem justificar, com argumentos suficientemente sólidos, aquilo que afirmavam. Na verdade, não eram sequer “prólogos” de uma nova era e sim realizações importantes de precursores, o que já é algo de grande valor. O *prólogo* de Copérnico difere de todos os demais, pois seu sucessor é Galileu e este inventa a astronomia telescópica em 1609, faz descobertas seminais no campo da astronomia, cria argumentos sólidos em defesa do sistema heliocêntrico e cria uma nova física dos movimentos locais. Trata-se de uma Física inercial que cria conceitos inteiramente novos e opera no contexto daquilo que Koyré chama de *Abolição do Cosmo Grego* e de *Geometrização Euclidiana do Espaço*.

[3] - Não se poderá adotar a física de Aristóteles da maneira como fez Copérnico para recusar o movimento infinito. Há que negá-la como fez Galileu. E há que se criar uma nova ciência tanto em nível astronômico ao inventar a astronomia telescópica em 1609 quanto em nível de construção de uma nova física.

[4] - As contribuições de Kepler, notadamente as suas três leis são peças fundamentais na ligação do *prólogo* de 1543 com o *epílogo* de 1687.

[5] - E as invenções newtonianas dos conceitos de espaço e tempo absolutos, massa, força e da idéia central de unificação entre céu e terra são peças essenciais para o *epílogo* de 1687.

[6] - Neste contexto, podemos constatar que a **igualdade**<sup>7</sup> entre *massa inercial* e *massa gravitacional* aliada à idéia chave de uma constante de gravita-

<sup>7</sup> Embora esta extraordinária idéia já apareça implicitamente no processo de unificação newtoniana, a compreensão mais sofisticada da mesma somente foi possível com a introdução do princípio de equivalência devido da Einstein. Tal princípio assevera a igualdade ontológica entre sistemas de referência acelerado e campos gravitacionais.





ção que seja **universal** são, ambas, condições imprescindíveis<sup>8</sup> tanto para conectar a Teoria da Gravitação de Newton com a Física de Galileu dos Movimentos Locais, quanto para conectar a Teoria da Gravitação de Newton com a Teoria de Kepler constituída pelas suas três leis (respectivamente, das órbitas, das áreas, e dos períodos). Para detalhes, ver Bastos Filho, 1995b.

[7] - A partir dos desenvolvimentos já referidos, a conexão entre a Teoria da Gravitação de Newton e a Astronomia de Kepler requer o vínculo

$$\mathbf{G} = 4\pi^2 (\mathbf{K}_{\text{plan}}/\mathbf{M}_{\text{Sol}})$$

Ora, o caráter universal da constante ( $\mathbf{G} = 4\pi^2 (\mathbf{K}_{\text{plan}}/\mathbf{M}_{\text{Sol}})$ ) que no fundo é a afirmação do caráter universal da constante  $\mathbf{G}$ , dado que  $\mathbf{K}_{\text{plan}}$  é uma quantidade obviamente universal, necessariamente requer, com base no princípio da identidade da lógica clássica, que a quantidade  $\mathbf{G} = 4\pi^2 (\mathbf{K}_{\text{plan}}/\mathbf{M}_{\text{Sol}})$  seja universal. Como nem  $\mathbf{K}_{\text{plan}}$  nem tampouco  $\mathbf{M}_{\text{Sol}}$  são grandezas *per se* universais dado que a constante de Kepler para os planetas vale apenas para os planetas e a Massa do Sol é uma propriedade singular apenas do Sol e não de qualquer outro corpo, então necessariamente se conclui que para  $\mathbf{G}$  ser universal, então a relação matemática  $(\mathbf{K}_{\text{plan}}/\mathbf{M}_{\text{Sol}})$  tem também necessariamente de ser universal. Em consequência deste fato, valem necessariamente as relações,

$$(\mathbf{K}_{\text{plan}}/\mathbf{M}_{\text{Sol}}) = (\mathbf{K}_{\text{Lua}}/\mathbf{M}_{\text{Terra}}) = (\mathbf{K}_{\text{Io}}/\mathbf{M}_{\text{Júpiter}}) = (\mathbf{K}_{\text{Reia}}/\mathbf{M}_{\text{Saturno}}) = \dots$$

[8] - Podemos tirar conclusão de teor análogo quando conectamos a Teoria da Gravitação de Newton com a Física de Galileu dos Movimentos Locais. Esta conexão leva à condição vínculo

$$\mathbf{G} = (\mathbf{g}_{\text{Terra}} / \mathbf{M}_{\text{Terra}}) \mathbf{R}_{\text{geom. Terra}}^2$$

Domesmmodo,  $\mathbf{G}$  somente será universal se as quantidades singulares e, portanto, não-universais, respectivamente  $\mathbf{g}_{\text{Terra}}$ ,  $\mathbf{M}_{\text{Terra}}$  e  $\mathbf{R}_{\text{geom. Terra}}^2$  forem capazes de ensejar uma relação matemática universal.

Em consequência, também valem necessariamente para as acelerações das gravidades locais no sentido de Galileu as relações,

$$\begin{aligned} [(\mathbf{g}_{\text{Terra}} / \mathbf{M}_{\text{Terra}}) \mathbf{R}_{\text{geom. Terra}}^2] &= [(\mathbf{g}_{\text{Lua}} / \mathbf{M}_{\text{Lua}}) \mathbf{R}_{\text{geom. Lua}}^2] = \\ &= [(\mathbf{g}_{\text{Júpiter}} / \mathbf{M}_{\text{Júpiter}}) \mathbf{R}_{\text{geom. Júpiter}}^2] = \\ &= [(\mathbf{g}_{\text{Vênus}} / \mathbf{M}_{\text{Vênus}}) \mathbf{R}_{\text{geom. Vênus}}^2] = [(\mathbf{g}_{\text{Reia}} / \mathbf{M}_{\text{Reia}}) \mathbf{R}_{\text{geom. Reia}}^2] = \dots \end{aligned}$$

<sup>8</sup> Trata de um aspecto essencial que não é enfatizado nos livros-texto. Às vezes sequer é percebido.

[9] - Todos os elementos trazidos à baila acima podem ser combinados de modo a nos permitir calcular a aceleração da gravidade local de um dado corpo celeste a partir de dados astronômicos e de dados locais. Deste modo a aceleração da gravidade na Terra, por exemplo, pode ser calculada a partir do raio orbital da Lua em torno da Terra **R<sub>orb. Lua</sub>**, do período orbital da Lua em torno da Terra **T<sub>orb. Lua</sub>** e do raio geométrico da Terra **R<sub>geom. Terra</sub>** nos fornecendo o resultado,

$$g_{\text{Terra}} = (4\pi^2 / T_{\text{orb. Lua}}^2) (R_{\text{orb. Lua}} / R_{\text{geom. Terra}})^3 R_{\text{geom. Terra}}$$

Todos os dados do segundo membro da expressão acima são conhecidos, sendo que **(R<sub>orb. Lua</sub> / R<sub>geom. Terra</sub>)<sup>3</sup>** é há muito conhecido dos astrônomos e vale  $\approx 60^3$ . A aceleração da gravidade local da Terra pode ser calculada desta maneira e seu valor é muito próximo de 9,8 m/s<sup>2</sup>. A Unificação newtoniana de céu e terra pode ser assim compreendida. No entanto, tudo isso é permeado de um leque enorme de problemas como adiante argumentaremos.

[10] - Tudo isso pressupõe a ação instantânea a distância. Seria viável algo do gênero, ou se trata de um procedimento do tipo *tudo se passa como se fosse*? Seria crível que tudo isso pudesse ser alcançado a partir dos experimentos através de um procedimento indutivo tal com asseverou Newton nos Escólios Finais dos *Principia*? Popper considera isso impossível, o que implica que Newton blefou provavelmente para agradar o *establishment* empirista inglês, agindo em conformidade a uma espécie de corporativismo nacionalista. Nada improvável dado o caráter moral de Newton.

Difícilmente encontraremos combinação mais feliz e recomendável que consiste em lançar mão dos desenvolvimentos históricos no período de 1543 a 1687 juntamente com os problemas epistemológicos a partir deles suscitados com um EF que esteja aberto para tais conexões. E tudo isso pode ser feito com excertos de textos dos próprios autores.

### **Considerações finais a título de conclusão**

Há mais de uma década tem-se reivindicado em prol da necessidade de inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Compartilho deste ponto de vista e sou inteiramente solidário com todos os que lutam neste sentido e em prol da minimização dos obstáculos que existem e que sobremaneira dificultam tal inserção. No entanto, esses obstáculos existem igualmente naquilo que concerne à inserção da HFC no EF e também no caso de uma maior aproximação do ensino dos princípios científicos com o conhecimento das tecnologias correspondentes, assunto que não foi abordado neste trabalho. Em suma, pode-se perfeitamente asseverar que o EF é complexo em várias dimensões e não apenas em umadelas.

É bem verdade que o domínio de conteúdos específicos da Física por parte dos professores desta disciplina seja condição imprescindível para um bom EF. No entanto, deve-se igualmente enfatizar que embora isto seja condição necessária, por si só não se constitui em condição suficiente para garantir um

bom EF.

Um EF ainda que conduzido corretamente pode se revelar muito lacunar a ponto dos estudantes não se encontrarem em condições de discernir, por exemplo, na bela frase de Koyré qual seja o *prólogo* e qual seja o *epílogo* do processo da Revolução Científica do século XVII europeu. Logo, se a inserção da HFC o ajudar a entender melhor e de maneira mais contextualizada esse processo, então teremos um EF de melhor qualidade em comparação com o que seria um EF sem essa inserção. E assim tal inserção se justifica plenamente a ponto de ser altamente recomendável.

Isso se aplica não somente ao processo histórico aqui referido, como também a vários outros em diversas épocas. Um ensino de eletromagnetismo sem as discussões sobre a história do éter se vê enormemente empobrecido, pois parte importante da cultura foi abolida do curso correspondente. E argumento análogo vige para o Ensino da Física Moderna e Contemporânea. E é desta maneira que entendo que a inserção da HFC no EF deva se constituir.

Desta maneira considero que a defesa de minha tese segundo a qual a HFC ajuda e potencializa um EF conseqüente preparando melhores professores de Física se justifica plenamente. Assevero que muitos outros exemplos podem ser aduzidos além do presente que escolhi inspirado no belo excerto de Alexandre Koyré.

Encerro aqui os meus comentários agradecendo às minhas colegas, as Professoras Doutoras Irinéa de Lourdes Batista, Dominique Colinviaux e Fernanda Ostermann com as quais tive a honra de compor a Comissão Organizadora deste X EPEF. A Mesa a partir da qual atuei foi, sem dúvida, uma excelente contribuição e sinto-me bastante feliz em ter dela participado como coordenador.

## Referências

ARISTÓTELES, 1964, **Obras**, contendo estudo preliminar, preâmbulos, notas e tradução direta do grego por Francisco de P. Samaranch, Madrid: Aguillar

BASTOS FILHO, J. B., 1995a, O Referencial Teórico de Copérnico é a Física de Aristóteles, In: Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física (SBF), 23 a 27 de janeiro de 1995, Niterói, Rio de Janeiro, pp. 420-425

\_\_\_\_\_, 1995b, A Unificação de Newton da Física de Galileu com a Astronomia de Kepler à luz da Crítica Popperiana à Indução, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 17 n. 3, 1995, pp. 233-242

COHEN, I. B., 1987, **The Birth of a New Physics**, Harmondsworth, Middlesex, England: Penguin Books

COPÉRNICO, N., 1984, **As Revoluções dos Orbes Celestes**, tradução portuguesa do texto em latim de **De Revolutionibus Orbium Coelestium** por A. Dias Gomes e Gabriel Domingues e notas de Luis Albuquerque, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian [obra originalmente publicada em 1543]

FREIRE JR., O., 2006, *Da Vantagem do Olhar da Abordagem Conectiva ao Ensino de Física*, Livro de Programas e Resumos do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (X EPEF), Londrina, 15 a 18 de agosto de 2006, p. 27.

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física sob a Coordenação de Luiz Carlos Menezes, João Zanetic e Yassuko Hosoume), Física-1, Mecânica, São Paulo, Edusp, 5ª. Ed., 1999

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física sob a Coordenação de Luiz Carlos Menezes, João Zanetic e Yassuko Hosoume), Física-2, Física Térmica e Óptica, São Paulo, Edusp, 4ª. Ed., 1998

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física sob a Coordenação de Luiz Carlos Menezes, João Zanetic e Yassuko Hosoume), Física-3, Eletromagnetismo, São Paulo, Edusp, 3ª. Ed., 1998

GALILEI, G. 'Carta à Senhora Cristina de Lorena, Grã-Duquesa Mãe de Toscana (1615)', In: *Ciência e Fé (Cartas de Galileu sobre a Questão Religiosa)*, São Paulo, Nova Stella, Instituto Italiano di Cultura, Museu de Astronomia, tradução de Carlos Arthur R. do Nascimento, 1988, pp. 41-81

KOYRÉ, A., *Études Galiléennes*, Paris, Hermann, 1966

NEWTON, I., **Principia (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural)**, tradução brasileira em língua portuguesa do Vol. 1 dos **Philosophiae Naturalis Principia Mathematica**, traduzidos por Triste Ricci, Leonardo Gregory Brunet, Sônia Tere- zinha Gehring e Maria Helena Curcio Célia, São Paulo: Nova Stella Editorial, 1990 [Originalmente publicado em latim em 1687].

NARDI, R., 2004, *Memória da Pesquisa em Ensino de Física*, Livro de Programas e Resumos do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (IX EPEF), Jaboicatuabas, 26 a 30 de outubro de 2004, p. 7.

NARDI, R., 2006, *A Pesquisa em Ensino de Física no Brasil: Interpretações sobre suas Origens e Características*, Mesa de Abertura do X EPEF, Livro de Programas e Resumos do X EPEF, p. 18.

PESSOA DE CARVALHO, A. M., 2006, *História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física*, Livro de Programas e Resumos do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (X EPEF), Londrina, 15 a 18 de agosto de 2006, p. 26.

PROJECTO FÍSICA (Harvard Project Physics), 1980, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

PSSC (Physical Science Study Committee), Editora da Universidade de Brasília, Vols. I, II, III e IV (1964)

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 1970, Boletim nº 4, *Simpósio Nacional sobre o Ensino de Física (ATAS)*, Salvador, Bahia, dezembro de 1970. (\*)

VILLANI, A., 2006, *A Pesquisa em Ensino de Física: Novas Tendências e Perspectivas*, Mesa de Abertura do X EPEF, Livro de Resumos do X EPEF, p. 19.

ZANETIC, J., 2006, *O Ensino de Física e a Formação Cultural*, Livro de Programas e Resumos do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (X EPEF), Londrina, 15 a 18 de agosto de 2006, p. 28.

\* O primeiro SNEF foi realizado em São Paulo de 26 a 29 de janeiro de 1970, mas as Atas correspondentes foram publicadas em forma de Boletim da Sociedade Brasileira de Física (SBF) em dezembro de 1970, em Salvador, Bahia sendo compostas e impressas pela Tipografia Beneditina Ltda.



## Resumo

Serão dados exemplos do uso da luz ligado às imagens tridimensionais, notadamente baseados em trabalhos do autor, discutindo a percepção da tridimensionalidade na arte, a relação ilusão-realidade pelas obras de arte visual, e a imaterialidade das obras de luz.

## Objetivos

Dar a conhecer até de maneira prática o uso da terceira dimensão espacial, a profundidade, no que respeita à geração direta por luz. Conscientizar sobre técnicas que não chegam ao conhecimento comum por falta de difusão, no que os aspectos comerciais são importantes.

## Metodologia/atividades

Serão mostradas fotos e vídeos 3D, hologramas como a mais perfeita representação da realidade, e também, na modalidade de obras de arte. Será ensinado a realizar imagens 3D, construir seu óculos bicolor, e até um holograma simples.

## Duração/carga horária: 3 horas

**Número de participantes:** 5-20 Embora possa aceitar outros 5 como apenas ouvintes, sem direito a perguntas e participação em atividades.

**Público alvo:** (sugestão: Professores e Pedagogos da Educação Básica que atuam nas áreas de Arte e Ciências; Acadêmicos e Professores dos cursos de Artes Visuais, Física e Música; Profissionais das áreas de arte e ciência e público em geral.)

## Materiais:

**Material para a execução da Oficina:** Projetor multimídia, sala bem escurecida. Mesa Duas mesas, maiores que as comuns de escritório, outrês comuns. Tomada 110V.

## Material para os participantes da oficina:

Pedir para trazerem câmera fotográfica, pode até ser do celular. Irei fornecer acetato colorido e faremos holograma. Levarei hologramas, lanternas, espelhos, e outros elementos ópticos.

**Obs: (o título é assim mesmo, olografia escrito sem “h”).**

1 Um projeto de oficina para o VI Workshop Paranaense de Arte-Ciência: “2015: Ano Internacional da Luz” e 4th International Meeting on Art-Science (2015)

V Semana de Artes da UEPG – “o ensino da arte sob a luz da interdisciplinaridade”.

2 Professor do Instituto de Física “Gleb Wataghin”, UNICAMP.

## OFICINA “OLOGRAFIA E ARTE”

### Resumo da oficina realizada

Foram dados exemplos do uso da luz ligado às imagens tridimensionais, discutindo a percepção da tridimensionalidade na arte, a relação ilusão-realidade pelas obras de arte visual, a imaterialidade das obras de luz. Foram exibidos dois hologramas, um sendo um retrato e o outro um a cores, exclusivos na América Latina. Foram exibidas fotografias impressas e projetadas na forma original analógica e na atual digital de Arte Espectral, geradas usando cores de holograma. Mostraram-se fotografias de imagens realizadas com espelhos arqueológicos, como exemplo da interação entre o homem e sua imagem. Foi exibido um vídeo artístico 3D próprio em celular com estereoscópio.

### Descrição

#### A imagem a caminho de ser tridimensional

Utilizou-se parcialmente como elemento de referência o conjunto de figuras do evento “Exposição de Holografia” (1) que o Prof. Lunazzi desenvolve desde 1981, e desde 2002 tem recursos de multimídia digital. Ele começa discutindo a conceição do que seja uma imagem mostrando que não é unicamente ligado à presença da luz e da visão senão que pode existir por meio de outras radiações, do tato, da palavra, ou da observação do entorno. Pode um cego enxergar?

Como faço para ver um buraco negro? São perguntas estimulantes à reflexão. No caso luminoso imagem é a representação de um ponto iluminado na superfície do objeto dada como um ponto luminoso reproduzido em outra superfície, tendo brilho e inclusive cores semelhantes. Diretamente por meio de luz ou por meio de tintas, auxiliado por material fotossensível, por sensores eletrônicos ou pela mão do artista. Bidimensional ou tridimensional.

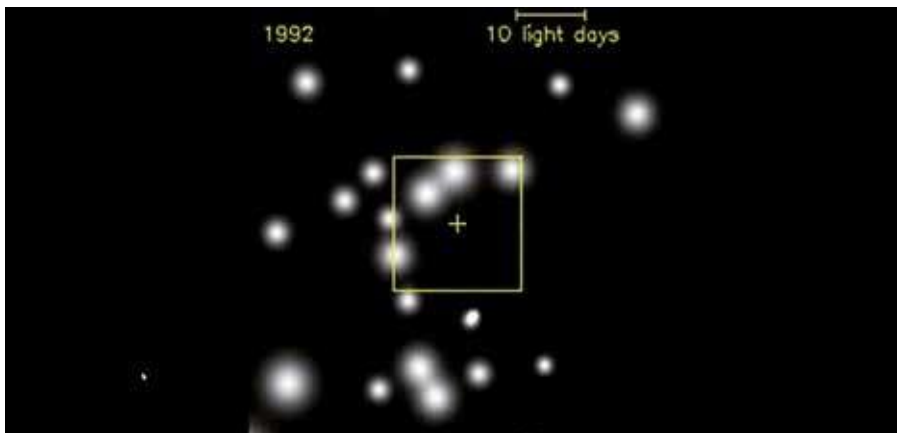
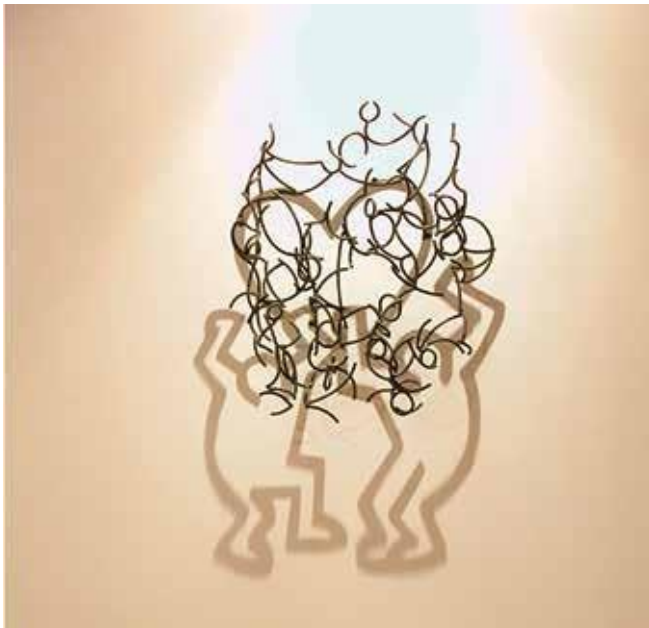


Figura 1: Presença de um buraco negro.

A sombra como representação caracteriza a imagem mais simples, como técnica de produção e enquanto resultado. Bidimensional e bitonal ela só existe quando o objeto existe, e tem levado à reflexão sobre sua presença como elemento componente de uma pessoa. E tem inspirado seu registro pelo tracejado do contorno. A silueta de uma cabeça, por exemplo, pode identificar a pessoa, como se faz ainda hoje na China por meio de recortes de cartolina preta sobre fundo branco. Mãos de uma comunidade de dezenas de pessoas foram representada há 9.000 anos pelo espalhamento de tinta em volta. Outro registro simples é a deformação de um material que solidifica, como temos em fósseis de centenas de milhões de anos. Mesmo se feitas involuntariamente, alguns registros podem ser arte pelo que representam, valendo pela seleção que a destaca para ser vista, como em uma fotografia, mas geralmente carregam elementos colocados pelo artista. E estes registros chegam a ser tridimensionais e conter algo de cor, como as réplicas de carapaças de trilobites (animais de faz 250-500 milhões de anos).

Tridimensionais são os seres vivos, tridimensional é tudo no universo. Como podemos representar algo se nos faltar uma dimensão, sendo que é infinito o número de imagens planas que pode ser obtido dele?

O teatro de sombras, de origem chinesa, é mormente um espetáculo bidimensional, mas hoje artistas usam as sombras com deslocamento na direção da lâmpada iluminadora para criar aumento, o que representa sim profundidade. Ou, como Larry Kagan (2), obtém de ferros retorcidos figuras na sombra que surpreendem pelo inesperado (Fig.2).



**Figura 2:** Sombra de ferros resultando em contorno de pessoas



## Os instrumentos para as imagens

Um pedaço de madeira queimado ou molhado em suco colorido, terá sido o primeiro instrumento de que resultaram os desenhos. A pulverização de corantes deu a imagem registrada de objetos verdadeiros, tipicamente, mãos. Dai os instrumentos foram-se sofisticando, tendo passado por uma etapa de recolocação das imagens: os espelhos. No meu conhecimento tiveram sua melhor expressão em duas civilizações americanas, os olmecas e os cupisniques, com antiguidade que remonta mais de 3.000 anos. Foram o resultado do polimento caprichado de pedras de diferentes tipos e que permitiram certamente uma maior assiduidade na autocontemplação do rosto, que somente podia ser feita na superfície da água, mas sobretudo no lançamento de feixes de sol e até o ponto da concentração que faz fogo, incorporando o manejo da luz pelo homem (3). E a colocação tridimensional, sobretudo por espelhos com curvatura (espelho plano da Fig. 3 e côncavo da Fig. 4).



Figura 3: Imagem de uma mão em um espelho cupisnique.



Figura 4: Imagem de uma mão em um espelho olmeça

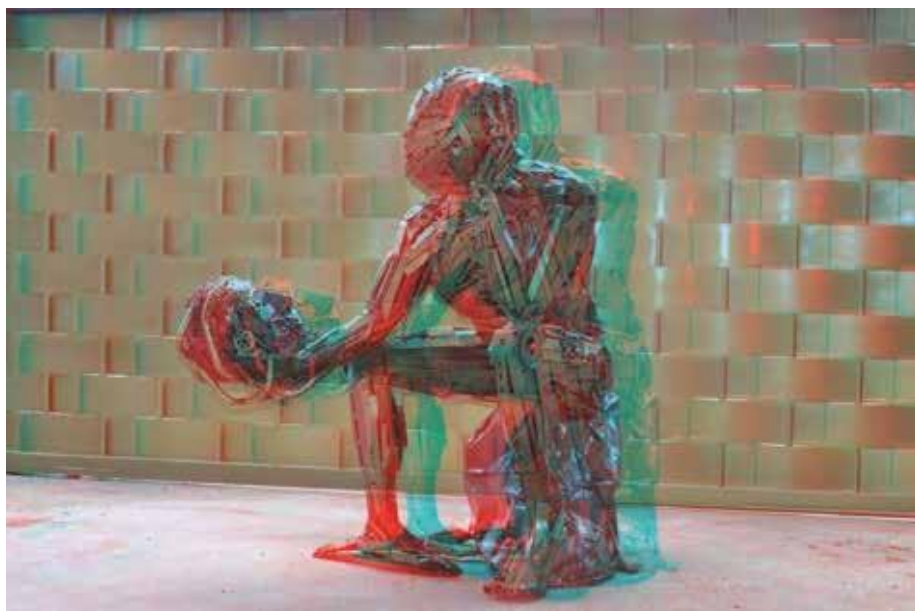
Se o prisma foi fundamental para abrir a visão da intimidade estrutural da luz, a maior contribuição do fenômeno da refração, o desvio quando passa de um meio a outro, foi o de levar à construção das lentes. Permitindo enfiar as imagens em caixas, as “câmaras escuras”, onde estudos de perspectiva podiam ser realizados, e que levou à fotografia. Mas matando a tridimensionalidade pela tela plana. As lentes convergentes colocam suas imagens, embora invertidas, como a representação do que um olho vê. Apenas que, funcionando a maneira de lupa, nos aproximam dos objetos e trazem as imagens não apenas maiores mas para perto de nós. Óptica e imagem, o caminho para a imagem tridimensional.

### **Imagens de visualização verdadeiramente tridimensional**

Antes da fotografia existir, os desenhistas e pintores sabiam da mudança que resulta na perspectiva que recebe o olho direito da que receber o olho esquerdo. Com experiência em fotografias em poucos anos inventa-se o primeiro instrumento para colocar em cada olho a visão registrada fotograficamente, recriando a visão no espaço, a chamada fotografia 3D. O estereoscópio de Wheatstone, baseado no uso de dois espelhos (4). Não demora muito para, ainda no século XIX, Brewster inventar um estereoscópio baseado em um visor de duas lentes, que foi o que popularizou a fotografia 3D já nos começos do século XX e que dá lugar aos utilizados atualmente com telas digitais e telefones celulares para chegar na chamada “Realidade Virtual” (VR). Surge depois da invenção de Brewster a possibilidade de montar o par de

vistas esquerdo e direito, chamado par estéreo, como uma única fotografia usando a separação em base da tricromia para permitir que filtros na frente dos olhos realizem a separação das imagens correspondentes. O que começa a ser prático no cinema, lá pelos anos 60, embora deixasse de ser utilizado por resultar mais complexo e caro que uma projecção de cinema convencional. Vindo a renascer no século XXI com o cinema digital e suas adaptações para 3D. No meio do desenvolvimento da fotografia digital, talvez com a intenção de deixar a fotografia com algo fácil, deixou de ser indicado como resulta fácil produzir com ela as fotografias 3D. O par estéreo pode ser facilmente separado por componentes R,G, B para ver em telas de computador (5) e até em papel fotográfico de impressora usando óculos de acetato selecionado e de boa qualidade, porém baratos.

Temos assim fotografias de esculturas, que nunca poderiam deixar de ser feitas em 3D, como a da Fig.5.



◆ Figura 5) Fotografia 3D bicolor (anaglifa) de uma escultura de tamanho de uma pessoa do escultor **Zé Vasconcelos**. **Foto: J.J. Lunazzi**

Pelo mesmo caminho podemos realizar vídeos, lembrando que o primeiro filme 3D do Brasil foi possivelmente trabalho nosso (6), e artístico, assim como o primeiro ensaio de desenho 3D para visualização verdadeira 3D por computador (7). Nesse pioneirismo, fizemos também um vídeo para celular, no que temos desenvolvido nosso próprio visualizador de Brewster (hoje mais conhecido como “Google Cardboard”) (Fig.6).

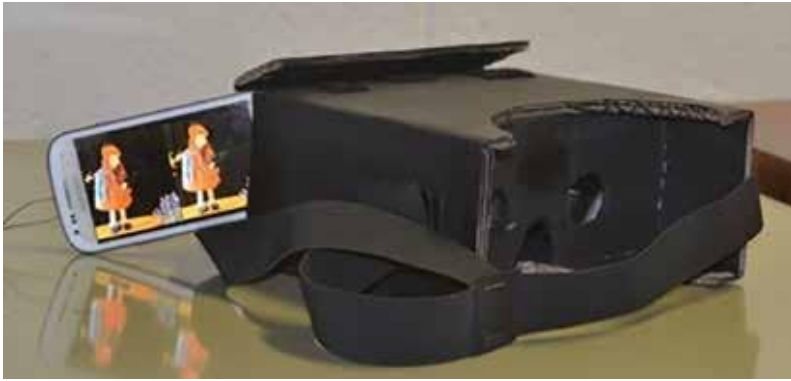


Figura 5: Estereoscópio de Brewster desenvolvido na UNICAMP para visualização 3D com celulares.

Trata-se de um vídeo artístico de quatro minutos de duração (8) e disponibilizado pela internet (Fig. 6).



Figura 6: Um quadro do vídeo “O Xote da Menina” no formato para tela de celular.

Chegamos finalmente ao registro mais perfeito de imagem tridimensional, o *holograma* (ou “olograma”, numa conceição moderna e menos retórica do uso da língua). É uma técnica que, baseada em dois princípios ópticos desenvolvidos nos séculos XVIII e XIX, a difração e a interferência, permite criar em um filme fotográfico de altíssima resolução uma imagem 3D que não apenas dispensa o uso de óculos especiais, como pode ser vista de vários ângulos de maneira natural, com variação de paralaxe (perspectiva contínua) (9). Com o aparecimento e a evolução do laser tem permitido obras de arte baseadas na imaterialidade fantasmal da imagem, e também retratos de seres vivos (Fig. 7) (10).



**Figura 7: Autoretrato holográfico do autor, em sua moldura.**

Apesar do que, a técnica praticamente deixou de ser realizada, o que atribuo à falta de divulgação. Mas deixou uma sequela de interesse que certamente poderá renascer quando novas tecnologias, seguramente digitais, alcancem resultados semelhantes.

Poucos artistas no mundo a utilizaram, no país devo destacar o trabalho de Moysés Baumstein, quem expôs na Bienal de Arte de São Paulo e interagiu com outros artistas realizando seus hologramas. Meu trabalho foi também bastante amplo (11).

Obter mais do que já existe

Às vezes uma técnica avançada pode gerar um produto de interesse mesmo em suporte convencional. No caso, tendo ficado fascinado pela pureza das cores que um holograma podia produzir, à maneira de um prisma porém com maior tamanho e leveza, e percebendo que somente poderiam ser exibidas com lâmpadas específicas e devidamente posicionadas, na ausência de outra luz, pratiquei em 1984 com registros fotográficos de objetos abstratos, semi-abstratos e de feixes de luz, criando o que chamei de “Arte espectral” (12), no caso referido ao espectro luminoso (tipo arco iris). Resultaram assim fotografias para projeção (diapositivas) ou impressas em papel, que podiam facilmente ter o tamanho de alguns metros quadrados.



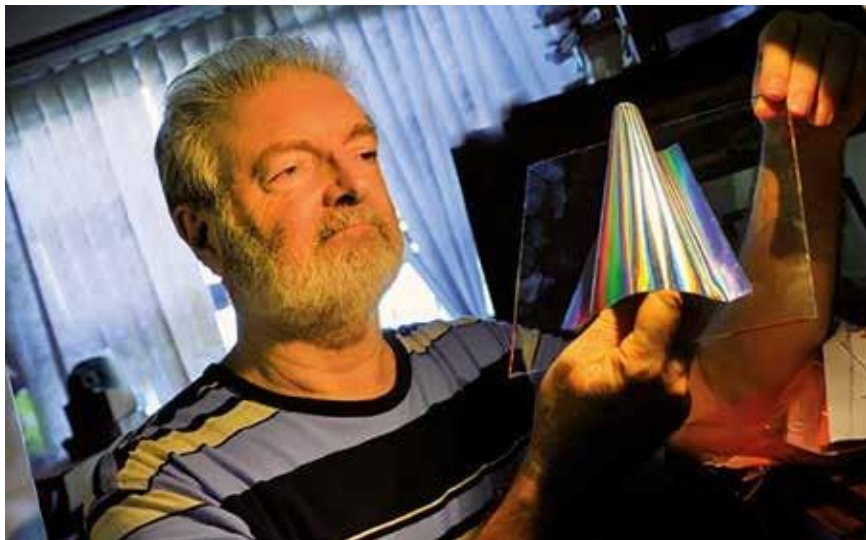


Figura 8: Gerando linhas de cores espectrais puras por meio de holograma, trabalhando também a forma inicialmente plana do holograma. Trabalho: “Cônicas”

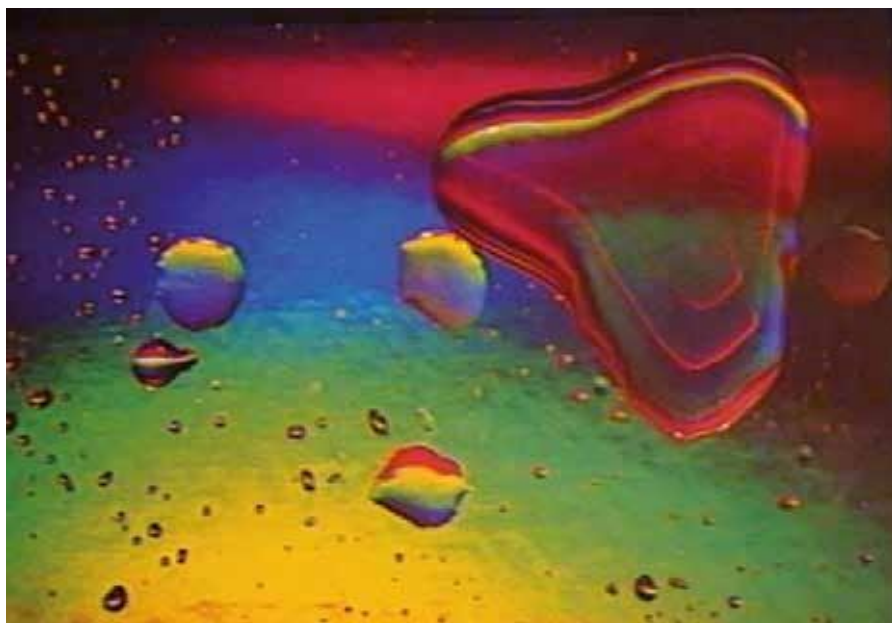


Figura 9: Arte Espectral, fotografia de objetos interagindo com hologramas. Trabalho: “Espaço II”

O trabalho levou inclusive a uma realização em vídeo (12).

### **A inovação: a tela holográfica, e a gravura imaterial**

Entrando no campo de novas técnicas, desenvolvemos a tela holográfica para luz branca, em 1989, que permite mostrar imagens projetadas sendo ampliadas holograficamente. Um trabalho de mestrado foi realizado com a maior, de 0,8 x 1,15m, onde gravuras da artista foram fotografadas para gerar linhas luminosas de alto contraste que aparecem flutuando no ar na frente da tela (13).



Figura 10: Traços luminosos originalmente gerados como gravura flutuam a frente de uma tela praticamente invisível.

### **Conclusões**

Mostramos neste evento ferramentas, algumas tradicionais, porém pouco conhecidas para a utilização dos artistas brasileiros. Também nestes casos, menos típicos que as artes plásticas convencionais é possível encontrar nichos onde se expressar com originalidade.

### **Bibliografia**

- 1) J.J. Lunazzi, página do evento “Exposição de Holografia”: [www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/expo.htm](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/expo.htm)
- 2) Larry Kagan, página do escultor: <http://larrykagansculpture.com/>
- 3) J.J. Lunazzi, “Optics in Ancient America”, <http://light2015blog.org/2016/01/05/optics-in-ancient-america/>
- 4) J.J. Lunazzi, Milena Cardoso França, Andrey da Silva Mori, “Revivendo o

- Estereoscópio de Wheatstone”, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 2, 2501 (2015)www.sbfisica.org.brDOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173721618>  
<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n2/0102-4744-rbef-37-02-2501.pdf>
- 5) J.J. Lunazzi, “Realização doméstica e escolar de foto e vídeo 3D”, Simpósio Iberoamericano “Latin Display”, São Paulo-SP, 2012, <http://arxiv.org/pdf/1212.4877.pdf>
- 6) J.J. Lunazzi, “Mímica 3D”, com amostra em 3D anaglifo em <https://www.youtube.com/watch?v=op7uCzGgVIs>
- 7) Trabalho do aluno Masao, ano 1994 orientado pelo Prof. Lunazzi, <https://www.youtube.com/watch?v=TG60ktA2hdl>
- 8) J.J. Lunazzi, filmagem de vídeo sobre trabalho de boneco do Grupo Serafín Teatro, <https://www.youtube.com/watch?v=pYtPsLbZr3Y>
- 9) J.J. Lunazzi, “Holografia: A Luz Congelada”, Revista “Ciência Hoje”, janeiro-fevereiro de 1985. V3 N16 p.36-46. [http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/prof\\_lunazzi/ensino\\_de\\_holografia/Ciencia\\_Hoje/Ciencia\\_Hoje.htm](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/prof_lunazzi/ensino_de_holografia/Ciencia_Hoje/Ciencia_Hoje.htm)
- 10) J.J. Lunazzi, Vídeo do autorretrato holográfico, <https://www.youtube.com/watch?v=8eymDoiz9Qk>
- 11) J.J. Lunazzi, Arte holográfico: Trabalhos desenvolvidos com holografia artística, <https://sites.google.com/site/jjlpessoal/home/arte1-htm/arteh-1-htm>
- 12) J.J. Lunazzi, - ArteEspectral: Fotografias obtidas a partir de holografias, <http://www.reocities.com/lunazzi/arte/artes1.htm>
- 13) J.J. Lunazzi, Video arte espectral “As Cores Holográficas”, circa 1986. [http://cameraweb.ccuec.unicamp.br/watch\\_video.php?v=GNM628GGGAND](http://cameraweb.ccuec.unicamp.br/watch_video.php?v=GNM628GGGAND)
- 14) Paola Cristine Almeida Azevedo, Tese de mestrado em Artes Plásticas, 2007, Instituto de Artes da UNICAMP. Título: Gravura em luz : uma possibilidade holística da calcogravura e a holografia.Orientador: Prof. Dr. José J. Lunazzi. Co-orientador: Prof. Dr. Ernesto Giovanni Boccara –IA/ UNICAMP. [http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/doctorlunazzi/Arte/tesesdearte\\_Lunazzi.htm](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/doctorlunazzi/Arte/tesesdearte_Lunazzi.htm)





# SULear vs NORTEar

## Representações e apropriações do espaço entre emoção, empiria e ideologia<sup>1</sup>

Marcio D’Oliveira Campos<sup>2</sup>

*“ Quando o português aqui chegou debaixo de uma bruta chuva, vestiu o índio, Que pena, teria sido uma manhã de Sol, o índio teria despido o português.”*

Oswald de Andrade

### Os “lugares do sul” de frente para o norte

De experiências em diferentes contextos em que vivemos, resultam leituras muito distintas -- individuais e sociais – das quais nos apropriamos através de diversas conotações sob os aspectos sentimental, conceitual e ideológico. O que resulta dessas leituras, depende dos pontos de “vista”, dos referenciais, de onde percebemos nosso entorno e até outros espaços além do horizonte. À medida em que o processo se desenvolve, as representações correspondentes vão se configurando, armazenam-se e transformam-se na dinâmica da constituição de nossa bagagem de vida.

Além dos aspectos do cotidiano relativos a espaço e orientação, trataremos da maneira como vivências e leituras do mundo se representam nas falas, na literatura e em particular em poesias e músicas impregnadas dos contextos socioculturais dos quais se originaram. Essas representações são marcadas por referências espaciais e temporais como o eixo Norte–Sul (N–S) que explicita as tensões nas relações N/S, tanto localmente na superfície da Terra como quando representamos o planeta com suas polaridades entre os dois hemisférios. Através de alguns exemplos, surgirão aspectos conceituais e simbólicos construídos com referência a essas polaridades. Nesta discussão, vamos nos referir com frequência ao modelo do globo terrestre com seus meridianos (N-S) e paralelos (L-W), suas escalas e orientações e aos pontos cardeais.

Tomando aspectos da segregação espacial entre Rio de Janeiro e Buenos Aires, já encontramos uma inversão interessante. As zonas de maior poder aquisitivo correspondem respectivamente à zona sul do Rio com bairros que ostentam praias, turismo e elevado padrão de vida e, opostamente, em Buenos Aires encontra-se a concentração do capital no Barrio Norte com La Recoleta e Palermo. Com respeito a raízes de suas tradições musicais, e ao contrário do

1 “SULear vs NORTEar: Representações e apropriações do espaço entre emoção, empiria e ideologia”, Documenta, VI, N<sup>o</sup> 8, Programa de Mestrado e Doutorado em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social & (EICOS)/ Cátedra UNESCO de Desenvolvimento Durável/UFRJ, Rio de Janeiro, 1999. pp. 41-70.

2 Programa de Estudos Interdisciplinares de Comunidades e Ecologia Social EICOS - Instituto de Psicologia - UFRJ/ UNESCO

aspecto anterior, as referências do samba e do tango localizam-se nas zonas respectivamente opostas: a zona Norte das escolas de samba do Rio e a zona Sul dos bairros boêmios e “tangueros” de San Telmo e Boca. Em maior escala e na oposição dos hemisférios que já têm as estações do ano em oposição, nota-se as buscas de lugares quentes e ensolarados nos tempos de férias: os do Sul buscam o Sol do Norte, enquanto europeus buscam no Sul, o Sol das praias do Mediterrâneo.

Por um ponto de vista mais geográfico, consideremos que, mercadorias, conceitos e regras “práticas” relativas a espaço ou a tempo são exportadas do hemisfério norte para o sul, e aceitas sem a devida contextualização para nossos lugares de vida. Esse é o caso do ensino dos pontos cardeais, renitente em tomar a direção norte como o referente fundamental. Nesse caso, mesmo que todas as evidências demonstrem que a estrela Polar não pode ser vista do hemisfério sul, subentende-se que isso possa acontecer e a regra prática passa a ser impraticável. A análise desse problema é rica de reflexões de caráter extremamente interdisciplinar, além do enorme potencial de desdobramentos inesperados que proporciona. É notável, por exemplo, a presença da conotação ideológica nos referenciais do Norte com os quais carregamos o germe da dominação. Este germe explicita-se com frequência nas oposições do tipo: Norte/Sul, acima/abaixo, subir/descer, superior/inferior, central/periférico, desenvolvido/em desenvolvimento.

Mario Benedetti (1986), intelectual uruguaio com uma diversificada produção literária, nos dá o mote para toda essa reflexão e ilustra bem as oposições N/S no poema “El Sur También Existe” (QUADRO 1), também cantado entre outros nove pelo catalão Juan Manuel Serrat<sup>3</sup>. As antinomias Norte/Sul e “arriba/abajo”<sup>4</sup> complementam-se com sarcasmo e ironia como na referência à “Escola de Chicago” e sugerem de forma clara o caráter ideológico dos referenciais<sup>5</sup> do Norte quando importados para um uso não apropriado no Sul.

3 O capítulo de mesmo nome teve as dez poesias de Benedetti gravadas por Juan Manuel SERRAT no CD: *el sur tambien existe*, ARIOLA (6087-2-RL), Argentina, 1994. [ARIOLA EURODISC S. A., 1985]

4 Matematicamente, essa correlação pode ser formalizada usando-se as duas notações de razões e proporções: (N/S)

= (acima/abaixo) ou N : S :: acima : abaixo. Nos dois casos podemos ler, juntando alguma interpretação: O Norte está para o Sul, assim como o superior está para o inferior.

5 A idéia de referencial (referência + al, onde -al significa pertinência) é fundamental nessa discussão onde a utilizamos como o “lugar”, o ponto de “vista” de onde se percebe ou se interpreta ou se lê o referente (em semiologia: aquilo que o signo designa; contexto). Subjetividade e reflexividade são importantes características de nossa relação com o contexto. Destacam-se, entre os significados de referencial: 1. “o que constitui referência ou que a contém”; 2. “relativo a”. 3. sistema em relação ao qual são especificadas coordenadas espaciais e temporais de eventos, ou seja, o sistema de referência ou sistema de coordenadas. Com uma associação dos sentidos 2 e 3, tem-se à idéia da relatividade dos referenciais. Entre as funções da linguagem (características de um enunciado linguístico), a função referencial é aquela “na qual predominam as mensagens centradas no referente ou contexto”. A função referencial é também denominada função denotativa ou função cognitiva. (FERREIRA, 1975, 1996).

## El Sur También Existe

Mario Benedetti

Con su ritual de acero,  
sus grandes chimeneas,  
sus sabios clandestinos,  
su canto de sirenas,  
sus cielos de neón,  
sus ventas navideñas,  
su culto de dios padre  
y de las charreteras,  
con sus llaves del reino,  
el norte es el que ordena.

pero aquí abajo, abajo,  
el hambre disponible,  
recurre al fruto amargo  
de lo que otros deciden,  
mientras el tiempo pasa  
y pasan los desfiles,  
y se hacen otras cosas  
que el norte no prohíbe,  
con su esperanza dura,  
el sur, el sur también existe

con sus predicadores,  
sus gases que envenenan,  
su escuela de Chicago,  
sus dueños de la tierra,  
con sus trapos de lujo  
y su pobre osamenta,  
sus defensas gastadas,  
sus gastos de defensa,  
con su gesta invasora,  
el norte es el que ordena.

pero aquí abajo, abajo,  
cada uno en su escondite,  
hay hombres y mujeres  
que saben a qué asirse,  
aprovechando el sol  
y también los eclipses,  
apartando lo inútil  
y usando lo que sirve,  
con su fe veterana,  
el sur también existe.

con su como francés  
y su academia sueca,  
su salsa americana  
y sus llaves inglesas,  
con todos sus misiles  
y sus enciclopedias,  
su guerra de galaxias  
y su saña opulenta,  
con todos sus laureles,  
el norte es el que ordena.

pero aquí abajo, abajo,  
cerca de las raíces,  
es donde la memoria  
ningún recuerdo omite,  
y hay quienes se desmueren  
y hay quienes se desviven,  
y así entre todos logran  
lo que era un imposible,  
que todo el mundo sepa,  
que el sur también existe

## QUADRO 1

A marca da superioridade do Norte é também encontrada nos globos terrestres que são fabricados em bases de apoio de onde o eixo polar aponta para Norte e para o alto, qualquer que seja o hemisfério ou o local em que estamos. Isso traz muita confusão entre os conceitos de 'plano horizontal tangente a um ponto do globo' e o de 'vertical de um lugar' – perpendicular, ou melhor, a normal a um desses pontos do plano horizontal. Apesar dessas confusões, todos sabemos que qualquer pedra jogada para o alto -- seja no Brasil, seja no Japão -- cairá sempre para baixo na mesma direção vertical do "fio de prumo": instrumento usado pelos pedreiros para determinar a vertical de um lugar.

Globos terrestres devem ser observados como se fossemos astronautas -- observadores a partir de um referencial fora da atmosfera terrestre. Nesse caso, não existe nem acima nem abaixo, a atração gravitacional é nula e o observador não pesa, "flutua" no espaço.

As subjetividades das relações N/S, aliadas ao fato de que o que é lido ou percebido, depende "de onde" se percebe, nos conduzem à relatividade dos referenciais, ilustrada pela análise de uma composição e interpretação de Ricardo Arjona. Sendo ele um guatemalteco que circula pelo México, suas atividades preponderantes ocorrem próximas da latitude de  $20^{\circ}\text{N}$ , portanto no hemisfério norte pouco ao sul do Trópico do Câncer ( $23^{\circ}01'2\text{N}$ )<sup>6</sup>. Um de seus discos leva o título de uma das músicas, escrita em San Juan de Puerto Rico (1995): "**Si el Norte**

<sup>6</sup> Quase simetricamente, o Rio de Janeiro fica na latitude  $22^{\circ}54'\text{S}$  a partir da linha do Equador (latitude  $0^{\circ}$ ) está ao Norte do Trópico de Capricórnio ( $22^{\circ}27'\text{S}$ ).

**fuera el Sur”**. Ao contrário das bússolas convencionais que põem o Norte em destaque, o disco é ilustrado por uma bússola antiga com uma seta que salienta a direção Sul. No dizer do próprio autor:

*“Este disco tiene influencia de Caribe, a donde me escapé huyendo de lo establecido. Tiene sabor a vino, tequila y re- saca. Tiene amores que mueren. Tiene brújulas locas. Tiene olor a tabaco. Tiene historias, cuentos, anécdotas, sueños. Tiene hambre de fuga, quiere irse y quedarse. (...)”*

Na letra da música, permanece a antinomia N/S como se verifica no estribilho:

*“ Las barras y las estrellas se adueñan de mi bandera Y nuestra libertad no es otra cosa que una ramera  
Y si la deuda externa nos robo la primavera  
Al diablo la geografia se acabaron las fronteras”*

No entanto, a relação “arriba/abajo”, usada por Benedetti, não aparece nesse caso onde o cenário é o Caribe, hemisfério norte. O que permanece é a relação N/S de dominador/dominado referida aos USA na expressão do estribilho: “As barras e as estrelas se apossam de minha bandeira”. Nota-se uma nuança entre as representações de dominação e os referenciais espaciais das “bússolas loucas” (“*brújulas locas*”) periféricas. Se por um lado, em regiões intertropicais e no próprio hemisfério sul é costume referir-se à relação N/S, por outro, a relação acima/abaixo parece ser usada apenas nas tensões entre os ‘países “periféricos”

7 Ricardo Arjona, Si el Norte fuera el Sur, CD, CDPL 485254, Columbia, (distr. Sony Music), México  
SI EL NORTE FUERA EL SUR, Ricardo Arjona (letra y musica)

<p>El Norte sus McDonald's basketball y rock'n roll Sus topless sus Madonas Y el abdomen de Stallone Intelectuales del Bronceado, eruditos de supermercado Tienen todo pero nada lo han pagado</p> <p>Com 18 eres un niño para un trago en algun bar Pero ya eres todo un hombre pa' la gerra y pa' matar Viva Vietnam y que viva Forest Gump Viva Wall Street y que viva Donald Trump Viva el Seven Eleven</p> <p>Polvean su nariz y usan jeringa en los bolsillos Viajan com Marihuana para entender la situation De este juez del Planeta que lança una invitacion Cortaselo a tu marido y gafiaras reputacion</p> <p>Coro: Las barras y las estrellas se adueñan de mi bandera Y nuestra libertad no es otra cosa que una ramera Y si la deuda externa nos robo la primavera Al diablo la geografia se acabaron las fronteras</p>	<p>Si el Norte fuera el Sur Serian lo Sioux los marginados Ser moreno y chaparrito seria el look mas cotizado Marcos seria el Rambo Mexicano Y Cindy Crawford la Menchu de mis paisanos Reagan seria Somoza Fidel seria un atleta corriendo bolsas por Wall Street Los Yanjkees de mojados a Tijuana Y las balsas de Miami a La Habana. si el Norte fuera el Sur</p> <p>Seriamos igual, o tal vez un poco peor Com las Malvinas por Groenlandia Y en Guatemala un Disneylandia Y Simon Bolivar rompiendo su secreto Ah! Les va el 187, fuera los Yankees por decreto.</p> <p>Coro: Las barras y las esterellas se adueñan de mi bandera... (se repite dos veces)</p> <p>Si el Norte fuera el Sur seria la misma porqueria Yo cantaria un rap y esta cancion no existiria.</p>
---	---



do hemisfério sul' e 'países "centrais" do hemisfério norte'. Vemos que a antinomia centro/periferia carrega no seu simbolismo uma contradição conceitual geométrica e geográfica. Entre os hemisférios e os continentes, onde definir o centro? Centro de quê?

### **Espaços e lugares, escritas e leituras**

Inexoravelmente, os mapas superpõem duas informações, dois conceitos, distintos e incongruentes como se pudessem estar integrados. Por um lado, o desenho que representa o plano horizontal da região mapeada onde somos guiados por meridianos (Norte–Sul) e pelos paralelos (Leste–Oeste). Por outro, um texto cujos signos que sempre “correm” no sentido horizontal denominando as localidades. Esses nomes aparecem como na página de um caderno sobre a mesa cujo texto de fato apresenta nesse caso, quatro lados perpendiculares, todos no mesmo plano horizontal. Por referência ao nosso corpo e por um certo abuso de linguagem, associa-se aos dois dos lados à nossa frente respectivamente, os lados baixo e o alto da página. Tanto o caderno quanto o livro, só apresentam seu alto e baixo quando depositados verticalmente numa estante. Ao ver um texto convencional superposto a um mapa sobre uma mesa, surge a idéia também incongruente de que existe uma “vertical” Norte-Sul sobre um plano horizontal, quando nesse caso a linha Norte-Sul também é horizontal. Isso é agravado por essas questões, e é frequente vermos como pessoas que se deslocam, por exemplo, no eixo Porto Alegre - Rio e vice-versa, dizerem respectivamente que vão subir ou descer.

É interessante notar o modo como nos referimos aos termos planta e mapa. Por um lado, denominamos planta ou carta aos artefatos usados para nossa orientação nas casas, na cidade ou no mar. Por outro lado, em maiores escalas usamos mapa para designar as mesmas coisas, salvo que as cidades estão agora representadas por pontos (sem dimensão). Embora só importe aqui a mudança de escala enquanto conceito unificador, reserva-se plano ou carta para uma cidade com ruas representadas em diferentes sentidos com seus nomes correspondentes escritos «desordenadamente» em todos os sentidos. Destes, nos servimos horizontalmente nos carros, mesas e pranchetas, alinhando-os com a rua ou com a fachada da casa para nos orientarmos. Se a escala aumenta, casas desaparecem e cidades viram pontos desaparecendo o conceito e o uso da orientação; ocorreu a descontinuidade socialmente construída entre, por um lado, carta ou planta e por outro, mapa. Quando a planta «vira» mapa, vai para o plano vertical da parede e o Norte passa a apontar para cima. Com essa descontinuidade, a prática do uso se enfraqueceu e com ela vários outros conceitos importantes também. Mapas e plantas são representações no plano horizontal. Paredes são lugares impróprios para o uso dos mapas que só reforçam a prevalência do Norte.

Quando conscientemente construímos nossas representações e referenciais locais, há conflitos frequentes com a aceitação indiscriminada de importações estranhas aos contextos socioculturais locais em que elas se instalam. Isso

ocorre quando nos furtamos a conferir o que é importado a fim de verificar se as novas representações simbólicas se adaptam à questão da vida e, consequentemente, à produção material e simbólica local. Vários conflitos ocorrem entre fenômenos naturais e sociais (dados, indícios<sup>8</sup>) e conceitos importados. Numa visão esquemática de um sistema de dupla entrada e saída, a FIGURA 1 ilustra essa questão. Nela, o ser humano é o mediador, -- a partir de seus saberes, técnicas e práticas locais -- da operação de contextualização: articulação e apropriação dos dados e representações simbólicas que entram no sistema. Por exemplo, o Norte para cima nos mapas e globos, entrou no hemisfério sul como representação simbólica e não se contextualizou na relação com os dados e indícios locais. Permaneceu símbolo enquanto no hemisfério norte essa representação simbólica é também conceitual e, portanto, passível de ser praticada.

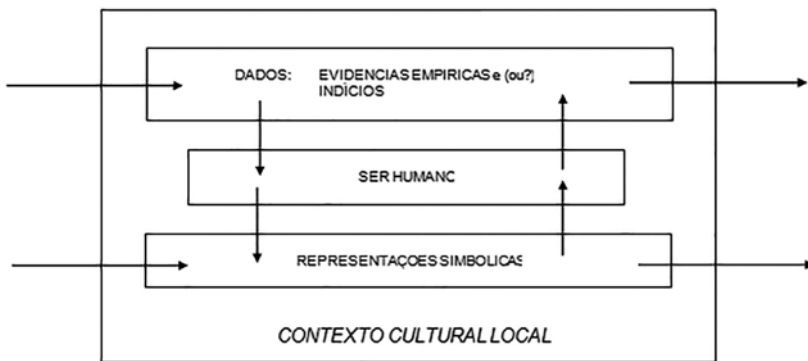


Figura 1

Nessas discussões, a consciência da situação histórica, geográfica e sociocultural em geral, é fundamental para a presença do construtivismo no ato de conhecer. Negligências sistemáticas ou ocasionais de contextualização podem trazer bloqueios e impasses importantes na construção de saberes, ainda que em práticas as mais cotidianas. Em especial para a vida, e também para pesquisa e educação, a diversidade de contextos socioculturais exige muita flexibilidade interdisciplinar, além da necessária especialização. De fato, essa flexibilidade requer um bom jogo de cintura no manuseio dos feudos da academia e da compartimentação das disciplinas -- muitas vezes, puro exercício de poder. É necessária muita prontidão com respeito à dialogicidade e aos enfrentamentos dos obstáculos epistemológicos com que nos deparamos<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> O conceito de indício e de grande importância para essa discussão e sobretudo para considerações interdisciplinares de relaxamento de fronteiras entre ciências naturais e sociais e da dicotomia 'evidência empírica / indício' que a elas se associa respectivamente. Ver a excelente discussão de Carlo GUINSBURG (1989:13-179) em "Sinais: Raízes de um paradigma indiciário".

<sup>9</sup> Para os conceitos dialogicidade, obstáculo epistemológico e paradigma, ver respectivamente, Paulo Freire (1981), Bachelard (1970) e Kuhn (1964)



Em nossas práticas, servimo-nos ou criamos recursos (entrevistas, diálogos, modelos, artefatos, representações), sempre limitados para interpretar e expressar realidades pesquisadas. Por sinal, algumas dessas limitações já apareceram nas considerações sobre mapas e globos. Esses recursos devem estar atrelados a uma escolha criteriosa das disjunções metodológicas do tipo biológico/social, individual/social ou observador/observado<sup>10</sup> que utilizamos no exercício da pesquisa.

Essa constante tensão sob a qual exercemos atividades de pesquisa no interior das antinomias e disjunções metodológicas, se manifesta de várias formas e entre vários autores como: representações individuais/representações coletivas (Mauss,1924), determinações técnicas/determinações mentais (Descola,1986:2), natureza/cultura e cultura/culturas (Leach,1985:67-135), tempo/espaço (Leach,1978:43-46; 61-66), sincronia/diacronia (Cardoso de Oliveira,1988:13-25), espírito científico/espírito pré-científico e simetria/assimetria (Latour,1983), estar lá/escrever aqui (Geertz,1989). Como diria Edmond Leach, muitas vezes elas não se separam por fronteiras rígidas mas por interseções de ambigüidade sujeitas a tabu entre zonas normais de espaço- tempo social, de tempo marcado, definidas, seculares (Leach,1978:45).

Seguindo o curso inspirado por Benedetti que nos atenta com clareza para o sentido nada ingênuo dos pontos cardeais e direções, aproveitemos os conteúdos ideológicos e históricos representados nas antinomias Norte/Sul para uma reflexão que transcende a escrita e leitura dos textos alfanuméricos convencionais. Atentemos para outras escritas e leituras do mundo que por vezes aceitamos sob formas ingênuas de apropriação sem procurar o que há de conceitual por trás das representações simbólicas que entram no esquema da FIGURA 1. Após uma reflexão sobre essas questões, passaremos a uma discussão mais específica sobre os pontos cardeais e a seguir sobre as buscas de lugares ao Sol a partir dos dois hemisférios e conceitos e símbolos correspondentes.

Ainda que não pertença à comunidade dos especialistas em linguagem, ou serei discutir alguns atos não convencionais de leitura e de escrita. Como um aparente paradoxo, considero esses atos, não só referidos à chamada “sociedade ocidental de tradição científica”, mas também a outras culturas e populações que em nossa pulsão de classificação<sup>11</sup>, denominamos como “ágrafas”.

Muitas vezes -- além da leitura de texto escrito, alfabético -- o que percebemos ao nosso redor é lido com o auxílio de nossos sentidos e gravado em nossa

<sup>10</sup> Nessa antinomia que parece sugerir um observador distante e neutro em relação ao observado, vale mencionar um conceito originário da física, o de “participador”. Ele nos permite refletir sobre ‘pesquisa participante’ em ciências sociais

da mesma forma que na física do microcosmo que se constituiu a partir do século XX. Nela, observador, materiais, métodos e objeto de estudo, encontram-se tão interrelacionados que segundo o físico J. A Wheeler, “para descrever o que aconteceu tem-se que abandonar a palavra “observador’ e substituí-la pela nova palavra ‘participador’. Em certo sentido, o universo é um universo participatório” (The Physicist’s conception of Nature, J. A. MEHRA (ed.), Dörbrecht (Holland), D. Reidel, 1973).

<sup>11</sup> Vera ironia ao nosso desejo compulsivo de classificação em Jorge Luis BORGES, “El idioma analítico de John Wilkins”, in Otras Inquisiciones, in Jorge Luis Borges, obras completas, 1923-1972, pp. 706-709, Buenos Aires, Emecé, 1974. Esse texto gerou importantes análises críticas referindo-se às classificações como forma de exercício de poder como bem resume o prefácio de Michel FOUCAULT, “As Palavras e as Coisas: uma Arqueologia das Ciências Humanas”, São Paulo, Martins Fontes, 1992.

memória. Fenômenos são como que emitidos a partir de espaços, tanto construídos pelo ser humano como constitutivos do ambiente natural. Em nossas interações que incluem práticas e transformações da estabilidade de lugares desses espaços, sempre construídos socialmente, manifestam-se processos nos quais leituras, desejos, pensamentos e escritas representam-se sob as formas mais variadas, indo de escritas alfanuméricas convencionais até uma vastíssima gama de modos pelos quais o ser humano marca a sua presença no mundo. São grafitagens, construções, comportamentos animais e humanos, rituais, ornamentos, obras de arte e muitas outras. Esses elementos são, portanto, formas alternativas de escrita que nos desafiam a desenvolver uma capacidade diversificada de leitura do mundo<sup>12</sup> num jogo incessante do individual e do social entre eventos, signos, significados e simbolizações. Segundo Michel De Certeau (1990:173):

*“...o espaço é um lugar praticado, assim a rua geometricamente definida por um urbanismo é transformada em espaço pelos pedestres. Da mesma forma, a leitura é o espaço produzido pela prática do lugar que constitui um sistema de signos - um texto”<sup>13</sup>.*

Escritas e leituras ocorrem como nas três etapas do encontro entre platéia e um conjunto de jazz durante uma execução. Músicos e platéia se entendem, reconhecendo a melodia no início de uma performance para, a seguir improvisar de forma livre, cada um à sua vez, mantendo sempre, quase que escondida na multidão de notas acrescidas e improvisadas, a linha melódica de fundo. Em terceiro lugar retoma-se a melodia num encontro de comunicação e reconhecimento geral, social. A leitura das criações do improviso é cheia de surpresas e também de improvisações por parte dos leitores/espectadores.

As formas de ler essas inscrições dependem fortemente do ponto de vista ou referencial do observador ou participante<sup>14</sup> e podem se diferenciar fortemente em função de classes sociais, gênero, idade, estilos de vida próprios de uma mesma cultura ou do encontro de diferentes culturas.

Com respeito às diferenças culturais, lembremos que na Índia, um abano de cabeça na direção horizontal representa extrema concordância e satisfação para os indianos. Nós, por outro lado, o lemos como rejeição ou negação. A noção de sistema de coordenadas ou de referencial como um ponto ou sistema de onde se observa toma uma conotação bastante subjetiva dependente do contexto cultural determinado. Por exemplo, a expressão e concordância dos indianos carrega um código de comportamento distinto do nosso, marcando assim diferentes referenciais de cultura.

## **SULear vs NORTEar**

<sup>12</sup> Freire (1991).

<sup>13</sup> Tradução livre do autor.

<sup>14</sup> Ver nota 7.

No Templo do Sol em Cuzco os Incas marcaram quatro direções principais que separam os quadrantes denominados “suyus”, sendo aqui o quadrante que se assemelha ao nosso Sudeste o que mais nos interessa. Das quatro direções, três apontam para pontos do horizonte que coincidem com os nossos três pontos cardeais Norte, Leste e Oeste.

A quarta direção principal não aponta para o Sul e contraria assim a nossa tendência a traçar simetrias. Aponta numa direção que faz um ângulo (Azimute) de cerca de  $146^{\circ}$  a partir da direção Norte (FIGURA 2). Esse dado é de um trabalho de Gary Urton, antropólogo americano que pesquisa relações céu – terra entre populações atuais Quíchua descendentes dos Incas, que assim interpreta os alinhamentos:

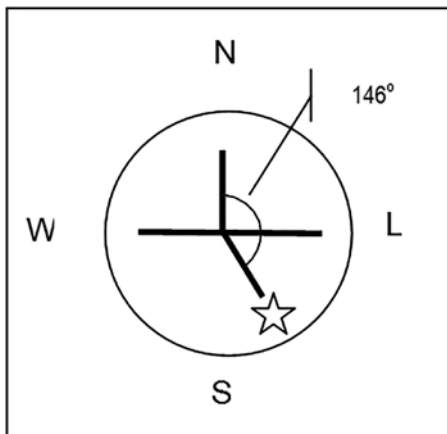


Figura 2

“Eu sugiro que dado que o azimute do levante de alfa, Cruxis (o centro de esfera celeste Quíchua) era de 144 graus em 500 A.C. e de 147,52 graus em 1000 A.C., essa linha para o Sul [isto é, a linha demarcando a fronteira entre Collasuyu e Cuntisuyu] existia para incorporar no interior de um só suyu os pontos de levante e poente das estrelas no centro do universo Incaico, alfa Cruxis e o Saco de Carvão.” (cf. 164)

No artigo de Urton, esse parágrafo é ilustrado por um esquema semelhante ao da FIGURA 2. A mudança do angulo de azimute se deve a um dos movimentos da Terra, a Precessão dos Equinócios. Collasuyu e Cuntisuyu são as denominações quíchua dos dois quadrantes do lado Sul, respectivamente e de forma aproximada SE e SW, já que eles não são iguais e divididos pelo eixo N-S.

Entre várias populações indígenas, além de juntarem-se estrelas para constituir as figuras das constelações, há “constelações” de zonas escuras do céu simbolizando entidades da Terra. Assim os Quíchua têm dois sistemas de classificação. Às li-

gações de estrelas (pontos), atribuem os objetos e construções humanas. As “nuvens negras” ou regiões escuras do céu, representam animais próprios de seu ambiente. O Saco de Carvão (nuvem de poeira e gases não iluminada) próximo do Cruzeiro do Sul é o “Yutu” nome de alguma ave da família dos tinamidae que engloba: macucos, jaós, perdizes e codornas.

Com uma observação a partir do referencial horizonte - pé no chão e olho para ta abóbada celeste - percebe-se que em seu movimento diário, o Sol nasce a Leste e se põe a Oeste seguindo um “caminho” num plano inclinado em relação ao solo que podemos imaginar se deslocando em posições paralelas a ele próprio entre os solstícios (ver nota 11) de dezembro e junho. Ao longo de todo o ano, e sempre ao meio dia, podemos ver o Sol passando pelo meridiano (N-S) do céu. Em regiões intertropicais, o Sol do meio-dia passa “a pino”, ou seja, na vertical do lugar próximo do ponto Zênite, apenas duas vezes por ano.

Do horizonte do hemisfério sul e ao se aproximar o inverno, o Sol vai sendo percebido a cada dia mais inclinado para os lados do hemisfério norte onde vai chegando o verão de junho em diante, em oposição à aproximação de nosso inverno também de junho em diante.

Os pontos extremos do percurso do Sol são os Trópicos de Capricórnio e Câncer respectivamente a  $23^{\circ}27'$  de latitude S e N.

Nesse movimento cíclico anual, se observarmos o Sol a partir de latitudes como a de Cuzco ( $13^{\circ}31'S$ , logo a partir da linha do Equador), a visão do Sol de meio dia para o lado Sul no verão, não é tão marcante quanto no Equador. O Sol parece vir até o alto do céu e voltar para o Norte e promover o outro Verão daquele hemisfério. Portanto, com referência ao Sol observado do referencial do horizonte de Cuzco, o astro nasce do lado leste, passa em geral inclinado mais para o Norte no meridiano e no alto do céu ao meio dia e se põe para o lado Oeste.

Aqui aparece a consciência dos povos Quíchua a respeito dos fenômenos próprios de seu horizonte. Como, grosso modo, o Sol não ultrapassa o paralelo L-W do céu ao meio dia na chegada do verão, o astro é percebido como se estivesse no Zênite. Nesse caso, a quarta direção aponta para o horizonte bem aproximadamente para o local onde nasce a Estrela de Magalhães,<sup>15</sup> a mais brilhante da constelação do Cruzeiro do Sul, denominada na nomenclatura astronômica como a *Cruxis*,

---

15 Gary Urton (1978): “I suggest that since the azimuth of the rise of alpha Crucis (the center of the Quechua celestial sphere) was 144.59 degrees in A.D. 500 and 147.52 degrees in A.D. 1000, this southern line [i.e., the line marking the

boundary between Collasuyu and Cuntisuyu] was meant to incorporate within one suyu the rising and setting points of the stars at the center of the Incaic universe, alpha crucis and the Coalsack.” (cf. 164). No artigo de Urton, Esse parágrafo é ilustrado por um esquema semelhante ao da FIGURA 2 do presente texto.

A mudança do angulo de azimute se deve a um dos movimentos da terra denominado Precessão dos Equinócios. Collasuyue Cuntisuyu são as denominações quíchua dos dois quadrantes do lado Sul, respectivamente e de forma aproximada SE e SW, já que eles não são iguais e divididos pelo eixo N-S.

Em várias populações indígenas, além de juntarem-se estrelas para constituir as figuras das constelações, há uma referência a zonas escuras do céu que também simbolizam entidades terrenas. Os Quíchua construíram dois sistemas distintos de classificação. Às ligações de estrelas (pontos), eles atribuem objetos e construções humanas. As “nuvens negras” ou regiões escuras do céu, em geral representam animais. O Saco de Carvão (nuvem de poeira e gases não iluminada) próximo do Cruzeiro do Sul é o “Yutu”, alguma ave da família dos tinamidae que engloba: macucos, jaós, perdizes e codornas.

É uma característica muito freqüente em populações indígenas e rurais mais afastadas dos grandes centros, a atenção desenvolvida para os fenômenos à sua volta e o modo como estes se integram num sistema de saberes e práticas coerentes com os fenômenos próprios daquele ambiente e com os modos de vida e produção locais. No Templo do Sol, os Quíchua representaram simbolicamente o que de fato é observado em seu ambiente. Vê-se que, segundo o sistema da FIGURA 1 a mediação entre dados locais e as representações simbólicas foi realizada e o sistema de orientação é de fato contextualizado. As representações simbólicas estão também impregnadas de representações conceituais.

Entre o símbolo e o conceito, Dan Sperber elabora várias perguntas e indica algumas linhas de reflexão interessantes em **O Simbolismo em Geral** (1978 [1974]), ampliando-as para uma discussão das taxinomias zoológicas no artigo “Porque os ani- mais perfeitos, os híbridos e os monstros são bons para pensar simbolicamente?” (1975). Sua discussão sugere uma reelaboração da nossa FIGURA 1 nas considerações seguintes sobre as representações corporais dos pontos cardeais. Sperber considera a simbolicidade como não sendo uma propriedade dos objetos ou dos enunciados, mas sim das ‘representações conceituais’ que os descrevem e os interpretam. A representação conceitual caracteriza-se por dois conjuntos de proposições, um descreve uma informação nova, o outro estabelece ligação entre aquela e o saber previamente adquirido. Se essa ligação não se faz, a representação conceitual defeituosa que falhou em tornar assimilável seu objeto, é “posta entre aspas pelo acionamento do dispositivo simbólico” e torna-se por sua vez, objeto de uma segunda representação: a representação simbólica (1975:5).<sup>16</sup>

Assim como no hemisfério norte, nós do Sul também nos orientamos pelo

---

<sup>16</sup> Para tentar esclarecer os questionamentos de Sperber (1975), vale extrair alguns trechos de seu livro (1974). Sperber considera que o conhecimento cultural mais interessante é o “conhecimento tácito” –o que não é explicitado,

onde os dados fundamentais são os da intuição. Este, se explicitado pelos que o possuem, torna-se ‘conhecimento implícito’. Se há incapacidade de explicitá-lo será então o ‘conhecimento inconsciente’. Sperber defende que a representação simbólica se apoia sobre um conhecimento implícito e obedece a regras inconscientes.

“Uma representação conceitual compreende, portanto, dois conjuntos de proposições: proposições focais, que descrevem a nova informação; proposições auxiliares, que formam o elo entre a informação nova e a memória enciclopédica. Se umas fracassam na descrição, e as outras malogram em formar esse elo, a informação nova não pode ser integrada ao conhecimento adquirido”.

Embora pareça que a representação conceitual possa ser rejeitada por não tornar uma informação nova assimilável à memória, a própria representação conceitual torna-se objeto possível de uma segunda representação: “o dispositivo conceitual jamais trabalha em vão; quando uma representação fracassa em estabelecer a pertinência de seu objeto, ela própria se torna objeto de uma segunda representação. Esta segunda representação não nasce mais do dispositivo conceitual que se revelou impotente, mas do dispositivo simbólico, que toma então seu lugar. O dispositivo simbólico tenta estabelecer por seus próprios meios a pertinência da representação conceitual defeituosa.

Para retomar a imagem de Lévi-Strauss, o dispositivo simbólico é o *bricoleur* do espírito. Ele parte do princípio de que os resíduos da indústria conceitual merecem ser conservados porque sempre será possível extrair algo deles. Mas o dispositivo simbólico não procura decodificar as informações que ele trata. É precisamente porque tais informações fogem em parte ao código conceitual, o mais poderoso dos códigos de que os homens dispõem, que elas, afinal, foram dominadas. Não se trata, portanto, de descobrir a significação das representações simbólicas, mas, pelo contrário, trata-se de inventar-lhes uma pertinência e um lugar na memória a despeito do malogro a esse respeito das categorias conceituais da significação. Uma representação é simbólica precisamente na medida em que não é integralmente explicável, isto é, significável. As concepções semiológicas não são, portanto, apenas inadequadas: elas mascaram facilmente as propriedades constitutivas do simbolismo”. (Cf. 112-113). Sperber critica aqui afirmação bastante comum de que “as formas explícitas do simbolismo são significantes que se associam a significados tácitos segundo o modelo de relações entre som e sentido da língua” (cf. 10).

lado do Oriente onde nasce o Sol. Nesse caso há coincidência no ato de tomar o lado do nascente do Sol para se ORIENTar (ORIENTE + ar). No entanto, mesmo nesse caso, quando se trata de associar um esquema corporal aos pontos cardeais para encontrá-los, nota-se que as regras, importadas para o hemisfério sul, são práticas apenas para o hemisfério norte. Lá, assim como nós, eles se ORIENTam pelo Sol nascente. Apesar disso e ao contrário de nós, eles se NORTEiam pela estrela *Polaris*. A Estrela Polar se situa em coincidência com o Polo Norte celeste (prolongamento do eixo polar terrestre no céu) e por isso é também chamada de Estrela do Norte ou a “Estrela que Nunca se Move”, segundo algumas populações indígenas que vivem no território dos USA.

O hemisfério norte que vê a Polar, não vê o Cruzeiro do Sul. Isso acontece também em Portugal, situado bem mais ao norte (no entorno de 40°N) do Trópico do Câncer. No entanto, nota-se indistintamente nos dicionários portugueses e brasileiros a presença única do verbo nortear (NORTEar) como orientar-se para o Norte e também dirigir, orientar, guiar. Na noite do hemisfério sul, o encontro da direção Sul apoiado pelo Cruzeiro do Sul deveria enquadrar apenas na ideia de “SULear-se”, palavra que não consta dos dicionários brasileiros<sup>17</sup>. As convenções norteadoras em nosso hemisfério, como vimos na discussão das antinomias do tipo Norte/Sul, sugerem a conotação ideológica de dominação já discutida.

Sabemos que, em nossas escolas, continua a ser ensinada a regra prática do norte pela qual, ao apontarmos a mão direita para o lado do nascente (lado leste), tem-se à esquerda o oeste, na frente olhamos para o Norte e nos colocamos de costas para o lado Sul. Essa pseudo-regra-prática, nos deixa de costas para o Cruzeiro do Sul a constelação fundamental para o ato de ‘SULear-se’. Esta constelação aparece próxima à região mais brilhante de toda a Via Láctea, a ponto dos Quíchuas a denominarem como O Rio (“Mayu”) e se representarem dois rios que se encontram nessa região próxima do polo Sul celeste simbolizando o brilho observado como se houvesse aí uma espécie de “pororoca luminosa”.

Se estendêssemos a mão esquerda para o lado do oriente poderíamos atender ao requisito de respeito ao conceito de lateralidade, tão exigida em alfabetização da palavra nas escolas, mas desprezada para a alfabetização e leitura do mundo<sup>18</sup> (ver nota 10). Com isso construiríamos uma representação simbólica, onde também com a consciência do corpo nos colocamos aptos a olhar para o Sul, adaptando-nos assim ao contexto local e do hemisfério sul nas relações céu-terra: Polar, sempre abaixo do horizonte visível e o Cruzeiro do Sul girando em torno do Polo Sul celeste e distante dele cerca de quatro vezes e meia o braço maior da cruz da constelação. Encontrado dessa forma o Polo Sul celeste, basta traçar uma perpendicular para – “suleando-se” - mirar o sul geográfico. Parte da regra prática poderia funcionar se readaptássemos a ideia da representação corporal importada. O que acontece segundo a citação a Sperber é que importou-se o que é conceitual no Norte mas a representação conceitual não tornou-se, no Sul, assimilável ao seu objetivo. O conceito e a

17 O termo SULear vem sendo empregado por esse autor desde 1991 em duas publicações: 1) D'OLNE CAMPOS, Marcio, “A Arte de Sulear-se I”, “A Arte de Sulear-se II”, in **Interação Museu-Comunidade para a Educação Ambiental** (mimeo), Teresa Cristina Scheiner (coord.) UNI-RIO/TACNET, Rio de Janeiro, 1991. pp. 59-61; 79-84. 2) TOLEDO, Cléo, D'OLNE CAMPOS, Marcio, **A Ecologia de Cada Dia, Educação Ambiental, 1o. Grau**, Saraiva, São Paulo, 1991. p. 34.

18 Ver Freire (1991).

regra prática de lá foram postos entre aspas como representação simbólica inutilizando aqui a utilização do Norte e reforçando o caráter ideológico de dominação<sup>19</sup>.

Dado que um esquema simbólico corporal deve gozar de praticabilidade na orientação espacial, pelo menos em nosso país isso não é o que se passa. Nos países do hemisfério norte, a regra corporal mais praticável representa melhor a citação anterior de De Certeau sobre o espaço como lugar praticado. Existe uma maior consciência da orientação a partir dos percursos nas ruas e da frequência das igrejas, notando-se um coloquialismo familiar no uso da orientação com os pontos cardeais, onde as referências à orientação espacial são freqüentes no dia-a-dia e presentes no universo simbólico e conceitual das pessoas. Na discussão a seguir nos referimos à orientações práticas e simbolismos na busca do Sol por habitantes das Zonas Temperadas.

### Buscas de um lugar ao sol

Nas regiões de clima temperado, ao se aproximar o verão, as pessoas são freqüentemente movidas pelo desejo de partir em busca do calor nas zonas tropicais e equatoriais. Nelas pode-se ver e sentir o Sol mais alto em relação ao horizonte com mais calor e bronzeamento do corpo pelos raios solares que no verão percorrem um caminho menor na atmosfera, chegando, menos absorvidos até nós.

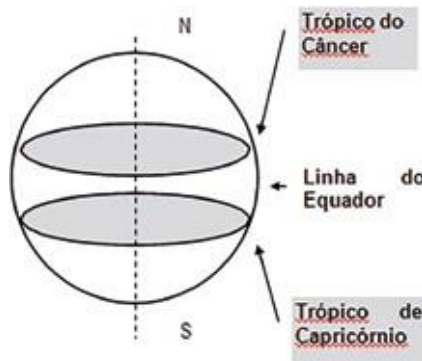


Figura 3

19 Os problemas colocados por essas questões são inumeráveis e demandam certa sutileza na percepção. Certa vez numa oficina para professores, cedo pela manhã os raios intensos do Sol entravam por uma porta lateral da sala quando perguntei a alguém sentado com o lado esquerdo do corpo dirigido para a porta, onde estava o Norte. A resposta imediata foi: "Na minha frente". O lado esquerdo para o leste indicava o Sul na frente, no entanto ocorre como se colássemos uma etiqueta do Norte na Testa e que, qualquer que seja o lado para onde olharmos, este seja sempre o Norte. Atento para o fato de que essa resposta é bem mais comum do que possa se pensar.



Ao longo do ano vemos o Sol oscilar entre os dois Trópicos. A 23 de dezembro começa o verão do hemisfério sul quando ele “chega” à latitude do Trópico do Capricórnio para, em seguida, voltar em direção ao Norte. Esse é o único dia em que na latitude desse Trópico, se “pisa na sombra” ao meio dia solar. Sempre, esse dia, hora e lugar, dia do “Sol-a-pino”, qualquer volume cujos lados forem paralelos à vertical do lugar, não projeta sombra no chão. Entre os Trópicos, pode-se “pisar” na própria sombra apenas duas vezes por ano, nos Trópicos

uma vez só.<sup>20</sup>

De toda a Europa, e mesmo no início do verão, enxerga-se o Sol sempre numa direção afastada do Zênite local em direção ao Sul. Um globo ou mapa do Planeta podemos verificar algumas localidades próximas do Trópico do Câncer como: Cuba, Sul da Argélia e do Egito, Calcutá, Hong Kong e Taiwan. Do Trópico do Capricórnio se aproximam Antofagasta (Chile), Ubatuba (SP), Pretória (África do Sul) Alice Springs (centro da Austrália).

Nos lugares frios, a vontade de gozar de um verão mais quente e tropical gera um grande potencial vontades e desejos programados para o tempo quente das férias. Nessas regiões, como por exemplo a França, nota-se uma explosão da Primavera com as amendoeiras em flor, as capas e sobretudos deixados em casa e substituídos pelas roupas coloridas, tudo instalando repentinamente um “clima” de sensualidade que paira no ar. Barbara – poeta,, compositora, cantora e pianista – mostra muito disso em “Gare de Lyon”, uma canção símbolo dessa explosão da Primavera.

“Gare de Lyon” se refere a uma das quatro principais estações de trens de Paris que além de se situarem para os lados das quatro direções cardeais a partir do centro da cidade, levam os passageiros de Paris para as direções correspondentes. Da Gare de Lyon, toma-se necessariamente a direção do Sul, a do “Midi” da França, ou mesmo da Itália, mencionada por Barbara na letra no QUADRO 2.

Na França, a palavra “Midi” (*mi- + diem*) está associada ao meio do dia e por extensão, às regiões mais ensolaradas do Sul do continente europeu de onde mira-se o Sol no Sul. É mais comum o uso dessa expressão para referir-se ao Sul da França nas regiões mediterrâneas, lugares habitados por “les gens du Midi” que falam com “l’Accent du Midi”, sotaque nitidamente distinto do parisiense. O Dicionário **Robert**, referindo-se ao Midi, caracteriza bem esse “clima”:

*“Le Nord vaut peut-être mieux pour la morale. Mais le Midi vaut mieux pour la vie”* (SUARÉS).<sup>21</sup>

20 O Sol “chega” em cada um dos dois Trópicos em junho no de Câncer e em dezembro no de Capricórnio. Nesses dois momentos, pelo horóscopo, ele está também situado respectivamente nas casas zodiacais de Câncer e Capricórnio. É interessante lembrar duas palavras associadas a esse movimento do Sol, seus tempos e lugares. Quando o Sol chega a um dos Trópicos ele “para” e volta. esse momento chama-se Solstício [do latim: Sol + stare (parar)]. Quando o Sol passa pela Linha do Equador a duração do dia claro é igual à duração da noite escura, cada período tem 12 horas precisas. esse é o instante chamado Equinócio [do latim: aequinoctium = aequus + nox, noctis]. Traduzindo e lembrando que a palavra dia é omitida: [(dia claro) igual à noite (escura)].

21 “O Norte vale talvez mais pela moral. Mas o Midi vale mais pela vida”



A busca do Sol por Barbara é muito significativa desse simbolismo carregado de experiências e leituras, cruzando-se tempos e lugares num espaço de emoções como o de De Certeau que considera “inscrições pedestres” na geometria da cidade que transformado-na em espaço de emoções.

Poderíamos conjecturar que essa busca do Sol no Sul por pessoas das regiões temperadas do Norte teria seu correspondente na busca do Sol no Norte a partir das regiões temperadas do Sul. Para representar melhor no espaço essa comparação, notemos que Barcelona está aproximadamente simétrica, em relação ao Equador, a Mar del Plata e Baia Blanca nas latitudes Sul. Além disso muitos argentinos se deslocam para Florianópolis cuja latitude é aproximadamente simétrica á de Miami.

<b>GARE DE LYON</b> <b>BARBARA</b>			
<p>Je te téléphone, Près du métro Rome, Paris sous la pluie, Me lasse et m'ennuie, La Seine est plus grise Que la Tamise, Ce ciel de brouillard, Me fout le cafard, Paris pleut toujours, Sur le Luxembourg, Y'a d'autres jardins Pour parler d'amour, Y'a la Tour de Pise, Mais j'préfère Venise,  Viens faire tes baqaacs, On part en voyage.</p>	<p>J'te donne rendez-vous, A la Gare de Lyon, Sous la grande horloge, Près du portillon, Nous prendrons le train Pour Capri la belle, Pour Capri la belle, Avant la saison, Viens voir l'Italie, Comme dans les chansons Viens voir les fontaines, Viens voir les pigeons, Viens me dire je t'aime, Comme tous ceux qui s'aiment A Capri la belle, En toute saison.</p>	<p>Paris mon Paris, Au revoir et merci, Si on téléphone, J'y suis pour personne, J'vais dorer ma peau Dans les pays chauds, J'vais m'ensoleiller, Près des Gondoliers, Juste à l'aube grise, Demain, c'est Venise, Chante barcarolle, J'irai en gondole, J'irai sans sourire, Au Pont des Soupirs, Pour parler d'amour, A voix de velours.</p>	<p>Près du portillon, Je vais prendre le train Pour Capri la belle, Pour Capri la belle, Avant la saison, Passant par Véronne, Derrière les créneaux, J'vais voir le fantôme  Du beau Roméo, Je vais dire je t'aime, A celui que j'aime, Ca sera l'Italie Comme dans les chansons, Taxi vite, allons. A la Gare de Lyon</p>
		<p>Taxi mène moi A la Gare de Lyon, J'ai un rendez-vous,</p>	<p>Paroles et musique de Barbara ♥Editions Métropolitaines</p>

QUADRO 2<sup>22</sup>

22 Tradução livre do autor:

<p><b>GARE DE LYON</b>  Letra e música de <b>BARBARA</b>  Eu te telefono, Perto do Metrô Roma, Paris sob a chuva Me cansa e me aborrece. O Sena é mais cinza Que o Tâmisia, Esse céu de nevoeiro, Me mete a nostalgia, Paris chove sempre, Sobre o Luxembourg, Há outros jardins Para falar de amor, Há a Torre de Pisa, Mas eu prefiro Veneza,</p>	<p>Vem fazer sua malas, Nós partimos em viagem. Eu te encontro, Na Estação de Lyon, Sob o grande relógio, Perto do portão, Nós tomaremos o trem Para Capri a bela, Para Capri a bela, Antes da estação Vem ver a Itália, Como nas canções Vem ver as fontes Vem ver os pombos, Vem me dizer eu te amo, Como todos os que se amam  Em Capri a bela, Em qualquer estação.</p>	<p>Paris minha Paris, Adeus e obrigada, Se me telefonam, Eu não estou para ninguém, Eu vou dourar minha pele Nos países quentes, Eu vou me ensolarar, Perto dos gondoleiros, Justo na aurora cinzenta, Amanhã, é Veneza, Cante barcarola, Eu irei em gôndola, Eu irei sem sorrir, à Ponte dos Suspiros, Para falar de amor, A vezes de veludo.  Taxi leve-me à Estação de Lyon,</p>	<p>Eu tenho um encontro, Perto do portão, Eu vou tomar o trem Para Capri a bela, Para Capri a bela, Antes da estação, Passando por Verona, Por trás das ameias, Eu vou ver o fantasma Do belo Romeu, Eu vou dizer eu te amo, A aquele que eu amo, Será a Itália Como nas canções,  Taxi rápido, vamos, Para a Estação de Lyon.  ♥Eds Métropolitaines</p>
---	---	---	--

Ao procurar nos tangos, em filmes e um pouco na literatura argentina, por enquanto, não encontrei exemplos significativos da tendência que contudo é facilmente observada dos sulinos irem em busca do Sol no rumo do Norte como em Florianópolis que fervilha de turistas no verão. Ao contrário, argentinos referem-se frequentemente ao “Sur” e nele expressam apego e saudades de sua terra – e raramente ao calor do Norte.

De todo modo, ainda mostrando oposições e gerando questões sobre referenciais e suas origens, existem questões que apenas começa a analisar, por enquanto, partindo da diferença entre os céus dos dois hemisférios. Um céu do referencial hegemônico de leitura do mundo todo a partir do hemisfério norte e um céu revelado para o Norte na (des)coberta do Novo Mundo já antigo e desvelando-se no dia-a-dia das culturas que aqui já viviam.

Começamos conjeturando sobre o que poderia significar “Sur” para os portenhos. A partir de Buenos Aires, o Barrio Sur que de fato situa-se mais para Sudeste, é uma zona marcada pela história do tango e bem representada pelos bairros San Telmo e Boca. Além do time de futebol Boca Júnior, localiza-se na Boca o Caminito – ruela tradicional consagrada no tango “El Caminito” de Juan de Dios Feliberto e Garbino Corría Peñalzo (1926) e cantado, entre outros por Carlos Gardel. Também a partir da capital, sabe-se o quanto sua população guarda uma forte referência européia em seus modos de vida e relações afetivas com o Velho Mundo. Poderíamos perguntar-mo-nos se, mesmo com essa marca européia, não haveria uma referência às terras e tradições olhadas na direção da Patagônia. “Sur” poderia tomar outra conotação numa escala maior, quando carregado de saudade durante viagens ou mesmo no exílio em países do hemisfério norte, quanto mais a partir da Europa por conta dos laços afetivos.

Fernando Solanas nos instiga nesses questionamentos se consideramos dois de seus filmes -- “Tango: o Exílio de Gardel” e “Sur”<sup>23</sup> – além da música “Vuelvo al Sur”<sup>24</sup> de A. Piazzolla com letra de Solanas, reproduzida QUADRO 3.

Na terceira estrofe aparece uma referência que ainda que saudosa, é incômoda por assumir um “cielo al revés” no hemisfério sul. Ora, “al revés” significa ‘às avessas’, ‘ao contrário’; ‘revés’ é o lado oposto ao principal, reverso ou contratempo. Reforça-se aqui - por ironia ou por costume - a prevalência do céu e do referencial hegemônico do Norte. Como sabe-se que qualquer espaço é socialmente construído,

23 **Tangos: El Exilio de Gardel**, Fernando Ezequiel Solanas, Tercine (Paris)/Cinesur (Buenos Aires), França/Argentina, 1984).

**SUR (Le sud)**, Fernando Ezequiel Solanas, Cinesur SA/Production Pacific/Canal Plus Productions, 1988 “Palabras del director Fernando E. Solanas Premio al mejor director. 41º Festival Internacional del Film De Cannes: Quiero decirles que Sur nos cuenta una historia de amor. Es el amor de una pareja y es también una historia de amor de un país.

Es la historia de un regreso.

Sur nos recuerda a aquellos argentinos que en la película he llamado los de “la mesa de los sueños”. de ellos aprendí. Ellos, más allá de sus convicciones políticas, nos dejaron como herecia una obra y un compromiso.

Sur nos habla del reencuentro y de la amistad. Es el triunfo de la vida sobre la muerte, del amor sobre el rencor, de la libertad sobre la opresión, del deseo sobre el temor. También quiero decirles que Sur, es un homenaje a todos los que, como mi personaje tartamudo, supieron decir no.

Fueron los que mantuvieron la dignidad. Ellos dijeron no a la injusticia, a la opresión, a la entrega del país.

Queridos amigos, aquí está Sur. fue echa con el corazón y ahora les pertenece.” (FONTE: na Internet: <http://www.cineargentino.com/sur.html>)

24 “Vuelvo al Sur” é cantada por Caetano Veloso em **Fina Estampa**, Polygram, 522745-2, 1994.

este é o contexto “espacialmente correto” da Polar que nunca se move<sup>25</sup> para NORTEar a todos. Mas resta saber qual o referencial? De onde se vê ou se imagina o céu às avessas?

<p><b>VUELVO AL SUR</b></p> <p>Vuelvo al Sur, como se vuelve siempre al amor, vuelvo a vos, con mi deseo, con mi temor.</p> <p>Llevo el Sur, como un destino del corazon, soy del Sur, como los aires del bandoneon.</p> <p>Sueño el Sur, inmensa luna, cielo al revés, busco el Sur, el tiempo abierto, y su despues.</p> <p>Quiero al Sur, su buena gente, su dignidad, siento el Sur, como tu cuerpo en la intimidad.</p>	<p>Te quiero Sur, Sur, te quiero.</p> <p>Vuelvo al Sur, como se vuelve siempre al amor, vuelvo a vos, con mi deseo, con mi temor.</p> <p>Quiero al Sur, su buena gente, su dignidad, siento el Sur, como tu cuerpo en la intimidad.</p> <p>Vuelvo al Sur, llevo el Sur, te quiero Sur, te quiero Sur...</p> <p><i>Letra: Fernando E. Solanas Musica: Astor Piazzolla Do filme "Sur" cantado por Roberto Goyeneche</i></p>
--	---

### Quadro 3

Solanas coloca essa musica no final de seu filme “Tango: o exílio de Gardel”. É o momento em que a família exilada em Paris canta em conjunto, justo antes da volta para Buenos Aires, marcada por expectativas e imprevisibilidades. A partir de Paris – referencial do Norte – o céu é imaginado ao revés e portanto, Paris, de onde eles cantam “Sueño el Sur, ... , cielo al revés,” nos dá uma pista para o significado de “Sur” nesse caso . Céu às avessas’ ainda que “fale” do Norte, sugere também a consciência da diferença entre o olhar hegemônico e aquele que suleia-se, como o Incas em Cuzco. Embora pareça uma razoável, sutil e irônica crítica do autor que mostra como o Norte nos vê, a expressão “cielo al revés” traz uma sensação de vazio. Vazio em um Mundo consagradamente norteadado que contesta a identidade do Sul e ainda nos coloca sob tensão, possivelmente na busca de uma referência perdida ou ainda não encontrada em algumdepois....

Na mesma estrofe que fala de um céu invertido, surge “El tiempo abierto y su despues. ”. O advérbio ‘depois’ exprime circunstâncias de tempo, lugar, modo, dúvi-

25 Como o nome indica, a estrela Polar situa-se na direção do polo Norte celeste. No entanto essa situação não é eterna. O eixo terrestre é inclinado em relação a uma normal (perpendicular) ao plano que contem a órbita de revolução anual da Terra em torno do Sol. Com essa inclinação de 23 27', a Terra e seu eixo giram por rotação em torno dessa vertical, completando uma volta em cerca de 26000 anos, é o movimento de Precessão dos Equinócios. Com isso, já dentro de uns 2000 anos a Estrela Polar não será mais polar, estará deslocada do polo Norte e só voltará

a sê-lo daqui a aproximadamente 26000 anos. Por essa razão diz-se agora que estamos entrando na era de Aquário. O Sol do equinócio de março está numa transição entre as casas zodiacais: Peixes e Aquário. Em cada uma das 12 casas do Zodíaco, o Sol permanece cerca de 2167 anos ( 26000 / 12 = 2166,7).

da. A partir dos dois extratos no QUADRO 4, em “Vuelvo al Sur” o depois é temporal. A circunstância de

lugar exemplifica-se em “Sur...”<sup>26</sup>, um clássico com a letra de um extraordinário poeta do tango, Homero Manzi que fala de um “Paredón y después...”, e – ainda que pareça reticente -- num rumo do “Sur...”.

<p>“...Sueño el sur Inmensa luna, cielo al revés Busco el sur El tiempo abierto y su después...”</p> <p>(Piazzola – Solanas. 1984)</p>	<p>“Sur... Paredón y después. Sur... Y una luz de almacén. Ya nunca me verás como me vieras Recostado en la vidriera y esperándote”</p> <p>(Anibal Troilo – Homero Manzi. 1948)</p>
--	---

Quadro 4

Aqui o simbolismo se complica. Se por um lado, “El tiempo abierto y su después...” sugere o tempo da volta do exílio, expectativas e imprevisibilidades. Por outro, a referência espacial a “Sur... Paredón y después”, além de sugerir uma muralha numa origem mais do espanhol, também é a parede ainda erguida numa ruína ou ainda um paredão de fuzilamento como na expressão “*Al Paredón!*”.

Horácio Salas, em **El Tango, una guía definitiva** (1996), nos informa que o simbolismo espacial nos poemas de Homero Manzi é marcado pelos tempos e paisagens da infância desse poeta, dramaturgo, cineasta. Com 6 anos de idade em 1913, mudou-se de Añatuya, no campo a cerca de 600km ao noroeste de Buenos Aires, para essa capital instalando-se com a família nas proximidades de Boedo e Garay

26 A seguir destaca-se a poesia de Manzi, **SUR...**

NOTA: Uma vastíssima fonte de informações sobre vários aspectos do Tango inclusive letras de muitos deles, pode ser encontrada em: **Un siglo de TANGO!**, CD-ROM, Sierra 3 Tandil, Buenos Aires, 1995.

<p><b>SUR...</b> (Anibal Troilo - Homero Manzi)</p> <p>San Juan y Boedo antiguo Y todo el cielo. Pompeya y mas allá la inundación. Tu melena de novia en el recuerdo Y tu nombre florando en el adiós. La esquina del herrero, Barrio y Pampa, Tu casa, tu vereda y el zanjón Y un perfume de yuyos y de alfalfa Que me llena de nuevo el corazón.</p> <p>Sur... Paredón y después. Sur... Y una luz de almacén. Ya nunca me verás como me vieras Recostado en la vidriera y esperándote.</p> <p>Ya nunca alumbraré con las estrellas Nuestra marcha sin querellas Por las noches de Pompeya. Las calles y las lunas suburbanas Y mi amor y tu ventana, Todo ha muerto ya lo se.</p>	<p>San Juan y Boedo antiguo, Cielo perdido, Pompeya y al llegar al terrapién. Tus veinte años temblando de cariño Baio el beso que entonces te robé. Nostalgia de las cosas que han pasado, Arena que la vida se llevó. Pesadumbre de barrios que han cambiado Y amargura de un sueño que murió.</p> <p>Sur... Paredón y después. Sur... Y una luz de almacén. Ya nunca me veras como me vieras, Recostado en la vidriera y esperándote.</p> <p>Ya nunca alumbraré con las estrellas Nuestra marcha sin querellas Por las noches de Pompeya. Las calles y las lunas suburbanas Y mi amor y tu ventana Todo ha muerto ya lo se.</p>
--	--

que na época, ainda eram parte do subúrbio portenho. De seus poemas dedicados à cidade, os mais exemplares são “Barrio de Tango” (1942) e “Sur” (1948). Os dois têm as marcas dos impactos sobre esse camponês, surpreso ao mudar-se para a cidade grande. O primeiro lembra os tempos de Manzi no colégio em Nova Pompeya. “Sur...”, segundo Salas, evoca a amplitude do “suburbio, en la que se intuye la proximidad de la pampa. El aire de límite ciudadano se encuentra en las palabras y *todo el cielo*, y en el *perfume de yuyos y de alfafa* que descubre la presencia del barrio y de la pampa que confluían en un costado difuso de la ciudad en pleno desarrollo” (cf. 190).

De um lado, se o espírito crítico e a consciência social ou mesmo a ironia de Solanas, trazem um “céu às avessas” que explicita um olhar da Europa “para baixo”. Em contraponto, ele ressalta a saudade da “imensa lua” e o “cielo” do Sul, uma constante no saudosismo e na

melancolia dos tangos. Essas miradas do Barrio Sur e da tradição “tanguera” para a direção Sul têm uma expressão cheia de sentimento na música e letra<sup>27</sup> de Eladia Blázquez, interprete e compositora de seus temas cuja obra baseia-se, de forma realista, num Buenos Aires nada

fantasioso onde Eladia mantém sua forte consciência crítica do contexto em que vive. “El Corazon al Sur” de Eladia Blázquez aparece em extrato no QUADRO 5.

<p><b>EL CORAZON AL SUR (1975)</b> Eladia Blázquez</p> <p>Nací en un barrio donde el lujo fue un albur, por eso tengo el corazón mirando al sur. (...)</p>	<p>La geografía de mi barrio llevo en mí, será por eso que del todo no me fui: la esquina, el almacén, el piberío los reconozco... son algo mío... Ahora sé que la distancia no es algo real</p> <p>y me descubro en ese punto cardinal volviendo a la niñez desde la luz, teniendo siempre el corazón mirando al sur...</p>
--	--

Quadro 5

O céu e a circulação do tango e sobretudo das gentes do tango, lembram um contexto intenso das entradas e saídas como no sistema da FIGURA 1. Contexto sociocultural em que ordens diversas e opostas entrecruzam-se com amor, paixões e ódios e, infelizmente, também com repressões. É a “fronteira” Buenos Aires - Europa,

27

<p><b>EL CORAZON AL SUR (1975)</b> (Eladia Blázquez)</p> <p>Nací en un barrio donde el lujo fue un albur, por eso tengo el corazón mirando al sur. Mi viejo fue una abeja en la colmena, las manos limpias, el alma buena. Y en esa infancia, la temolanza me forjó, después la vida mil caminos me tendió y supe del magnate y del tahir, por eso tengo el corazón mirando al sur.</p> <p>Mi barrio fue una planta de jazmín, la sombra de mi vieja en el jardín,</p>	<p>la dulce fiesta de las cosas más sencillas y la paz en la gramilla de cara al sol... Mi barrio fue mi gente que no está las cosas que ya nunca volverán si desde el día que me fui, con la emoción y con la cruz ¡yo sé que tengo el corazón mirando al sur!...</p> <p>La geografía de mi barrio llevo en mí, será por eso que del todo no me fui: la esquina, el almacén, el piberío los reconozco... son algo mío... Ahora sé que la distancia no es algo real</p> <p>y me descubro en ese punto cardinal volviendo a la niñez desde la luz, teniendo siempre el corazón mirando al sur...</p>
--	---

intercessão de extraordinárias ambigüidades entre ser de dentro/fora, estar longe/perto nos tantos “países” da Argentina – talvez, com a inspiração de Gardel. Como (QUADRO 6), essa parece ser ...”La Cancion de Buenos Aires”:

<p><b>LA CANCION DE BUENOS AIRES</b> (1932)</p> <p>Buenos Aires, cuando lejos me vi sólo hallaba consuelo en las notas de un tango dulzón que lloraba el bandoneón. Buenos Aires, suspirando por ti bajo el sol de otro cielo, cuánto lloré mi corazón escuchando tu nostálgica canción.</p> <p>Canción maleva, canción de Buenos Aires, hay algo en tus entrañas que vive y que perdura. Canción maleva, lamento de amargura, sonrisa de esperanza, sollozo de pasión.</p>	<p>Ese es el tango canción de Buenos Aires, nacido en el suburbio que hoy reina en todo el mundo. Este es el tango que llevo muy profundo clavado en lo más hondo del criollo corazón.</p> <p>Buenos Aires donde el tango nació, tierra mía querida. Yo quisiera poderte ofrendar toda el alma en mi cantar y le pido a mi destino el favor de que al fin de mi vida oiga el llorar del bandoneón. entonando tu nostálgica canción.</p> <p>Autor: Manuel Romero Música: Azucena Maizani y Orestes Cúfaro</p>
---	--

QUADRO 6

Do Sur de Benedetti, e outros tantos “lugares de Sul”, sejam eles os do hemisfério norte -- em “Si el Norte fuera el Sur”, de Arjona -- ou os de Chico Buarque e Ruy Guerra onde “Não existe pecado ao Sul do Equador”<sup>28</sup>, a dependência do referencial hegemônico, exige

resistência e mudança para que “todo o mundo saiba que o Sul também existe”.

Nós, dos muitos “lugares de Sul”, só reafirmaremos a existência do Sul, onde quer que ele esteja representado, pela consciência de nossos referentes e referenciais, a cada instante em construção, re - conceituados e re - simbolizados na própria vivência de nossos contextos.

Ainda que nos digam como Gilberto Gil:

“Se oriente, rapaz  
Pela Constelação do  
Cruzeiro do Sul (...)” Se  
oriente, rapaz

Pela constatação  
de que a aranha  
Vive do que tece”

Temos sempre que conferir e nos dizer, também como Gil:

28 “Não existe pecado ao Sul do Equador”, Chico Buarque de Holanda e Ruy Guerra, 1972-1973.

“Vê se não se esquece.

Pela simples razão de que tudo merece consideração”<sup>29</sup>

## Bibliografia

- Bachelard, Gaston, *La Formation de l'Esprit Scientifique: contribution a une psychanalyse de la connaissance objective*, Paris, Vrin, 1970 [1938].
- Benedetti, Mario, “El Sur Tambien Existe”, **Preguntas al azar** (poesia), Seix Barral, Buenos Aires, 1993.
- Cardoso de Oliveira, Roberto, *Sobre o Pensamento Antropológico*, Rio de Janeiro/Brasília, Tempo Brasileiro/CNPq, 1988.
- De certeau, Michel, **L'Invention du quotidien. 1. arts de faire**, Paris, (folio/essais), Gallimard, 1990.
- Descola, Philippe, *La Nature Domestique, Symbolisme et Praxis dans l'Écologie des Achuar*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, 1986.
- Ferreira, Aurélio Buarque de Holanda, **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**, Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1975.
- Ferreira, Aurélio Buarque de Holanda, **Novo Dicionário da Língua Portuguesa (Dicionário Aurélio Eletrônico – V. 2.0)** Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1996
- Freire, Paulo e D'Olne Campos, Marcio, “Leitura da palavra... leitura do mundo”, **o Correio da UNESCO**, 19, 2, pp. 4-9, fevereiro 1991.
- Freire, Paulo, **Pedagogia do Oprimido**, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1981.
- Geertz, Clifford, “Estar lá, escrever aqui”, **Diálogo**, v. 22, 3, 58-63 1989
- Ginzburg, Carlo, **Mitos, Emblemas e Sinais, Morfologia e História**, Companhia das Letras, São Paulo, 1989.
- Kuhn, Thomas S., **A Estrutura das Revoluções Científicas**, São Paulo, Perspectiva, 1964. Latour, Bruno, “Comment Redistribuer le Gran Partage?”, **Revue de Synthèse**, vol CIV, n<sup>o</sup>110, 203-235, avril-juin, 1983.
- Leach, Edmund, “Anthropos” in *Anthropos-Homem*, volume 5, Enciclopédia Einaudi, R.Romano (dir.), Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1985.
- Leach, Edmund, *Cultura e Comunicação – A Lógica pela qual os Símbolos Estão Ligados – Uma Introdução ao Uso da Análise Estruturalista em Antropologia Social*, Rio de Janeiro, Zahar, 1978.
- Mauss, Marcel, “Répresentations et Répresentations Collectives”, in **Sociologie et Anthropologie**, Quadrige/PUF, Paris, 1950 [1924].
- Salas, Horácio, **El Tango, una guía definitiva**, Aguilar, Buenos Aires, 1996
- Sperber, Dan, **O Simbolismo em geral**, São Paulo, Cultrix, 1978 [1974].

---

29 “Oriente”, Gilberto Gil, 1971.





Sperber, Dan, "Pourquoi les animaux parfaits, les hybrides et les monstres sont-ils bons à penser symboliquement?", **L'Homme**, avril-juin, XV (2), pp. 5-34, 1975.

Tournier, Jacques, *Barbara ou Les Parentheses*, Paris, Seghers, 1968.

**Un siglo de TANGO!**, CD-ROM, Sierra 3 Tandil, Buenos Aires, 1995.

Urton, Gary, "Orientation in Quechua and Incaic Astronomy", *Ethnology*, 17, no. 2, 157-167, 1978.

# The nature of science: a didactical issue<sup>1</sup>

Matilde Vicentini<sup>2</sup>

## Introduction

In literature on education we are witnessing a growing concern on the need to communicate not only the contents of scientific disciplines but also the epistemological aspects so that scientific literacy could be attained<sup>3</sup>. When reading the literature I often feel a sense of uneasiness with regard to the overlapping of different aspects of the problem. The first aspect is related to the knowledge of “science”. This implies the understanding and learning of the contents agreed upon by the scientific community on the basis of observation and experimentation in natural phenomena. Or rather, the theoretical framework which accounts for the empirical data and some procedures for the collection and analysis of data and of formal mathematical treatment.

The second aspect is related to the knowledge “about science” and has different facets. First there is the meta-reflection on the production and evolution of the contents of science. This boils down to the procedural methodology of making observations, planning experiments, developing theories and models, comparing theoretical analysis with empirical data. Further, there are the social aspects of making science for what concerns the internal organization of the scientific community, i.e. research groups, organization and interactions, publication procedures, role of conferences and symposia, scientific debates. There is also a sociopolitical aspect based on the relationship between the scientific community and society as a whole (for instance, criteria and sources of financial support; also popularization efforts and ethical problems). “Knowing science” and “knowing about science” thus seem to stand at two different cognitive levels. While it is possible to learn science without a metareflection on “what is science”, the reverse is not true: the meta-reflection is possible only if there is some knowledge to act on at a meta-level.

An example of the difference between the two levels may be found in the relationship between theories and experimental data: at the level of “knowing science” the understanding of the relation is restricted to general information on experiments and data that form the empirical basis of the theories to be learned and to the procedures of data evaluation and processing. At the level of “knowing about science” the understanding involves the knowledge of how experiments are planned and carried out, how procedures for taking and analyzing data are

---

1 Published at *Acta Scientiarum* 22(5):1285-1295, 2000. ISSN 1415-6814.

2 Dipartimento di Fisica “Enrico Fermi”, Laboratorio di Didattica delle Scienze, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

3 See also: Interchange, v.28, n.2-3, 1997. Special Issue on History and Philosophy of Science and Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, v.35, n.2, 1998. Special Issue on Epistemological and Ontological Underpinnings in Science Education. *Science and Education*, v.6/7, 1997/1998. Special issues about the nature of Science and Science Education.

developed and justified, how technology contributes to scientific research, how theoretical and experimental researchers react to problematic or unexpected experimental evidence<sup>4</sup>.

In research literature one may find many articles concerning the ideas or misconceptions held by students (and different tools have been proposed to detect them), but the same questions stayed on: a) Why should a student develop a “correct” image of science while studying science? b) Anyway which one is the “correct image of science”? Researchers seldom makes this explicit.

This brings me to focus still another question: To which kind of experts should a researcher in education or a science teacher recur for developing a reasonable idea about science and for planning the ways of communicating it to students?

The answer seems simple: the expertise that is required may be found in part in the work of philosophers, epistemologists and sociologists and in part in the work of scientists. However, the two parts focus different aspects of the problem to science educators and teachers. Moreover I often have the impression that science educators recognize the competence of philosophers, epistemologists and sociologists on the issue, while scientists are often assumed not to be reliable in talking about “what is science” as they are so involved in “doing science” that they do not have the time and the competence to argue about what they are doing<sup>5</sup>.

In fact, I seldom find references to the outstanding scientists who have written about science: Duhem and Poincaré are examples from the past, De Gennes (1994), Jacob (1997), Gellmann (1994), Cini (1994), Levy Leblond (1996) are more recent examples. Of course, epistemologists and philosophers have this competence since they have studied the work of the scientists in historical records. Nevertheless, little has been done on the “science in the making”. Latour (1998) says that “there is a philosophy of science, but unfortunately there is no philosophy of research. There are many representations and clichés for grasping science and its myths; yet very little has been done to illuminate research”.

Something is available on the relation theory-data-reality, on the interactions among scientists in a laboratory setup (Latour 1979, Giere 1988 are examples) and on the role of technology (Gallison 1997). However, we must note that scientists do not publish the detailed history of the planning and definition of an experiment, together with the reasons for choices in technology and the dead ends of trial measurements.

In the articles one finds the final apparatus, with the indication of measurement instruments and, eventually, procedures and experimental results. It may sometimes happen that, from the planning of an experiment, the design of a new instrument or a calibration procedure are produced. However, these technical details are generally published in the appropriate technical journals without any reference to the experiments that prompted their development.

---

4 It may be noted that often the experiments used for understanding science are didactical experiments, which have no place in the evolution of scientific knowledge. Compare the “air-track” experiments for Newtonian Mechanics with Galileo’s thought experiments for imagining a world without friction.

5 Implicitly this is a recognition that learning science and learning about science lies at different levels.

Research articles therefore present a tale of the experimental research not as it has been developed but as it could have been developed in an ideal world in which no accidental effects interfere in the story.

Coming then back to my questions, my answer to the first is that students will not develop a correct image of science unless explicitly taught. This teaching must be strongly connected with examples of true research activities.

The answer to the second is that a lively debate about what may possibly be a “correct” image of science should be acknowledged.

Such a debate involves philosophers, science educators and scientists. However, while philosophers and science educators are exchanging ideas in conferences (see the periodic meetings of the “History, Philosophy and Science Teaching” International Group: Tallahassee, Kingston, Minneapolis) and in the literature of Education, scientists are more often discussing within their community. As a rule, the latter is reluctant to hold discussions with philosophers and is only very rarely engaged in the connected educational problems. The communication gap between scientists and researchers in Education is quite symmetrical as the latter seem to prefer to listen to what philosophers say about the work of a scientist than to scientists speaking of what they are actually doing.

In any case, we are convinced that, in order to facilitate communication, researchers in science education should make explicit the image of science that guides their work.

Therefore, in the next section I will discuss our understanding of the structure and evolution of scientific knowledge which will frame the case studies reported in section 3 as possible themes for a didactical communication of the relation theory-experiments-technology.

## **What is science?<sup>6</sup>**

I will give a possible answer to this question with regard to a) the aims of scientific work, b) the structure of scientific knowledge, c) science as a social enterprise.

### **The aims of scientific work**

Notwithstanding the fact that knowledge of the natural world is a product of the human cognitive ability with roots in the prehistory of mankind, essentially important for surviving, we ask ourselves what are the aims of the kind of work we call nowadays “science”.

If we look at the history of modern western science, we see that, since the beginnings of the so called “scientific revolution”, scientists themselves have been engaged in a lively debate on the aims and the scope of the new “Philosophy of Nature” (think, for instance, about the debate between Cartesians, Leibnizians and Newtonians). The “modern” epistemological debate arose probably from the well-known “crisis” of the mechanical world picture at the end of the last century

<sup>6</sup> What is reported in this section is the shared agreement reached, after a very lively debate, by our group while working on the European project Laboratory in Science Education (Bandiera et al, 1998)

(Duhem wrote his famous book to show that the aim of Physics is not to “explain” but to “describe” and “classify” phenomena). At present military applications, ecological and bioethical debates have given rise to the problem of social control on the aims of scientific activity.

We may look for a definition of the aims of science from the inside and from the outside of the scientific community. Epistemologists look at science from outside, doing research on problems that have become part of the traditional problems of their community, but are not often shared by professional scientists. On the other hand, professional scientists are part of a “scientific community” which states the rules for scientific behavior. We should then take into account not only the aims but also the “rules of the game” of the scientific community.

Every member of this community will easily agree that the aims of his work are (1) to increase the understanding of the world we live in; (2) to develop knowledge aimed at a better control and prediction of phenomena and events, to make this knowledge “useful” for the development of new technologies.

To reach these aims, scientific research results are “public”. Each individual contribution - which obviously may incorporate opinions, styles, tenets of individual scientists, restricted groups, etc. - is subject to the scrutiny of a wider scientific community (for instance, the “referees” of scientific reviews). Therefore, scientific ideas or experimental results are always exposed to criticism and may give rise to debates among different scientists, research teams, etc. A difference may be encountered between theoretical and experimental research, since the latter is more aimed at reaching an intersubjective agreement based on the reliability of data.

Instruments for the confrontation of ideas are scientific reviews, conferences and symposia (where new ideas may be debated and eventually accepted or rejected), scientific societies (which may stimulate new lines of research), workshops, etc. Therefore the terms of the confrontation are, on one hand, the natural world of phenomena (which includes the experimental outcomes of laboratory practice) and, on the other, the different points of view of different scientists and the exercise of accurate criticism. Thus, the development of science requires both an “intersubjective” agreement on rules, criteria, models of explanation, background knowledge etc. and the competition of different point of view, via scientific debates and criticism.

## **The structure of scientific knowledge**

Currently science is organized in different fields, each one characterized by a common shared set of theories, models, empirical laws, methodologies of research. This common shared knowledge is, as we have already pointed out, the knowledge obtained about that part of the world which pertains to the field of research by the intersubjective agreement among different scientists who have the competence for comparing models and theories with natural phenomena, experimental outcomes, technological products.

Since each subfield has its own specificity, scientists of different fields

may have difficulties in communication. However, the interrelations between theories, models, experimental outcomes, technological products cross over the different fields of the experimental sciences.

We will show this structure in the two conceptual maps (Figure 1 and 2). Figure 1 shows the relation between the “real world” of facts/events/phenomena and the “ideal world” of models and theories. Figure 2 tries to explain the relation between theories (theoretical research) and experimental data (experimental research), while pointing out the importance of technology and suggesting a possible evolution of shared knowledge.

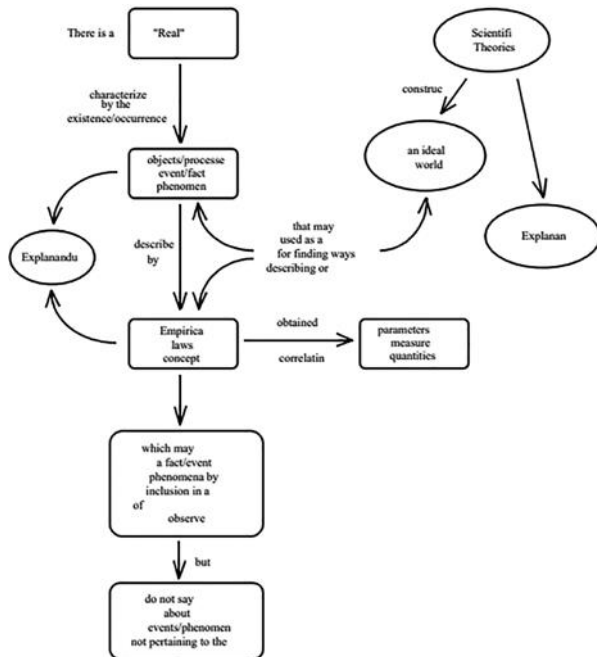


Figure 1. Conceptual map of the relation between the “real world” of phenomena and the “ideal world” of theories

Some commentaries:

- The statement “data are theory-laden” should be changed into “any research project, either theoretical or experimental, is laden by all the shared knowledge, at a given time, in the three aspects of theories/models, experimental outcomes, technological artifacts”.
- Problems that may be solved by scientific research are contextually defined at any given time and change in the course of time along with the evolution of the shared knowledge and with changes in the social context.
- There is a difference between theories and empirical laws. Empirical laws maintain

their validity in correlating experimental data (in the accuracy range defined by the measurements), even if the theory supposed to explain them changes or is rejected.

- There is a difference in the kind of explanation given to a phenomenon by an empirical law or a theory: an empirical law “explains” only in the sense of including the phenomenon in a family of phenomena (if you want, an empirical law “explains” a fact by defining the “sameness” with other facts). A theory tries to explain it by the use of concepts and variables which are not defined at the level of the empirical laws and which are invoked as “the reason why” of the relations among measured quantities.
- Any kind of scientific experimental work requires the acquisition of competence in the knowledge shared by the community. A necessary step before planning an experiment and collecting new data involves the analysis of the experimental data already available.
- Research may develop in various directions:
  - a) development of theoretical aspects related to new or anomalous data;
  - b) logical organization of theoretical aspects;
  - c) technological development;
  - d) experimental verification/falsification of theoretical hypothesis;
  - e) experimental exploration of fields opened by theoretical or technological developments;
  - f) analysis of experimental data in search of empirical correlations/generalizations;
  - g) analysis of experimental data in the light of new theoretical hypothesis;
  - h) collection of observational information and correlations.
- As empirical laws unify different sets of experimental data and theories unify different sets of empirical laws, one gains an obvious advantage of economicity of representation and communication in reaching a more and more unified scientific knowledge (the overarching framework that scientists aim to construct). In a given field, at a given time, the degree of possible unification is often known to the scientists. However, it is more practical to use the knowledge at a lower level of unification for the solution of well-defined problems.

### **Science as a social enterprise**

The scientific community judges the validity of a (theoretical or experimental) research with arguments that may be both theoretical and experimental. Its aim is to reach an “objective” judgement, devoid of personal biases or opinions. However, a “subjective” component cannot be completely avoided. Biases and systems of beliefs may be particularly relevant when experts have to make decisions on the financial support of research projects.

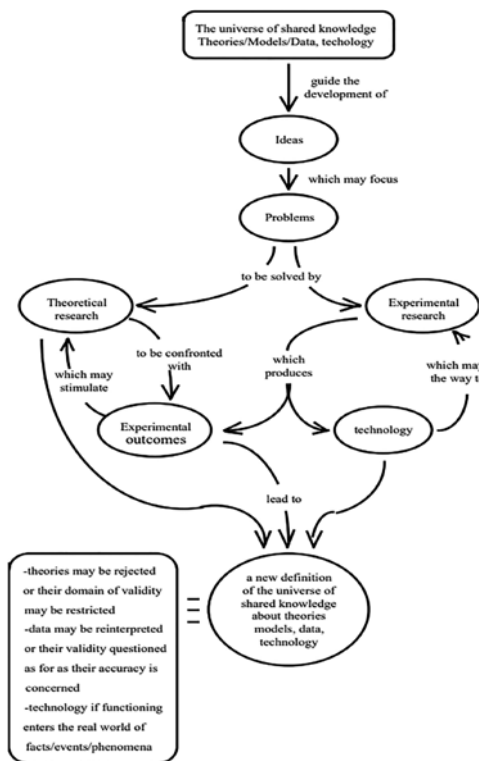


Figure 2. Conceptual map of the structure of scientific knowledge

Experimental work is nowadays organised in work groups in which every scientist contributes according to his particular competence and capacities. Scientists who are able to contribute to all aspects of a scientific enterprise are very few. The dimension of a group of experimental research may include several hundred persons: this is typical of the so-called “big science”, such as in High Energy Physics or Genoma Project. Requesting a financial support, any research project is conditioned by its socio-economic-political context.

### Case studies for didactical communication

I will present three examples for a didactical activity aimed at conveying ideas on the epistemological aspects of Physics as an experimental science. The three examples have roots in my personal research activity and I apologise if I will not give good references to philosophical work.

### Thermodynamics

This is an interesting case of the “freezing” of didactic communication at the theoretical frame developed at the end of the nineteenth century. Moreover, the phenomenological and technological aspects on which the definition of the



theoretical frame was based are often forgotten (for an extensive discussion see Tarsitani 1996). I may summarize them synthetically:

- The first point concerns the definition and measurement of the intensive variables temperature and pressure. The building and calibration of accurate thermometers was a major concern for good empirical data collection.
- The phenomenology of transport phenomena and of some equations of state was well known since 1820-1850 (Fourier, Fick).
- The technology of heat engines poses problems for efficiency (see Carnot).
- The importance of friction-dissipation for the reaching of equilibrium is known in different fields (see Joule).
- The analogy of the relation  $\Delta h/\text{fluid flow}$  ( $h$  is the intensive variable conjugated to the extensive flow variable) and  $\Delta T/\text{heat flow}$  is well known, but the focus of the second principle is only on  $\Delta T$ .
- The atomic model is but a hypothesis. The two problems of defining the equilibrium properties (connected with the need of a non-conservative variable, the entropy) and of proving the validity of the atomic hypothesis, contemporary present, require debates.

At the beginning of this century entropy fully entered the theoretical frame with the establishment of Gibbs relations

$$dU = TdS - pdV + \mu dN$$

$$0 = SdT - Vdp + Nd\mu$$

The road is thus open to the theoretical development achieved during the twentieth century, which I may summarize as follows:

- Research is devoted to organize logically the theoretical frame. Attempts to axiomatize the theory are advanced (Caratheodory, Gibbs).
- A theoretical frame for transport phenomena is proposed for the steady state case. The production of entropy in a real process may be calculated by using the phenomenological relations. There are problems in the prediction of the behavior of signal transmission.
- A fluid model is largely used in a thermodynamic process, while statistical thermodynamics is a growing field.
- A mesoscopic approach needs to be developed when the limits of validity of the macroscopic approach become evident (fluctuations at the critical point, the limit of OK temperature).
- The generalization towards a complex system is accomplished.
- Proposals for treating general processes are being developed as extensions of the theoretical frame of the equilibrium case (see Extended TD).

### Low temperature physics

At the beginning of the twentieth century the phenomenological frame of equations on fluid state and on the conduction properties of metals was well established. In both cases a theoretical frame (thermodynamics for the first and

electromagnetism for the second) was also available.

The development of the technology of producing low temperature was developed and the properties of fluids and metals could be studied. No strange behavior was predicted by the theoretical frame.

“Every substance will solidify at low enough temperature” and “the resistibility of metals will change with continuity” were reasonable predictions. Problems were raised when it was discovered that helium did not become solid by just lowering the temperature but showed strange properties of “superfluidity”. Further, some metals showed an abrupt disappearance of the resistibility at a definite critical temperature (superconductivity).

As soon as the phenomena were judged empirically, the search for a theoretical explanation raised the interest of scientists. Much more interest was devoted to superconductivity than to superfluidity because of the possible technological applications. The first theory of superconductivity (BCS theory), however, limited the phenomena to metallic materials. The field of high temperature superconductivity has been mainly driven by interests in the technological applications and still lacks a good theoretical explanation.

I will here present the case of superfluid helium (Atkins 1959, London 1964), a liquid with strange macroscopic properties which attracted the interest of many famous scientists but remain practically unknown to students. At the beginning of the century the University of Leyden in the Netherlands was a very good centre of research for the properties of fluids. Kamerlingh Onnes first succeeded in reaching the critical point of helium (5,2 K) in 1908. It was, of course, assumed that the phase diagram of helium would correspond to the well-known diagram of Figure 3 with the reaching of the ordered solid phase for low pressures and zero temperature. However, in exploring the liquid phase, another sort of critical point appeared at the temperature of 2,19 K, below which the liquid behaved differently from ordinary liquids.

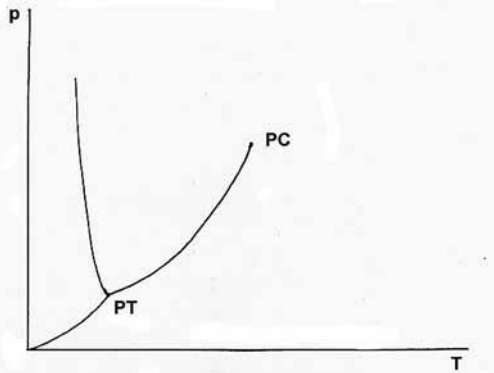


Figure 3. Phase diagram of ordinary substances

Approximately 30 years were needed to reach a reasonable phenomenological account of the properties of this new liquid phase. We may quote London:

*“In 1908 Kamerlingh Onnes succeeded in liquefying helium (critical temperature 5.2 K). Yet almost thirty years passed before it became*

apparent that liquid helium, if cooled below 2.19 K, transforms [itself] into a substance which is entirely different from all other liquids. Though numerous observations of strange behavior of liquid helium had been made over a period of years, not until 1937 did it become clear that new differential equations were required to describe the mass flow and the heat flow of “superfluid” helium, i.e., liquid helium below 2.19

K....

That something strange happens to liquid helium at about 2.2 K was noticed by Kamerlingh Onnes as early as 1911. He found that when the liquid is cooled below that temperature it starts expanding instead of continuing to contract, thus deviating from the behaviour of most substances. Later, in 1924, Kamerlingh Onnes and Boks made more elaborate measurements and found that the density temperature function has a sharp maximum with a discontinuity of its slope (discontinuous thermal expansion coefficient) at that temperature. In 1928 Keesom and Wolfke, comparing the discontinuity with a phase transition, were first to use the terminology “helium I” and “helium II”, suggesting the idea of a kind of allotropic modification, helium II being the low temperature form. From the beginning it seemed very odd to imagine that a kind of allotropy could exist in a liquid, especially if the liquid consisted of such extremely simple spherically symmetric monatomic molecules as He. In fact, in contrast to ordinary phase transitions, the transition from helium II to helium I is not accompanied by a latent heat. Specific heat measurements by Keesom and Clusius in 1932 showed a singularity of the specific heat curve whose characteristic profile, resembling the shape of the letter  $\lambda$  has given rise to the name “ $\lambda$ -point” for this kind of singularity. Lambda-points occur in many substances and are characterized by vanishing latent heat and the abovementioned sort of singularity of the specific heat” (London 1969, p.1- 2; Figure 4).

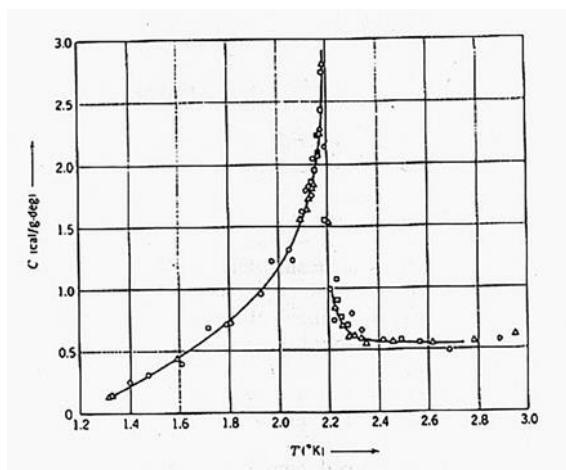


Figure 4. The  $\lambda$  discontinuity in specific heat

The phase diagram of liquid helium (Figure 5) shows two peculiarities:

- a) instead of one triple point between the solid, liquid and gaseous states, there are two triple points at the end of the  $\lambda$  line which separates liquid helium I from liquid helium II.
- b) The melting curve is practically horizontal and approaches the zero temperature at a pressure of about 25 atm: liquid helium is a substance that cannot be solidified under its own vapour pressure merely by cooling.

The strange behavior of liquid helium II particularly concerns the flow and heat conduction properties.

Starting from heat conduction, a first hint of the difference from ordinary liquids may be visually observed when pumping over a helium bath in order to decrease the temperature following the vapour pressure line: the liquid boils vigorously until the temperature of 2.19 K is reached; suddenly the boiling stops and the liquid remains quiescent while the temperature continues to decrease.

Further investigations on heat conduction showed a marked dependence on geometrical properties and a very high heat conductivity compared with that of normal liquids.

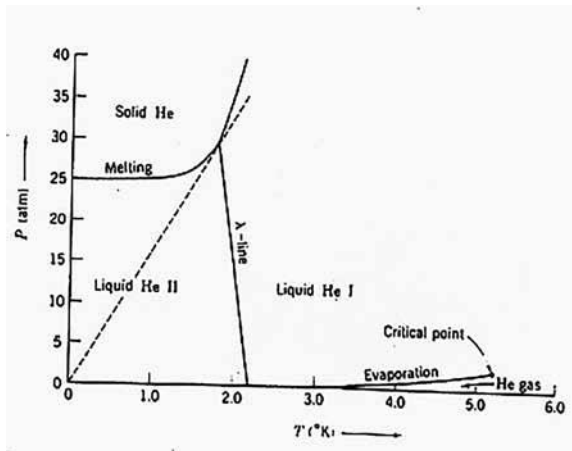


figure 5. the phase diagram of helium 4

Moreover, it was shown that a temperature difference gave rise to a pressure difference (mechanic-caloric effect) which produced the spectacular “fountain effect” with vessels connected by a very thin capillary (Figure 6). This indicates that flow properties were enhanced when diminishing the cross section of the connecting tube.

Flow properties lead to viscosity measurement. In this case one observed a strong discrepancy with ordinary liquids. The two experimental procedures (capillary flow and rotating disk damping), which were acknowledged reliable as leading to values for the viscosity coefficient  $\eta$  within experimental accuracy, reported values of  $\eta$  which differed by orders of magnitude. The value of  $\eta$  from the capillary flow measurement was very low (even lower than the value for gaseous helium) while the value from the rotating disk experiments, although decreasing with decreasing

temperature, was not very different from the viscosity of He I.

Which experimental value should be taken as correct? More questions however came when the “supersurface film” was discovered quite accidentally in 1922 by Kamerlingh Onnes. He had observed the transfer of helium, at a very striking speed, between two disconnected vessels if there was a difference in the level of liquid. The transfer stopped when the levels reached the same height. The effect was successively explained by assuming the existence of a peculiar film of helium of an anomalously large heat conductivity covering all walls that are in contact with the liquid. The presence of the film was then verified (1938) by independent groups who determined the film thickness ( $\cong 3 \cdot 10^{-6}$  cm).

One had thus quite a large amount of empirical data that could not be explained by existing theoretical frameworks. The connection between heat conduction and flow behavior indicates that some of the usual differential equations of macroscopic Physics do not apply to liquid helium II.

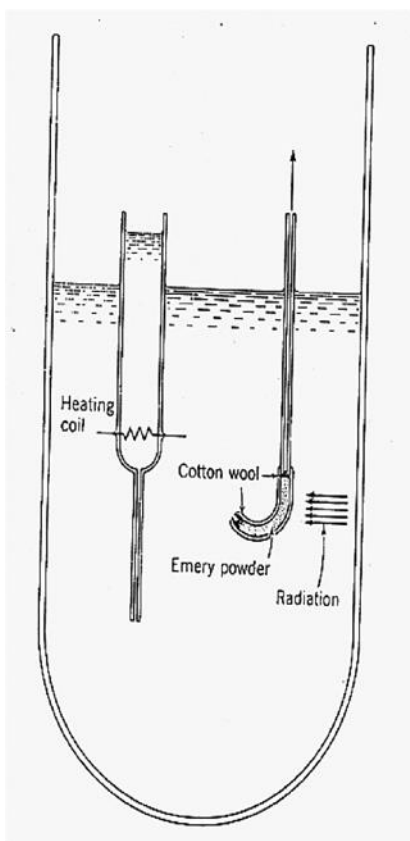


Figure 6. The fountain effect

The  $\lambda$  discontinuity in specific heat suggests that the  $\lambda$  transition is a second order phase transition in the Ehrenfest classification. The persistence of the liquid state up to OK suggests the existence of some kind of order in the momentum space at the expense of order in ordinary space. Anyway, the stability of the liquid state at low temperature is well explained by a thermodynamic reasoning which, correlating macroscopic properties, show that the energy of the system in the liquid phase is lower than that in the solid one. Also it is well known that an ideal Bose-Einstein gas has a critical temperature for condensation in the lowest quantum state.

All this theoretical items lead to the development of a model (the two fluid model) which correlate many of the most striking phenomena of liquid helium on a common theoretical basis and, moreover, of predicting new properties.

The model employs the qualitative features of a degenerating Bose-Einstein gas and discrepancy in viscosity measurements to put forward the hypothesis that liquid helium II behaves "as if" it were composed by two interpenetrating fluids, the normal and the superfluid [the "as if" underlines the model nature of the mixture of fluids: normal and superfluid cannot be separated as ordinary fluid mixtures].

The superfluid (corresponding to the condensed phase of the Bose-Einstein liquid) is characterized by a density  $\rho_s$  that increases from 0 at the  $\lambda$  temperature to the total density  $\rho$  of the liquid at OK. It does not contribute to entropy and to viscosity:

$$S_s = 0$$

$$\eta_s = 0$$

The normal fluid (the carrier of the entire thermal excitations) is characterised by a density  $\rho_n$  which decreases from the density  $\rho$  at the  $\lambda$  temperature to zero at OK. It contributes to entropy and viscosity:

$$\rho S = \rho_n S_n$$

$\eta_n$  of the order of the viscosity of liquid helium I at the  $\lambda$  temperature.

Each of the two fluids has its own velocity field ( $v_n, v_s$ ) such that

$$\begin{aligned} \rho_s + \rho_n &= \rho \\ \rho v &= \rho_s v_s + \rho_n v_n \end{aligned}$$

The discrepancy in the viscosity measurement is easily explained by the fact that the normal fluid, in a capillary apparatus, is held back by its viscosity. The flow is mainly due to the superfluid. On the other hand, in a rotating disk apparatus, the disk is not affected by the superfluid and damping is totally due to the normal fluid.

A first check of the validity of the model was obtained by the experiments by Andronikashvili who used a pack of disks made of aluminium sheets. Such an oscillating disk system provides two sets of information at the same time: damping is connected to the viscosity ( $\eta_n \rho_n / \rho$ ), while the frequency gives the mass ratio ( $\rho_n / \rho$ ).

The results of the experiments are shown in Figure 7.

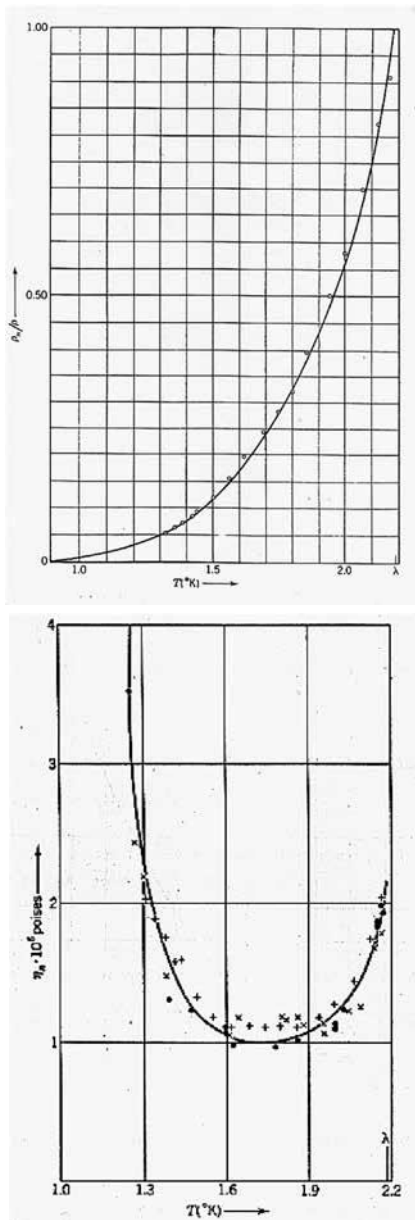


Figure 7. Density and viscosity of the normal fluid

An interesting prediction may be derived from the two-fluid model concerning the possibility of propagation of thermal waves (then called

sound). It is analogous to the derivation of the ordinary sound equation (pressure waves) in that it assumes Euler equation of hydrodynamics for the liquid as a whole, the continuity equations for mass and entropy in the form

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \text{div} \rho v = 0$$

$$\frac{\partial ps}{\partial t} + \text{div}(\rho s v_n) = 0$$

Two separate equations may be written for the flow of the normal and the superfluid. It is assumed that a temperature gradient besides the pressure gradient may contribute to the flow (that's why they are called "thermohydrodynamical equations").

I will not go into more details in the calculations, but only give the results. A wave equation for temperature is obtained with a velocity

$$u_{II}^2 = \frac{\rho_s}{\rho_n} \left( \frac{s^2 T}{c_p} \right)$$

The experimental data obtained by Peshkov in 1944 (Figure 8) show the agreement of the measured data with the predicted value. Needless to say the history of superfluidity does not end at this point. However, I think that its beginnings are a nice opportunity to discuss the issues with students:

- a) the role and importance of technological developments for experimental inquiries,
- b) the role of experiments planned not for answering a specific theoretical question but driven by a position of the kind "Let's see what happens if (temperature is lowered) now that we have the technical possibility of undertaking the condition (lowering the temperature)",
- c) the changing role of empirical data as inputs for developing theories into theories as input for producing empirical data.

## Phase transitions

On one hand this is an interesting case for the relation theory/data/technology; on the other hand, it is interesting for the convergence of different fields of research. The well-known Van der Waals equation of state predicts the existence of a critical point for the transition liquid-vapour and the qualitative behavior of fluids



at this point.

The experimental data, however, show a lack of reproducibility which stimulates the search for more accurate thermostats and instruments and for procedures to purify the material systems in investigations. The values of the critical pressures and temperatures require high pressure, high temperature apparatus and measuring devices.

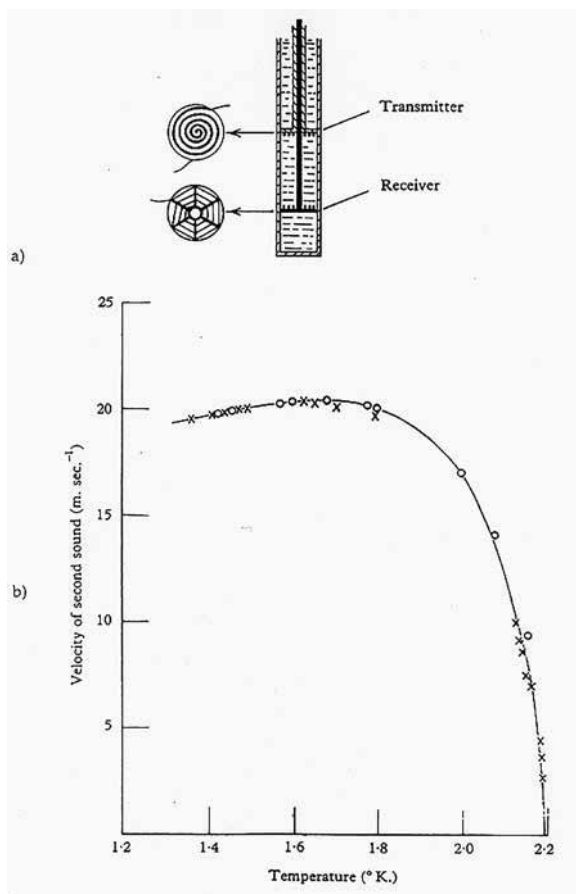


Figure 8. Second sound velocity

In the 1930 the Michels' Dutch group published a large set of isotherms of CO<sub>2</sub> in the critical region. The quantitative disagreement with Van der Waals equation was clear. The presence of a systematic error due to the gravity field was also established and the data closest to the critical point were excluded from the empirical validity.

In a different field, the transition from paramagnetic to ferromagnetic

behavior had found a theoretical description (the Curie-Weiss law) which showed an analogous quantitative disagreement with the experimental data produced by Weiss during the same period. The magnetic case raised the interest of theoreticians who proposed a microscopic model for the transition (Ising model). Since an analogous model (the lattice-gas model) was derived for fluids, it began to be recognized that critical point behavior in different fields could have the same explanation.

However, the quantitative disagreement with the theoretical description (Van der Waals – Curie Weiss) focused the attention of both theoreticians and experimentalists on the singularities in the thermodynamic variables along particular curves. An example: Van der Waals predicts a divergence to infinity of the compressibility on the critical isochore as  $K \propto \tau^{-1}$  which is not followed by the empirical data. It may be described by a power law  $K \propto \tau^{-\gamma}$  with  $\gamma \sim 1.2$ . The experimental focus was on the determination of the “critical exponents”, describing the singularities of thermodynamic variables in the approach to the critical point.

It may be noticed that a strong belief in the continuity features of our representation of the world raised some resistance to the acceptance of non-rational values for the exponents: all sorts of possible flaws in the experimental procedures were then analyzed.

When a new theoretical hypothesis (the scaling law hypothesis) in the 1950-60 suggested the use of experimental data in the whole critical region and not just on particular curves, data were not available for any substance. While experimentalists devised new measuring systems with the possibility of high accuracy, the old data by Michels and Weiss were reanalyzed in the light of the new hypothesis and with the empirical support needed (for a more detailed historical account, see Domb 1996). The lesson is that theories do change but experimental data, when good, maintain their empirical value.

## Conclusions

The three cases show that the aim of didactical communication on science is that “Classical science is a conversation between theory and experiments. A scientist can start at either end - with theory or experiment - but progress usually demands the union of both theory to make sense of the experiment and data to verify the theory” (Kelly 1998). However, we must also show that the development of the conversation is strongly related to the context. Conversation may run smoothly or give rise to hot debates, while stimuli may come from other conversations...

At first in thermodynamics the debate was hot with regards to the convergence of two theoretical issues. On one hand, the appropriate state variables (energy and entropy) had to be defined in accordance with existing experimental evidence and devising new experiments for comparing quantitatively different approaches to the same equilibrium state.

On the other hand, the atomic hypothesis was in need of validation. Once the two problems were solved the theoretical basis was laid and the subsequent development of the theories was a quite smooth process of adaptation of the basis to embrace the experimental process phenomenology (mostly already known empirically).

In low temperature Physics the evidence of the unexpected phenomenology (permitted by advanced technology) showed the inadequacy of the previous theoretical partner in the conversation. New theories were needed for the conversation to continue. The debate is still open towards technological applications.

In the case of phase transitions the theoretical and the experimental side need to readjust themselves to new theoretical ideas and new approaches for the experimental part. We also perceive the pieces of different conversations coming in and contributing towards the solution of the problem.

I am convinced that a full appreciation of the complex relation theory/experiment/technology cannot be reached by students if the problem is treated only in general terms. Of course, the need for contextualising in case studies forces the presentation of the epistemological aspects in a strong interrelation with disciplinary contents.

## References

- Atkins, K.R. *Liquid helium*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1959.
- Bandiera, M.; Dupré F.; Tarsitani C.; Torracca, E., Seré, M.G.; Vicentini, M. "Teachers' images of Science and Labwork Working Paper 5" - Project Labwork in Science Education, 1998. (European Commission). Cini, M. *Un paradiso perduto*. Milano: Feltrinelli, 1994.
- De Gennes, O. G. *Les objets fragiles*. Paris: Plan, 1994.
- Domb C. *The critical point*. London: Taylor and Francis, 1996.
- Gallison, P. *Image and logic*. Chicago and London: The Univ. Of Chicago Press, 1997.
- Gellmann, M. *The quark and the jaguar*. New York: Freeman, 1994.
- Giere, R. N. *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The Univ. of Chicago Press, 1988.
- Jacob, F. *La souris, la mouche et l'homme*. Paris: Edition Odile Jacob, 1997.
- Kelly, K. *The Third Culture*. *Science*, 279:992-993, 1998.
- Latour, B.; Wolgar S. *Laboratory life*. Beverly Hills: Calif: Sage, 1979.
- Latour, B. *From the world of science to the world of research?*. *Science*, 280:208- 209, 1998.
- Levy-Leblond, J.M. *La pierre de touche*. Paris: Gallimard, 1996a.
- Levy-Leblond, J.M. "Aux contraires". Paris: Gallimard, 1996b.
- London, F. *Superfluids. Macroscopic theory of Superfluid Helium*. New York: Dover, 1964. v.2
- Matthews, M.R. "Science Teaching. The role of history and philosophy of Science". New York: Routledge, 1994.
- Tarsitani, C.; Vicentini, M. *Scientific Mental Representations of Thermodynamics*. *Science and Education*, 5:51-68, 1996.

# Sobre as “Mancadas Einsteinianas”

Domingos Savio de Lima Soares e Marcos Cesar Danhoni Neves

## Prólogo

O presente capítulo trata de um *carteggio* ocorrido quando da celebração dos 100 anos dos *annus mirabilis* einsteiniano (2005), e que se deu no “Jornal da Ciência”, da SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência). O Prof. Domingos Soares, da UFMG, escreveu um instigante artigo aqui reproduzido e com o título “Mancadas Einsteinianas”, sobre os excessos da comemoração. Porém, como a comunidade científica raramente conhece os caminhos da pluralidade de ideias, um de seus representantes ortodoxos, Prof. Raul Abramo, respondeu de forma ríspida à interessante e instigante história da relatividade traçada pelo Prof. Domingos. O artigo retrata este embate e a série de outros artigos posteriormente assinados pelo Prof. Marcos Danhoni, e que não foram respondidos pelo Prof. Abramo.

## MANCADAS EINSTEINIANAS

Domingos S.L. Soares<sup>1</sup>

*A imparcialidade científica exclui, por definição,  
a re- verência e o culto de personalidade. Errar é  
humano e  
Einstein errou em muitas ocasiões*

O Ano Mundial da Física 2005 celebra Einstein 1905. Uma celebração excessiva de uma única personalidade pode ser prejudicial, como comportamento padrão, para a geração mais jovem.

Com esta ideia em mente, comento alguns episódios da carreira científica de Einstein, os quais são até certo ponto, caracterizados por comportamentos que poderiam ser identificados como verdadeiras mancadas. O objetivo final é obviamente humanizar o personagem, em contraposição à tendência presente de deificação.

## Introdução

“O Ano Mundial da Física 2005 é uma celebração do Internacional da Física patrocinada pelas Nações Unidas. Ao longo do ano eventos salientarão a vitalidade da Física e a sua importância no próximo milênio, e comemorarão as contribuições pioneiras de Albert Einstein em 1905”.

Esta é a declaração de abertura que aparece na página eletrônica <http://www.physics2005.org>, a qual se dedica à divulgação do Ano Mundial da Física.

<sup>1</sup> Pesquisador do Departamento de Física da UFMG. Artigo enviado pelo autor ao ‘JC e-mail’.

A ideia parece ser, primeiro, celebrar a física, e, segundo, comemorar Einstein. Contudo, nota-se sem muito esforço que já, no começo do ano, tem havido excessiva atenção, através de escritos e manifestações diversas nos meios audio-visuais sobre a figura de Einstein, com uma destacada tendência à idolatria científica, característica inimaginável em ciência.

Nós, cientistas, temos presumivelmente que respeitar unicamente a Natureza como única fonte de inspiração para as nossas atividades, tanto no domínio experimental quanto notórico.

Está fora de questão que 1905 foi o *annus mirabilis* de Einstein. Naquele ano, o mundo testemunhou a publicação de três obras-primas da literatura científica contemporânea.

Foram elas: o trabalho sobre o movimento browniano, estabelecendo a realidade dos átomos, o trabalho sobre o efeito fotoelétrico, estabelecendo os quanta de radiação, e a Teoria da Relatividade Especial.

Mas Einstein não foi único neste aspecto. Houve um antecedente, de tal momento brilhante, na história da ciência: 1666 é assinalado como o *annus mirabilis* de Isaac Newton.

De 1665 a 1667, ele também abriu as portas para três novas áreas da pesquisa científica, a saber, ele lançou os fundamentos do cálculo diferencial e integral, desenvolveu a teoria das cores, e propôs a sua teoria de gravitação universal.

A publicação em 1687 de sua maior obra, os Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, marcou o início de uma nova era no empreendimento científico, de forma geral. Há, portanto, um claro paralelo com a contribuição de Einstein para a ciência moderna.

Nas três seções seguintes eu comento sobre aspectos da vida científica de Einstein que são geralmente vistos com uma aceitação respeitosa, apesar de constituírem-se em maus exemplos de comportamento científico.

## **A constante cosmológica**

Num importante artigo publicado nos Anais da Academia Real Prussiana de Ciências, em 1917, intitulado “Kosmologische Betrachtungen zur Allgemeinen Relativitätstheorie”, i.e., ‘Considerações Cosmológicas na Teoria da Relatividade Geral’, Einstein inaugurou a era da cosmologia moderna aplicando as suas ideias da Relatividade Geral ao universo como um todo.

Para este fim, ele abandonou as suas equações de campo originais em favor de uma nova lei na qual havia um termo constante adicional, que representava um potencial gravitacional constante repulsivo.

O termo fornece uma pequena força repulsiva próximo à origem mas que aumentava diretamente proporcional à distância -- potencial constante -- até contrabalançar a atração gravitacional entre as massas do universo, para grandes distâncias. A sua intenção era obviamente obter um modelo estático.

É bom lembrar que, naquele tempo, mesmo as galáxias não eram reconhecidas como entidades cosmológicas independentes. Somente no final

da década de 1920, com o trabalho do astrônomo Edwin Hubble, a existência das galáxias veio a ser definitivamente comprovada.

As soluções que Einstein tinha obtido inicialmente com a aplicação das equações de campo originais eram instáveis e levavam ao colapso gravitacional do modelo.

A modificação preservava a covariância geral da teoria -- requisito formal -- e resolvia o problema da instabilidade (North 1990, capítulo 5). A constante tornou-se conhecida como a *constante cosmológica* e é, até hoje, matéria de muito debate.

Descrevo a seguir alguns fatos que levaram à primeira mancada einsteiniana aqui descrita. E no final das contas, ela parece ser na verdade uma mancada dupla, como eu sugiro abaixo.

A introdução da constante cosmológica levou a um grande debate concernente aos muitos aspectos dos novos horizontes abertos pela Relatividade Geral em relação ao universo.

Um modelo infinito possui claros problemas de condições de contorno, algo que era reconhecido mesmo no contexto de uma cosmologia newtoniana (ver Harrison 2000, capítulo 16).

Com a constante cosmológica, Einstein resolvia todos os problemas introduzindo um modelo finito, espacialmente fechado e estático, esta última característica sendo derivada das crenças de Einstein -- e da maioria dos cientistas da época -- relativas ao mundo físico.

Contudo, Einstein posteriormente a rejeitar a sua própria modificação das equações de campo da Relatividade Geral. North (1990, p. 86) assinala que já por volta de 1919, Einstein considerava que a introdução da constante fora "seriamente perniciosa quanto à beleza formal da teoria"; ele a considerava como uma adição ad hoc às equações de campo.

Mais tarde ele teve as suas convicções quanto à rejeição reforçadas devido a dois novos desenvolvimentos científicos: pelo lado observacional, o trabalho de Hubble na relação desvio para o vermelho-distância, para as galáxias, estava sendo interpretado como uma indicação de um universo em expansão -- as soluções estáticas eram desnecessárias --, e pelo lado teórico, a solução de 1922, das equações de campo pelo Russo Aleksandr Friedmann, e a solução de 1927, do belga Georges Lemaître, as quais admitiam modelos em expansão.

George Gamov (1970) conta a estória, que se tornou legendária, de que numa ocasião Einstein lhe dissera que a constante cosmológica fora a "minha maior mancada."

Mas por que trata-se de uma mancada dupla? Einstein rejeitou a constante cosmológica baseado em considerações de inconsistências físicas e estéticas que ele acreditava existirem, como resultado de sua adoção. Aqui ele viu a sua mancada, a sua maior mancada.

Por outro lado, do ponto de vista estritamente teórico e formal, a Relatividade é de fato enriquecida pela adição do novo termo, ao mesmo tempo em que ainda mantém as suas características de uma teoria covariante, viável e geral, de gravitação.

Daqui provém o carácter duplo da mancada. O fato de abandonar a constante constitui uma mancada em cima de outra. Esta impressão é sugerida também por North (p. 86), o qual escreve que “ele finalmente descartou termo em 1931, e ao fazer isto, deliberadamente restringiu a generalidade de sua teoria.”

Reivindicações recentes -- a partir do final da década de 1990 -- de um universo em expansão acelerada têm levado a uma “ressurreição” da constante cosmológica, que poderia fornecer a repulsão cósmica responsável pela aceleração.

Esta ideia, e inúmeras outras variantes, tornaram-se uma feição dominante da cosmologia moderna. O status quo presente da cosmologia moderna não está, entretanto, livre de oposição. Um exemplo dela materializou-se recentemente numa Carta Aberta à Comunidade Científica (Lerner 2004).

## **O eclipse solar de 1919**

As reações de Einstein aos resultados científicos obtidos a partir do eclipse solar total de 1919 são descritos em uma de suas biografias (Bernstein 1975, p. 123). O assunto principal era o desvio da trajetória da luz por uma fonte gravitacional, e a ocasião era extremamente apropriada para os testes observacionais da teoria da Relatividade Geral.

Duas expedições astronômicas foram organizadas por Sir Arthur Eddington, renomado cientista e amigo de Einstein. Uma das expedições dirigiu-se ao nordeste do Brasil e outra para a ilha de Príncipe, na costa Africana.

O objetivo de ambas era medir com precisão as posições das estrelas em torno do disco solar, durante o eclipse de 29 de maio de 1919.

Ilse Rosenthal-Schneider, estudante de Einstein, conta que a sua primeira reação às notícias de que as medidas apontavam para uma concordância com a predição, para o desvio da luz, baseada na Relatividade Geral foi: “-- Eu sabia que a teoria é correta.”

Ela perguntou a ele: “-- O que teria acontecido se não se vissem confirmadas as suas previsões?” Einstein então respondeu: “-- Da könnt’ mir halt der liebe Gott leid tun, die Theorie stimmt doch”, ou, “-- Então eu lamentaria pelo bom Deus, mas a teoria está correta.”

Seria esta uma reação aceitável vinda de um teórico, quando confrontado com fatos experimentais ou observacionais que fossem importantes no contexto de sua teoria? Certamente que não.

## **Einstein encontra-se com Hubble**

O protagonista aqui é outro Einstein, ou melhor, outra: Elsa Einstein, a segunda esposa do cientista. Ela é descrita às vezes como uma mulher de carácter um tanto frívolo e personalidade pouco profunda (ver Pais 1983).

A estória aparece em muitas fontes biográficas, didáticas e científicas. A versão que apresentarei consta da biografia do grande astrônomo extragaláctico

Edwin Powell Hubble, reputada como provavelmente a melhor de todas (Christianson 1995).

Hubble foi quem provou definitivamente a existência das galáxias, e seria agraciado com o prêmio Nobel de física, no início da década de 1950, não fosse por sua morte prematura em 1953 (para uma descrição mais detalhada, ver Soares 2001).

A visita de Einstein aos institutos do Caltech, nos Estados Unidos, em 1931, fora motivada pela sua curiosidade pelo trabalho em física-matemática de Richard Tolman, relacionados à relatividade, e pelo trabalho observacional de Hubble, no Observatório de Monte Wilson, na Califórnia.

Ele e a esposa fizeram a primeira excursão à montanha, onde se localiza o Observatório, em meados de fevereiro. Eles estavam acompanhados de Hubble e outros.

O grupo visitou todas as instalações do Observatório, inclusive a cúpula do telescópio de 2,5 m de abertura, denominado telescópio Hooker. Este era na época, o maior telescópio do mundo, e nele estavam sendo conduzidos os trabalhos pioneiros de Hubble, em astronomia extragaláctica.

O biógrafo de Hubble, em certo ponto, escreve (p. 206): “Quando Elsa Einstein, que parecia sempre estar na defensiva, ouviu que o gigantesco telescópio Hooker foi essencial para a determinação da estrutura do universo, testemunhas afirmam que ela teria replicado, ‘Ora, ora, meu marido faz isto nas costas de um envelope usado.’”

Damesma forma que na seção anterior, vê-se aqui um certo menosprezo pela ciência experimental, neste caso, pelas atividades observacionais.

Poder-se-ia argumentar que não se trata aqui de mancada einsteiniana legítima, desde que foi a Sra. Elsa quem declarou as palavras acima.

Temos dois contra-argumentos contra essa interpretação: o argumento na forma fraca e o argumento na forma forte. Em sua forma fraca, o contra-argumento constitui-se apenas num jogo de palavras e pode ser colocado da seguinte forma: “Elsa é Einstein, portanto trata-se de uma mancada einsteiniana.”

O argumento forte é o de que o episódio aparece frequentemente nas biografias de Einstein e Hubble, e em textos de naturezas diversas, onde a participação de Einstein é lembrada. Trata-se claramente de uma característica einsteiniana. Como tal ela deve ser, com toda justiça, incluída na galeria das autênticas mancadas einsteinianas.

## Considerações finais

É compreensível que entre nós, físicos e astrônomos, se manifeste uma atitude de verdadeira reverência por Albert Einstein. Ele é sem dúvida o maior cientista do século XX.

Esta espécie de adoração pode ser vista em muitos lugares. Por exemplo, a mais celebrada das biografias de Einstein, a saber, aquela de autoria do físico teórico Abraham Pais (Pais 1983), é fortemente contaminada por este viés sentimental.

Ele adota a tendência conformista de evitar tocar nos assuntos ``descon-



fortáveis”, tanto pessoais quanto científicos, da vida de Einstein (para mais detalhes, ver Soares 2003).

O leitor certamente deve ter observado que nenhum dos casos relatados acima refere-se a quaisquer dos trabalhos do *annus mirabilis* de Einstein. Eles estão de certa forma relacionados à Teoria da Relatividade Geral, a qual foi desenvolvida nos dez -- ou mais -- anos posteriores.

A explicação para este desvio é simples. Trata-se de um efeito de seleção, dado que o autor do presente artigo é um astrônomo extragaláctico. Em outras palavras, isto não significa que Einstein não tenha cometido mancadas relacionadas àquele período.

Elas podem ser garimpadas, por exemplo, no mencionado livro de Abraham Pais. Neste caso específico, não sem considerável esforço, em vista do comentário feito no parágrafo anterior.

E a respeito da primeira bomba atômica mundial? Certamente o fato não pode ser incluído no contexto de uma mancada einsteiniana, apesar de seu envolvimento decisivo na questão, especialmente pelo lado político (ver Pais 1983 para detalhes). A bomba foi, antes de mais nada, a maior mancada mundial.

A imparcialidade científica exclui, por definição, a reverência e o culto de personalidade. Errar é humano e Einstein errou em muitas ocasiões. Estas são as mensagens aqui contidas para as novas gerações de estudantes e cientistas.

Finalmente, velhos e jovens, nunca nos esqueçamos do famoso dramaturgo brasileiro Nelson Rodrigues, o qual sempre dizia que “toda unanimidade é burra.” Realmente.

=====  
Edição 2718 - Notícias de C&T - Serviço da SBPC

=====  
3 de março de 2005

**Comentário de Raul**

**Abramo Instituto de Física**

**- USP**

*Só os mais ingênuos creem que Einstein foi perfeito -- sua ironia, por exem- plo, às vezes peca pelo excesso de sutileza e passa despercebida de alguns observa- dores menos perspicazes*

Lamentavelmente os belíssimos trabalhos de Einstein sobre movimento Browniano, efeito fotoelétrico e Relatividade Especial, que completam 100 anos em 2005, parecem ainda provocar recalques mundo afora.

Em artigo no JC o Prof. Domingos S. L. Soares, da UFMG, chega ao cúmulo de empregar até uma frase picaresca de uma das esposas de Einstein para -- touché! -- demonstrar que, afinal de contas, ‘nem Einstein era perfeito’.

O professor também comete erro primário ao interpretar a Constante Cos-



mológica como uma 'força repulsiva próximo à origem mas que aumentava diretamente proporcional à distância' (sic). Errado: o que a Constante Cosmológica provoca é uma expansão global do espaço-tempo, em cujo fluxo todas as partículas são arrastadas igualmente. A essa expansão não corresponde nenhuma misteriosa 'anti-gravidade' - mesmo porque a aceleração não depende da massa das partículas.

Mais pra frente, o Prof. Soares cita uma certa 'Carta Aberta à Comunidade Científica' na qual a Cosmologia Moderna (um legado central das teorias de Einstein) é criticada.

Entretanto, seria talvez útil mencionar aos leitores não-especialistas que a tal carta teve impacto diretamente proporcional à projeção científica dos signatários -- qual seja, nula. Do ostracismo saiu, ao ostracismo retornou.

Só os mais ingênuos creem que Einstein foi perfeito -- sua ironia, por exemplo, às vezes peca pelo excesso de sutileza e passa despercebida de alguns observadores menos perspicazes.

Nas comemorações desse Ano Internacional da Física, que festejam os incomensuráveis sucessos das teorias de Einstein, não pode faltar também uma revisão crítica da vida e da obra de Einstein. Porém, com sua carta rancorosa o Prof. Domingos Soares conseguiu o oposto do que esperava: Einstein parece melhor do que nunca, e seus críticos...

=====

Edição 2723 - Notícias de C&T - Serviço da SBPC

=====

10 de março de 2005

**Mitos e Mancadas**

**Einsteinianas 1 Marcos Cesar**

**Danhoni Neves**

*Unanimidade de opinião pode ser adequada para uma igreja, para as víti- mas temerosas ou ambiciosas de algum tipo (antigo ou moderno) ou para os fracos e conformados seguidores de algum tirano. A variedade de opiniões é necessária para o conhecimento objetivo*

Marcos Cesar Danhoni Neves é professor da Universidade Estadual de Maringá e secretário regional da SBPC-PR. Artigo enviado pelo autor ao "JC e-mail":

Como físico e educador em ciência vejo com entusiasmo que, enfim começou o grande debate no Brasil, sobre o batizado "Ano Mundial da Física", lembrando o annus mirabilis de Albert Einstein, 1905.

O debate começa com um curioso e instigante artigo do prof. Domingos S.L. Soares, da UFMG, intitulado "Mancadas Einsteinianas" (JC E-mail 2717, de 2/3/05). A "reação" ao artigo se segue com uma carta do prof. Raul Abramo, da USP, publicada no "JC E-mail" 2718 (de 3/3/05).



Apesar da boa nova, creio firmemente que um dos dois errou profundamente o tom. E o 'tom' desafinado está com o prof. Abramo. Enquanto o trabalho do prof. Domingos apresenta de forma didática, e honesta, as 'destoadas' einsteinianas [o 'mancadas' do título é justificado a partir de um relato de um relativista convicto, George Gamow, citado no texto] que estão longe da divulgação atual da ciência, graças à mitificação do homem Albert, o prof. Abramo, ao contrário, confere tintas grossas à sua crítica.

O professor uspiano já em seu segundo parágrafo tenta, muito apressadamente, desqualificar as críticas do prof. Domingos, batizando-as de «recalques».

No quinto parágrafo este quadro de 'afoitamento' se consolida com um apelativo: "seria útil mencionar aos leitores não-especialistas [sic] que a tal carta ['Open Letter' - "Bucking the Big Bang", publicada na renomada revista inglesa *New Scientist*, em 2004] teve impacto diretamente proporcional à projeção científica dos signatários - qual seja, nula [sic]. Do ostracismo [sic] saiu, ao ostracismo retornou [sic]."

No último parágrafo, o prof. Abramo, finaliza laconicamente sua carta com a seguinte frase: "Porém, com sua carta rancorosa [sic] o prof. Domingos Soares conseguiu o oposto do que esperava: Einstein parece melhor do que nunca, e seus críticos ..." [sic]. Como o debate começou, é interessante analisarmos a posição de um e de outro dos contendores (e dos que se seguirão ...).

O prof. Domingos Soares, na minha compreensão, pretendeu ressaltar fatos/situações que são mal interpretados por livros-textos, historiadores da ciência parciais, e por mitômanos.

Aqui reside a curiosidade e a relevância de seu artigo: mostrar as várias facetas de um homem, e não um semi-deus, chamado Albert Einstein, como a mídia e os livros-textos o apresentam.

Por outro lado, o prof. Raul Abramo parece abraçar uma tese absolutista, qual seja, a de que o cientista Einstein está acima de qualquer suspeita do homem Albert, mesmo quando afirma que "só os mais ingênuos crêem que Einstein foi perfeito".

Apesar da aparente reação despropositada, ela nada tem de surpresa: o prof. Abramo sintetiza a expressão mais acabada daquela 'constelação de crenças', como definiu Thomas Kuhn, que deságuam na manutenção incondicional de um paradigma, no caso, o relativístico, que passa, desde sua gênese genial ('ciência extraordinária'), em 1905, à condição de 'ciência normal', no sentido kuhniano do termo.

Porém, a crítica vai além, e toca, infelizmente, no lado pessoal, com o prof. Abramo tentando desqualificar o seu oponente, o prof. Soares, ao afirmar que ele habita o ostracismo da ciência, compartilhado com outros cientistas que assinaram a 'Open Letter'.

Por ignorância ou 'fé duvidável', é de se perguntar ao prof. Abramo se cientistas do quilate de Halton Arp, Hermann Bondi, Jayant Narlikar, Jean-Claude Pecker,

Vigier, Anthony L. Peratt, Thomas Gold, entre outros, além daqueles que aparecem no excelente documentário (em DVD duplo) “Universe: The Cosmology Quest” (dirigido por Randall Meyers - Floating World Films, 2003 - <http://www.universe-film.com>), Sir Fred Hoyle, John Dobson, o Prêmio Nobel de 1993, Kary Mullis, Geoffrey e Margaret Burbidge, entre outros, são ‘nulla scientia’.

É nesse momento que a crítica do prof. Abramo se desqualifica. Aqui se desvela a pressa em finalizar um debate como se estivéssemos presenciando um campeonato de “vale-tudo”.

Faz lembrar muito o ‘afoitamento’ do bispo Wilberforce ao tentar ridicularizar Huxley em sua célebre defesa da teoria de Darwin (diz Wiberforce: “osr. é parente de macaco por parte de avô ou de avó?”; ao que Huxley respondeu: “obrigado Senhor por tê-lo colocado em minhas mãos”).

Tirando esse aspecto lamentável da crítica é muito importante que esse ano, batizado de Ano Mundial da Física, devido ao excepcional trabalho do físico alemão cem anos atrás, desvele as inúmeras facetas do homem e do físico Albert Einstein.

É necessário desmistificar sua figura, no intuito de aproximar o homem do ser cientista, assim como já ocorreu com Aristóteles (a partir, principalmente, da reinterpretação tomista), Galileu (com sua equivocada teoria das marés e da inércia circular, além da suposta invenção do telescópio refrator) e Newton (com sua sanha destruidora de opositores, Flamsteed, Leibniz, entre outros, além de seus escritos alquímicos e sua cronologia bíblica) para ficar nos exemplos historicamente mais distantes.

Na física contemporânea, nomes como Murray Gell-Mann, Charles Townes, Eugene Wigner, entre outros já sofreram críticas públicas e contundentes pela ajuda que forneceram à Divisão Jason do Pentágono, durante cerca de dez anos, para o desenvolvimento de armas à Guerra do Vietnã.

Mesmo Enrico Fermi é questionado sobre os anos que trabalhou para o governo fascista antes que leis raciais fossem adotadas por Mussolini.

Para terminar esse primeiro artigo [oportunamente escreverei sobre outras questões relativas tanto à história da ciência quanto aos aspectos epistemológicos], reproduzo abaixo uma passagem de um dos escritos do renomado epistemólogo Paul K. Feyerabend [a quem a grande maioria dos físicos ‘paradigmáticos’, temerosos de qualquer crítica aos modelos de realidade que abraçaram, torce o nariz, esquecendo que a verdadeira natureza da ciência reside num mergulho profundo em sua episteme], jogando alguma luz sobre a polêmica que se inicia e sobre o contexto que ronda a ciência e a sua divulgação:

O mito [da ciência] foi ensinado por longo tempo; seu conteúdo recebe o reforço do medo, do preconceito e da ignorância, ao mesmo tempo que de um exercício clerical zeloso e cruel. Suas idéias penetram o idioma comum; infeccionam todas as formas de pensamento e atingem muitas decisões de relevante significação para a vida humana. O mito proporciona modelos para a explicação de qualquer concebível evento- concebível, entenda-se, para os que aceitaram o mito. (...) E surge a

impressão de se haver, finalmente alcançado a verdade. Torna-se evidente, ao mesmo tempo, que se perdeu todo o contato com o mundo e que a estabilidade atingida, a aparência de verdade absoluta, não passa do resultado de um conformismo absoluto. (...) Cada mito dessa espécie é, em última análise, um método decepcionante. Dá forças a um conformismo sombrio e fala de verdade; leva à deterioração das capacidades intelectuais, do poder de imaginação e fala de intuição profunda; destrói o mais precioso dom da juventude - o enorme poder de imaginação - e fala em educar.

Resumindo: Unanimidade de opinião pode ser adequada para uma igreja, para as vítimas temerosas ou ambiciosas de algum tipo (antigo ou moderno) ou para os fracos e conformados seguidores de algum tirano. A variedade de opiniões é necessária para o conhecimento objetivo.

E um método que estimule a variedade é o único método compatível com a concepção humanitarista. (FEYERABEND, P. "Contra o Método". RJ: Francisco Alves, 1977, pp. 56-57.)

## **Mitos e Mancadas Einsteinianos: Balanço Pessoal do Centenário e Resenha do Livro**

**"Physics Before And After Einstein", artigo de Marcos Cesar Danhoni Neves (parte I)**

Marcos Cesar Danhoni Neves. Artigo enviado pelo autor ao "JC e-mail", como prosseguimento às ideias discutidas no texto "Mitos e mancadadas einsteinianos 1", publicado no "JC e-mail" 2723, de 10 de março de 2005:

Uma nova verdade científica não triunfa porque seus opositores se convencem e vêem a luz, e sim muito mais porque no final eles morrem, e nasce uma nova geração para a qual os novos conceitos tornam-se familiares. Max Planck [in: 'Autobiografia científica', 1964, p.23]

Em 1993, durante um Congresso em Princeton, após um seminário que apresentei intitulado "The redshift revisited", veio ao meu encontro um simpático senhor recordando o que lhe havia dito um seu amigo chamado Max Born.

Depois de algum tempo, reconheci o rosto que me era estranhamente familiar: era Emil Wolf, co-autor (com Born) de uma grande obra de referência em física, Optics. O prof. Wolf teceu alguns comentários sobre o tema que havia exposto minutos antes e, recordando algumas opiniões de Born sobre a moderna cosmologia, disse que me enviaria via correio algumas das opiniões do célebre físico acerca do tema.

Pensei tratar-se de uma típica promessa de Congresso, dessas que nunca se materializam e acabam no próprio momento da descontração de um "coffe-break".

No entanto, menos de um mês após, já de volta ao Brasil, recebi a correspondência do Sr. Wolf com cópias de dois longos trechos acerca de algumas correspondências de Born.

Tratavam-se daquilo que viria a ser conhecido como a cosmologia do Big Bang desacreditando determinadas interpretações que hoje consideramos como “afirmadas”, e afinadas com as críticas do físico alemão Finlay-Freundlich e do laureado Louis de Broglie [foi de Born a previsão crucial, após análise do trabalho de Freundlich acerca da impropriedade da explicação do redshift gravitacional pela relatividade geral, de que a cosmologia estava ligada à radio-astronomia, antecipando, pois, em cerca de dez anos a descoberta de Penzias e Wilson da radiação cósmica de fundo-CBR].

Mais interessante ainda era um trecho da correspondência entre Born e Einstein, que foi publicada em 1969, e republicada num trecho do célebre livro de Marco Mamone Capria, de 1999, “La Costruzione dell’Immagine Scientifica del Mondo” (traduzido para o português por Jenner B. Bastos Filho e Luisa Rabolini – “A Construção da Imagem Científica de Mundo”, São Leopoldo: Unisinos, 2001).

Aproveitando a recordação desse momento e fazendo um balanço do centenário do *annus mirabilis* de Einstein, e, sobretudo, dando continuidade a um artigo de minha autoria e anteriormente publicado também no JC-Email (In: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=26137>), baseado num artigo original do Prof. Domingos Soares da UFMG (In: <http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=25888>), teço [ou transcrevo] aqui comentários sobre fatos relevantes que jamais foram suficientemente debatidos, esclarecidos e postos à luz da opinião pública.

Infelizmente, busquei no ano de 2005 um amplo fórum de discussão no Brasil e no exterior de uma empresa crítica da obra e da pessoa de Albert Einstein. Infelizmente, isso jamais ocorreu.

Fica aqui, porém, o registro crítico de um centenário marcado mais pelo culto que pelo resgate da vida de um grande físico e dos limites de sua complexa teoria.

I. Sobre o ‘não conhecimento’ de Einstein dos experimentos de deriva do éter

Por volta de 1900 os experimentos sobre o movimento da Terra com respeito ao éter tornam-se um tema largamente debatido. São referidos em artigos de revistas científicas, mas também nos livros-textos.

W. Wien escreve sobre o assunto em 1898 um artigo de revisão publicado nos *Annalen der Physik*. P. Drude dedica ao experimento de Michelson e Morley e à hipótese da contração uma seção do seu *Manual de Ótica* publicado em 1900.

Em breve, era difícil para quem quer que estivesse ocupado com eletromagnetismo nessa época não ouvir falar de tal problemática. [...] hoje se sabe que Einstein era perfeitamente cômico do artigo de revisão de Wien – de 1898” (Mamone Capria, 2001 op.cit., pp. 256-263).

Tantos os trabalhos de Michelson e Morley [MM] (publicados em revistas prestigiadas do meio científico, quanto o trabalho de revisão de Wien (Einstein, quando ainda era estudante, havia escrito para sua futura esposa, em 1899, citando esse trabalho), ainda mais no prestigiado *Annalen der Physik* [a mesma revista que editará seus trabalhos fundamentais de 1905], excluem peremptoriamente a tese, propalada inclusive pelo próprio Einstein, de que ele não tinha conhecimento dos resultados obtidos por MM.

A tese do desconhecimento do experimento de MM por Einstein até 1905 foi propalada pelo próprio Einstein em 1952, quando, perguntado por seu amigo Robert Shankland:



“Não tenho muita certeza de quando ouvi pela primeira vez sobre o experimento de Michelson. Eu não tinha consciência de que isso tenha me influenciado diretamente durante os sete anos em que a relatividade tornou-se a minha vida [...] isto é a verdade.” [Shankland, R. ‘Conversations with Albert Einstein’, *American Journal of Physics*, 31 (1963), 47-57)].

Mas, Shankland prossegue:

“Einstein disse que nos anos de 1905-1909 ele pensou sobre uma grande ligação com o resultado de Michelson, sobre as discussões com Lorentz e outras reflexões sobre a relatividade. Ele percebeu então (assim ele me disse) que tinha consciência, em parte, do resultado de Michelson antes de 1905 pela leitura dos artigos de Lorentz e, sobretudo, porque ele tinha assumido simplesmente que o resultado de Michelson era verdade. [Shankland, 1963 op.cit.].

## II. Sobre o assim propalado “fracasso” do experimento de Michelson-Morley

Em 1921, em Mount Wilson, Pasadena, Califórnia, a 1.750 metros de altitude, Dayton Miller, antigo colaborador de Morley, reestrutura suas pesquisas (estimulado por Lord Kelvin durante o Congresso Internacional de Física em Paris, em 1900) sobre o ‘vento de éter’ e descobre um efeito não nulo de interferência. Lorentz visita-o no ano seguinte e o encoraja a continuar buscando novos resultados.

Apesar da ‘boa nova’ experimental, a maioria dos físicos teóricos mantém-se fiel à teoria einsteiniana. O físico alemão alega maliciosamente: “Não levei a sério [os resultados de Miller] nem mesmo por um momento” [Pais, A. “Subtle is the Lord”, Oxford University Press, 1982, pp. 113-114].

Os resultados de Miller foram desacreditados! Porém, o ‘descrédito’ só viria 30 anos depois!

E isso após a publicação de um artigo de um amigo de Einstein (Shankland et al., ‘New Analysis of the Interferometer Observations of Dayton C. Miller’, *Reviews of Modern Physics*, v.27, pp. 167-178), que havia sugerido a existência de um erro sistemático ocasionado pela variação da temperatura no transcorrer do experimento. ‘Coincidentemente’ a ‘causa do erro’ havia sido sugerida pelo próprio Einstein em 1927.

O que é interessante nesse fato é a causa apontada: variação de temperatura. Tal possibilidade jamais foi levantada para a ‘interpretação’ dos dados obtidos durante a deflexão das luzes de estrelas durante o eclipse solar total de 1919, em Príncipe e Sobral, como veremos mais adiante.

## III. Sobre a primazia da invenção da teoria da relatividade

Poincaré, em 1904, publica um trabalho no Bull.Sci.Mat., intitulado “L'état actuel et l'avenir de la Physique Mathématique” (v.28, pp.302-324), e utiliza pela primeira vez o termo “princípio da relatividade”, ao interpretar o conceito de “tempo local”:

“Os relógios assim regulados não sinalizam o tempo verdadeiro, esses sinalizam o que se chama de tempo local, de modo que um desses retardará em relação ao outro. Pouco importa, em razão de não termos meio algum de nos aperceber. Todos os fenômenos que se produzem em A, p.ex., estarão em retardo, mas todos o estarão igualmente, e o observador não perceberá porque o seu relógio retarda, assim, como requer o princípio de relatividade, e não saberemos de modo algum se está em repouso ou em movimento absoluto.”

Essa nova visão de mundo, usando como princípio uma física relativística, foi desenvolvida por Poincaré em dois trabalhos anteriores (porém, no mesmo ano, 1905) à publicação do trabalho de Einstein sobre tema equivalente.

Os trabalhos do físico francês aparecem nos ‘Comptes Rendus’ da Academia de Ciências de Paris (‘Sur la dynamique de l'électron’, v. 140, pp.1504-1508) e nos ‘Rediconti del Circolo Matematico di Palermo’ (‘Sur la dynamique de l'électron’, v.21, pp. 129-175), em Palermo, Itália.

O primeiro artigo, analisando a dinâmica do elétron, foi publicado em 5 de junho de 1905. O segundo artigo, mais denso que o primeiro, foi recebido em 23 de julho de 1905 pelos ‘Rediconti’, mas publicado somente em janeiro de 1906.

Devemos lembrar que o ‘Annalen der Physik’ recebe o manuscrito de Einstein (‘Zur Elektrodynamik bewegter Körper’, Band 17, pp.891-921) somente em 30 de junho de 1905 (o artigo foi publicado em 26 de setembro do mesmo ano).

[Nota: Este trabalho foi dividido em três partes: “Mitos e mancadas einsteinianos – parte I, parte II e parte III” a pedido do editor do “JC e-mail” devido à sua extensão. A compreensão do texto se dá com a leitura integrada de todas as partes – n.d.a.]

Referência:

<http://jcnovicias.jornaldaciencia.org.br/mitos-e-mancadas-einsteinianos-balanco-pessoal-do-centenario-e-resenha-do-livro-physics-before-and-after-einstein-artigo-de-marcos-cesar-danhoni-neves-parte-i/>

### **Mitos e Mancadas Einsteinianos: Balanço Pessoal do Centenário e Resenha do Livro “Physics Before And After Einstein”, artigo de Marcos Cesar Danhoni Neves (part II)**

Marcos Cesar Danhoni Neves. Artigo enviado pelo autor ao “JC e-mail”, como prosseguimento às ideias discutidas no texto “Mitos e mancadas einsteinianos 1”, publicado no “JC e-mail” 2723, de 10 de março de 2005:



“Sessenta anos depois de seu triunfo inicial, astrônomos e relativistas estão decididamente céticos sobre esta forma [medidas da deflexão das luzes das estrelas durante um eclipse solar total] de checar as idéias de Einstein.” Nigel Calder. [in: Einstein’s Universe. Harmondsworth, Middlesex: Penguin, 1979, p.103]

#### IV. Sobre a equivalência massa-energia

Sobre a primazia da invenção da equivalência massa-energia, devemos lembrar que os trabalhos de Thomson, Lorentz, Poincarè e outros acerca da “massa eletromagnética” conduziram à idéia de que a massa de uma partícula carregada deveria aumentar com a velocidade, numa dependência direta de sua energia cinética.

O estado d’arte das pesquisas acerca da radioatividade atestavam que no íntimo da matéria poderia haver uma quantidade imensurável de energia. Para demonstrar o quão arraigada era essa noção, vale lembrar que, mesmo um desconhecido agrônomo italiano, de Schio, chamado Olinto De Pretto já havia escrito um ensaio em que afirmava:

“em um quilograma de matéria qualquer que fosse, completamente escondida a todas as nossas investigações, estaria armazenada uma soma tal de energia, equivalente à quantidade que se pode obter de milhões e milhões de quilogramas de carvão [...]” [apud Bartocci, Bonicelli e Mamone Capria, ‘Um dimenticato precursore italiano della equivalenza tra massa ed energia’, 1995].

A contribuição de Einstein, como sugere Mamone Capria (‘A crise das concepções ordinárias de espaço e tempo: a teoria da relatividade’, 2001, op.cit., p.270), foi de ordem estilística e filosófica, além de axiomática no sentido de que:

“onde Lorentz ou Larmor haviam procurado construir a indistinguibilidade dos sistemas inerciais em relação à validade (de algumas) das leis físicas como consequência de certas propriedades da matéria, ele [Einstein] a erige como princípio – o princípio da relatividade, precisamente – e de modo similar, em vez de deduzir das equações de Maxwell a independência, no ‘sistema estacionário’, da velocidade da luz em relação ao movimento da fonte, ele enuncia um outro princípio.”

Mamone Capria (2001) afirma ainda:

“É bom acrescentar que ainda hoje a teoria de Lorentz e Poincarè é considerada por alguns físicos como preferível em relação à teoria da relatividade, propriamente pela ênfase nela presente sobre as propriedades da matéria e mesmo sobre as convenções de medida. Essa é uma teoria mais aberta do que a de Einstein, e nisso reside sua força que, sob a perspectiva da economia do pensamento, é justamente a sua debilidade.” (op.cit., pp.273-274).

#### V. Sobre o ‘fantasma’ de Freundlich acerca da não confirmação dos redshifts gravitacionais.

Max Born escreve a Einstein [In: correspondência privada enviada por Emil

Wolf ao autor do presente artigo], em maio de 1952:

“Ontem estive aqui Freundlich, que deu uma lúcida palestra sobre o problema do desvio da luz provocada pelo Sol: parece verdadeiramente que os resultados não correspondem exatamente à tua fórmula. Ainda pior, parece que as coisas vão no que diz respeito ao deslocamento para o vermelho: no interior do disco solar o deslocamento tem um valor assaz menor do que aquele teórico, enquanto o valor correspondente à coroa tem um valor maior. O que acontece? Poderia ser um sinal de não-linearidade (difusão da luz por parte da luz)? Tu estás ocupado com essas questões? Schrödinger continua a acompanhá-la, enquanto eu já renunciei.”

Ao que Einstein, rapidamente responde:

“De fato a verificação experimental constitui tarefa muito difícil para mim: no fundo o homem não é mais do que um pobre diabo! No entanto Freundlich realmente não me impressiona: ainda que não se conhecesse nada sobre o desvio da luz sobre o periélio de Mercúrio e sobre o deslocamento das raias espectrais, as equações da gravitação seriam igualmente verdadeiras, enquanto não são conexas com o sistema inercial (aquele fantasma que age sobre cada coisa sem que as coisas reajam sobre ele). É verdadeiramente estranho como as pessoas freqüentemente sejam surdas diante de argumentos mais fortes e, ao invés, sejam propensas a supervalorizar a precisão das medidas” (Einstein e Born, ‘Scienza e vita’, Einaudi, 1973).

Mamone Capria (2001) sobre essa troca de correspondência, escreve:

“Einstein, que sofreu influência intelectual em textos como ‘Acidência e a hipótese’ de Poincaré e a ‘Mecânica’ de Mach, nunca tinha sido um ingênuo acerca das relações entre teoria e experiência, ainda que nos pronunciamentos públicos tenha se manifestado pela tendência em por uma ênfase maior sobre a importância do veredicto experimental”. (op.cit., pp.327-328).

## VI. Sobre o “enigma” de Sobral

Por ocasião do eclipse solar de 29 de maio de 1919, Arthur Eddington enviou duas equipes de observação para Príncipe (no golfo da Guiné, África ocidental) e Sobral (Ceará), onde ocorreria a totalidade e condições meteorológicas propícias para o registro fotográfico da deflexão dos raios luminosos [uma das três previsões da TR, a saber:

- i) precessão do periélio de Mercúrio;
- ii) redshift gravitacional;
- iii) deflexão dos raios luminosos de estrelas ao passar por um campo gravitacional muito intenso como, p.ex., o sol)] das estrelas das Híades no momento do total obscurecimento do disco solar

Diz Mamone Capria (2001):

“O grupo de Príncipe foi liderado pelo astrônomo Arthur Eddington. O êxito de sua expedição foi comprometido, em boa parte pelo mau tempo. Das 16 chapas fotográficas obtidas (com um telescópio astrográfico), somente duas foram consideradas utilizáveis. As chapas de Sobral eram 26, das quais 7 boas (obtidas por um telescópio de 4 polegadas) e 19 vencidas (obtidas por meio de um telescópio astrográfico). As 7 chapas boas de Sobral deram um valor médio para a deflexão significativamente superior àquele previsto por Einstein (1,98” contra 1,74”), as 19 vencidas favoreciam as previsões newtonianas (0,86”, de acordo com os 0,87” previstos). Eddington porém prefere os valores obtidos das suas duas chapas (média: 1,62”), e declara confirmada a teoria de Einstein. Um ano após, ao lembrar-se do “evento mais emocionante que eu tenha recordado da minha conexão com a astronomia”, admitirá muito sinceramente (e sem mostrar sinais de arrependimento) de não ter sido ‘totalmente imparcial.’” (op.cit., pp.300-301).

Sobre essa questão, em recente trabalho (“O annus mirabilis da dúvida relativa”, apresentado no X Simpósio Nacional de História da Ciência e da Tecnologia – Belo Horizonte, 2005, e “The enigma of Sobral, “III International Congress ‘Science & Democracy’, Nápoles, Itália, 2005), Danhoni Neves et al., escrevem:

“Hermann Bondi (1960), que jamais poderá ser classificado como um anti-relativista, diz que: ‘A predição de Einstein pode ser checada somente em raras ocasiões quando, no momento de um eclipse, estrelas brilhantes estiverem próximas na direção do sol. O efeito é difícil de ser estudado mesmo nas circunstâncias mais favoráveis. As indicações são mais favoráveis à teoria da relatividade, mas seria prematura dizer que isso é conclusivo.’ E Nigel Calder (1979. In: Einstein’s Universe. Harmondsworth, Middlesex: Penguin, p.103) arremata: ‘Os resultados do eclipse foram um triunfo. As idéias de Newton acerca da gravidade foram um desafio intransponível por mais de dois séculos, mas em quatro anos de desenvolvimento da teoria Einstein foi confirmado e Newton destronado. A deflexão da luz pela gravidade é o ponto central da teoria da relatividade. Mas medidas posteriores da deflexão das luzes das estrelas em outros eclipses deram valores muito espalhados. Foram em torno de 60% da predição de Einstein. As dificuldades de observações são muitas, mais que os defeitos da teoria. Enquanto eles não permitirem qualquer restauração de Newton, é sempre melhor deixar um espaçozinho para a gravidade. Assim, sessenta anos depois de seu triunfo inicial, astrônomos e relativistas estão decididamente céticos sobre esta forma de checar as idéias de Einstein’.”

A pergunta que resta, então, continua sendo: “no enigma de Sobral, os resultados de Newton não deveriam ter sido validados ao invés daqueles de Einstein?” Se a mensuração da deflexão envolve uma precisão muito difícil de ser obtida, como relata Bondi em 1960, como pôde a “confirmação” da relatividade geral ter-se dado tão precocemente, no distante 1919?

Parece hoje haver uma concordância (“Science & Democracy”, Nápoles, Itália, 2005) de que a empresa ‘publicitária’ de Eddington ao praticamente fraudar claramente as medidas de Príncipe deveu-se, ao menos, por uma ‘boa intenção’: a de que, numa Europa emersa dos escombros da Primeira Guerra Mundial, somente a ciência poderia reconciliar velhos inimigos (no caso, alemães e ingleses) e reconstruir a humanidade e a reconciliação entre os povos. Para tal fim, Eddington se dispôs,

inclusive, a sacrificar, na Inglaterra, a figura consagrada de Isaac Newton e seus Principia supremos. Sabemos que foi o ‘sucesso’ do eclipse de 1919 que tornou possível um olhar diferenciado da Academia sueca para laurear Albert Einstein, não por sua exótica teoria da gravitação, mas pelo seu trabalho sobre o efeito fotoelétrico [o discurso de entrega do Prêmio Nobel foi: “por seus serviços à física teórica e especialmente pela sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico”].

[Nota: Este trabalho foi dividido em três partes: “Mitos e mancadas einsteinianos – parte I, parte II e parte III” a pedido do editor do “JC e-mail” devido à sua extensão. A compreensão do texto se dá com a leitura integrada de todas as partes – n.d.a.]

(A primeira parte deste artigo foi publicado aqui no JC e-mail na segunda-feira)

<http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/mitos-e-mancadas-einsteinianos-balanco-pessoal-do-centenario-e-resenha-do-livro-physics-before-and-after-einstein-artigo-de-marcos-cesar-danhoni-neves-parte-ii/>

### **Mitos e Mancadas Einsteinianos: Balanço Pessoal do Centenário e Resenha do Livro “Physics Before And After Einstein”, artigo de Marcos Cesar Danhoni Neves (parte III)**

Marcos Cesar Danhoni Neves. Artigo enviado pelo autor ao “JC e-mail”, como prosseguimento às idéias discutidas no texto “Mitos e mancadas einsteinianos 1”, publicado no “JC e-mail” 2723, de 10 de março de 2005:

“(essa estagnação [a da Física] liga-se ao fato de que a Física está se transformando de ciência em negócio e de que os físicos mais jovens deixaram de usar a História e a Filosofia como instrumentos de pesquisa).”

Paul Feyerabend [in: ‘Contra o Método’. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977] VII. Sobre a bomba atômica e o ‘pacifismo’

Talvez todos nós tenhamos visto aquele famoso filme em que Einstein aparece ao lado de Leo Szilard interpretando os fatos verídicos que acabaram por convencer Roosevelt a iniciar o Projeto Manhattan das bombas atômicas.

No culto à personalidade de Einstein, esse detalhe é convenientemente esquecido, pois constrói-se seu humanismo e pacifismo baseado em seu passado e em seu ‘remorso’ em escrever a carta ao presidente norte-americano sugerindo a pesquisa de uma nova arma baseada na desintegração atômica.

O próprio filme o desmente, pois poderíamos perguntar quem, em sã consciência, poderia representar diante das câmeras, após as duas hecatombes nucleares, Hiroxima e Nagasaki, uma cena vergonhosa para a dignidade humana?

Einstein mesmo havia confessado que esse tinha sido seu mais clamoroso erro. Como, então, pôde representar aqueles eventos num filme publicitário da “Guerra Fria”?

Deixando falar o próprio Einstein, através do testemunho de Fantova (apud Mamone Capria, M. ‘Albert Einstein: a Portrait’, in: ‘Physics before and after Einstein’. Amsterdam: IOS Press, 2005):

“[Einstein] expressou-se decisivamente sobre muitos dos acontecimentos políticos, e sentia-se parcialmente responsável pela criação da bomba atômica, e essa responsabilidade o oprimia intensamente.”

Apesar desse testemunho [sempre lembrado pelos biógrafos nada críticos de Einstein], seria necessário lembrar também o que Einstein diz em seu *Ideas and Opinions*:

“Minha parte na produção da bomba atômica consistiu num simples ato: eu assinei uma carta para o presidente Roosevelt, pressionando pela necessidade de experimentos em larga escala afim de explorar as possibilidades para a produção de uma bomba atômica. Eu receava profundamente sobre o terrível perigo que isso representava para a humanidade. Porém, a probabilidade dos alemães estarem trabalhando no mesmo problema forçou-me a dar esse passo. Eu nada podia fazer, embora tenha sido sempre um convicto pacifista. Em minha mente, matar numa guerra não era nem um bocado melhor que cometer um assassinato comum.” (Mamone Capria, 2005, op.cit., pp.16-17).

O pacifismo de Einstein poderia ser classificado como uma espécie de ‘pacifismo ocasional’, dependendo, portanto, das inúmeras ocasiões históricas que o gênio alemão vivenciou.

Esse comportamento pode ter-se originado a partir da amizade com Friedrich Adler, filho de Victor Adler, líder dos sociais-democratas da Áustria. Adler, o filho, era um ‘convicto pacifista’, o que não o impediu, no entanto, de, em 1916, atirar e matar o Primeiro-Ministro da Áustria, Conde Stürgkh. Einstein, se ofereceu como testemunha de defesa, embora isso nunca tenha ocorrido [Adler foi condenado à morte, mas, graças à influência de seu pai, a sentença foi comutada para prisão perpétua pelo Imperador].

Em 1917, faltando ainda um quase-eterno ano para o término da Primeira Guerra, Einstein enviou até a Luftverkehrsgesellschaft (Sociedade Germânica de Serviços Aéreos) um projeto para melhorar os perfis das asas de aviões.

Em 1918, e mesmo depois disso, Einstein foi uma espécie de consultor, junto com Hermann Anschütz-Kaempfe, para o desenvolvimento de um giroscópio, que seria, posteriormente muito importante para equipar os famosos, temíveis e mortais U-2 da Marinha alemã, especialmente durante a Segunda Guerra Mundial.

Além de toda essa atividade claramente dedicada a fins militares, devemos lembrar que Einstein jamais criticou publicamente cientistas como Walther Nernst e Fritz Haber por terem trabalhado no desenvolvimento de gases venenosos amplamente empregados durante a Primeira Grande Guerra.

Sobre objetores de consciência, Einstein tinha uma atitude que parecia dúbia muitas vezes [ver Mamone Capria, 2005, op.cit., p.18].



Para concluir essa seção é interessante mostrar a opinião de Einstein sobre o papel do povo alemão na loucura hitlerista contra os judeus. Dizia ele, em 1944:

“os alemães, como nação, devem ser inteiramente responsabilizados por esses assassinatos em massa e devem ser punidos como pessoas onde houver justiça no mundo pois a consciência da responsabilidade coletiva das nações não pode perecer completamente da Terra. Por detrás do partido nazista estavam os alemães que elegeram Hitler, mesmo depois de todas as coisas vergonhosas que ele havia escrito em seu livro, falado em seus discursos, deixando claro que aquilo era o mal.” [in: Brian, D. ‘Einstein, a Life’, apud Mamone Capria, 2005, pp.18-19].

Quando, alguns anos após, o filósofo Sydney Hook desafiou Einstein a esclarecer a noção de culpa coletiva (“Como é possível? Havia dois milhões de alemães não-judeus nos campos de concentração de Hitler”), ele, de forma insegura, respondeu algo como: “não me referia a esses alemães”.

Einstein jamais se retratou por esses comentários [devemos lembrar que Hitler não foi eleito pela maioria dos votos; devido à fragmentação partidária, o partido Nacional-Socialista conseguiu os votos necessários para ocupar o poder].

É nesse ponto que devemos tentar encontrar a ‘chave-de-leitura’ que pode explicar muito do porque um ‘convicto pacifista’ pôde escrever aquela famosa e infame carta a Roosevelt para a produção de bombas atômicas.

Sobre cartas, e finalizando realmente essa seção, é necessário lembrar que Einstein assinou uma outra favorável à recepção de Menachen Begin, líder do ‘Partido da Liberdade’ israelense, nos EUA, mesmo sabendo que esse político estava claramente envolvido em atividades terroristas contra ingleses e palestinos [vide atentado ao Hotel King David, em 1946, que fez mais de uma centena de vítimas, das quais 91 fatais].

#### VIII. Sobre a ‘religiosidade’ de Einstein

Outra questão interessante acerca do homem Einstein é aquela que trata de sua religiosidade. O velho cientista alemão é sempre citado, no esquema que construiu a idolatria à sua personalidade, como um exemplo de união entre religião e ciência.

É bom lembrar, no entanto, que Einstein manifestou seus primeiros sinais de rebelião contra a religião aos 12 anos, como ele próprio confessa em sua ‘Autobiografia’, após a leitura de livros populares de ficção científica.

Segundo Einstein: “as histórias da Bíblia não poderiam ser reais”. Ele via, p.ex., o judaísmo como uma tradição cultural e não, especificamente, como uma religião. Podemos depreender essa afirmação de:

“o judaísmo não é uma crença: O Deus judaico é simplesmente uma negação da superstição, um resultado imaginário de sua eliminação. É também uma tentativa de fundar uma lei moral baseada no medo; uma tentativa lamentável e desonrosa. Parece-me ainda que a tradição moral forte da nação judaica tem de ser profundamente estremecida para livrar-se do medo.” [In: Einstein, A. Ideas and Opinions, apud Mamone Capria, M. ‘Albert Einstein: a Portrait’, in: ‘Physics before and after Einstein’. Amsterdam: IOS Press, 2005].

#### IX. Sobre a filha de Einstein e sua ‘alma não feminina’

Um marco determinante na investigação da complexa psiquê de Einstein e que jamais foi debatido ou investigado é a negação de sua filha Lieserl. Filha do gênio alemão

com Mileva Maric, Einstein, aparentemente, não queria ter ‘prejuízos’ em sua carreira, e acabou abandonando sua filha, deixando-a num orfanato, donde se perderam todos os traços de seu paradeiro. Sobre Lieserl Einstein ou Lieserl Maric, parece nada ter restado, sequer o nome...

Einstein, aliás, tinha um comportamento marcadamente “não feminino”, como pode se depreender por um comentário da esposa de Max Born que dizia que ele sempre endossava as visões de que a mulher deveria ter um papel menor na sociedade. Esse comportamento, muito reprovável hoje, pode ser ratificado por um fato ocorrido em 1920 com uma estudante:

“pouquíssimas mulheres são criativas. Eu não mandaria uma filha minha estudar física. Estou feliz com minha esposa que nada sabe sobre ciência; [apesar que] minha primeira esposa sabia”. [Mamone Capria, 2005, op.cit., p. 10].

Numa carta à uma jovem, ele escreveu:

“[seu manuscrito] é tão tipicamente feminino, que eu o macerei com ressentimento pessoal.”

## X. Epílogo

Para finalizar esse artigo, recomendo de seu ponto de partida. Emil Wolf cumpriu sua ‘promessa do coffe-break’ do Congresso de Princeton. Naquela atmosfera de 12 anos atrás, no mesmo local onde viveu o gênio alemão, discutindo questões relevantes sobre a cosmologia moderna e seus paradigmas ‘mancos’, não tínhamos ainda presente quantos temas potenciais poderiam rondar a vida e a obra de Einstein.

Muitas águas ‘heraclitanas’ correram, mas a obra e alma do gênio permaneceram na obscuridade do culto à personalidade que ele tanto parecia repreender.

O ano de 2005 foi uma enorme desilusão para quem esperava uma ampliação do debate sobre as dúvidas e sobre as incongruências dos trabalhos desenvolvidos entre 1905 e 1916.

Mas 2005 não foi uma desilusão completa. Para não passar o centenário em branco, recomendo fortemente a leitura de duas obras que serviram para os comentários do presente artigo:

- “A Construção da Imagem Científica do Mundo”. Marco Mamone Capria (org.). São Leopoldo: Unisinos, 2001; e,

- “Physics Before and After Einstein. Marco Mamone Capria (org.). Amsterdam: IOS Press, 2005 (<http://www.iospress.nl>, e-mail: [market@iospress.nl](mailto:market@iospress.nl), fax: + 31 20 620 3419).

Sobre essa última são necessárias algumas palavras mais. Trata-se de uma obra crucial para o entendimento da obra de Einstein (com dois artigos de autores brasileiros: Roberto de Andrade Martins e Jenner Barreto Bastos Filho), de seus antecessores e de seus sucessores. Suas 324 páginas estão divididas em 13 capítulos, a saber:

I – “Albert Einstein: um retrato”, por Marco Mamone Capria, onde são tratados fatos relevantes e desconhecidos da obra do físico alemão (muitos repetidos aqui);

II – “AMecânica e o Eletromagnetismo no final do século dezanove: a dinâmica do éter de Maxwell”, por Roberto de Andrade Martins, onde é apresentado o desenvolvimento das idéias que originaram a relatividade antes de Einstein, no final do século XIX, com especial ênfase ao trabalho de Whittaker;

III – “A ciência Mecânica, a Termodinâmica e a Indústria no final do século XIX”, por Angelo Baracca, onde é feita uma análise histórica de como a revolução da física do século XX foi fruto de uma longa e complexa evolução, partindo de um empirismo inicial e uma formulação fenomenológica baseado sobre evidências experimentais até um intrincado sistema de estruturas baseadas em modelos de uma nova ‘realidade’;

IV – “As origens e os conceitos da relatividade especial”, por Seiya Abiko. Nesse capítulo é interessante a revelação de que Einstein conhecia, e muito bem, os trabalhos experimentais de Michelson e Morley;

V – “A relatividade geral: gravitação como geometria e o programa Machiano”, por Marco Mamone Capria, onde se mostra o quão incorreta é a afirmação de que a relatividade especial era incompatível com a gravitação;

VI – “O renascimento da cosmologia: do universo estático ao universo em expansão”, por Marco Mamone Capria, onde são traçadas considerações a partir do artigo de Einstein, “Considerações cosmológicas sobre a teoria da relatividade geral”, de 1917;

VII – “Testando da relatividade”, por Klaus Hentschel, onde são descritos vários testes experimentais das teorias da relatividade especial e geral, com ênfase naqueles realizados durante a vida de Einstein;

VIII – “Einstein e a teoria quântica”, por Seiya Abiko, onde são analisadas a relações entre a relatividade e a teoria de Planck, a construção da termodinâmica estatística e a constituição da radiação;

IX – “O debate quântico: de Einstein à Bell e além”, por Jenner Barreto Bastos Filho, onde se conecta fortemente o racionalismo einsteiniano ao realismo, enfatizando o estudo da confrontação entre programas de pesquisa no sentido lakatosiano;

X – “A relatividade especial e o desenvolvimento da física de partículas de alta energia, por Yogendra Srivastava, onde se busca uma compreensão da compreensão atual das forças básicas da natureza a partir da relatividade especial de 1905;

XI – “A teoria quântica e a gravitação”, por Allan Widom, David Drosdoff e Yogendra Srivastava, onde é debatido a controvérsia Bohr-Einstein;

XII – “Ondas e objetos superluminais: teoria e experimentos: uma introdução panorâmica”, por Erasmo Recami, onde são mencionados vários setores experimentais da física nas quais movimentos superluminais parecem ter sido registrados;

XIII – “A cosmologia padrão e outros universos possíveis”, por Aubert Daigneault, onde é exposto o debate entre a cosmologia do Big Bang e outras explicações possíveis diante de outras interpretações de evidências observacionais, a partir de certas inconsistências do modelo padrão.

Para nós que iremos mergulhar num novo centenário, o da invenção do vôo do mais-pesado-que-o-ar, por Alberto Santos Dumont, é recomendável evitar a desilusão de 2005 que se abateu sobre a vida do outro Alberto, o Einstein, com a leitura do “Physics before and after Einstein”. Uma obra ímpar num ano ímpar.

O ano do centenário do *annus mirabilis* einsteiniano cairá, no futuro (não muito próximo!), no esquecimento do ‘cultismo’. Esperamos que o Einstein bicentenário (em 2105 d.C.) reserve melhor sorte à episteme e ao bom senso da Física e de seu trabalho cotidiano de entender o porquê estamos aqui.

[Nota: Este trabalho foi dividido em três partes: “Mitos e mancadas einsteinianos—

parte I, parte II e parte III” a pedido do editor do “JC e-mail” devido à sua extensão. A compreensão do texto se dá com a leitura integrada de todas as partes – n.d.a.]

<http://jcnoticias.jornaldaciencia.org.br/mitos-e-marcadas-einsteinianos-balanco-pessoal-do-centenario-e-resenha-do-livro-physics-before-and-after-einstein-artigo-de-marcos-cesar-danhoni-neves-parte-iii/>

# The quasi-steady state cosmology<sup>1</sup>

Jayant V. Narlikar<sup>2</sup>

## Introduction

Modern cosmology began in 1917 with Einstein's model of the universe in which the universe was assumed to be homogeneous and isotropic and *also static*. The general belief in a static universe in which the galaxies etc., are at rest was so strong that when in 1922 Aleksander Friedmann proposed expanding models of the cosmos, they were largely ignored by everybody, including Einstein. However, the first significant observational result in cosmology came in 1929 when Edwin Hubble announced the velocity-distance relation for galaxies, based on the redshifts observed in their spectra and their apparent magnitudes. This led people to a paradigm-shift that the universe is not static but *expanding*. And the Friedmann models, which had also been independently found by Abbe Lemaitre in 1927, became the recognized models for the universe. As Lemaitre had observed, these models appeared to start from the state of infinite density, which he interpreted to mean a dense primordial "atom". In modern jargon this is identified with the state of "big bang".

For a decade or so after World War II, George Gamow, Ralph Alpher, Robert Herman and others explored this supposed dense primordial state. They showed that the early universe was dominated by high temperature radiation and other subatomic particles moving at near-light speeds. They felt that the physical conditions during a short era were ideal for nuclear fusion making all the chemical elements from protons and neutrons. However, they soon encountered a basic difficulty that made it clear that this program could not be carried out, because of the absence of stable nuclei at mass numbers 5 and 8. But as Alpher and Herman (1948) pointed out, *if* there had been such an early ultradense stage, the universe might well contain an expanding cloud of primordial radiation that would preserve its blackbody form as it evolved.

In the 1940s, however, another new idea challenging this hot big bang picture appeared on the scene, when three British astrophysicists, Hermann Bondi and Tommy Gold (1948) as well as Fred Hoyle (1948) proposed *the steady state model*. It not only assumed the universe to be homogeneous and isotropic in space, but also unchanging in time. Bondi and Gold proposed the "perfect cosmological principle (PCP)" that essentially said this. It served as a basic principle that enabled the astronomer to deduce all the basic properties of the universe by simply observing the local region. Thus one could argue that there was no big bang, no hot phase; in fact the universe was essentially without a beginning and without an end. *It, however, steadily expanded*, thus creating new volumes of space. In order to maintain a constant density as required by the PCP, these volumes had to be filled up with new matter that was continually created. In Hoyle's version, the phenomenon of creation of matter was considered fundamental in determining the dynamical and other properties of the universe. Hoyle in fact proposed a slight modification of Einstein's general relativity to

---

<sup>1</sup> Published at Acta Scientiarum 22(5):1241-1248, 2000. ISSN 1415-6814.

<sup>2</sup> Inter-University Center for Astronomy and Astrophysics, Post Bag 4, Ganeshkhind, Pune 411 007, India

account for matter creation out of a negative energy reservoir of energy. As more and more matter got created, energy conservation required the reservoir to become more and more negative; but taking into consideration the fact that space was expanding, the energy density of this reservoir remained steady.

Thus in the steady state theory there was no mystical event like the 'big bang' and no sudden appearance of all the matter into the universe (in violation of the energy conservation law). Instead there was a steady expansion supported by a continuous creation of matter. In 1948, the estimates of the age of the big bang universe showed it to be very small (of the order of  $2 \times 10^9$  years), smaller than the geological age of the Earth ( $\sim 4.6 \times 10^9$  years). Thus there was a manifest conflict between the geological time scales and the big bang cosmological ones, which got less severe as later measurements reduced the value of Hubble's constant by a factor ranging between 5-10. Even today, the conflict remains in the sense that estimates of some stellar ages are marginally higher than the age of the universe. We will return to this evidence later.

Nevertheless, during the 1950s and the early 1960s the debate between the big bang and steady state theories continued unabated. Two events in the mid-1960s, however, swung the argument in favor of the big bang cosmology. One was the realization that the observed abundances of light nuclei in the universe required their manufacture in a very hot dense stage. The possibility of making these in the observed quantities in the interiors of stars was discounted. The other was the observation of the microwave background radiation which was quickly interpreted as the relic of the early hot era. Thus the big bang model acquired the status of the "standard model" of the universe. However, as we will now discuss, this reasoning may have been too simplistic. We will begin with a discussion of some weaknesses of the standard model.

The standard cosmological model: some critical issues

Let us begin by examining the above two lines of evidence that are claimed to be the strongest in favor of the standard model.

### The origin of light nuclei.

In the mid-sixties, Robert Wagoner, William Fowler and Fred Hoyle (1967) repeated a calculation originally reported by Gamow, Alpher and Herman. They concluded that a synthesis of the light elements in the early hot universe yielded abundances of deuterium,  ${}^3\text{He}$ ,  ${}^4\text{He}$ , and Li that were in satisfactory agreement with astrophysical observations if the average cosmological density  $\rho$  (in g/cm<sup>3</sup>) of baryonic matter was related to the radiation temperature  $T$  (in Kelvin) by a finely tuned relation:

$$\rho = 10^{-32} T^3. \quad (1)$$

A finely tuned relation can be an asset to a theory, if observations bear it out. Or it may prove to be a liability if it *does not* conform with them. Cosmological theory requires this  $\rho - T$  relationship between density and temperature to be maintained throughout the expansion of the universe from its early hot state. So, putting in the measured value of the present background temperature,  $T = 2.73$  K, yields about  $2 \times$

$10^{-31} \text{ g/cm}^3$  for the present-day average density of the cosmos. For a comparison, the standard model predicts the present density of the universe to be close to  $2 \times 10^{-29} \text{ g/cm}^3$ . This density is sometimes referred to as the *closure density*: models denser than this are closed in the topological sense, while those with less density are open. Thus there is a big discrepancy between observation and theoretical prediction.

Although the predicted density was almost two orders of magnitude less than the closure density, it agreed with galactic astronomer Jan Oort's estimate for the cosmic average density of observable material. The higher "closure" value given by the standard cosmological theory is rationalized by assuming the existence of the (as yet) hypothetical *nonbaryonic* matter. What it actually is, cannot be tested as yet, and theoretically favored species has changed its identity over the years from massive neutrinos to esoteric "cold-dark matter" particles or WIMPs, perhaps with some remaining admixture of neutrinos. Evidently, it is not reassuring that this line of reasoning from the 1960s is still the best available in favor of Big Bang cosmology, despite the continuing failure of attempts to identify the required nonbaryonic matter.

### The relic radiation

A strong point of the hot universe theory is always claimed to be its prediction of the Planckian spectrum of the radiation, a prediction that was amply confirmed in 1990 by the COBE-team (Mather *et al*, 1990). However, the weakness of the argument lies in its inability to predict the actual temperature of the radiation at the present epoch. Guess estimates have ranged from 5 K to 50 K (see Assis and Neves 1995). On precisely this issue, the standard-cosmology argument on relic radiation can be countered by a still more precise calculation with a very different implication. We know that  ${}^4\text{He}$  is synthesized from hydrogen in stars with an energy yield of about  $6 \times 10^{18}$  ergs for each gram of helium, the energy being radiated by the stars to produce a radiation background. If all of the  ${}^4\text{He}$

in the universe has been produced in this way (the observed abundance is about one  ${}^4\text{He}$  for every 12 hydrogen atoms), then the accompanying radiation background should have an energy density of

$$u = 4.37 \times 10^{-13} \text{ erg/cm}^3. \quad (2)$$

That is quite close to the observed energy density of the microwave background, namely  $4.18 \times 10^{-13} \text{ erg/cm}^3$ .

Either this agreement is coincidental, or we must conclude that the  ${}^4\text{He}$  was created, not by Big Bang nucleosynthesis, but rather by hydrogen burning inside stars (a process that we know to exist), and that the radiation background from stars has become subsequently thermalized into the far infrared (as discussed in section 5).

### Other problems with the standard model

We turn now to further problems associated with the so-called standard model. If negative values of the energy density are prohibited, one can argue that the observed expansion of the universe requires not only that the universe was more



compressed in the past, but additionally that it was also expanding in the past. If we denote the time dependence of the linear scale factor of the universe  $S(t)$ , general relativity tells us that the scale factor has always been increasing in the past and, as we look back in time, we see the universe become more and more compressed at earlier and earlier times. Ultimately to what?

In attempts to answer this question, it is accepted that particle energies increase up to values in the TeV range, and then, by speculation, all the way to the Big Bang. Up to  $10^{15}$  GeV, symmetry arguments are invoked and the theory departs increasingly from known physics, until ultimately the energy source of the universe is put in as an initial condition, as are other physical conditions like the fluctuations of matter density that became enhanced later to form galaxies in an otherwise homogeneous universe.

Because the initial conditions are beyond the present observer's ability to observe and verify, and because the particle physics has remained untested at energies of the order  $10^{15}$  GeV, we are completely at the mercy of speculations! More so, as the primordial conditions are never repeated at any later stage, we are in fact not able to satisfy the "repeated testability" criterion of a physical theory.

Weinberg (1989) has highlighted the so-called cosmological constant problem. If we assume that inflation took place in the very early universe, it was driven by a cosmological constant term  $\Lambda$ , arising from the vacuum. If today we wish to claim a relic  $\Lambda$ , then we have to assume that it is an extremely tiny ( $\sim 10^{-108}$ ) fraction of the original value at the time of inflation. Why was the relic value so finely tuned to what is claimed to be its observationally estimated value today?

Unfortunately, standard cosmology has to claim the existence of a cosmological constant of this order today, for two reasons. First, the age of the standard model without  $\Lambda$  and with  $\Omega = 1$  is too small to accommodate ages of some of the oldest stars in globular clusters. Second, the redshift magnitude relation using Type IA supernovae seems to require a nonzero  $\Lambda$ .

These and some other unsatisfactory features (for a detailed discussion see Arp *et al.* 1990) led Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge and Jayant Narlikar (1993) to take a fresh look at cosmology and try a new approach which they named the "Quasi-Steady State Cosmology".

### **The quasi steady-state cosmology**

This alternative cosmology makes a beginning from an action principle that seeks to explain how matter and radiation appeared in the universe. That is to say, the action principle includes the possibility that a typical world-line of a particle can have a beginning. The details involve a scalar field analogous to that which appears in popular inflationary models which are favored by standard cosmology. As it does in the inflationary models, the scalar field exerts a negative pressure that explains the universal expansion. In this theory, the field also acts negatively in the creation process, balancing the positive energy of matter production. That permits new matter to appear in an already existing universe, instead of requiring the creation of the entire universe *de novo*, in a *Big Bang*.

The creation is being triggered locally in what are called *minicreation*



*events* or *minibangs*, with the negative field component subsequently escaping from the region of creation, which has experienced an accumulation of positive energy. It is in this way that black holes are formed - not through the infall of matter. The popular black hole paradigm at present assumes that the high energy activity in the nuclei of certain "active" galaxies is triggered by a spinning massive black hole with several billion solar masses. However, this interpretation runs into problems like the following.

Matter moving at velocity  $c$  transverse to the radius vector from the center of a spherical black hole of mass  $M = 10^{10}$  solar masses ( $M_{\odot}$ ), at the critical distance  $2GM/c^2$ , has angular momentum of order  $10^{26}$  cm<sup>2</sup>/s per gram. But matter rotating about a galactic center typically has ten thousand times more angular momentum than that. Therefore, it is difficult for us to see how a large quantity of matter in a galaxy could come to be packed into the small scale of a black hole, even when the black hole has a mass as large as  $10^{10}$  solar masses.

The conventional interpretation has as yet found no satisfactory way around this difficulty. But if, at the centers of galaxies, there are black holes that act as minicreation events, the escape of the negative energy field generated in the creation process provides a ready explanation for the accumulation of the positive material component, leading to an easily understood development of the central black hole.

While there are several interesting applications of this idea to high energy astrophysics, the present discussion will be confined to cosmology. Consider first how the combined effect of such minicreation events drives the dynamics of the universe. It turns out that while the long-term result of this interaction is the steady state model, there are significant short term effects which make the universe oscillate around the steady state solution. Which is why the cosmology is called the "*quasisteady state*" cosmology.

### Cosmological solutions

The spacetime geometry of the quasi-steady state cosmology (QSSC in brief) is described, just as in standard cosmology, by the Robertson-Walkar line element, with the expansion of the universe determined by the scale factor  $S(t)$ . The difference in this theory from the standard cosmology is that the equation for the square of the time derivative of  $S$  now carries a negative term that decreases like  $S^{-4}$ . Thus, in a time-reversed picture, in which the scale factor  $S$  grows smaller, a stage will eventually be reached beyond which this new term will dominate over the *positive* term, due to the material content of the universe, that goes like  $S^{-3}$ .

The effect, as one goes backward in time, is to produce an *oscillation* of the scale factor:

$$S(t) = \exp(t/P) \cdot [1 + \eta \cos 2\pi t/Q]. \quad (3)$$

The function  $\tau(t)$  is very nearly  $\sim t$ , except near the minima and maxima of the scale factor. The universe oscillates between finite bounds, as the parameter  $\eta$  is nonzero and has magnitude less than unity. The parameter  $Q$  is the temporal period of the periodic part of the scale factor, which turns out to be 5-10 times longer than the "age of the universe" arrived at in the Big Bang scenario. The other characteris-

tic-time parameter,  $P \gg Q$ , describes an exponential growth that is very slow on the time scale of the periodic function.  $P$  is determined by the rate of matter creation averaged over a large number of minicreation events.

The quasi steady-state model also has two other dimensionless parameters: the ratio  $S_{\max}/S_{\min}$  between the amplitudes of  $S(t)$  at its maxima and minima, and the ratio  $S(t_0)/S_{\min}$  of the present scale factor to its periodic minimum.

Typical values of these four parameters that give a good fit to the observational data are

$$Q = 4.4 \times 10^{10} \text{ years}, P = 20Q,$$

$$S_{\max}/S_{\min} = 9 \text{ and } S(t_0)/S_{\min} = 6.$$

The cycles may be looked upon as having the same physical conditions, with star formation, galaxy formation etc. going on in successive cycles in exactly similar fashion. Stars with mass  $\sim M_{\odot}$  will complete their evolutionary lifetime well within one cycle and would be seen as very faint white dwarfs in the next. Structure on the scale of galaxies may take longer to establish, although each cycle will have fully formed galaxies, clusters, superclusters, etc. We will return to these issues shortly.

Among the broad observational data that these parameters must reproduce are (1) the relationship between the redshifts of galaxies and their visual magnitudes, (2) the angular sizes of quasars at different redshifts, (3) the population counts of galaxies and radio sources, (4) the largest observed redshifts, (5) the microwave background and (6) the cosmic abundances of the lightest nuclear isotopes. We begin with the discussion of the microwave background first, as it represents the *tour de force* for the standard model.

## The microwave background

As seen in the cosmological model described above, the stars shining in the previous cycles would leave a relic radiation background. This can be estimated with the help of starlight distribution in the present cycle, since all cycles are ideally identical. It turns out that the total energy density of this relic starlight at *the present epoch* is adequate to give a radiation background of  $\sim 2.7$  K, in good agreement with the observations. The question is, would this relic radiation be thermalized to a near-perfect blackbody spectrum and distributed with a remarkable degree of homogeneity?

The answer to the first question is "yes". The thermalizers are metallic whiskers which work most efficiently for this process, much more than the typical spherical grains. These are formed when supernovae make and eject metals in vapor form.

Experimental work on the cooling of carbon and metallic vapors has shown that there is a strong tendency for condensates to appear as long threadlike particles, often called whiskers. Carbon and metal whiskers are particularly effective at converting optical radiation into the far infrared. Calculations show that a present-day intergalactic density of  $10^{-35}$  g/cm<sup>3</sup> for such whiskers would suffice to thermalize the

accumulated starlight at an oscillatory minimum. Such a whisker density could readily be accounted for by the ejecta of supernovae, which can easily leave the confines of their parent galaxies. For details of this process see Narlikar *et al.* (1997).

However, close to an oscillatory maximum, the universe is sufficiently diffuse that such intergalactic particles have a negligible effect on starlight. Light propagation is then essentially free and, because of the long time scale of the maximum phase of each cycle, there is a general mixing of starlight from widely separated galaxies. Because of this mixing and the large-scale cosmic homogeneity and isotropy, the energy density of the radiation also acquires a high degree of homogeneity. That homogeneity persists, because the absorption and reemission of the starlight at the next minimum does not change the energy density. Thus we have an explanation of the remarkable uniformity of the cosmic microwave background.

Small deviations from this uniformity, to the order of a part in  $10^5$ , are expected for regions near rich clusters of distant galaxies. This implies that the microwave background should exhibit temperature fluctuations on the sky of a few tens of microkelvin on an angular scale determined by the clustering of distant galaxies. For a distant cluster of diameter 10 megaparsecs observed at a redshift  $z \equiv \Delta \lambda / \lambda$  of 5 (about the highest redshift that's been seen), that angular scale is about  $0.7^\circ$ , in good agreement with the largest observed fluctuations in the microwave background.

The ease with which the complexities of the microwave background can be understood in the quasi steady-state cosmology is a strong indication that the theory is on the right track. Rather than being put in by parametric choices, the observed fluctuations of the microwave background arise naturally from the clustering of galaxies.

## Origin of the light nuclei

There are more than 320 known isotopes of the elements. In their pioneering work, Margaret and Geoffrey Burbidge, Willy Fowler and Fred Hoyle (1957; these authors are collectively referred to as B<sup>2</sup>FH) showed that, with the possible exceptions of deuterium, <sup>3</sup>He, <sup>4</sup>He, <sup>6</sup>Li, <sup>7</sup>Li, <sup>9</sup>Be and <sup>10</sup>B, and <sup>11</sup>B, all the isotopes were synthesized by nuclear processes in stellar interiors. In 1957, these eight nuclei seemed hard to produce in stellar conditions. Some recent developments regarding these light nuclei are worth reviewing in this context. For details see Burbidge and Hoyle (1998).

The list of eight problematic cases was soon reduced to five, as <sup>6</sup>Li, <sup>10</sup>B, and <sup>11</sup>B were found to be produced in the spallation reactions of cosmic rays. More recently, it has been found that the depletion of Fe in old stars correlates closely with the abundance of <sup>9</sup>Be, strongly suggesting that <sup>9</sup>Be was produced in association with the iron in supernovae. Thus Burbidge and Hoyle (1998) have argued that the original list of eight light nuclear species that at one time were candidates for association with a hot Big Bang cosmology gets reduced to four. Of these, lithium can possibly be made under stellar circumstances, in view of the finding of lithium rich supergiant stars.

Restressing the striking fact that the energy density of the microwave background is very close to what we calculate for the production of the observed <sup>4</sup>He abundance solely by hydrogen burning in stars, one is left with essentially only two of the eight special cases, namely deuterium and <sup>3</sup>He.

He.

What is the likelihood, we now ask, that even these last two will turn out to have purely astrophysical origins?  ${}^3\text{He}$  is accumulated in large quantities in dwarf stars whose masses are too small for the isotope to be destroyed by the radiation  ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2\text{p}$ . There is also a class of earlier type, more massive stars (including 3 Cen A), in which *most* of the helium is  ${}^3\text{He}$ . On the  $Q \approx 10^{11}$  year time scale of the quasi steady-state cosmology, it seems likely that the cosmic abundance of  ${}^3\text{He}$  (Big Bang nucleosynthesis predicts about one for every ten thousand  ${}^4\text{He}$  nuclei) is to be explained by an escape from stars of these types in stellar winds.

Deuterium, the last survivor from the original list of problematic light nuclei, is a particularly difficult case. It is both produced and destroyed by astrophysical processes. Deuterons are made in high-energy processes such as solar flares that generate free neutrons, and destroyed by burning in stellar interiors. Arguments over whether astrophysical production suffices, with no need to invoke cosmological deuterium production, therefore turn on measurements of the cosmic D/H abundance ratio, which are difficult to accomplish with precision. In these circumstances, the deuterium case can reasonably be regarded as uncertain. With all other nuclides (except, of course,  ${}^1\text{H}$ )

produced in adequate abundance by astrophysical means, it would seem best to extend this generalization to the deuterium and presume that any nucleus heavier than the proton has been synthesized by processes associated with stars. In short, Burbidge and Hoyle argue that a supposedly strong evidence for a hot dense phase in the universe becomes considerably weaker by the viability of an alternative stellar scenario for nucleosynthesis of light isotopes.

### Observations of discrete sources

One of the most interesting developments in recent times in extragalactic astronomy is the use of Type IA supernovae to determine distances of galaxies and using the results to test the redshift-distance relations predicted by different cosmological models. Standard cosmology, after years of discounting the cosmological constant introduced by Einstein (1917) in his static model as unnecessary, suddenly found it a very attractive parameter! As mentioned earlier, there are two reasons for the same: (i) that the age of the universe comes out too low for comfort when compared to the estimated ages of stars and galaxies and (ii) the extension of Hubble's law to distant galaxies does not fit the standard models. By introducing the cosmological constant these difficulties can be overcome. However, we have already referred to the fine-tuning needed to get the required value of the cosmological constant at the present epoch in the standard model.

On the other hand, Banerjee, *et al.* (2000) have shown that there is excellent agreement between the Hubble relation based on the measured distances of galaxies, using Type IA supernovae and the predictions of the QSSC. This happens precisely because of the absorption caused by intergalactic dust postulated by the QSSC to thermalize the microwave background. So far as stellar and galactic ages are concerned, the long time scales of the QSSC model ensure that there are no such problems.

There are also excellent agreements on two other cosmological tests. In one we look at the angular sizes of the tiny cores of distant radio sources whose redshifts are known. The angular size redshift relation predicted by the QSSC provides a very good fit to the data (for details see Banerjee and Narlikar, 1999). The other test counts radio sources up to varying levels of flux density. This number-flux density relation can also be closely simulated by the QSSC (Hoyle *et al.* 1994, 1995).

### **The minicreation events, dark matter and active nuclei**

During the period 1958-64, Ambartsumian first developed the idea that many groups and clusters of galaxies are systems of positive total energy – that is to say, expanding systems not gravitationally bound - and that many small galaxies were formed in and ejected from the nuclei of larger systems. He also accepted the evidence of explosive events in radio sources and Seyfert galaxies. In the 1960s, when quasi-stellar objects with large redshifts were being identified in increasing numbers, it was realized that they are also highly energetic objects closely related to explosive events in galaxies.

How are we to understand such great outpourings of matter and energy? As far as the associations and clusters of galaxies are concerned, most theorists, unlike Ambartsumian, have simply not been prepared to accept the observations at face value. For many years, they have argued that the protogalaxies and galaxies were formed early in the history of the universe. From that point of view, it is impossible to believe that many galaxies are less than a billion years old, which must be the case if galaxies are, even now, being formed and ejected in expanding associations. It is generally agreed that, in such groups and clusters, the kinetic energy of the visible objects is much greater than their potential energy. The conventional way out nowadays is to assume that such groupings are indeed gravitationally bound - by large quantities of unseen “dark matter”. This conjecture was already put forward by Fritz Zwicky in the 1930s for some of the great clusters of galaxies. In the 1970s, the view that the masses of systems of galaxies on all scales are proportional to their sizes became widely believed. However, it was not stressed that this result is only obtained by assuming that they are bound and therefore obey the virial condition for which there is no other evidence.

The QSSC suggests that these open systems are in fact the remnants of mini-creation events and that their excess kinetic energy is the result of their explosive origin. As we shall see later in this article, the minicreation events play a key role in forming the large-scale structure observed in the universe today.

At the same time, there is considerable evidence - from the flat rotation curves of spiral galaxies - for the existence of dark matter in them. This dark matter could very well be stars of previous cycles which are burnt out and devoid of any radiation. They could also be white dwarfs of very large ages of the kind not possible in the relatively limited lifespan of the standard model.

What about radio sources, active galactic nuclei and quasi-stellar objects? It is generally accepted that they all release very large amounts of energy from dense regions with dimensions no larger than our solar system. It has been clear since the early 1960s that there are only two possibilities: this energy is either gravitational in origin, or it is released in creation processes. Conservatively, the total energy release

in powerful sources is at least  $10^5 M_{\odot} c^2$ . In the radio sources, much of this energy resides in highly relativistic particles.

To get such enormous energy releases in gravitational collapse it is necessary to consider processes very close to the Schwarzschild radius, where it would be very difficult to get the energy out. Even if the efficiency of the initial process is as high as a few percent, the efficiency with which the gravitational energy is then converted through several stages into relativistic particles and magnetic flux would be very small. Despite these difficulties, the standard model explaining active galactic nuclei asserts that, in all such situations, there is a massive black hole at the center of the galaxy, surrounded by an accretion disk, and that all of the observed energy, emitted in whatever form, is gravitational in origin. All of it, we are told, arises from matter falling into the disk and then into the black hole. But this type of model cannot convincingly explain the many observed phenomena, largely because the efficiency with which gravitational energy can be transformed into relativistic particles and photons is so small.

It is much more likely that, in active galactic nuclei, we are seeing the creation of mass and energy as proposed in the QSSC. Massive near-black holes are undoubtedly present in the centers of galaxies.

But when they are detected, the galaxy is typically *not* active. The important feature is probably the quasi steady-state creation process, which can take place in the presence of a large mass concentration.

## Large scale structure

The minicreation centers act as nuclei for large scale structure. Ali Nayeri, Sunu Engineer, Fred Hoyle and this author (1999) simulated a toy model on a computer to see how the real process may work. The steps in this simulation are as follows.

- a) Produce  $N \sim 10^6$  points randomly in a unit cube.
- b) Around a fraction  $f = 1 - \exp(-3Q/P)$  of these points produce a randomly oriented neighbor within a distance  $xN^{1/3}$ , where  $x$  is a fraction less than 1.
- c) Expand the cube and all scales within it homologously in the ratio  $\exp(Q/P)$  in all directions.
- d) From the expanded cube retain the central cubical portion of unit size, deleting the rest.

These operations describe the creation process during one QSSC cycle. We repeat this exercise many times to see how the distribution of points evolves. A slice of the cube after 5 cycles clearly shows that the distribution of points has developed clusters and voids, typically like that in the real universe. A two-point correlation analysis confirms this visual impression quantitatively. After a few cycles the distribution approximates to a power law with index  $-1.8$ . The relative ease with which this type of distribution can be generated is in sharp contrast to the not inconsiderable efforts spent in standard cosmology in arriving at a cluster + void distribution through gravitational clustering.

## Concluding remarks

What are the specific tests that may distinguish the QSSC from standard cosmology? A few are as follows:

1. If a few light sources like galaxies or clusters are found with modest ( $\sim 0.1$ ) *blueshifts*, they can be identified with those from the previous cycle, lying close to the epoch of the maximum scale factor. In standard cosmology there should be no blueshifts.
2. If low mass stars, say with half a solar mass, are found in red giant stage, they will have to be very old, say  $\sim 40 - 50$  Gyr old, and as such they cannot be accommodated in the standard model, but will naturally belong to the previous cycle of the QSSC.
3. If the dark matter in the galaxies is proved largely to be baryonic, or if other locations like clusters of galaxies turn out to have large quantities of baryonic matter, then the standard cosmology would be in trouble. For, beyond a limit the standard models do not allow for baryonic matter as it drastically cuts down the predicted primordial deuterium and also spoils the scenario for structure formation.

These observations lie just beyond the present frontiers of astronomical observations. So there is hope that the cosmological debate will spur observers to scale greater heights and push their observing technology past the present frontiers, as happened fifty years ago during the debate between the original steady state cosmology and the standard big bang cosmology.

## References

- Alpher, R.A.; Herman, R.C. Evolution of the universe. *Nature*, 162:774, 1948.
- Arp, H.C.; Burbidge, G.; Hoyle, F.; Narlikar, J.V.; Wickramasinghe, N.C. The extragalactic universe: an alternative view. *Nature*, 346(6287):807-812, 1990.
- Assis, A.K.T.; Neves, M.C.D. History of the 2.7K temperature prior to Penzias and Wilson. *Apeiron*, 2:79, 1995.
- Banerjee, S.K.; Narlikar, J.V. The quase-steady state cosmology: a study of angular size against redshift. *MNRAS*, 307:73, 1999.
- Banjerjee, S.K.; Narlikar, J.V.; Burbidge, G.; Hoyle, F.; Wickramasinghe, N.C. Possible interpretation of the magnitude-redshift relation for supernovae of type IA. *Am. J.*, 119:2583, 2000.
- Bondi, H.; Gold, T. The steady state theory of the expanding universe. *MNRAS*, 108:252, 1948.
- Burbidge, G.; Hoyle, F. The origin of helium and the other light elements. *Ap. J. Letts*, 509:1, 1998.
- Burbidge, E.M.; Burbidge, E.M.; Fowler, W.A.; Hoyle, F. Synthesis of the elements in stars. *Rev. Modern Physics*, 29(4):547-650, 1957.
- Einstein, A. *Preuss. Akad. Wiss. Berlin: Sitzber*, 1917. p.142.
- Hoyle, F. A new model for the expanding universe. *MNRAS*, 108:372, 1948.
- Hoyle, F.; Burbidge, G.; Narlikar, J.V. A quasi-steady state cosmological model with



- creation of matter. *Appl. J.*, 410:437, 1993.
- Hoyle, F.; Burbidge, G.; Narlikar, J.V. Astrophysical deductions from the quase-steady state cosmology. *MNRAS*, 267:1007, 1994.
- Hoyle, F.; Burbidge, G.; Narlikar, J.V. The quasi-steady state cosmology: a note on criticisms by E.L. Wright. *MNRAS*, 277:1, 1995.
- Mather, J.C.; Cheng, E.S.; Eplee, R.E.; Isaacman, R.B.; Meyer, S.S.; Shafer, R.A.; Weiss, R.; Wright, E.L.; Bennett, C.L.; Boggess, N.W.; Dwek, E.; Gulkis, S.; Hauser, M.G.; Janssen, M.; Kelsall, T.; Lubin, P.M.; Moseley, S.H.; Murdock, T.L.; Silverberg, R.F.; Smoot, G.F.; Wilkinson, D.T. A preliminary measurement of the cosmic microwave background spectrum by the cosmic background explorer (Cobe) satellite. *Ap.J. Letts*, 354:37, 1990.
- Narlikar, J.V.; Wickramasinghe, N.c.; Sachs, R.; Hoyle, F. Cosmic iron whiskers: their origin, length distribution and astrophysical consequences. *Internat. J. Modern Physics*, 6:125, 1997.
- Nayeri, A.; Engineer, S.; Narlikar, J.V.; Hoyle, F. Structure formation in the quasi-steady state cosmology: a toy model. *Appl. J.*, 525:10, 1999.
- Wagoner, R.V.; Fowler, W.A.; Hoyle, F. On the synthesis of elements at very high temperatures. *Appl. J.*, 148:3, 1967.
- Weinberg, S. The cosmological constant problem. *Rev. Modern Physics*, 61(1):1-23, 1989.



# Open Letter to closed minds<sup>1</sup>

The open letter exhibited here is addressed to the scientific community by a leading group of concerned scientists. It questions a core belief – the belief in the so-called big bang theory. So it will be instructive to watch the behavior of that community in response. Already, the first line of defense – censorship – has held. The journal Nature rejected the letter for publication. New Scientist, the more populist magazine, on 22 May 2004 finally published the letter under the title "Bucking the big bang." [Note: This news item was temporarily withdrawn while waiting for publication of the final version of the letter.]

*"You could write the entire history of science in the last 50 years in terms of papers rejected by Science or Nature."*

– Paul C. Lauterbur, winner of the Nobel Prize for medicine, whose seminal paper on magnetic resonance imaging was originally rejected by Nature.

That scathing commentator on errant human behavior, John Ralston Saul, has compared the scientific community to the medieval church. Some of the signatories to the open letter would agree with him. We humans, at least the males it seems, have a penchant for setting up organizations – political, religious, and scientific – that with time become authoritarian, exclusive and dogmatic. Despite this we are led to believe that scientists are somehow trained to be above such human failings. The deception only succeeds because there is no effective investigative reporting of science.

A challenge to orthodoxy tends to be ignored at first. But if it gains popular support, the first move is to discredit and silence the challenger. The protectors of the scientific faith often parade the "scientific method" like a holy icon to warn off evil, heretical spirits. And the demand is made that "extraordinary claims demand extraordinary evidence." However, as Robert Matthews in the New Scientist of 13 March 2004 notes:

*"Over the years, sociologists and historians have often pointed out the glaring disparity between how science is supposed to work and what really happens. While scientists routinely dismiss these qualms as anecdotal, subjective or plain incomprehensible, the suspicion that there is something wrong with the scientific process itself is well founded. The proof comes from a rigorous mathematical analysis of how evidence alters our belief in a scientific theory."*

"Belief" is the crux of the matter. The usual declaration that extraordinary claims demand extraordinary evidence is merely a smokescreen for the fact that no amount of evidence will change the consensus view until a sufficient number "convert" to a belief in the new theory. **Science is therefore a political numbers game based on subjective beliefs.** Max Planck was right when he said:

---

<sup>1</sup> The Preamble of Open Letter was posted on April 12, 2004 by Wal Thornhill in the website: <http://www.holo-science.com/wp/an-open-letter-to-closed-minds/> . The original **An Open Letter to the Scientific Community** was published in New Scientist, May 22, 2004 with their original signers.

*“An important scientific innovation rarely makes its way by gradually winning over and converting its opponents. What does happen is that its opponents gradually die out, and that the growing generation is familiarized with the ideas from the beginning.”*

Matthews continues:

*“It gets worse. As the evidence accumulates, the two camps will not only fail to reach consensus but actually be driven further apart - propelled by their different views ..And worst of all, there is no prospect of such a consensus unless the two sides can agree about the cause of the data.”*

Such a conclusion bodes ill for any attempt to change the status quo. **Meanwhile, the big bang theory continues to make extraordinary claims based upon little or no evidence.**

---

### ***An Open Letter to the Scientific Community***

(Published in New Scientist, May 22, 2004)

*The big bang today relies on a growing number of hypothetical entities, things that we have never observed- inflation, dark matter and dark energy are the most prominent examples. Without them, there would be a fatal contradiction between the observations made by astronomers and the predictions of the big bang theory. In no other field of physics would this continual recourse to new hypothetical objects be accepted as a way of bridging the gap between theory and observation. It would, at the least, raise serious questions about the validity of the underlying theory.*

*But the big bang theory can't survive without these fudge factors. Without the hypothetical inflation field, the big bang does not predict the smooth, isotropic cosmic background radiation that is observed, because there would be no way for parts of the universe that are now more than a few degrees away in the sky to come to the same temperature and thus emit the same amount of microwave radiation.*

*Without some kind of dark matter, unlike any that we have observed on Earth despite 20 years of experiments, big-bang theory makes contradictory predictions for the density of matter in the universe. Inflation requires a density 20 times larger than that implied by big bang nucleosynthesis, the theory's explanation of the origin of the light elements. And without dark energy, the theory predicts that the universe is only about 8 billion years old, which is billions of years younger than the age of many stars in our galaxy.*

*What is more, the big bang theory can boast of no quantitative predictions that have subsequently been validated by observation. The successes claimed by the theory's supporters consist of its ability to retrospectively fit observations with a steadily increasing array of adjustable parameters, just as the old Earth-centred cosmology of Ptolemy needed layer upon layer of epicycles.*

*Yet the big bang is not the only framework available for understanding the history of the universe. Plasma cosmology and the steady-state model both hypothesise an evolving universe without beginning or end. These and other alternative approaches*

can also explain the basic phenomena of the cosmos, including the abundances of light elements, the generation of large-scale structure, the cosmic background radiation, and how the redshift of far-away galaxies increases with distance. They have even predicted new phenomena that were subsequently observed, something the big bang has failed to do.

Supporters of the big bang theory may retort that these theories do not explain every cosmological observation. But that is scarcely surprising, as their development has been severely hampered by a complete lack of funding. Indeed, such questions and alternatives cannot even now be freely discussed and examined. An open exchange of ideas is lacking in most mainstream conferences. Whereas Richard Feynman could say that “science is the culture of doubt”, in cosmology today doubt and dissent are not tolerated, and young scientists learn to remain silent if they have something negative to say about the standard big bang model. Those who doubt the big bang fear that saying so will cost them their funding.

Even observations are now interpreted through this biased filter, judged right or wrong depending on whether or not they support the big bang. So discordant data on red shifts, lithium and helium abundances, and galaxy distribution, among other topics, are ignored or ridiculed. This reflects a growing dogmatic mindset that is alien to the spirit of free scientific enquiry.

Today, virtually all financial and experimental resources in cosmology are devoted to big bang studies. Funding comes from only a few sources, and all the peer-review committees that control them are dominated by supporters of the big bang. As a result, the dominance of the big bang within the field has become self-sustaining, irrespective of the scientific validity of the theory.

Giving support only to projects within the big bang framework undermines a fundamental element of the scientific method – the constant testing of theory against observation. Such a restriction makes unbiased discussion and research impossible. To redress this, we urge those agencies that fund work in cosmology to set aside a significant fraction of their funding for investigations into alternative theories and observational contradictions of the big bang. To avoid bias, the peer review committee that allocates such funds could be composed of astronomers and physicists from outside the field of cosmology.

Allocating funding to investigations into the big bang’s validity, and its alternatives, would allow the scientific process to determine our most accurate model of the history of the universe.

**Initial signers:  
(Institutions for identification only)**

Halton Arp, Max-Planck-Institute Fur Astrophysik (Germany)

Andre Koch Torres Assis, State University of Campinas (Brazil)

Yuri Baryshev, Astronomical Institute, St. Petersburg State University (Russia)

Ari Brynjolfsson, Applied Radiation Industries (USA)

Hermann Bondi, Churchill College, Cambridge (UK)

Timothy Eastman, Plasmas International (USA)  
Chuck Gallo, Superconix, Inc.(USA)  
Thomas Gold, Cornell University (emeritus) (USA)  
Amitabha Ghosh, Indian Institute of Technology, Kanpur (India)  
Walter J. Heikkila, University of Texas at Dallas (USA)  
Michael Ibison, Institute for Advanced Studies at Austin (USA)  
Thomas Jarboe, Washington University (USA)  
Jerry W. Jensen, ATK Propulsion (USA)  
Menas Kafatos, George Mason University (USA)  
Eric J. Lerner, Lawrenceville Plasma Physics (USA)  
Paul Marmet, Herzberg Institute of Astrophysics (retired) (Canada)  
Paola Marziani, Istituto Nazionale di Astrofisica, Osservatorio Astronomico di Padova (Italy)  
Gregory Meholic, The Aerospace Corporation (USA)  
Jacques Moret-Bailly, Université Dijon (retired) (France)  
Jayant Narlikar, IUCAA (emeritus) and College de France (India, France)  
Marcos Cesar Danhoni Neves, State University of Maringá (Brazil)  
Charles D. Orth, Lawrence Livermore National Laboratory (USA)  
R. David Pace, Lyon College (USA)  
Georges Paturel, Observatoire de Lyon (France)  
Jean-Claude Pecker, College de France (France)  
Anthony L. Peratt, Los Alamos National Laboratory (USA)  
Bill Peter, BAE Systems Advanced Technologies (USA)  
David Roscoe, Sheffield University (UK)  
Malabika Roy, George Mason University (USA)  
Sisir Roy, George Mason University (USA)  
Konrad Rudnicki, Jagiellonian University (Poland)  
Domingos S.L. Soares, Federal University of Minas Gerais (Brazil)  
John L. West, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology (USA)  
James F. Woodward, California State University, Fullerton (USA)

# The Origin of the 3 K Radiation<sup>1</sup>

Paul Marmet (1932-2005)

## Usual Interpretation of the 3 K Radiation

One of the most frequently used arguments in favor of the Big Bang hypothesis is the observation of the 3 K radiation from space. In this hypothesis it is considered that the universe started as an expanding mass of matter at an extremely high temperature. The density of that very dense matter was originally so high that it was then opaque and light could not pass through it. During the expansion, the temperature and the density of the universe were gradually decreasing, so that the universe became more and more transparent. When the temperature of this young universe reached about 3000 K, about 15 billion years ago the universe became sufficiently transparent so that the radiation emitted could move across cosmological distances without being absorbed significantly. It is said that the radiation became then decoupled with matter. It is that radiation that is still traveling through space today and that we would observe under the **"appearance"** of 3 K radiation.

We must further notice that nothing in the description given above has ever been witnessed directly. It is like a tale. The Big Bang hypothesis must be submitted to tests. Many examples of failures of those tests have been shown. For example, if the universe started as a very high concentration of matter, it can be calculated that it was then a Black Hole. However, relativity shows that Black Holes cannot expand. The Big Bang is therefore incompatible with the early expansion of the universe when relativity is taken into account as shown previously. As mentioned previously, the Big Bang hypothesis is another **"creationist theory"** for which the only difference with the usual **"creationist theory"** claiming that universe started 4000 B.C. is by changing the number 4000 B.C. by 15 billion years.

## Structure of Atomic H and Molecular Hydrogen H<sub>2</sub>

Before understanding the origin of the 3 K radiation observed in space, we need to know the properties of matter filling space. Astronomical observations show that there is a very large quantity of atomic hydrogen (H) in the universe. Atomic hydrogen is composed of an electron electrically bound to a proton forming neutral hydrogen. Protons, just as electrons have a fundamental property called "spin". In a hydrogen atom, those spins are coupled either parallel or anti parallel. The interesting point is that a transition from a parallel to an anti parallel coupling of spins in hydrogen (and vice versa) takes place when hydrogen is emitting (or absorbing) electromagnetic radiation at a wavelength of 21 cm. Consequently, one can determine the amount of atomic hydrogen H in the universe by measuring the amount of radiation absorbed (or emitted) at 21 cm. The actual observation of the 21 cm. line proves that there is a very abundant amount of atomic hydrogen in the universe.

It is well known in basic physics and chemistry that atomic hydrogen H is quite unstable. Spectroscopy reveals that when one has a given quantity of atomic hydrogen in a given volume, these atoms react between themselves to form molecular

<sup>1</sup> Extract from: Apeiron, Vol. 2, Nr. 1 January 1995 ([http://www.newtonphysics.on.ca/cosmic/3k\\_strahlung.pdf](http://www.newtonphysics.on.ca/cosmic/3k_strahlung.pdf))

hydrogen (H<sub>2</sub>). This is unlike helium and other inert gases that remain mono-atomic. Atomic hydrogen reacts so readily, that it is impossible to buy or keep any quantity of stable atomic hydrogen, because atoms of atomic hydrogen combine in pairs, to produce very stable bound H<sub>2</sub> molecules. Molecular H<sub>2</sub> is extremely stable at normal pressure down to the most extreme vacuum. One can expect that, after billions of years, an important fraction of atomic hydrogen H in the universe is already combined to form the extremely stable molecular hydrogen (H<sub>2</sub>). The recombination mechanisms will be discussed below. One might then ask why we do not report the detection of a large amount of molecular hydrogen H<sub>2</sub> in space. We are told that it is simply because it does not exist. Such a naive answer requires further study.

Let us examine how molecular hydrogen H<sub>2</sub> can be detected in space. In molecular hydrogen, there are two protons and two electrons bound together. The bounding of those particles is such that interaction with visible or infrared light cannot break or even excite that bounding. The transition is forbidden for a dipole transition. Molecular H<sub>2</sub> is among the most transparent gases in the universe. Consequently, one cannot hope to detect free H<sub>2</sub> in space by usual spectroscopic means.

### Absence of Optical Transitions in H<sub>2</sub>

Since there are no optically allowed electronic transitions in H<sub>2</sub> in the currently observed range of frequencies, one might argue that one could make H<sub>2</sub> vibrate or rotate using the appropriate frequency of electromagnetic radiation. Those mechanisms do exist in principle, but they are forbidden in practice due to the absence of electric or magnetic dipole. Let us illustrate the extreme insensibility of H<sub>2</sub> to detection.

Rotational transitions of H<sub>2</sub> are located in the radio range where one has about the maximum sensitivity of detection of E-M radiation. In spectroscopy, we are used to dipole transitions that take place in about 10<sup>-8</sup> sec. However, the lifetime of the first rotational state of hydrogen H<sub>2</sub> is so long that the spontaneous emission is practically nonexistent. A transition from the second rotational state, which is relatively much more probable, would require about 25 billion seconds (1000 years). One must reach the sixth state before the transition time becomes 25 million seconds. This last transition is about 10<sup>15</sup> times less probable than a normal dipole transition. Different values are given on Table 1.

Nature of Transition	Lifetime (in seconds)
Normal Dipole Transitions	10 <sup>-8</sup>
H <sub>2</sub> from v=1	>2.5 x 10 <sup>12</sup>
H <sub>2</sub> from v=2	>2.5 x 10 <sup>10</sup>
. . . .	. . .
. . . .	. . .
H <sub>2</sub> from v=6	>2.5 x 10 <sup>7</sup>

Table 1. Lifetimes of Transitions in Molecular H<sub>2</sub>

Transitions in hydrogen are millions of millions of times slower than normal transitions.

### **Stability of H<sub>2</sub> due to Ionizing Radiation.**

We will see now, that the presence of ionizing radiation cannot explain a serious decrease of concentration of H<sub>2</sub>. It has been claimed that H<sub>2</sub> cannot exist in space, because it would dissociate due to space radiation. Such an assertion is not acceptable prior to a serious evaluation of the probability of reaction of the H<sub>2</sub> molecule with the ionizing radiation of space.

Astrophysicists argue that not long after the Big Bang, radiation was decoupled with matter and the density of the universe was so low, that E-M radiation could travel through most of the universe without being absorbed. If that radiation is decoupled with matter, there is no reason that this radiation could ionize or dissociate so much H<sub>2</sub>. The decoupling of radiation in the universe is contradictory with the hypothesis of dissociation or ionization of matter in space.

A second argument appears when one compares the probability of ionizing H with H<sub>2</sub> due to the ionizing radiation in space. Ionizing radiation in space, can ionize atomic H, at least as easily as it can ionize molecular hydrogen H<sub>2</sub>. In fact, atomic H is somehow easier to ionize than H<sub>2</sub>, since it takes only 13.6 eV to ionize H and 15.4 eV to ionize H<sub>2</sub>. All the photons in space between 13.6 and 15.4 eV can ionize H without ionizing H<sub>2</sub>. This leaves molecular hydrogen without being disturbed.

One knows that an important amount of atomic hydrogen H is actually observed in space. This proves that the amount of radiation in space is insufficient to ionize a too large proportion of H. This is quite in agreement with the argument that radiation is decoupled with matter as seen above. Since there is not enough radiation to ionize (destroy) atomic hydrogen H in space, one must conclude that the same amount of radiation is insufficient to ionize (or dissociate) H<sub>2</sub>.

### **Relative Recombining in H and H<sub>2</sub>**

We know that the recombination of a proton and an electron is a two-body recombination just as in the case of binding two atomic hydrogen atoms H forming H<sub>2</sub>. In order to evaluate the relative importance between the recombination of a pair of H into H<sub>2</sub>, and the recombination of an electron and proton into H, let us compare the two mechanisms. Since H is observed, it means that there is enough two-body recombination of  $p^+ + e^-$  in space to produce H. Even if an electron attracts a proton, a collision does not lead to a recombination unless radiation is emitted. However, one can see that the recombination of a pair of H (into H<sub>2</sub>) is using the same two-body recombination mechanism as the electron-proton recombination (forming H).

We conclude from the above that, not only there is not enough radiation in space to destroy H<sub>2</sub> (since H is submitted to the same radiation and is actually observed) but furthermore H<sub>2</sub> can be recombined by a similar two-body mechanism as for H (from a proton plus an electron).

### **Perfect Isotropy of Planck's Radiation**

Since we are fully surrounded by the matter of the universe, it is well known

that Planck's radiation observed from inside our local volume of space at 3 K (during the last billion years) must be perfectly isotropic. This is in perfect agreement with observational data.

It is inconceivable that the matter in space around us (a billion light year around us) would not emit Planck's radiation. Why should that matter not be emitting Planck's radiation during the last billion years? Where is that radiation?

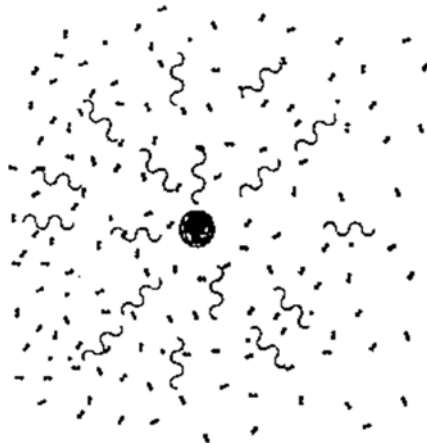


Figure 1:

Figure 1 shows the region of the heaven around the earth filled with molecular  $H_2$  at 3 K. Such a gas emits 3 K Planck's radiation in all directions. This leads to the 3 K isotropic radiation as observed in space. However, on the contrary, the primeval radiation has been calculated to be non isotropic.



Figure 2



In the Big Bang scenario, matter would have been scattered in the universe and it should move away at a relativistic velocity. This matter is presumed to be moving in clumps since galaxies had to have formed at some point. This is the reason why the Big Bang model leads to an anisotropic 3 K radiation in space. Yet, such a high degree of anisotropy has never been observed in the sky.

### The 3 K Radiation Explains the Olbers Paradox

The astronomer Heinrich Olbers was curious as to why the night sky should be dark. He conceived the following paradox. When an observer is looking in a particular direction toward an unlimited homogeneous universe, a star should always be visible in any direction since there is no limit in the distance of observation and since the volume increases as the third power of the radius. Consequently, Olbers logically concluded that the night sky should be bright. Some excellent books (e.g. Harrison 1987) have discussed various aspects of this paradox.

If we adopt the view of the universe at 3 K described here, the Olbers paradox vanishes in the following way. We must recall that Olbers did not know Planck's law of radiation. He assumed that only the hottest bodies in the universe were emitting E-M radiation. Olbers did not realize that, at the temperature of the universe, radiation is also emitted at 3 K from all matter.

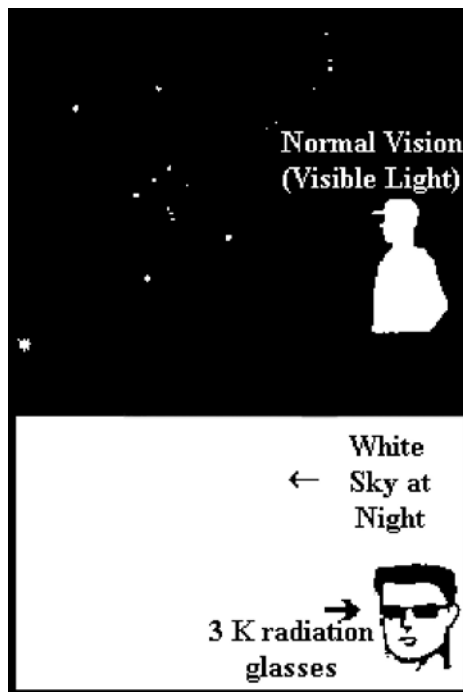


Figure 3

Figure 3 illustrates the Olbers' paradox (Top). At Night, an observer sees only the hottest bodies (stars) because his eyes are not sensitive to very long wavelengths (3 K radiation). (Bottom) At night, an observer using a special device (called 3 K glasses) would see that the sky is as white as it could possibly be at 3K (as given by the Planck function) when observed at the characteristic E-M frequency.

When Olbers claimed that the night sky must be bright, he did not specify at which wavelength. It is an accident of nature that our eyes can see only in the range of wavelengths called visible light. Since the temperature of the universe is 3 K, Olbers was right to claim that the night sky should be bright, because it is actually observed with exactly the same maximum brightness (and the same spectral distribution around 1 mm) as predicted by the Planck equation for an extended source at the temperature (3 K), which is the temperature of the interstellar gas in the universe.

This solution of the Olbers' paradox was first explained in *Science* in 1988 by the author (Marmet 1988). It shows that the 3K radiation comes from all gases at 3 K in the universe. The high isotropy of the observed 3 K radiation proves the gaseous origin of the 3K emitter of radiation. Thus, this solution of the Olbers' paradox is also the solution to the origin of the 3 K radiation in the universe, i.e. this radiation is the Planck radiation emitted by most of the interstellar gas in the universe.

The problem of the 3K cosmic radiation is also considered in relation with the problem of "**stellar aberration**".

## Conclusion.

Since we have seen that the normal chemical reaction in space strongly favors the recombination of H into H<sub>2</sub> (and not the reverse), we must conclude that there has to be a large amount of H<sub>2</sub> in space.

The high homogeneity of the 3K radiation, the absolute need of having H<sub>2</sub> in space and the absence of the hypothetical anisotropic radiation expected from the Big Bang, showing the non primeval origin of the background radiation observed from space, constitute an experimental proof that the Big Bang never happened. More complete arguments in favor of the Planck's radiation as the ultimate source of the 3 K radiation in the Universe were recently presented in international meeting. (Marmet 1994).

## References

- Marmet P. 1988, *A New Non-Doppler Redshift Physics Essays*, Vol. 1 (1), 24-32. Marmet P. 1992, "*The Cosmological Constant and the Redshift of Quasars*", IEEE Trans. on Plasma Science, 6: 958-964.
- Marmet P. and Reber G. 1989, *Cosmic Matter and the Non-Expanding Universe*, IEEE Trans. on Plasma Science 17(2): 264-268 (1989).
- Marmet P. 1990, *Relativity and the Formation of Black Holes*, Apeiron, 7: 8-10. Harrison Edward 1987, *Darkness at Night*, Harvard University Press, pp. 293. Marmet P. 1988, *Science*, 240: 705.
- Marmet P. 1994, *Challenges in Modern Physics*, Proceedings of the Pacific Division AAAS Meeting, San Francisco State University, June 20-24.
-





Sabemos que o plano da órbita dos anéis só seria descoberta por Christiaan Huyghes (1629-1695), em 1659.

Em 30 de julho de 1610, o secretário de Cosimo II, Belisario Vinta, recebe uma carta de Galileo reportando uma descoberta “extravagante”, “maravilhosa”, aquilo que ele denominaria de “Saturno Tricorpóreo” (fig.2). Diz Galileo:

[...] que a estrela de Saturno não é uma sozinha, mas um composto de três, as quais quase se tocam; não mudam nem se movem entre elas; e estão colocadas em fila [...] sendo aquela do meio cerca de três vezes maior que as outras duas laterais. E tem essa forma: oOo. (NEVES et al., 2010)

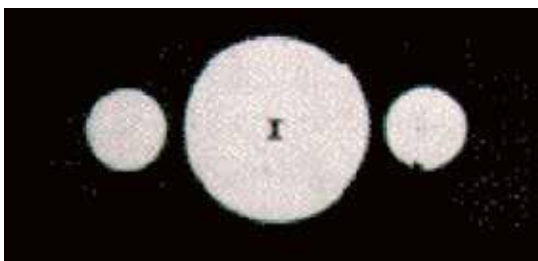


Figura 2: Ilustração galileiana de “Saturno tricorpóreo”.

Galileo salienta a Vinta que todo segredo seja mantido, pois ele tinha intenção de publicar os estudos desse estranho e maravilhoso fenômeno numa segunda edição do *Sidereus Nuncius*.

O mestre italiano estava tão empolgado, mas ao mesmo tempo, tão desconcertado com essa descoberta que, ao comunicá-la a Giuliano de' Médici, então embaixador toscano em Praga, o faz através de um criptograma: “*s m a i s m r m i l m e p o e t a l e u m i b u n e n u g t t a u i r a s*”.

No entanto, dois anos depois, Galileo, quase atemorizado, ao observar o Saturno tricorpóreo, vê um planeta mutável primeiro (fig. 3) e, depois, solitário, sem seus imóveis escudeiros. Diz Galileo:



Figura 3: Saturno em esboços galileanos.

Triforme vi ainda Saturno ainda neste ano, no solstício de verão, porém, observando-o durante mais de dois meses, sem colocar em dúvida sua constância, finalmente tornei a revê-lo dias atrás. Encontrei-o solitário, sem assistência de suas duas estrelas companheiras, e perfeitamente redondo como Júpiter, e tem-se mantido assim. O que se pode dizer dessa estranha metamorfose? Talvez as duas estrelas tenham se consumido, tal qual as manchas solares? Talvez tenham repentinamente desaparecido? Talvez Saturno tenha devorado seus próprios filhos? Ou, talvez, foi uma ilusão ou fraude com o qual os cristais [os vidros do telescópio] tenham tanto tempo me enganado em todas as vezes que os observei? (NEVES et al, 2010)

A origem desse comentário explica a célebre pintura de Rubens (1577-1640): “Saturno que devora seus próprios filhos” (fig. 4). Rubens era um pintor flamengo que, apesar de estudar a pintura clássica italiana, não reduziu seus temas a religiosidade e a padrões de beleza, incluía mitos clássicos às suas pinturas. A arte italiana refletiu-se na utilização da cor e efeitos de luz, todavia, nenhum outro pintor conseguiu dar vida aos personagens como Rubens. Em seu quadro, Saturno apresenta-se como um homem de carne e osso. (GOMBRICH, 1999)



Figura 4: Saturno que devora seus próprios filhos. Pintura de Rubens (1639).

Interessante notar no canto superior esquerdo da pintura apresentada na figura 4, a própria representação tricorpórea de Galileo. Como o quadro é pintado quase trinta anos depois da edição do “Mensageiro”, percebemos que essa representação pictórica percorreu o mundo e entrou para o cotidiano das pessoas. Rubens, já era mestre consagrado em toda Europa e recebia encomendas de reis como Luís XII da França a Carlos I, da Inglaterra, o que reforça que houve aceitação da sociedade da época dessa nova representação pictórica de Saturno. (KUHNS, 1993)

O mais estranho nisso tudo é que Galileo se calou diante daquilo que poderia liquidar seus feitos observacionais: ter desenvolvido um instrumento ótico que, ao final, poderia se constituir num embuste, num produtor de ilusões óticas. Isso o fragilizaria e daria forças aos argumentos de bispos e cardeais. Galileo se recolhe quase a uma escala pitagórica quando a descoberta de que a raiz de dois não era um número racional. Galileo descobre a proibição da verdade, ou melhor, da dúvida relativa...

### A perspectiva manca

Somente vinte anos após o quadro de Rubens é que um físico, Christiaan Huygens, explica a estranha mutação saturniana: a presença de um anel (fig. 5). (LOUWMAN, 2004)

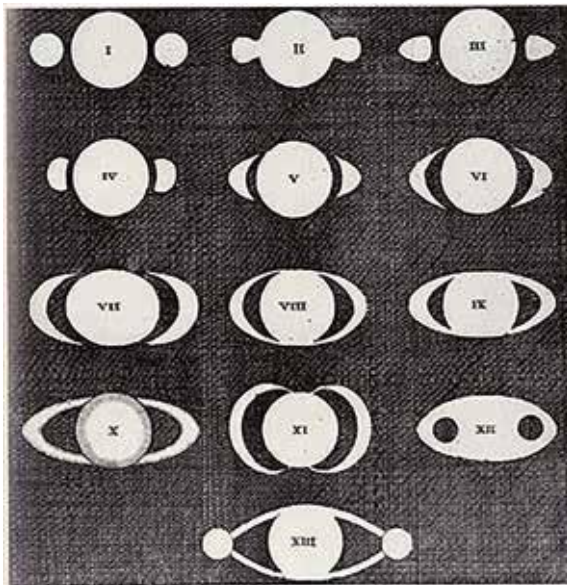


Figura 5: descrição de Huygens, reunindo várias observações e “formas” de Saturno.

O diagrama pensado por Huygens procura mostrar um “ciclo”, onde, pela posição observada do gigantesco planeta, os anéis correspondem às observações galileanas e de outros (fig. 6). Johannes Hevelius (1611-1687) também imagina o mesmo ciclo (fig. 7).

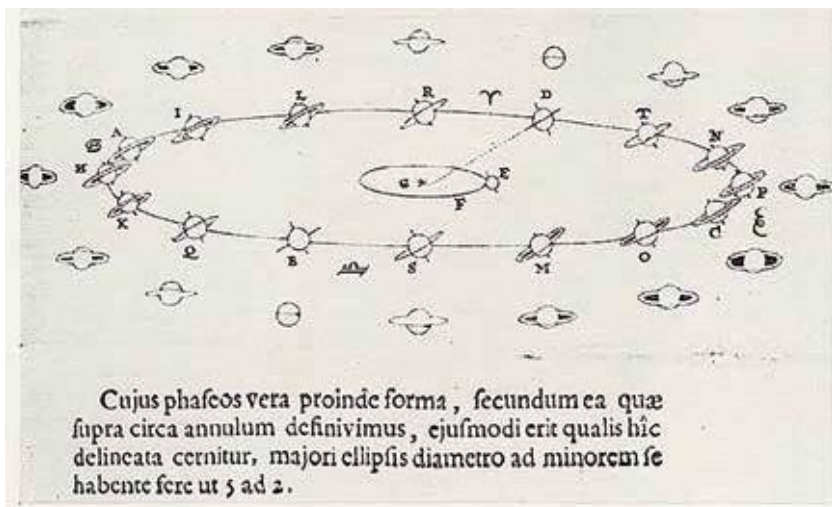


Figura 6: esquema de Huygens para a órbita de Saturno (“Systema Saturnium”).

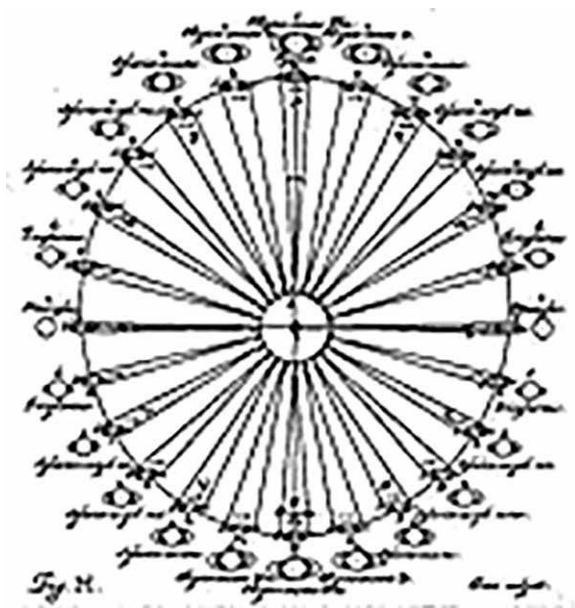


Figura 7: esquema de Hevellius para a órbita de Saturno.





Figura 8: Sistema de Wren: ao estilo das antigas esferas geocêntricas, explica-se a visão dos anéis em diferentes perspectivas.

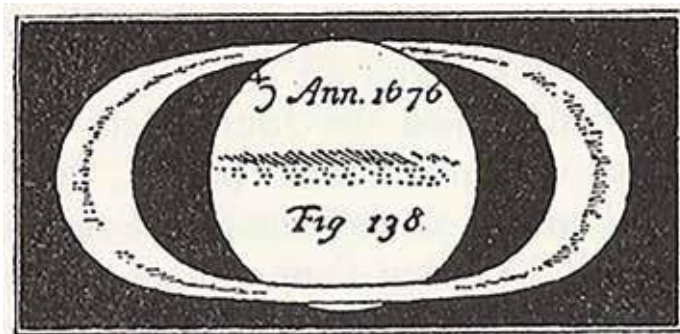


Figura 9: Desenho de Cassini do planeta Saturno.

Em 1676 Jean Dominique Cassini (1625-1712), o primeiro diretor do Observatório de Paris (a partir de 1671), com a ajuda de instrumentos cada vez melhores, descobriu que o anel tinha uma separação, agora chamada a Divisão de Cassini (figura 9). Ele também descobriu vários satélites de Saturno. Christaan Huygens tinha descoberto o maior satélite, Titã, já em 1655. (ANDRIESSE, 2005)

Mais tarde, o cientista Laplace (1749-1827) investigou a estabilidade dos anéis à volta de Saturno. Ele conclui que para ser estável, ou o anel devia ser muito

estreito, muito mais do que observado na realidade, ou então devia ser constituído por muitos anéis estreitos, que rodam a volta do planeta. (DANHONINEVES, 2001)

O que podemos nos perguntar é porque Galileo não descobriu antes que as mutações que ele tinha observado não se deviam a existência de um anel e da relatividade do movimento planetário. As hipóteses são:

- i) Galileo não fez observações diligentes, sistemáticas.
- ii) Galileo tinha uma idéia de planeta na cabeça que condicionou seu raciocínio (Gestalt).
- iii) O telescópio galileano não tinha definição ótica suficiente.
- iv) Galileo não seguiu suas lições de perspectiva.

### Discussão das hipóteses e conclusões

Das quatro hipóteses aventadas, podemos descartar a primeira: Galileo acompanhou diligentemente por dois anos as mudanças no desenho inicial do Saturno tricorporeo. A série de figuras que estão presentes em seus escritos desmente a possibilidade de uma observação sem cuidado.

A segunda hipótese perde força também, uma vez que o telescópio galileano tinha resolução suficiente para distinguir um anel não tão sutil quanto o do gigante Saturno. Uma foto feita pelos autores com um telescópio refrator (galileano) de 1,25m de distancia focal produz a seguinte imagem (fig. 10):



Figura 10: Saturno na ocular de um telescópio refrator.

É de se esperar, pois, que o telescópio galileano pudesse discernir a possibilidade de um anel que circundasse Saturno. (DANHONI NEVES, 2008)

As duas últimas hipóteses começam, então, a ganhar força: Galileo não tinha a menor possibilidade de antever um corpo tão exótico quanto Saturno. Por essa razão imaginou-o como Júpiter, circundado por duas estrelas, porém, fixas! Nesse sentido, a falta de uma física para os corpos em movimento circular, ou seja, a gravitação, reduziu a possibilidade de Galileo ir além.

No entanto, essa deficiência poderia ter sido sanada em parte se Galileo

tivesse se recordado de suas lições de perspectiva realizadas junto com o amigo Ludovico Cardi, o Cigoli, que pintou numa das cúpulas da Catedral de Santa Maria Maggiore uma lua craterada sob os pés da Madona em assunção. (CIGOLI, 1992) (PANOFSKY, 1927)

A perspectiva ótica e geométrica de Galileo conspiraram contra ele para pregar-lhe uma peça, e fazê-lo duvidar de sua própria nova ciência que substituiria os antigos dogmatismos peripatéticos. Nesse sentido, Galileo se retrai antes de ver inaugurado seus próprios dogmatismos, envernizados com a física do *Systemata Mundi* newtoniano.

## Referências

- Andriessse, C.D. Huygens: The Man Behind the Principle. Foreword by Sally Miedema. Cambridge University Press, 2005.
- Cigoli. Trattato Pratico di Prospettiva di Ludovico Cardi, ditto Il Cigoli (a.c. Rodolfo Profumo). Roma: Bonsignori Editori, 1992.
- Danhoni Neves, M.C.; Arguello, C.A. Astronomia de Régua e Compasso: de Kepler a Ptolomeu. Campinas: Papyrus, 2. Ed., 2001.
- Danhoni Neves, M. C.; Silva, J. A. P. Disturbing the perspective: the church against the new perspective of Galileo and Cigoli. In: SCIENZA E DEMOCRAZIA/SCIENCE AND DEMOCRACY 4, 2008, Napoli. 4th. International Congress Science & Democracy. Napoli, 2008.
- Galilei, G. A Mensagem das Estrelas. São Paulo, Salamandra, 1988.
- Gombrich, E. H. A História da Arte. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- Kuhn, T.S. Las Relaciones de la Ciencia com el Arte. In: KUHN, T.S. La Tension Esencial. Madrid: Fonde de Cultura Economica, 1993.
- Louwman, Peter. Christiaan Huygens and his telescopes, Proceedings of the International Conference from discovery to Encounter, 13–17 April 2004, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands, ESA, sp 1278, Paris, 2004.
- Neves, M.C.D. *et al.* Da Terra, da Lua e Além. 2ª ed., Maringá: Massoni, 2010.
- Panofsky, E. La Perspective comme Forme Symbolique. Paris Ed. de Minuit, 1927.

# CTS, alfabetização e as visões deformadas no Ensino de Ciências: formações discursivas entre professores de Física

Fernanda Peres Ramos<sup>1</sup>, Marcos Cesar Danhoni Neves, Adriana da Silva Fontes, Michel Corci Batista

## Introdução

A ciência ao longo de sua história trilhou várias construções de conhecimentos, muitos dos quais adentraram o século XXI com vigor e possibilidade de uso. Possivelmente, o uso de métodos ricos em rigores e aspectos racionais tenha contribuído para o sucesso desse percurso. Tais características metodológicas presentes no formato das pesquisas científicas têm suas bases na Revolução Científica ocorrida entre os séculos XVI e XVIII (ZAMBIASI, 2006; HENRY, 1998).

Esse modelo de produção científica tem sido denominado por alguns estudiosos (LYOTARD, 2006; BEHRENS, 2003) de Ciência Moderna, representado pela valorização das especializações como forma de contribuir para a produção de conhecimentos mais precisos e eficazes, em detrimento de um modelo mais holístico, muitas vezes interpretado como algo superficial e abrangente.

Esse modelo de produção de conhecimento passou de apenas um escopo pragmático, no sentido de prático, para alcançar um forte discurso de ordem epistemológica e capaz de validar conhecimento por meio de tais perspectivas modernas. Acredita-se que tais valores discursivos tenham alcançado não apenas a divulgação científica dos periódicos, mas também o ensino e âmbito acadêmico durante a recontextualização escolar<sup>2</sup>.

A partir da década de 1960 surgiram grupos, em princípio das ciências sociais voltados a analisar com cuidado o cenário científico e suas produções, de modo a enxergar os aspectos sociais envolvidos e seus níveis de participação na pesquisa. Isso, por conseguinte, traria movimentos preocupados com a ruptura de um formato de ciência neutro e linear.

Em contrapartida, na década anterior, em 1950, havia ocorrido o lançamento do primeiro satélite artificial – o Sputnik pela União Soviética. Esse acontecimento propiciou no país, e em países concorrentes, o início de uma busca acelerada na formação de cientistas. Do ponto de vista do ensino, houve entre as consequências

1 Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR (campus Campo Mourão e Ponta Grossa)

2 A terminologia recontextualização escolar nessa pesquisa tem a perspectiva de transposição didática, porém na concepção ideológica de Basil Bernstein, de modo a considerar como última validação do conhecimento o aspecto social e não institucional, uma vez que, apesar da instituição validar grande instância do conhecimento como legitimadora, esse processo se dá pelo docente, com seus valores e perspectivas de ser social. Bernstein identifica o discurso como regulativo, de ordem social, pois apesar de acontecer na instituição caracteriza-se de fato pelo docente, portanto é um discurso legitimado pelo meio social e reconhecido como recontextualização escolar.

Indica-se a leitura de: BERNSTEIN, B. A estruturação do discurso pedagógico: classe, códigos e controle. Petrópolis: Vozes, 1996.

à construção de projetos curriculares com ênfase em método científico, tendo em vista desenvolverem nos jovens o espírito científico. Com isso, houve propostas pedagógicas análogas ao chão de fábrica e ao viés apenas mercadológicas (KRASILCHIK, 1987).

No final da década seguinte, educadores científicos começaram a se preocupar com o agravamento de problemas ambientais, questionando assim, uma educação científica que levasse em conta os aspectos sociais relacionados ao modelo de desenvolvimento tecnológico. Contudo, ainda pareceu persistir a presença de um modelo cientificista – crença na ciência como última instância validadora de conhecimentos – em vários âmbitos das pesquisas, principalmente, no que tange as áreas da engenharia, voltadas às aplicações científicas e matemáticas. Autores como Auler e Delizoicov (2001) alertam sobre o fato de que essa perspectiva cientificista tenha contribuído para a persistência e fortalecimento de uma visão salvacionista em relação a ciência, corroborada pela crença de que ciência e tecnologia sejam produções neutras, e logo, desenvolvidas apenas para resolver problemas da humanidade. Desse modo, existe ainda na sociedade a crença de que as soluções de seus problemas e das mazelas sociais venham somente do desenvolvimento científico, esquecendo-se das dimensões histórico e sociais envolvidas nesse contexto.

Na tentativa de romper com esse modelo, iniciaram-se em vários países, no fim da década de 1970 e no começo da década seguinte, propostas curriculares para a educação básica com destaque nas inter-relações ciência-tecnologia-sociedade (CTS) (WAKS, 1990). No Brasil, a preocupação com a necessidade de formar cidadão crítico, interagindo com a educação científica, se deu a partir dos anos de 1970, momento em que iniciou-se de fato a pesquisa na área de educação em ciências no Brasil.

O objetivo principal do CTS na educação é proporcionar a educação científica e tecnologia dos cidadãos, assessorando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores essenciais para tomada decisões responsáveis sobre questões de ciências e tecnologia na sociedade, e atuar na solução de tais questões (AIKENHEAD, 1994).

A perspectiva de trabalho do movimento de CTS tem em suas bases a ideia de fomentar entre os alunos a alfabetização científica (CHASSOT, 2003). Vale destacar que, o termo alfabetização científica refere-se ao letramento científico, ou seja, a formação de um cidadão crítico e capaz de participar de informes públicos para tomadas de decisão. Na concepção de autores como Roberts (1991), o currículo de ciência com destaque em CTS são aqueles que tratam das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico, solução de problemas e tomada de decisão, sobre temas práticos de importância social. Dessa forma o planejamento de CTS pode ser interpretado como uma relação entre educação científica, tecnológica e social, onde são estudados simultaneamente com a discussão de seus aspectos históricos, políticos, éticos e socioeconômicos.

Entretanto, estudos na área de ensino de ciências, voltados às disciplinas de base conceitual como química, física e biologia – desvelaram existir ainda, nesses contextos, fortes aspectos desse modelo de ciência representados por um cientificismo (CACHAPUZ *et al*, 2005).

Possivelmente, entre os motivos para isso, esteja o fato de que os profes-

sores de ciências ainda aparentam compreender que essa educação se limita ao conhecimento de teorias de funcionamento de determinados valores tecnológicos. O pouco que se tem alcançado em sala de aula é expor aos alunos como o conhecimento científico está vigente em diferentes recursos tecnológicos de seu cotidiano. Isso está muito distante do que se tem debatido sobre educação tecnológica em um planejamento de ciências com ênfase em CTS.

É importante ressaltar que a intenção de trabalho do movimento CTS não se trata de um método de ensino ou teoria de aprendizagem, e sim de um conjunto de pensamentos de uma forma de olhar o mundo e se relacionar, na proporção de pensamentos quanto a um aspecto de construção de conceitos e de cidadania aprimorado ao ambiente de aprendizagem. Autores como Cachapuz e seus colaboradores (2005) apontam haver pelo menos visões deformadas presentes no ensino que contribuem para a resistência da implantação desse movimento de popularização de ciência voltado à alfabetização científica. A perspectiva ideológica de trabalho do movimento CTS está na contramão da ideia de ciência neutra, linear e fragmentada. Contudo, parece ainda haver resistências no contexto acadêmico, não no âmbito discursivo, mas sim no que tange a prática educacional.

Defende-se aqui que, quando essa perspectiva ideológica científica outorgada pela perspectiva de trabalho CTS se traduz em uma abordagem metodológica em sala, esse movimento de ruptura ocorre, havendo um deslocamento acadêmico de uma visão fragmentada de ciência rumo à uma noção reflexiva e interligada.

De acordo com a professora-pesquisadora Krasilchik (1992), a alfabetização científica constitui-se como uma das grandes linhas de investigação no ensino de ciências. Este movimento relaciona-se à mudança dos objetivos do ensino de ciências, em direção à formação geral da cidadania, tendo hoje papel importante no panorama internacional, estando “estritamente relacionada à própria crise educacional e a incapacidade da escola em dar aos alunos os elementares conhecimentos necessários a um indivíduo alfabetizado” (KRASILCHIK, 1992, p.06).

Diante da possibilidade em promover ações em sala de aula que contribuam para a formação cidadã crítica, surgem perguntas como: de que modo propiciar isso? E ainda, quais aspectos no ensino de ciências têm atrapalhado esse movimento?

Estudos apontam para alguns focos como indícios de aprendizagem que se estabelecem não apenas entre alunos nos ambientes formais, mas na construção do conhecimento nos diversos ambientes do cotidiano. Entre indícios presentes quando ocorre aprendizagem estão: o desenvolvimento do interesse pela ciência, a compreensão e envolvimento com o raciocínio e a prática científica, a reflexão sobre a natureza da ciência e a identidade com o empreendimento científico (NRC, 2009). Ou seja, quando o conhecimento se deu entre as pessoas, pelo menos algum indício típico desses focos foram percebidos, acontecendo o que pode ser nominado de um processo de alfabetização científica.

Já desde a década de 1950 surgiram discussões sobre a necessidade de um ensino voltado para a formação cidadã, de modo a acontecer um letramento, também chamado de alfabetização científica. Tratam-se de ações que contribuam para uma aprendizagem significativa e capaz de promover, entre os alunos, e logo, futuros cidadãos a possibilidade em se posicionar perante temas que envolvam uma base de conhecimento científico (CACHAPUZ *et al*, 2005).

Contudo, muitas vezes a abordagem dos conteúdos em sala de aula não contribui para que esse cenário se estabeleça, desdobrando-se no desinteresse pela apropriação do conhecimento. Por outro lado, quando a aprendizagem acontece entre os alunos existe a frequência em se construir um conhecimento muitas vezes engessado, mecânico e unilateral no que tange à ciência.

Acredita-se que o cenário atual requeira que o conteúdo seja abordado de modo mais próximo a realidade do aluno. Nesse ambiente, surgem necessidades significativas quanto ao conhecimento sistematizado, não se justificando mais apenas cumprir um rol de conteúdos no ambiente formal. Torna-se necessário que o professor participe desse processo contribuindo para que o aluno consiga se apropriar de informações e transformá-las em conhecimento.

Autores como Shen (1975, p. 265) argumentam que a alfabetização científica, “pode abranger muitas coisas, desde saber como preparar uma refeição nutritiva, até saber apreciar as leis da física”. Diante disso, os professores podem contribuir para a popularização e desmistificação do conhecimento científico, de modo que o aluno em formação crie identidade com esse conhecimento em sua vida cotidiana. Os meios de comunicação e, principalmente, as escolas podem auxiliar substancialmente para que a população tenha um melhor entendimento público da ciência.

Ao se pensar na estruturação da concepção de alfabetização científica alguns autores como Miller (1983), mencionam observar existir uma dicotomia quanto a essa conceituação de modo que:

[...] quando se fala em alfabetização, normalmente não se percebe que a expressão ser alfabetizado apresenta dois significados diferentes: um, mais denso, estabelece uma relação com a cultura, a erudição. Por conseguinte, o indivíduo alfabetizado é aquele que é culto, erudito, ilustrado. O outro fica reduzido à capacidade de ler e escrever (MILLER, 1983, p. 29).

Ora, se o segundo significado da expressão ser alfabetizado - ser capaz de ler e escrever – for ampliado, a expressão alfabetização científica pode vir a ser entendida como a “capacidade de ler, compreender e expressar opinião sobre assuntos de caráter científico”(MILLER, 1983, p. 30). Mas o que seria uma sociedade alfabetizada cientificamente?

A partir de tal questionamento, autores como Cazelli (1992, p. 32), apresentam argumentações pertinentes questionando se seria: “Uma sociedade habilitada para desempenhar funções nas áreas relacionadas à ciência ou uma sociedade preparada para adquirir visão geral e integrada do processo científico?”

A ideia assumida aqui como importante trata-se da noção de uma alfabetização científica capaz de transpor não apenas a noção de justaposição de conhecimento, mas de abarcar uma noção integrada e articulada sobre questões a serem debatidas pela sociedade sobre ciência e tecnologia em informes como já tem ocorrido em países europeus.

Autores como Lorenzetti e Delizoicov (2001) propõem que esse processo



de alfabetização alcance um currículo dinâmico para as séries iniciais. Entretanto, defende-se nessa pesquisa que esse movimento muitas vezes seja dificultado pela presença de visões deformadas sobre ciência e tecnologia que alcançam a recontextualização escolar.

Diante disso, entende-se ser pertinente pensar na educação científica como parte de uma educação geral para todos os futuros cidadãos. Nessa perspectiva, autores como Cachapuz e seus colaboradores propõe a necessidade de se enfatizar a presença de propostas curriculares que contribuam para a tomada de “consciência das complexas relações entre ciência e sociedade, de modo a permitir-lhes participar na tomada de decisões” (CACHAPUZ *et al*, 20x05, p. 31).

Todavia nesse percurso é preciso se desfazer de visões que contribuam para um conceito fragmentado da atividade científica, o que leva muitas vezes ao desinteresse do aluno ou ainda rumo a um reducionismo científico. Portanto, acredita-se que o rompimento de visões deformadas no ensino de ciências contribua para propiciar um ambiente direcionado às ações alfabetizadoras científicas.

Acredita-se ser difícil falar de uma imagem correta da atividade científica, o que parece sugerir existir um modelo único de desenvolvimento. Contudo, vê-se como ponto de partida detectar e compreender possíveis deformações nas visões sobre ciência. Deste modo, segue-se nesta pesquisa a perspectiva de trabalho de Cachapuz e seus colaboradores (2005) no que tange as possíveis visões deformadas no ensino de ciências, as quais seguem brevemente expostas nessa sequência.

- a) Visão descontextualizada – trata-se de uma visão descontextualizada, socialmente neutra que esquece dimensões essenciais da atividade científica e tecnológica, como o seu impacto no meio natural e social, ou os interesses e influências da sociedade no seu desenvolvimento (HODSON, 1994).
- b) Concepção individualista e elitista – estreitamente ligada à visão descontextualizada. Nesse caso os conhecimentos científicos aparecem como obra de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo, dos intercâmbios entre equipes, essenciais para favorecer a criatividade necessária para abordar situações abertas (SOLOMON, 1997).
- c) Concepção empírico-indutivista e ateórica – trata-se de uma concepção que defende o papel da observação e da experimentação “neutra”, esquecendo o papel essencial das hipóteses como focalizadoras da investigação e dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo.
- d) Visão rígida, algorítmica, infalível – mostra-se como uma concepção amplamente difundida entre os professores de ciências, como constatado por estudos (FERNÁNDEZ, 2000).
- e) Visão apromblemática e ahistórica (ergo acabada e dogmática) – como comentado o fato de transmitir conhecimentos já elaborados, conduz com frequência a ignorar quais foram os problemas que se pretendiam resolver, qual têm sido a evolução de tais conhecimentos e dificuldades encontradas. Além de não ter em conta as limitações do conhecimento científico atual ou as perspectivas abertas.



- f) Visão exclusivamente analítica – refere-se em primeira instância ao que se tem denominado visão exclusivamente analítica que se associa a uma incorreta apreciação do papel da análise no processo científico.
- g) Visão acumulativa, de crescimento linear – atrelada a visão exclusivamente analítica, consistindo em apresentar o desenvolvimento científico como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo, ignorando-se as crises e as remodelações profundas, fruto de processos complexos que não se deixam ajustar por nenhum modelo definido de desenvolvimento científico.

Essas visões deformadas apresentadas são frutos de reflexões de pesquisadores da área. Trata-se de deformações identificadas na docência habitual. Porém, vale ressaltar que essas deformações não são “pecados” distintos e autônomos, pelo contrário, formam um domínio conceitual integrado. Observa-se que as visões elencadas de deformações estão intrinsecamente ligadas, ao passo que, identificar uma na fala docente significa que ao menos outra aparecerá na sequência discursiva.

Defende-se aqui o uso analítico dessas visões nos discursos, como forma de identificar aspectos que distanciam a alfabetização científica na sala de aula. Acredita-se que:

As concepções docentes sobre a natureza da ciência e a construção do conhecimento científico seriam, pois, expressões dessa visão comum, que nós professores de ciências aceitaríamos implicitamente devido à falta de reflexão crítica e uma educação científica que se limita, com frequência, a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados (CACHAPUZ *et al*, 2005, p. 53).

Acredita-se que a compreensão das visões deformadas muitas vezes presentes durante o ensino de ciências auxilie no alcance de um processo voltado a alfabetização científica em sala de aula. Diante disso, esta pesquisa ao propor que o ensino aconteça de modo a propiciar ações alfabetizadoras científicas identificou nas visões deformadas um modo para detecção de aspectos distanciadores dessa proposta cidadã.

Perante esse contexto, esta pesquisa buscou analisar a concepção de alfabetização científica presente no discurso de professores de física com a intenção de identificar distanciamentos e aproximações dessas concepções em relação as visões deformadas sobre ciência. De modo a concluir essas percepções, foi apresentado aos participantes as visões deformadas na perspectiva de trabalho de Cachapuz e seus colaboradores, para que os participantes apresentassem a partir de suas experiências em sala, quais as maiores dificuldades encontram em sala para superar tais deformados sobre ciência.

### **Percurso Metodológico**

Esta pesquisa buscou na Análise de Discurso [AD] uma oportunidade metodológica em analisar os discursos implícitos, os quais muitas vezes transcendem a fala, retratados até pelo silêncio e a heterogeneidade discursiva (AUTHER-REVUZ, 1991).

A AD se propõe à análise, entre vários âmbitos, da produção verbal e se constitui como uma possibilidade quando existe o interesse em um trabalho com o significante [linguística] para se alcançar os mecanismos de produção de sentido utilizados pelos sujeitos ao longo da produção do discurso. Estudiosos da AD mencionam a importância de se estruturar um percurso metodológico que permita a utilização deste referencial. Contudo, ressaltam a necessidade de que tal percurso precisa se adaptar aos questionamentos que mobilizam o pesquisador e as características do *corpus* a ser analisado (PÉCHEUX, 2002; ORLANDI, 2002).

Para tanto, define-se como aparato metodológico a AD a partir das contribuições francesas traçadas por Eni Orlandi. Deste modo, necessita-se considerar as três etapas (e suas correlações) destacadas por essa autora como fundamental para esse percurso: 1ª etapa passagem da superfície linguística [texto/discurso]; 2ª etapa passagem do objeto discursivo [formações discursivas]; e a 3ª etapa passagem do processo discursivo [formação ideológica e imaginária].

O contexto da coleta de dados se deu entre professores de física da rede pública, os quais estavam cursando o mestrado nacional profissional em ensino de física em um pólo do estado do Paraná, no ano de 2016.

Todos os professores participantes da pesquisa possuem mais de dez anos de experiência em sala de aula, os quais foram conscientizados que estavam participando de uma coleta de dados, de modo que assinaram termo de livre consentimento, seguindo-se o trâmite ético. Ressalta-se para tanto, que será preservada a identidade, sendo utilizados para suas identificações apenas a inicial do primeiro nome, e uma numeração de modo a contribuir para o contexto analítico nos que casos que houve mais de um acadêmico com a mesma inicial de nome.

Foram coletados dados de 08 professores que responderam as seguintes questões:

- 1) *O que é ciência para você, e qual a SUA concepção de alfabetização científica?*
- 2) *Para você, quais ações do professor em sala fomentariam a alfabetização científica em suas aulas de ciências e/ou FÍSICA?*

Na sequência houve uma dessuperficialização rumo à passagem da superfície linguística para o objeto discursivo. Iniciou-se o contorno das formações discursivas e discussões. Tal sequência analítica (ORLANDI, 2002) se desdobrou a cada questão respondida pelos participantes. Para tanto, instituiu-se um cenário analítico a cada questão analisada.

## **A análise**

Com o interesse em analisar as concepções presentes nos discursos de professores de física sobre ciência e alfabetização e a intenção de identificar distanciamentos e aproximações dessas concepções em relação as visões deformadas sobre ciência. Diante disso, após a transcrição e leitura dos discursos estabeleceu-se como categorias as visões deformadas apresentadas no corpo teórico desse trabalho. Acredita-se que essas visões deformadas possam funcionar como espectros categóricos na identificação dos valores implícitos sobre a ciência presentes nos discursos sobre a concepção de alfabetização científica. E isso, por sua vez traz a baila possíveis dis-

torções conceituais também ‘presentes nessa construção discursiva.

Para construir as análises e discussões buscou-se perpassar os momentos propostos pela perspectiva da Análise de Discurso (AD). Na construção das formações discursivas, tentou-se desvelar os sentidos presentes nos discursos e suas possíveis acomodações nas categorias. Nesse movimento analítico foi iniciada a análise discursiva das questões respondidas pelos professores. Seguindo a análise os participantes foram questionados sobre quais suas concepções sobre ciência e alfabetização científica. Para essa questão foram utilizadas como categorias de enquadramento as visões deformadas já percorridas no aparato teórico desse trabalho, trata-se de categorias pertencentes a um arcabouço maior nominado (1) *CIENTIFICISMO*, no qual se acomodam todos os discursos voltados a percepção de ciência reducionista, na qual são desconsiderados outros aspectos participantes na produção científica. As categorias científicas são: a) Visão descontextualizada, b) Concepção individualista e elitista, c) Concepção empírico-indutivista e ateuca, d) Visão rígida, algorítmica, infalível, e) Visão aproblemática e ahistórica, f) Visão exclusivamente analítica, e g) Visão acumulativa, de crescimento linear.

Entre os discursos surgiram concepções neutras em relação a ciência, podendo as vezes essa confirmação ser reforçada em seus discursos sobre alfabetização científica ou não.

Para mim os cientistas produzem um conhecimento dos mais legitimados produzidos. E a alfabetização proporciona um conhecimento mínimo de ciência para que o ser seja capaz de relacionar ciência, tecnologia e sociedade[...]. (Professor A)

A ciência produziu e produz os conhecimentos que mais impactaram a sociedade, muito importantes e a alfabetização científica deve conter esses conhecimentos de ciências, conceitos e teorias. Transmitir conhecimentos científicos, incluir a aproximação à natureza da ciência com a prática científica, enfatizar relações ciência-tecnologia-sociedade. (Professora J)

Os discursos dos professores A e J apresentam uma concepção de ciência neutra e até mesmo romântica, pois não colocam em questão a possibilidade de erros e o fato de ser uma construção humana. A sequência discursiva aponta no discurso do professor A, traços categóricos voltados a (b) *Concepção individualista e elitista*, esta concepção se apresenta no discurso do professor ao destacar a identidade do cientista, o que traz por sua vez, a noção da individualidade da pesquisa. Entretanto, sabe-se a construção científica não ocorre nessa singularidade do pesquisador, mas sim nas negociações entre os pares. Por sua vez, o professor J revela aspectos categóricos da (c) *Concepção empírico-indutivista e ateuca*, a qual se expressa nos dizeres da professora J ao trazer a ideia da observação e experimentação neutra durante a construção do conhecimento na ciência. Quanto a alfabetização científica, termos como “conhecimento mínimo” (Professor A) e “transmitir” (Professora J) retroalimentam as categorias identificadas em seus discursos sobre a ciência, pois sinalizam a ideia de valores científicas.

Na sequência surgiram discursos ainda arraigados na ideia de ciência neutra, porém a visão romântica ou ingênua parece ser diluída nos discursos, conforme segue:

A minha formação e prática em sala voltada muitas vezes a engenharia me deu suporte para uma concepção de ciência de certa forma mais independente de outras formas de produção de conhecimento. Quanto a alfabetização científica, entendo que converteu-se em uma **necessidade** para todos, para realizar opções sobre informações científicas que nos deram a cada dia, pois ela nos permite: intervir socialmente com critérios, para que possamos utilizar os conhecimentos na vida diária a fim de melhorar as condições de vida e ainda relacionar o significado da ciência e tecnologia e sua incidência na configuração social. (Professor D1, grifo nosso).

A ciência é boa fonte de conhecimento produzido pela humanidade. Pode-se dizer que é **o conhecimento adquirido** onde cada indivíduo tem sua concepção e atribui significado. E a alfabetização científica é importante para levar isso ao aluno. (Professor V, grifo nosso).

O discurso do professor D1 e V se enquadram respectivamente, nas categorias (a) *Visão descontextualizada* e (d) *Visão rígida, algorítmica, infalível*. Isso, por apresentarem aspectos de uma ciência socialmente neutra que esquece dimensões essenciais da atividade científica e tecnológica, e conseqüentemente infalível.

Nesses dois discursos existe ainda um viés neutro em relação a ciência, observado na defesa como uma forma singular, e possivelmente melhor em relação as demais como fonte de conhecimento. Entretanto, a própria consciência dessa concepção desvela a não ingenuidade, ou seja, o romantismo se dissipa desses discursos. Trata-se de discursos mais céticos, porém parte de um círculo vicioso dentro da própria ciência. E assim, como os discursos anteriores, a alfabetização científica apenas desdobra isso como uma fonte recontextualizadora, ou seja, metodológica para que o alcance dessa concepção de ciência alcance o aluno.

Essas percepções contribuem para a defesa de que seja preciso desconstruir esse perfil de concepção sobre ciência entre os professores, para que se alcance uma perspectiva de alfabetização científica legítima. Em outras palavras, não será possível pensar e refletir ciência em sala de aula de modo interligado aos aspectos sociais, se entre os professores a ciência estiver mistificada como fonte de conhecimento intacta, única e desconectada do mundo.

Outros discursos ainda reiteraram essa visão de ciência, porém apresentando uma percepção de ciência não ingênua, porém de credibilidade.

A ciência trata do estudo dos fenômenos físicos e da natureza que são importantes para o ser humano. Esse

---



estudo acontece pela observação e testes. Quanto a alfabetização científica trata-se de uma educação na qual os discentes possam **desenvolver perspectivas de ciência e tecnologia, rompendo a neutralidade**. Tornando o aluno reflexivo e crítico perante a sociedade. A alfabetização científica **pode dar suporte ao cidadão** de poder utilizar a informação científica para se fazer escolhas de situações que se deparam a cada dia, como exemplo, em um tratamento de câncer, fazer uso da quimioterapia ou não. Pode participar de discussões públicas sobre assuntos importantes que se relacionam com a ciência e com a tecnologia, podendo demonstrar opinião de maneira crítica e reflexiva. (Professora M, grifo nosso).

A ciência estuda os fenômenos e produz conhecimento que tem se consolidado e evoluído. Esses conhecimentos precisam alcançar o público leigo. Assim, a alfabetização científica converteu-se numa necessidade para todos, pois necessitamos utilizar a informação científica para realizar ações de situações que deparamos no dia-a-dia. Dessa forma, ela proporciona um ensino que oportuniza um conhecimento mínimo de ciências para que o ser humano seja capaz de relacionar ciência, tecnologia e sociedade. E isso para que seja crítico e reflexivo o suficiente de forma que consiga analisar o que realmente é importante em seu cotidiano. [...]. (Professora D2).

O discurso da professora M traz no que tange à alfabetização científica traz a perspectiva da não neutralidade, porém sua concepção de ciência está atrelada a credibilidade acomodada na categoria (c) *Concepção empirico-indutivista e ateorica*. Isso se observa pela defesa do papel da observação e da experimentação neutra. Por sua vez, o discurso da professora D2 segue um juízo de valor semelhante, mas que tem em suas características aspectos da categoria (g) *Visão acumulativa, de crescimento linear*, ao traçar sua concepção de ciência voltada a termos como consolidação e evolução. Tais termos sugerem uma noção de acúmulo e linearidade ao conhecimento, o que implica na ideia de descontinuidade e rupturas que a epistemologia tem sugerido ocorrer nos bastidores da pesquisa.

Encerrando a análise em relação a essa questão, vale destacar dois discursos, que parecem se distanciar das percepções dos professores anteriores, as quais seguem:

Me formei faz certo tempo na área, mas o contato atual com algumas leituras tem feito acreditar que a ciência seja algo mais relacionado às outras áreas do conhecimento do que imaginava, um conhecimento legítimo que possui participação de outros conhecimentos. Minha concepção de alfabetização científica é a de que devemos **ir além da habitual transmissão de conheci-**



**mento científico**, de incluir uma aproximação à natureza da ciência e à prática científica e sobre tudo de enfatizar as relações científica-tecnológica-sociedade-ambiente, de modo a fortalecer a **participação dos cidadãos na tomada de decisões em seu cotidiano**. (Professor D3, grifo nosso).

A ciência é um conhecimento que foi produzido pelo homem, então um conhecimento social. Já a alfabetização científica seria promover um **cidadão reflexivo que consiga estabelecer relações com o que aprendem dentro de uma sala de aula, com temas sociais**, aprendendo e defendendo um ponto de vista, embasado em conceitos e conhecimentos anteriormente adquiridos. (Professor F).

Tais discursos ao se distanciarem dos demais requerem outras categorias distintas das visões deformadas. Portanto, para esses discursos abandonam-se essas categorias secundárias pertencentes a categoria primária (1) *CIENTIFICISMO* e acomodam-se os discursos nas seguintes categorias primárias respectivamente: (2) *VISÃO TRANSITÓRIA DA CIÊNCIA E* (3) *INTERAÇÕES DIALÓGICAS NA CIÊNCIA*. A forma-

ção discursiva do professor D3 aponta para um deslocamento do cientificismo, ou seja, uma transitoriedade discursiva a qual aparece pelo estabelecimento da relação entre ciência e outras áreas do conhecimento, além da percepção da participação social nas tomadas de decisões. Já o professor F deixa isso mais evidente conforme os grifos destacados em seu discurso, o que por sua vez acomoda-se na noção dialógica da participação social.

Diante dessas percepções, na sequência os professores foram interpelados a apresentarem quais ações em sala fomentariam a alfabetização científica. Dentre os professores participantes surgiram discursos como:

Para fomentar a alfabetização científica o professor deve eliminar **concepções empobrecidas** que criam o desinteresse ou até mesmo a rejeição dos alunos (Professor D1, grifo nosso).

Para fomentar a alfabetização científica em sala de aula, o professor não deveria se prender apenas ao conteúdo matematizado da física, **mas dar a oportunidade para os conceitos que levaram até essa matemática**, e por se- rem aplicados ao dia-a-dia, em questões atuais, fazendo uma ponte entre ciência e **sua aplicação dentro do seu contexto social** (Professor F, grifo nosso).

Ao meu ver o professor deve levar ao aluno um determinado conteúdo para a sala de aula, **trabalhando o conteúdo histórico, lembrando o aluno de que a ciência não é linear e muito menos neutra**, pois se pegarmos





como exemplo o efeito fotoelétrico, em que Einstein recebe o prêmio Nobel, ao contar a história aos alunos os mesmos perceberão que quem descobriu o efeito fotoelétrico foi Linard. No entanto, Einstein foi quem teve coragem de publicar e dessa forma receber todo o mérito. Outro fator importante é perante um determinado assunto o professor levar prós e contras. No entanto, o aluno deve criar um conceito sobre esses assuntos (Professora M, grifonosso).

Em primeiro lugar fazer um levantamento das concepções dos alunos para analisar quais são **as crenças mais comuns**, como são apresentadas no processo de formação dos estudantes e como a alfabetização científica pode contribuir. Após esses resultados propor estratégias e metodologias de trabalho que vise **superar os obstáculos encontrados**, buscando uma maior compreensão dos alunos, para que eles percebam os equívocos, tenham um aprendizado mais significativo e, então, possam atuar e **opinar conscientemente na sociedade** em que vivem, de acordo com a realidade científica. (Professora D2, grifonosso).

Os discursos dos professores D1, F, M apontam para um distanciamento da perspectiva cientificista ao destacarem a necessidade do rompimento de perspectivas engessadas, neutras e desconectadas. Portanto, se acomodam na categoria primária (3) *INTERAÇÕES DIALÓGICAS NA CIÊNCIA*. A professora D2 também se direciona para esse percurso, porém as terminologias usadas não permitem afirmar isso de modo conciso, e por isso acredita-se tratar de um discurso voltado a categoria primária (2) *VISÃO TRANSITÓRIA DA CIÊNCIA*. Vale destacar que, afora o professor F, os demais durante a questão anterior se acomodaram em categorias secundárias da categoria primária (1) *CIENTIFICISMO*. Ora, por que essa contradição discursiva acontece?

Possivelmente, seja mais difícil a desconstrução dos valores conceituais sobre ciência, ao passo que refletir e opinar sobre possibilidades de transposição didática seja algo que deixe o professor em uma condição ativa, e logo alerta sobre suas perspectivas. Portanto, essa transição discursiva é corriqueira entre as análises ao se observar questões com enfoques distintos.

Os outros professores apesar de não deixarem explícito valores que os acomode nas categorias primárias e secundárias até aqui utilizadas, trazem aspectos importantes para uma reflexão sobre as necessidades para as atribuições dos professores em sala de aula. Entre os discursos surgiram formações como:

Quanto a alfabetização científica é necessário **despertar o interesse** do educando. Uma maneira seria sempre que possível **partir do conhecimento prévio** dos alunos. (Professor A, grifo nosso).

O professor deve **oferecer situações-problemas** que possibilitem o conhecimento físico e o desenvolvimento intelectual e efetivo (Professora J, grifo nosso).

Um fator importante para a alfabetização científica é o aluno perceber a utilização do conhecimento adquirido em **situações do seu dia-a-dia** (Professora M, grifo nosso).

Uma ação que poderia fomentar a alfabetização científica seria a **modificação do currículo** com caráter mais valorizado para a alfabetização científica, mas isso implicaria em uma mudança radical no currículo, já que nosso currículo prepara os alunos para vestibular e ENEM, e não para uma formação científica (Professor D3, grifo nosso).

O docente precisa ter um **conhecimento teórico** sobre a aprendizagem das ciências e ser crítico (Professor V, grifo nosso).

Esses discursos apresentam caminhos que o professor pode desdobrar em sala para alcançar seus alunos. E nestes caminhos o conhecimento teórico, a quebra do engessamento curricular, o estímulo ao interesse do aluno a partir do conhecimento prévio e o uso de situações do cotidiano são destaques desses professores.

Tais apontamentos parecem confirmar discussões teóricas apresentadas por Gil-Pérez e Carvalho (2006) denominadas de necessidades formativas importantes ao professor em formação. As necessidades formativas apontadas por estes autores são: *a) ruptura com visões simplistas sobre ciência; b) o conhecer a matéria;*

*c) questionar as ideias docentes de senso comum sobre o ensino e aprendizagem das ciências; d) adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências; e) saber analisar criticamente o ensino tradicional; f) saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva; g) saber dirigir o trabalho dos alunos; h) saber avaliar; e i) adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática.*

Acredita-se que existam ações formativas que tendem a contribuir para o rompimento dessas visões deformadas sobre ciência e tecnologia. Acredita-se que nessa perspectiva estejam as nove necessidades formativas estruturadas por Gil-Pérez e Carvalho (2006) como aspectos importantes para o processo de construção para uma docência alfabetizadora.

Possivelmente, a compreensão das visões deformadas muitas vezes presentes durante o ensino de ciências, bem como as contribuições da apropriação das necessidades formativas dos professores auxiliem no alcance de um processo voltado a alfabetização científica em sala de aula.

## **Considerações Finais**

Essa pesquisa possibilitou identificar a presença de indícios reducionistas nos discursos. Defende-se que discussões não apenas imediatistas de aplicações do conhecimento científico acadêmico, mas que considere os demais atores sociais en-



volvidos, os aspectos epistemológicos conceituais do produto científico, e as possíveis relações desse conhecimento de modo conectado à tecnologia e sociedade se estabeleça no cenário de formação acadêmica. Possivelmente, o enfoque voltado à perspectiva da alfabetização científica junto às sugestões de trabalho do movimento CTS contribuam para o desdobramento dessas ações em cursos de graduações como a engenharia ambiental.

O tema abordado nesta pesquisa revela-se pertinente no contexto contemporâneo para as áreas de ciências e a aprendizagem. Isso somado a uma demanda de discussões sobre ciência, devido assuntos pontuais de alcance social como avanços tecnológicos e em pesquisas envolvendo questões éticas, entre outros aceleraram a necessidade de que ainda na sala de aula surjam ingredientes que contribuam para uma formação crítica e dialógica nas tomadas de decisões como ocorrem em outros países mais avançados, por meio de uma alfabetização científica.

O movimento bibliográfico proposto nesta pesquisa funcionou como um aporte para reflexões sobre o alcance do processo de alfabetização científica desde as séries iniciais. Identificou-se nas visões deformadas apontadas por Cachapuz (2005) e seus colaboradores um filtro fragmentado oriundo de resquícios mecanicistas sobre ciência que facilmente se arraigam no contexto escolar, muitas vezes fortalecido por livros didáticos reducionistas (MATHEWS, 1991; LEITE, 2006)

Chegando-se ao final deste percurso é possível estabelecer como considerações, o fato de que: o caminho para o rompimento das visões deformadas sobre a ciência esteja no alcance do cumprimento das necessidades formativas entre os professores de ciências ainda nas séries iniciais (GIL-PEREZ E CARVALHO, 2006). Possivelmente, o cumprimento das necessidades formativas tende a funcionar como uma possibilidade para ruptura de visões deformadas sobre ciência em sala de aula. E logo, o alcance de ações produtivas próximas aos vieses alfabetizadores de ciência.

Vale retomar que, autores como Caldeira *et al* (2009) e Chassot (2000) desvelam em seus estudos sobre a necessidade de um ensino de ciências voltado para a perspectiva de um letramento cidadão, ou seja, a formação por parte da educação formal voltada para a tomada de decisões. E logo, uma popularização da ciência dialógica e não apenas unilateral reforçada ainda hoje em programas de divulgações de ciência no Brasil que trazem uma visão de ciência estanque e reprodutiva, muito aquém do que ocorre nas produções científicas em sua pragmática.

Esse breve movimento analítico desvela a pertinência de discussões sobre ensino, epistemologia e o apelo social envolvido nas pesquisas voltadas às engenharias ambientais em nosso contexto contemporâneo. Para tanto, defende-se aqui que a mudança desse prospecto requeira o deslocamento dessa postura fragmentada no ensino ainda na formação de professores. Isso de modo a contribuir para o que seria uma aprendizagem significativa no momento em que esses docentes em formação adentrarem em sala de aula.

## Referências

Aikenhead, G. What is STS science teaching? In: SOLOMON, Joan; AIKENHEAD, Glen (Eds.). STS Education: international perspectives on reform. New York: Teachers Col-

lege Press, 1994. p. 47-59. . STL and STS: common ground or divergent scenarios? In: JENKINS, Edgar (Ed.). Innovations in science and technology education, vol. VI. Paris: UNESCO Publishing, 1997. p. 77-93.

Auler, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências**. Tese de Doutorado. Florianópolis: CED/UFSC, 2002.

Authier-revuz, J. Heterogeneidades enunciativas. **Cadernos de Estudos Linguísticos**, 19, 25-27, 1991.

Behrens, M.A. O paradigma emergente e a prática pedagógica. Curitiba: Champagnat, 2003.

Bruner, J. The Process of Education. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1960.

Cachapuz, Antônio. A necessária renovação do ensino de ciências. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

Caldeira, A. M. A. (Org.); Araujo, E. S. N. N. (Org.). **Introdução à Didática da Biologia**. São Paulo: Escrituras, 2009.

Chassot, A. **Alfabetização científica: Questões e desafios para a Educação**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2000.

\_\_\_\_\_. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão sócia. Revista Brasileira de Educação, n. 22, jan-abr, p. 89-100, 2003.

Cazelli, S. **Alfabetização científica e os museus interativos de ciência**. Rio de Janeiro: Departamento de Educação PUC/RJ. Dissertação de Mestrado, 1992.

Fernández, I. **Análisis de las concepciones docentes sobre La actividad científica: Una proposta de trabsformación**. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de lês

Ciències Experimentals. Universitat de València, 2000.

Gil-Perez, D; Carvalho, A.M.P. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Editora Cortez, 2006.

Hodson, D. Seeking Directions for Change. The personalization and politisation of science education. **Curriculum Studies**, v. 2, n. 1, p. 71-88, 1994.

Henry, J. A revolução científica e as origens da ciência moderna. Tradução Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

Horta Barbosa, L. H. História da Ciência. Rio de Janeiro: IBBD (Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação), 1963.

Krasilchik, M. Caminhos do ensino de ciências no Brasil. In: **Em Aberto**. Brasília, n. 55, p. 4-8, 1992.

Leite, M. **Promessas do Genoma**. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

Lewenstein, B.V. Models of public communication of science & technology. Version 16 June 2003. Disponível em: [ttp://www.somedicyt.org.mx/assets/hemerobiblioteca/articulos/Lewenstein\\_Models\\_of\\_communication.pdf](http://www.somedicyt.org.mx/assets/hemerobiblioteca/articulos/Lewenstein_Models_of_communication.pdf)

Lorenzetti, L.; D. Delizoicov. Alfabetização científica no contexto. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n.1, 2001.

Liotard, J.F. A condição pós-moderna. Trad. Ricardo Corrêa Barbosa. 9ª edição. Ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2006.

Matthews, M.R. Um lugar para La historia y La filosofia em La enseñanza

---



de las ciencias. **Comunicación, Lenguaje y Educación**, v. 11-12, p. 141-155, 1991.

Miller, J. D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review, In: **Daedalus**, n. 112, p. 29-48, 1983.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2009). **Learning science in informal environments: people, places, and pursuits**. Committee on learning science in informal environments. En. P. Bell, B. Lewenstein, A.W. Shouse and M. A. Feder (Eds.), Board on science education, center for education. Division of behavioral and social sciences and education. Washington, DC: the National Academies Press. Disponível em: [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=12190](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12190).

Orlandi E. P. **Discurso e texto: formulações e circulação dos sentidos**. Campinas (SP): Pontes; 2001.

\_\_\_\_\_. **Análise de discurso: princípios e procedimentos**. Campinas (SP): Pontes; 2002.

Pêcheux, M. **O Discurso: estrutura ou acontecimento**. 3ª ed. Campinas: Pontes, 2002.

Ramos, F.P; Neves, M.C.D; Corazza, M.J. **O conceito de gene: paradigmas ou incertezas para o século XXI?** Maringá: Massoni, 2012.

Ramos, F. P. **Projeto Genoma Humano: aspectos epistemológicos e pragmáticos no discurso acadêmico**. 2014. 135 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – UEL – Universidade Estadual de Londrina.

Régis de Moraes, J.F. **Ciência e tecnologia: introdução metodológica e crítica**. Campinas: Papirus, 1983.

Shen, B. S. P. Science Literacy. In: **American Scientist**, v. 63, p. 265-268, 1975.

Waks, Leonard J. **Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales**. In: MEDINA, Manuel; SANMARTÍN, José (Eds.). **Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión política y social**. Barcelona: Anthropos; Leioa (Vizcaya): Universidad del País Vasco, 1990. p. 42-75.

Zambiasi, J.L. **Do racional-positivismo ao construcionismo científico**. In: Paulo Marcelo Marini. (org). **Ensino de Ciências: Pesquisas e Reflexões**. Ribeirão Preto: Holos, 2006, pp.68-83



# The Shadow of Light: Leonardo's Mind by Candlelight

A lecture by Paolo Galluzzi<sup>1</sup>



Spirals of smoke, and energy rising from air hitting a flame was the seminal image shown by Paolo Galluzzi last evening in his presentation “The Shadow of Light: Leonardo’s Mind by Candlelight”. From the Codex Atlanticus of ca. 1508-10, this image crystallized Galluzzi’s theme of unity--the unity in which Leonardo perceived the earth, the human body, and physical phenomena. To Leonardo, this unity linked all the phenomena from the microcosm to the macrocosm, in a vision of reality—a concept preceding by several centuries our contemporary Gestalt or System Thinking.

“Leonardo,” says Prof. Galluzzi, “records the extraordinary chain of thoughts triggered by the candle burning on his table”, as recorded in a double folio in the Codex Atlanticus of c. 1508-10—a fairly long and organic text, at least by Leonardo’s standards, entitled *On the motion of flame*. The sequence of ingenious observations and penetrating reflections echoes experiments and analyses recorded in other manuscripts of the same years. Leonardo’s daring analogies offer a fascinating journey through his unified vision of man and the physical world, a vision reaching from natural philosophy to meteorology, from the ‘science of painting’ to cosmology, from anatomy to ge-

<sup>1</sup> Diretor do MUSEO GALILEO, Floremça, Itália. O texto aqui presente resume as intervenções do Prof. Galluzzi quando de sua visita às Instituições UEM, UTFPR-PG, UEPG e MAST-RJ em 2011.



ology. The candle's flame is transformed by Leonardo's sharp eye into a powerful microscope that reveals the universal principles which govern all natural phenomena."

Most daring, perhaps, was Leonardo's likening the streaming water in the earth to the blood in the body. Or most fascinating was Leonardo's "making art" as process used to understand the working of things, which would be expressed in modern terms as "form follows function".

The metaphor of the candle flame revealing the universal principles Leonardo perceived as governing all natural phenomena was made all the more convincing by the speaker's evidence gleaned from Leonardo's manuscripts and paintings. Interestingly, after ca. 1510, Leonardo veered away from this train of thought.

Would Leonardo be known as an artist were he working today? Wide-ranging discussion followed the talk, with one scholar positing a more scientific role for Leonardo in our time--molecular biologist, cosmologist, or something unknown to us that he would have pioneered.

Elizabeth Davis

<http://axesmundi.blogspot.com.br/2011/03/events-nyc-paolo-galluzzi-shadow-of.html>

---

### ***Il Museo Galileo: capolavori della scienza***

Sommario dell'intervento del prof. Paolo Galluzzi

Università Statale di Maringá  
22 settembre 2011

Dopo due anni di radicali lavori di ristrutturazione il Museo di Storia della Scienza di Firenze ha riaperto al pubblico nel 2010 assumendo il nuovo nome di *Museo Galileo*. L'evento ha coinciso con il 400° anniversario del *Sidereus Nuncius* (l'opera pubblicata nel marzo 1610 con la quale Galileo divulgò le sensazionali novità mostrategli dal cannocchiale), costituendo il simbolico suggello delle celebrazioni dell'Anno Internazionale dell'Astronomia (2009).

La reputazione internazionale del Museo, che custodisce gli unici strumenti ideati e costruiti da Galileo pervenutici (tra cui, di eccezionale importanza, i due cannocchiali e la lente obbiettiva del cannocchiale col quale Galileo scoprì i satelliti di Giove), oltre alle preziosissime collezioni scientifiche medicee e lorenesi, ha reso l'inaugurazione del Museo Galileo uno dei più importanti appuntamenti culturali a

scala internazionale.

La nuova denominazione del Museo, che mantiene nel sottotitolo quella precedente (Istituto e Museo di Storia della Scienza), pone l'accento sull'importanza che l'eredità galileiana riveste per le attività e per la fisionomia culturale dell'ente: un museo dotato di un inestimabile patrimonio di strumenti e apparati sperimentali e, al tempo stesso, un istituto impegnato in attività di ricerca e di documentazione, che mette a disposizione degli studiosi del mondo intero le cospicue risorse della sua ricchissima biblioteca, accessibili anche attraverso un sito internet ricchissimo di materiali di studio.

A 80 anni dalla sua fondazione l'istituzione fiorentina presenta un volto radicalmente rinnovato, in grado di rispondere adeguatamente alle sollecitazioni e alle richieste del pubblico di oggi, a sostenere le attività di ricerca nel campo della storia delle scienze e delle tecniche e in grado di misurarsi con le sfide poste dall'innovazione.

---

### ***L'ombra della luce: la mente di Leonardo al lume di candela***

Sommario dell'intervento del prof. Paolo Galluzzi

Università Statale di Ponta Grossa

26 settembre 2011

Un testo del Codice Atlantico, inconsuetamente lungo e organico, almeno per gli standard di Leonardo, reca il titolo "Del moto della fiamma". Leonardo vi registra in presa diretta la straordinaria catena di pensieri innescata nella sua mente dalla fiamma serpeggiante della candela che arde su suo tavolo.

Ne scaturisce una serie di penetranti osservazioni e di ardite speculazioni, per cogliere il significato delle quali è necessario intraprendere un suggestivo viaggio di esplorazione attraverso il mondo complesso dei manoscritti di Leonardo. Un viaggio che spazia dalla fisica alla meteorologia, dalle innovative teorie vinciane della "scienza della pittura" all'interpretazione dei fenomeni astronomici, dall'anatomia alla geologia.

La fiamma della candela prospetta all'occhio acuminato di Leonardo un singolare microcosmo: un punto di osservazione privilegiato per cogliere i segreti di una natura che genera una molteplicità di effetti diversi sulla base di pochi principi universali.

---

### ***Museo Galileo: Masterpieces of Science***

Summary of prof. Paolo Galluzzi's conference

Museum of Astronomy and Science (MAST), Rio de Janeiro

September 28th, 2011

The Museo di Storia della Scienza (Museum of the History of Science) has recently undergone a two-year renovation involving a complete redesign of its exhibition areas and displays. It reopened in 2010 under the new name of *Museo Galileo*. The event coincides with the 400th anniversary of *Sidereus Nuncius*, the work published in March 1610 in which Galileo announced the sensational observations made with his telescope. The reopening also marked a fitting conclusion to the celebrations of the International Astronomy Year (2009).

The Florence museum is home to the only surviving instruments designed and built by Galileo himself. The most important are two original telescopes and the objective lens of the telescope with which Galileo discovered Jupiter's moons. The Museum is the repository for the priceless scientific collections of the two dynasties that once ruled Florence: the Medici and the House of Lorraine.

The Museum's subtitle preserves its earlier name of "Istituto e Museo di Storia della Scienza". The new designation, "Museo Galileo", emphasizes the central role of the Galilean heritage in the Florentine institution's activities and cultural profile. The Museum is not only a showcase for an invaluable legacy of instruments and experimental apparatuses. It operates as an institute engaged in research and documentation, offering scholars from around the world the resources of its specialized library, also available online, as well as its journals publications and research databases.

Eighty years since its foundation the Florence Museum has now a new and updated image. It is poised to effectively meet the needs and demands of today's public and of the international scholarly community.

# Sobre as manchas solares de Galileo Galilei<sup>1</sup>

Getúlio Meirelles de Oliveira<sup>2</sup>

## Introdução

No ano de 1610, o ilustre cientista, Galileo Galilei, publicou seu *Sidereus Nuncius*. Utilizando sua famosa luneta, o cientista registra em sua obra as descobertas astronômicas realizadas com a ajuda de seu instrumento. Em pouco mais de 60 páginas, Galileu relata que a Lua teria uma superfície irregular com montanhas e vales (figura 1), que existiriam muito mais estrelas dos que as visíveis a olho nu e ainda que Júpiter possuía satélites (figura 2), os quais foram batizados de “planetas mediceus” em homenagem a Cosimo II de’ Medici (LEITÃO *apud* GALILEI, 2010).

Sua obra causa um grande impacto na comunidade científica da época, ao apresentar uma crítica dura ao paradigma predominante da época: a visão aristotélica de mundo, onde uma Terra imóvel ocupava o centro do Universo, circundada por sete órbitas. Terra e Universo eram irremediavelmente separados em duas regiões: a supralunar (acima da esfera da Lua), onde a perfeição celeste imperava, e a sublunar (abaixo da esfera da Lua), onde o caos e a imperfeição predominavam. (NEVES, 2010).

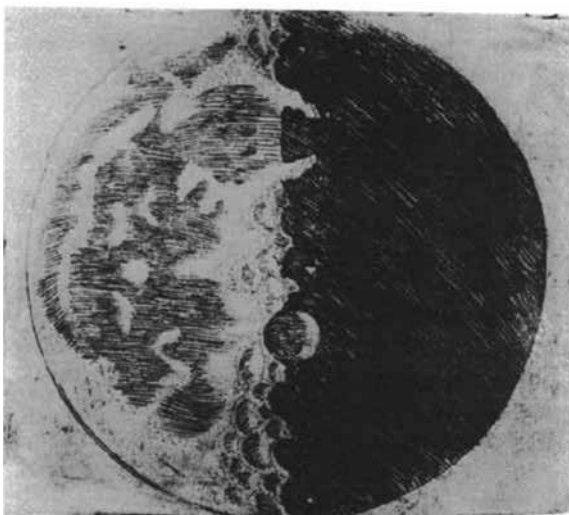


Figura 1 - A Lua de Galileo  
Fonte: GALILEI, 2010

1 Síntese de trabalho originalmente apresentado em forma de TCC do Curso de Física da Universidade Estadual de Maringá.

2 Licenciado em Física, egresso do Programa de Educação Tutorial

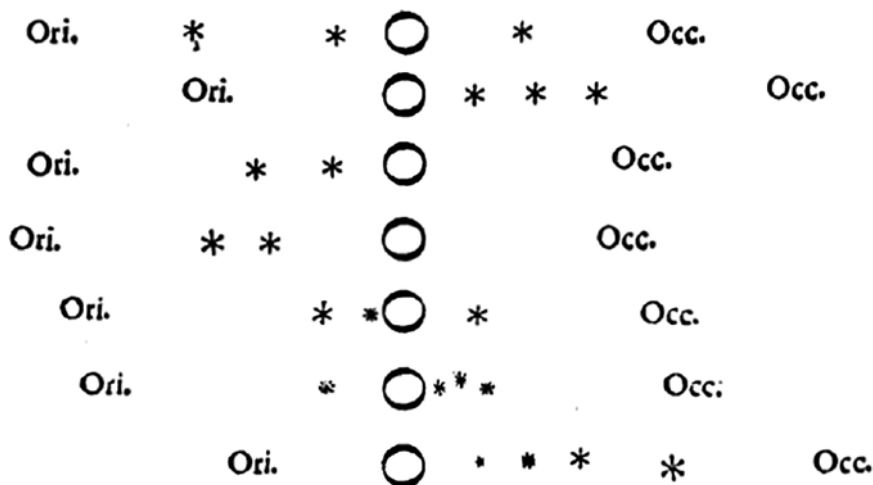


Figura 2 - Algumas observações de Galileo dos Planetas Mediceus

Fonte: GALILEI, 2010

Quando Galileu aponta sua luneta para a Lua, o cientista de Pisa quebra a perfeição dos céus. Ao invés de observar uma Lua lisa e perfeita, Galileu demonstra uma Lua rugosa, coberta de vales e depressões que arruínam a paisagem lunar (NEVES, 2010).

O argumento utilizado por Galileu para defender tal corrupção celeste foi, certamente, retirado de sua formação artística, devido aos seus estudos de perspectiva e da técnica do *chiaro-oscuro*, e que se consolidam na obra galileiana nas representações de protuberâncias e de como se comportava a luz e a sombra sobre superfícies curvas (NEVES, 2010).

Após a publicação de seu *Sidereus Nuncius*, Galileu prosseguia freneticamente com suas pesquisas astronômicas. No mesmo ano de sua publicação, 1610, o cientista de Pisa observou as manchas solares, o estranho aspecto de Saturno que parecia ser formado por três estrelas, e descobriu ainda que Vênus possuía fases semelhantes às da Lua (GEYMONAT, 1997).

Quando Galileu apontou sua luneta em direção ao Sol, observou manchas no astro. Analisando-as, percebeu que elas surgiam, desapareciam, mudavam de forma, juntavam-se e separavam-se, de maneira desordenada (MOSCHETTI, 2006).

Galileu não foi o primeiro homem a visualizar as manchas solares, como descreve Ronan:

Assim, os chineses observaram e registraram as manchas

solares, as quais nunca foram descritas na Europa, até o século XVII, devido à crença de que os corpos celestes eram perfeitos e essa perfeição não admitia a aparição de manchas no Sol. Os registros das manchas solares feitos pelos chineses, iniciados em 28 a.C., são os mais completos de que dispomos. (RONAN, 1983, p. 38)

Geymonat (1997, p.53) também cita que “as manchas solares já eram conhecidas de modo geral desde a antiguidade”.

A ausência de explicações de tais manchas solares e a falta de atenção dada ao tema talvez possa ser explicada levando em consideração a teoria paradigmática de Kuhn:

[...] uma comunidade científica, ao adquirir um paradigma, adquire igualmente um critério para a escolha de problemas que, enquanto o paradigma for aceito, podem ser considerados como dotados de uma solução possível. Numa larga medida, esses são os únicos problemas que a comunidade admitirá como científicos ou encorajará seus membros a resolver. (KUHN, 2011, p. 60)

Tais manchas, quando observadas, não deveriam existir ou não eram manchas de verdade. Na verdade, como descreve Moschetti (2006, p. 315) sobre a observação das manchas a olho nu, anteriores a Galileu, “O ocidente medieval interpretou as manchas como a passagem de Mercúrio ou Vênus sobre o disco solar. Por isso, essas primeiras observações não tiveram quaisquer implicações cosmológicas”.

Galileu recebeu diversas críticas quanto à validade de suas observações utilizando o telescópio, entre as quais estava a do padre Clavio (GEYMONAT, 1997).

Clavio era um jesuíta alemão, matemático e astrônomo que ensinou matemática no Colégio Romano dos Jesuítas. Fez uma edição latina dos *Elementos* de Euclides, ficando conhecido como o “Euclides do sec. XVI” (NEVES *apud* SILVA, 2013).

Durante todo o período de descobertas astronômicas Galileu trocou várias cartas com seu amigo, o pintor Ludovico Cardi, conhecido como *Cigoli*. Essas cartas, localizadas no “Carteggio” de Galileu, reunidas no “Opere” (GALILEI, 2010; 2014), foram traduzidas para o português pelo professor Marcos Cesar Danhoni Neves e publicadas como parte da tese de doutoramento da professora Josie Agatha Parrilha da Silva (SILVA, 2013), e contam boa parte da história das descobertas astronômicas de Galileu.

Cigoli teve papel fundamental na obra de Galileu Galilei, sendo ele o responsável pelas ilustrações de várias pranchas representando as observações das manchas e de suas respectivas morfologias (SILVA, 2013).

Assim, a crítica de Clavio pode ser encontrada na carta de Ludovico Cardi a



Galileo, datada de 1º de outubro de 1610: “e Clavio, chefe de todos, disse a um amigo meu que, das quatro estrelas, ele se ria, e que seria preciso fazer um óculo que as faça e que, depois, as mostre, e que Galileu tenha sua opinião que ele terá a sua” (CARDI, 1610 apud GEYMONAT, 1997, p.57). Contudo, o padre, em dezembro do mesmo ano, reconheceu que as observações de Galileu eram verdadeiras (GEYMONAT, 1997).

Em uma carta datada de 28 de Janeiro de 1611, Cigoli também menciona o fato de Clavio ter observado as novas descobertas galilenas:

Entendi também que o Padre Clavio, que disse ter visto os novos planetas, e também um outro seu amigo, dizem ser maior que o Padre Clavio, o qual não sei dizer porque parece ter feito observações na madrugada mais daquelas que porventura V. Sa. Tenha feito. (CARDI, 1611 apud SILVA, 2013, p. 338)

Também começou a circular em 1610 um texto tentando direcionar o debate às Sagradas Escrituras. O texto *Contra o Movimento da Terra*, escrito por Lodovico delle Colombe, perguntava se os copernicanos tinham a intenção de dar outra interpretação às frases da Sagrada Escritura, que não a interpretação literal. A resposta de Galileo saíria na primavera de 1612, com um tom extremamente polêmico, mostrando que não queria se conciliar com os aristotélicos, mas sim mostrar-lhes sua inutilidade (SILVA, 2013).

Como explica Silva (2013, p.166) “muitos personagens, inclusive aqueles que nada entendiam de astronomia, passarão a desprezar as descobertas do *Sidereus Nuncius*”.

Em outra carta, datada de 1º de julho de 1611, Cigoli também fala dos inimigos de Galileo:

Um dia destes briguei com um sátrapa que mais parecia um Pilatus; desprezando com grande ímpeto V. Sa. afrontou o Sr. Luca, o qual lhe respondeu com não menos furor; e, de forma breve, retirando-se, disse que não nos entendíamos. Entretanto, além da devoção que mostrava a Magino, restou bobo, ignorante e obstinado, dizendo que estando do Cardeal Farnese foi lhe apresentado um outro óculo que mostrava tudo de forma diferente: e nós lhe dissemos que o mesmo Cardeal não somente lhe havia visto a Roma, como também jantado com V. Sa., mas que até em Cararola lhe havia honrado (CARDI, 1611 apud SILVA, 2013, p.339)

Posteriormente, em 11 de agosto de 1611, Cigoli comenta mais uma vez

sobre a resistência das ideias galileanas em Roma:

Ouçõ com muito prazer as conversas que se podem ter com cavalheiros virtuosos, em particular com o Sr. Filippo Salviati, o qual beijo-lhe as mãos. É uma pessoa muito agradável, e sofreu com pessoas raivosas, porém é pessoa viva, alegre, porque se batalham sobre princípios, um pouco duros e difíceis de serem acreditados pelo juízo comum, e essa gente gargalha, não querem as novidades, não querem ver, não querem crer, e só acreditam no que estabeleceu Aristóteles e Ptolomeu; o Sr. Luca também, ferozmente, na minha presença, e numa outra vez, sem que eu estivesse com ele, fez uma defesa de V. Sa. Com certos sátrapas da nobreza. (CARDI, 1611 *apud* SILVA, 2013, p. 339)

Sobre a resistência dos homens da ciência em receber novas teorias, Kuhn explica:

A ciência normal não tem como objetivo trazer à tona novas espécies de fenômeno; na verdade, aqueles que não se ajustam aos limites do paradigma nem são vistos. Os cientistas também não estão constantemente procurando inventar novas teorias; frequentemente mostram-se intolerantes com aquelas inventadas por outros. (KUHN, 2011, p.44-45)

É justamente o que acontece: Cigoli, na carta de 16 de dezembro de 1611, relata a intolerância sofrida, sob a ameaça de denúncia a Galileio:

De um amigo meu, e é um grande Padre e muito afeiçoado à V. Sa., disseram-me que uma certa trupe de maldicentes e invejosos de Vossa virtude e méritos ameaçam de ir até a casa do Arcebispo, e como estão raivosos procuram qualquer argumento para atacar V. Sa. sobre o movimento da terra ou qualquer outra coisa do gênero, e que um deles pediu a um predicante que deveria dizer à V. Sa. e por escrito vossas extravagâncias (CARDI, 1611 *apud* SILVA, 2013, p.356)

Sobre esse contexto, Galileio havia observado as manchas solares, manchas que, assim como as montanhas da Lua, ajudavam a desmentir a perfeição dos corpos

celestes. Na carta de 16 de setembro de 1611, Cigoli relata sobre as observações das manchas solares feitas por Passignano, um amigo seu e de Galileo:

Com uma luneta semelhante àquela de V. Sa., [Passignano] está fazendo muitas observações durante as manhãs, ao meio dia e às noites; e o filho e o genro disse que a visão é fugidia; diz o Passignano, que olha, que muda a direção da visão, e que uma pequena parte do que é visto logo se perde, mas que, retornando, se vê muito bem e com muita facilidade; e que observou também oito manchas no sol, de vários aspectos, mais escuras, mais claras, como se estivessem mescladas mais ou menos no centro e no meio do corpo luminoso; mas uma mancha, muito negra, é observada logo de manhãzinha, como, p. ex., vê-lo em A, ao meio dia em B, e à tarde, em C. E 3 dias se passaram, quando estava em Santa Maria Maggiore, me disse que tinha observado e que as havia visto 4 juntas, como no segundo exemplo, e como disse acima, aquela separada, muito escura. E disse que certamente está sobre a esfera que gira ao redor do globo do sol (CARDI, 1611 *apud* SILVA, 2013, p. 347)

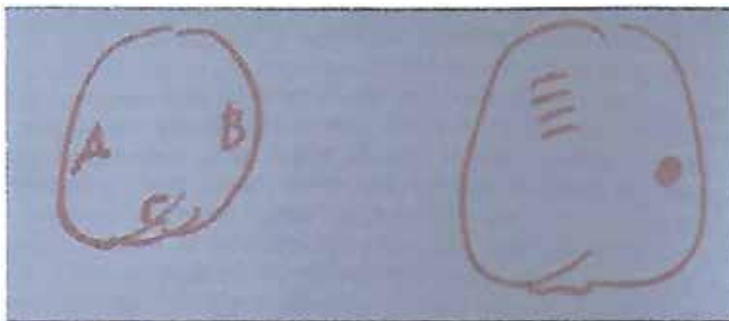


Figura 3 – Tentativa de desenho sobre a movimentação das manchas solares  
Fonte: SILVA, 2013

Galileo responde a Cigoli em 1º de outubro de 1611, onde dá a subentender a rotação do Sol em torno de seu próprio eixo (SILVA, 2013).

Nas palavras de Galileo:

Tenho certo que o Sr. Passignani esteja ainda observando os e suas revoluções: mas é necessário que V. Sa. o diga e que lhe faça advertência que a parte do sol a qual no

nascimento é a mais baixa, ao entardecer é a mais alta; isto para alertar que poderia parecer que o sol pudesse ter qualquer outra revolução, além daquele que realmente creio que ele tenha, graças à observação da mutação de suas manchas. (GALILÉI, 1611 *apud* SILVA, 2013)

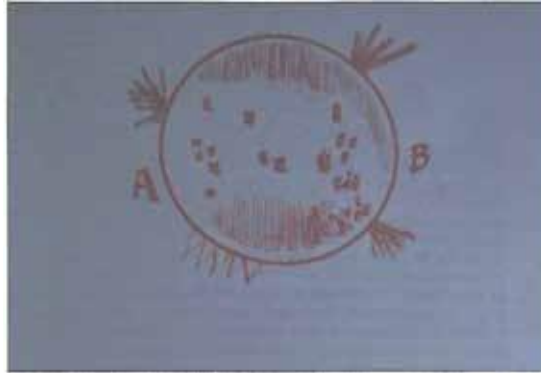


Figura 4 - Desenho de Galileu presente na carta à Cigoli  
Fonte: SILVA, 2013

Nos meados desse mesmo ano (1611), o astrônomo jesuíta alemão Christoph Scheiner também observou o fenômeno das manchas solares. Entretanto, para o jesuíta as manchas eram, na verdade, várias estrelinhas que giravam ao redor do Sol. Assim, com esse argumento, Scheiner conseguiria então manter a concepção da perfeição celeste (SILVA, 2013).

Uma explicação de tal comportamento pode ser encontrada na teoria paradigmática de Kuhn (2011, p. 108), onde ele descreve que “[...] os defensores desta [teoria filosófica] farão o mesmo que os cientistas fazem quando confrontados com anomalias: conceberão numerosas articulações e modificações *ad hoc* de sua teoria, a fim de eliminar qualquer conflito aparente”.

Cigoli, em uma carta datada de 23 de março de 1612, após relatar que havia conseguido uma luneta, levanta a questão a Galileo sobre a contiguidade das manchas ao Sol, e envia ao italiano 26 observações suas (figura 5):

Fiz desde Santa Maria Maggiore estas 26 observações inclusas. Além do mais tenho outras de pintores incógnitos e conhecidos e com quem andei conversando, e me parece lícito que estas manchas estejam no sol, como sujeiras dentro de uma garrafa, as quais, vagando por ela e ora se aproximem da circunferência e se façam visível, e ora se concentram e vão-se dissolvendo. Não sei exatamente do que se trata mas

me parece verossímil que sejam estrelas que passam e se interponham entre nós e o sol, se bem que tenho algumas dúvidas sobre isso. [...] Vi muitas ovaladas, máximas na extremidade, onde diz o Padre Grenberger que é só a aparência que é ovalada; mas que assim pareceram em minhas observações, e para meus sentidos [...]. Não creio que isso seja imperfeição da luneta, pois vejo várias desse tipo, redondas e também alongadas; não creio que seja um acúmulo de estrelas, pois se o fosse fariam entre elas, em sua rotação, uma espiral fora do corpo solar. Incomodamente ver a parte mais carregada escura em direção ao centro do corpo solar; porém, não sendo coisa que entendo, deixo a V.Sa. a pensar. (CARDI, 1612 *apud* SILVA, 2013, pp. 361-362)

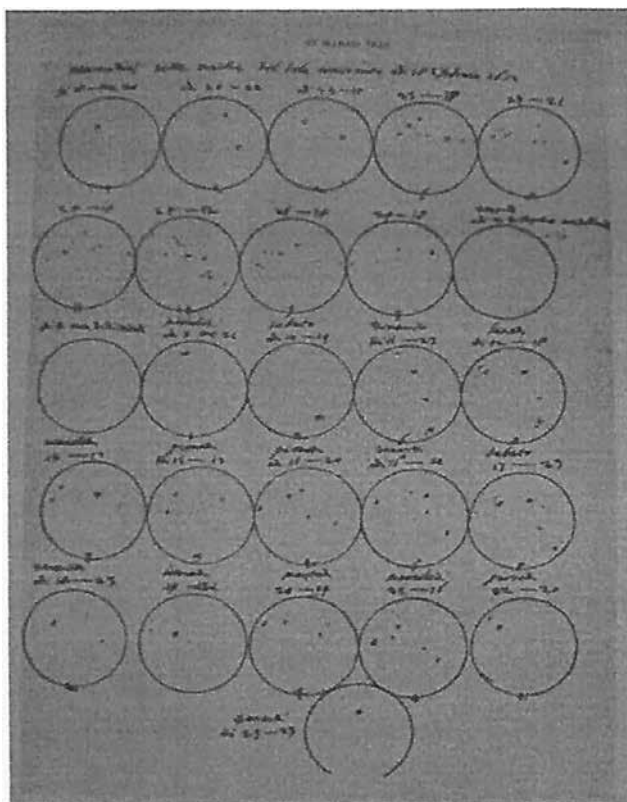


Figura5- Ilustrações das manchas solares feitas por Cigoli  
Fonte: SILVA, 2013

Observado o fenômeno, Scheiner escreveu três cartas endereçadas a Markus Welser, que as publicou sob o título de *Apellis latentis post tabulam tres epis- tolae de maculis solaribus* (Três cartas sobre as manchas solares de Apelle escondidas atrás da mesa).

Com a publicação de Scheiner em 5 de janeiro de 1612, (NEVES *apud* SILVA 2013) Welser escreveu a Galileu pedindo seu parecer. Sua resposta saiu no dia 4 de maio de 1612, na primeira de três cartas que viriam a ser publicadas em 1613 sob o título *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari* (MOSCHETTI, 2006).

Em sua primeira carta, Galileu salienta alguns pontos em comum entre ele e Scheiner como a confiabilidade das observações telescópicas e também que as manchas não se encontram abaixo da esfera lunar. Em seguida, começa a contestar as teses do jesuíta, começando com a direção do movimento das manchas. Scheiner, explica que elas se moviam de leste para oeste, o que de fato acontecia quando se observava pelo telescópio. Entretanto, como explica Galileu, elas só são observadas quando passam sobre a face do Sol que está voltada para a Terra. Assim, Scheiner estaria correto, desde que elas não circundassem o Sol, mas ambos concordavam que as manchas davam a volta em torno do Sol e, portanto, o seu movimento deveria ser considerado de oeste para leste (MOSCHETTI, 2006).

Scheiner também defendeu que as manchas observadas no Sol eram mais escuras que aquelas vistas na Lua, de maneira que as duas seriam de diferentes tipos. Galileu também concordava que elas não eram da mesma natureza, mas, para ele, as manchas solares não poderiam ser mais escuras, visto que a luz solar impede a visão da Lua e dos planetas. Assim, elas deveriam ser mais claras, pois quando a Lua surge durante o dia apenas as suas partes mais iluminadas são vistas. O gênio italiano também argumentou que não seria necessário que as manchas tivessem propriedades de matéria densa e opaca, como eram os planetas, visto que a obscuridade de uma nuvem é suficiente para ocultar o brilho solar (MOSCHETTI, 2006).

Outro embate de ideias ocorreu com relação às manchas estarem de forma contígua ou não ao Sol. Scheiner defendia que as manchas estariam próximas, mas não juntas ao astro, argumentando que se estivessem juntas elas deveriam voltar a aparecer depois de quinze dias, período no qual elas ficavam visíveis na Terra. Assim, para Scheiner a saída era considerar as manchas como múltiplos planetas e, logo, não poderia localizar as manchas na superfície do mesmo. Galileu criticou o argumento dizendo que não seria plausível esperar que as manchas aparecessem, tendo em vista que elas surgiam e desapareciam continuamente. O gênio de Pisa também argumentou que se as manchas fossem planetas, tais planetas apresentariam fases, como a Lua e Vênus, além do fato de que sua velocidade deveria ser constante (MOSCHETTI, 2006).

Observando a morfologia das manchas e utilizando seus conhecimentos de perspectiva, (SILVA, 2013) Galileu conseguiu elaborar um argumento que pudesse explicar que as manchas seriam contíguas ao Sol. Quando observadas desde o momento em que surgem de um lado, até o momento em que somem do outro, as manchas pareciam apresentar um comportamento anômalo: aparentavam ser uma única mancha quando posicionada nas margens do astro e dividiam-se em duas ao se aproximar de seu centro (figura 6) (MOSCHETTI, 2006).

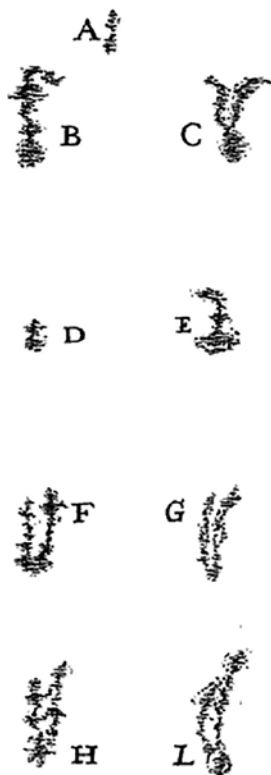


Figura 6 - A morfologia das manchas publicadas na obra galileana  
 Fonte: GALILEI, 2014

Após o envio da primeira carta à Welser, Galileo também informa seu amigo Cigoli do posicionamento que havia tomado sobre a contiguidade das manchas e, conseqüentemente, quanto à corrupção celeste (NEVES *apud* SILVA, 2013). Cigoli comenta a dificuldade de aceitação da teoria galileana em uma carta datada de 8 de junho de 1612: “Quanto à sua opinião sobre aquela mancha, tenho muitos escrúpulos e me parece que será dura nossa empresa de persuadir a opinião universalmente aceita” (CARDI, 1612 *apud* SILVA, 2013, p.366).

A segunda carta à Welser, datada de 14 de agosto de 1612, apresenta principalmente as observações de Galileo. Moschetti (2006, p. 326) destaca a importância e a superioridade gráfica na obra galileana.

Esta carta continha uma descrição detalhada de um novo método de observar e desenhar as manchas solares. Benedetto Castelli, amigo de Galileo, teve a ideia de projetar a imagem do Sol sobre uma folha de papel disposta a cinco palmos e então, se obteria uma ampliação do astro com suas manchas. Esse método aparece

em uma das cartas de Cigoli a Galileo, datada de 14 de julho de 1612 (figura 7) (SILVA, 2013).

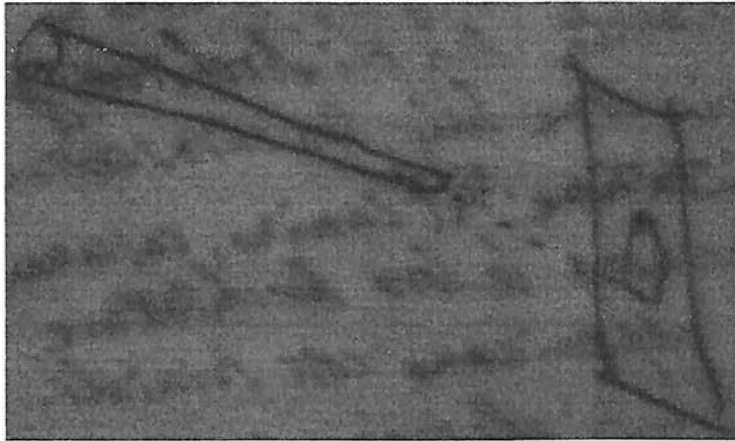


Figura 7 - Desenho do método de projeção presente na carta de Cigoli a Galileo  
FONTE: SILVA, 2013

Dessa forma, evitar-se-ia danos aos olhos, descritos em uma carta de Cigoli, datada de 23 de março de 1612: “[...] usando a proteção de um vidro, ainda assim não podia fixar a vista, uma vez que me lacrimejava. Mas adicionei um vidro verde mais grosso e, assim, não experimento desconforto ao observar o sol.” (CARDI, 1612 *apud* SILVA, 2013, p. 361).

Essa segunda carta solar, posteriormente publicada no *Istoria e Dimostrazione sulle macchie Solari*, viria a contar com trinta e oito desenhos do Sol, feitos por seu amigo Ludovico Cardi de Cigoli, suas observações são registradas no intervalo de tempo entre 2 de junho a 21 de agosto. Observando-as sequencialmente é possível ver a movimentação das manchas solares, sua morfologia e a rotação do astro em torno de seu próprio eixo (Figura 8).

Se comparadas com imagens mais recentes tiradas pela sonda SOHO (*Solar & Heliospheric Observer*), podemos notar a incrível semelhança e precisão das imagens galileanas (Figura 9).

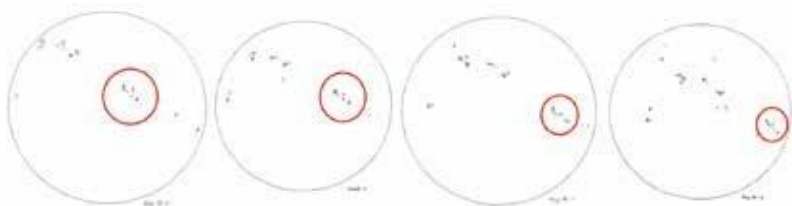


Figura 8 - Rotação e morfologia das manchas solares de Galileo



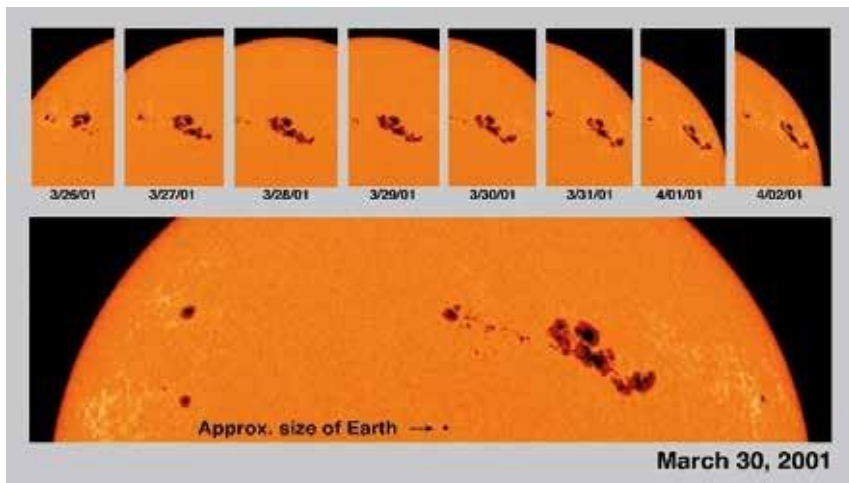


Figura 9 - Imagens das manchas solares obtidas pela sonda SOHO

FONTE: ESA, 2008

Foi exatamente o que Galileo concluiu em sua segunda carta. Para ele, as manchas estariam contíguas ao Sol ou separadas dele por uma distância imperceptível, concluiu ainda que não eram estrelas ou qualquer outra coisa permanente, pois se alteravam continuamente, unindo-se e separando-se ao acaso, além do fato de o astro girar sobre a si mesmo em aproximadamente um mês lunar, de oeste para leste (MOSCHETTI, 2006).

Moschetti destaca a visão perspectivista de Galileo em relação à contiguidade das manchas ao Sol:

É um problema de perspectiva: se elas fossem planetas, passariam sobre ele com velocidade uniforme, com distância regular entre uma e outra, e seu tamanho não apresentaria essa variação tão regular, ou seja, mais largas ao passar pelo centro e mais estreitas na periferia. (MOSCHETTI, 2006, p. 330)

Mais uma vez, o conhecimento de perspectiva de Galileo o ajuda a argumentar contra os peripatéticos.

Ao fim da carta, Galileo ataca a perfeição dos céus dos aristotélicos dizendo “[...] finalmente descobri naquela parte do céu, meritoriamente a mais pura, [...] na face do próprio Sol, produzir-se continuamente, e dissolver-se em pouco tempo, uma quantidade inumerável de matéria escura e densa [...]” (GALILEI, 1612 *apud* MOSCHETTI, 2006, p. 331).

Galileo escreveria ainda uma terceira carta, após Scheiner escrever uma resposta com objeções à primeira do ilustre cientista italiano cujo principal argumento é uma observação sobre o tempo com que as manchas atravessariam o Sol, onde

as mais afastadas da linha equatorial solar atravessariam mais rapidamente (MOSCHETTI, 2006).

A terceira carta galileiana saiu em 1º de dezembro de 1612. Nesta terceira e última carta, Galileo afirma não conhecer a essência das coisas, apenas suas afecções. Quanto ao tempo de travessia solar, Galileo atribui uma falha nas observações do jesuíta. A novidade nessa carta eram os comentários de Galileo às outras descobertas telescópicas, as quais Scheiner havia feito críticas (MOSCHETTI, 2006).

Ambos cientistas concordavam quanto ao relevo irregular da Lua, porém o jesuíta acreditava que a Lua seria inalterável, pois a mesma seria composta de éter, o elemento imutável. Já para o cientista italiano, os corpos celestes seriam mutáveis, como já tinha sido observado no Sol, mas que não havia motivos para supor que as coisas da Lua fossem inteiramente semelhantes às nossas (MOSCHETTI, 2006).

A semelhança entre Terra e Lua estaria na questão da reflexão recíproca da luz. Para o jesuíta a Lua era transparente, translúcida, enquanto a Terra era opaca. Como destaca Moschetti (2006, pp. 333-334) “A opinião de Scheiner era compartilhada pela maior parte do meio científico do início do século XVII e estava relacionada com o que se acreditava ser a substância celeste: lucidíssima e perfeitíssima”.

Visão parecida possuía o padre Clavio, descrita por Cigoli:

Tive do secretário do Cardeal dal Monte a nota da solicitação Ilmo. Bellarmino aos Jesuítas, na qual fiquei surpreso do juízo do Padre Clavio sobre a questão da Lua, que expressam dúvidas sobre suas desigualdades, dizendo que ela não seja densa. (CARDI, 1611 *apud* SILVA, 2013, p. 342)

Galileo combateu esse argumento dizendo que se comparassem a iluminação da Lua pelo Sol, com uma nuvem e com uma parede, descobrir-se-ia que o astro se iluminaria como a segunda. Argumentou ainda que, se a Lua fosse transparente, ela não refletiria luz, e sim, permaneceria sempre com uma iluminação bastante fraca e constante, citando como exemplo uma garrafa com líquido dentro.

Por fim, Galileo conclui:

a opacidade e a aspereza da Lua, assim como a reflexão da luz do Sol na Terra, hipóteses verdadeiras e sensíveis, satisfazem com admirável facilidade e de maneira plena a todos os problemas particulares (GALILEI, 1612 *apud* MOSCHETTI, 2006, p. 334)

Galileo também responde a Scheiner sobre o planeta Vênus. Scheiner tinha visto na noite de 11 de dezembro de 1611, a conjunção Vênus-Sol, onde o planeta estaria entre a Terra e o Sol. Desse modo Scheiner, utilizando o modo geométrico, demonstrava que o planeta distanciava-se da Terra e contornava o Sol, as mesmas conclusões que Galileo havia chegado (SILVA, 2013).

Galileo discorre sobre o tema observando que a demonstração de Scheiner

era insuficiente para convencer aqueles que ainda duvidavam da trajetória de Vênus e, após discutir sobre o tema, diz que o método baseado na observação das fases de Vênus, descoberto por ele, seria um meio muito bom e sensato para se chegar a tal conclusão (SILVA 2013).

O ilustre italiano também desmente a existência de um quinto satélite que Scheiner alegava ter descoberto, afirmando que esta quinta estrela deveria ser uma fixa (SILVA, 2013).

Assim, as três cartas de Galileu são publicadas em março de 1613. Após sua publicação, o livro torna-se um sucesso e ajuda a espalhar ainda mais a fama e os métodos observacionais de Galileo Galilei (SILVA, 2013).

Pouco tempo depois, em 08 de junho de 1613, seu amigo Cigoli viria a falecer, com menos de um mês e meio após ter enviado sua última carta ao cientista italiano (SILVA, 2013).

Galileu, posteriormente, dedicaria seu tempo menos à pesquisa científica e mais à propaganda cultural. Quanto mais o tempo passava, mais o cientista de Pisa se convencera de que era necessário difundir a crença no copernicanismo nas mais profundas camadas da sociedade, fazendo com que surgisse o espírito científico moderno no maior número de pessoas (GEYMONAT, 1997).

O seu programa sofreria duas grandes derrotas, primeiramente em 1616, quando foi obrigado pela Santa Inquisição a abandonar por completo sua opinião quanto ao heliocentrismo e, posteriormente em 1633, quando foi condenado ao confinamento (prisão domiciliar) devido às ideias heréticas contidas em seu livro *Dialoghi sopra i due Massimi Sistemi del Mondo* (GEYMONAT, 1997).

## Referência

Galilei, Galileo, Sidereus Nuncius, o mensageiro das estrelas, 3ª Edição, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010;

Galilei, Galileo, Istoria e Dimostrazioni intorno alle macchie Solari e loro accidenti, disponível em: <[strangepaths.com/wp-content/uploads/2007/04/N0003355.pdf](http://strangepaths.com/wp-content/uploads/2007/04/N0003355.pdf)> Acesso em: 03 de agosto de 2015;

Geymonat, Ludovico; Galileu Galilei, Rio de Janeiro, RJ: Nova Fronteira, 1997; Kuhn, Thomas, A estrutura das revoluções científicas, 11ª Edição, São Paulo, SP: Perspectiva, 2011;

Moschetti, Marcelo; Galileu e as cartas sobre as manchas solares: a experiência telescópica contra a inalterabilidade celeste, Cadernos de Ciências Humanas – Especiaria, v. 9, n. 16, pp. 313-340, jul./dez., 2006;

Neves, Marcos Cesar Danhoni, et al; Da Terra, da Lua e além, 2ª edição, Maringá, PR: Massoni, 2010;

Silva, J. A. P.; O Renascimento da relação entre a Arte e a Ciência: discussões e possibilidade a partir do codex entre Galileu e Cigoli no século XVII, Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Programa de Pós-graduação em educação para ciência e a matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2013; ESA & NASA; Solar & Heliospheric Observator, disponível em: <<http://soho.esac.esa.int/>> Acesso em: 03 de agosto de 2015.

# A experiência sinóptica: um instrumento óptico para criar efeitos tridimensionais em obras de arte

Maarten Wijntjes<sup>1</sup>

## Introdução

O presente artigo resgata um trabalho de instrumentação ótica para possibilitar a criação de efeitos tridimensionais a partir de uma pintura, ressaltando os efeitos de profundidade dados, inicialmente pela própria obra com seus jogos de *chiaro-oscuro* e cores. O instrumento aqui descrito, bem como seu funcionamento e montagem, permite antever as possibilidades tanto para o uso de visitantes em Museus e galerias quanto para o uso em ambientes escolares e laboratórios de ótica que trabalham segundo uma perspectiva interdisciplinar. O design aqui descrito foi apresentado no *4th International Meeting on Art-Science*, realizado na Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil (2015).

## Breve abordagem histórica: Moritz von Rohr e o Sinóptero

Em 1907 foi apresentada uma patente deste instrumento por Moritz von Rohr (figura 1), um cientista óptico da Carl Zeiss em Jena, na Alemanha. Durante a sua vida, ele fez várias contribuições significativas para a ciência óptica e também trabalhou em conjunto com o vencedor do Prêmio Nobel, Allvar Gullstrand. Muitas das invenções foram comercializadas pela empresa Carl Zeiss, mas estranhamente, o sinóptero não.



Figura 1: Moritz von Rohr e sua patente sobre a primeira versão do sinóptero.  
Fonte: von Rohr, 1907 *apud* Wijntjes, 2015.

<sup>1</sup> Delft University of Technology. Industrial Design Engineering - Perceptual Intelligence Lab, Netherlands. Trabalho originalmente apresentado no evento "International Meeting on Art-Science", 2015.

A ideia básica do sinóptero era a de *anular a percepção de profundidade* que surge da visão binocular. Sabe-se que, na visão binocular, os dois olhos recebem imagens ligeiramente diferentes porque estão separados cerca de 6,5 cm lateralmente. Isto pode ser verificado mantendo o dedo indicador a cerca de 30 cm à frente de seu nariz. Agora, basta olhar apenas com o olho esquerdo e, depois, com o olho direito. O que será observado é que o fundo aparece deslocado em relação à posição do dedo (um efeito conhecido na Física como *paralaxe*). Gera-se, pois, um efeito tridimensional advindo da disparidade binocular (figura 2). O cinema 3D é baseado nesse princípio paralático. Ao oferecer duas imagens diferentes em cada olho, que são registradas com uma câmera 3D de lente dupla, o cérebro recebe informações de profundidade advindas dessas disparidades binoculares.



Figura 2: A disparidade binocular e o efeito 3D.  
Fonte: Holland Film Nieuws, 2015.

Retornado à patente do sinóptero inventado por von Rohr, a ideia era livrar-se das disparidades binoculares. Ele realizou três projetos (figura 3, a, b, c) que poderiam alcançar esse objetivo. A versão mais intuitiva é mostrada aqui. Primeiro identifique os dois olhos. Eles estão na letra “l” e “r” (figura 3a): o olho esquerdo e direito. Além disso, existem quatro espelhos (figura 3b). Três deles são espelhos normais: nas letras “i”, “h” e “g” (figura 3c). O quarto espelho é semitransparente e está na posição “a”. O que está acontecendo com a luz é que ela chega primeiro no espelho “a”. Nesse espelho especial, metade da luz é transmitida para ‘h’, mas a outra metade é refletida para o espelho ‘g’. Depois de “g”, a direita entra no olho direito. E depois de “h”, a luz é primeiramente refletida por “i” e depois entra no olho esquerdo.

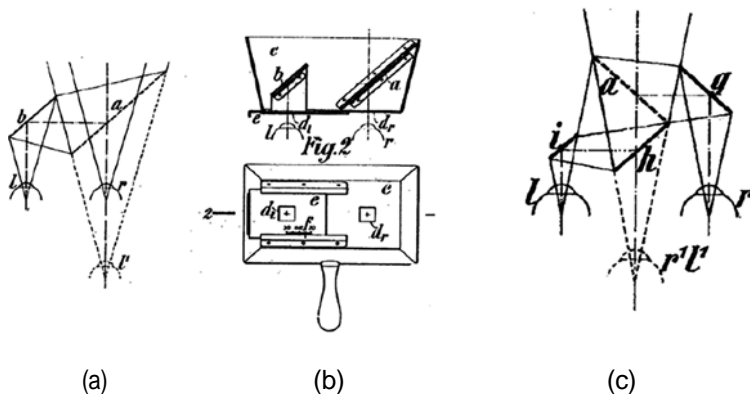


Figura 3: O esquema do sinóptero em três projetos distintos no trabalho original de von Rohr.

Fonte: Von Rohr, 1907 *apud* Wijntjes, 2015.

### Construção e uso do Sinóptero

Ao iniciar-se a pesquisa sobre o protótipo de von Rohr, foi avaliado primeiramente qual dos três designs dele dispunha do maior ângulo de visão. Isso é importante porque, quando o observador está visualizando um trabalho artístico é de bom alvitre aproveitar um ângulo de visão tão grande quanto possível.

O design A e C da figura 4 são semelhantes aos da figura de von Rohr. Como pode-se notar, existem diferenças substanciais entre os projetos mas o design C oferece o maior ângulo de visão. No trabalho de pesquisa para a construção de um instrumento que pudesse imergir o frequentador de um museu num ambiente tridimensionalizado de cada obra apreciada, optamos, pois, pelo design C.

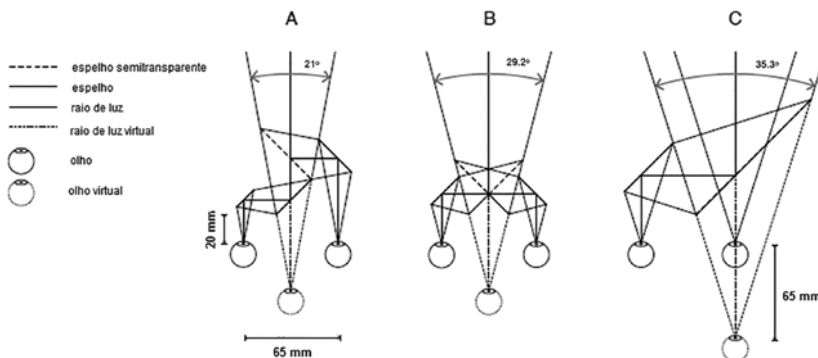


Figura 4: Três designs possíveis.

Fonte: Wijntjes, 2017



Escolhido o design (figura 5), a preocupação foi a de produzir um instrumento que pudesse ser facilmente montado a partir de materiais acessíveis. O maior desafio foi o espelho semitransparente, uma vez que um divisor de feixe tem um custo bastante elevado. Para contornar essa dificuldade foi experimentado o uso de um “espelho de espião” que é feito de acrílico e de custo relativamente baixo. Para surpresa, esse espelho funcionou muito bem, diminuindo os custos e tornando possível a apropriação rápida e um instrumento deste gênero.

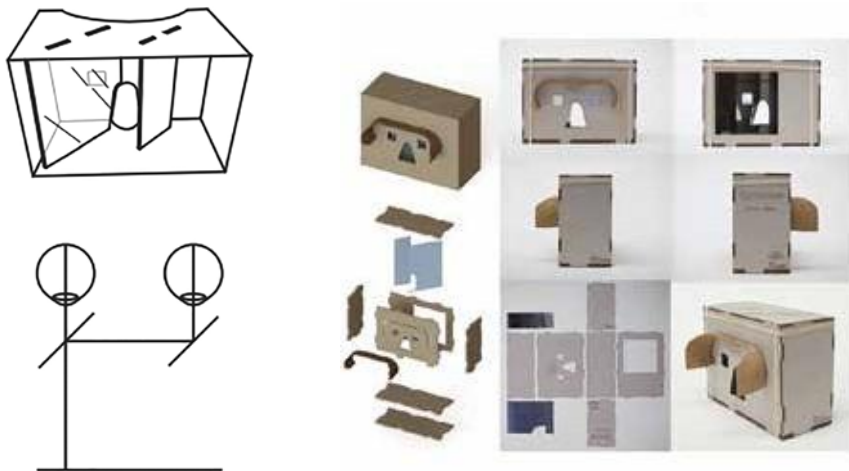


Figura 5: O design do sinóptero construído a partir de materiais acessíveis: papelão e espelhos.

Fonte: Acervo do autor, 2015 e Wijntjes *et al*, 2016, 2017.

A figura 6 mostra o arranjo fotográfico realizado para fotografar uma imagem qualquer capturada por uma câmara fotográfica, com fotogramas tirados a partir das aberturas dos “olhos” no sinóptero. A configuração é mostrada no lado esquerdo da figura 6. No lado direito é possível ver as fotos que foram feitas a partir dos orifícios direito e esquerdo. Em “A” vê-se que existem algumas diferenças de cores. Isso ocorreu porque o espelho não era de boa qualidade óptica.

Em seguida, foi colocado um objeto 3D (uma girafa de brinquedo) entre a imagem e a câmara (figura 6). Em “B” é possível ver que não há paralaxe entre a girafa e a imagem: essa é a essência do sinóptero. Na figura “C” foi removido o sinóptero, e aqui é claramente visível que a imagem do olho esquerdo e direito tem paralaxe: a girafa é deslocada em relação ao fundo.



Figura 6: Arranjo experimental de figura bidimensional ao fundo e objeto tridimensional, um brinquedo em forma de girafa (posto em frente à fotografia utilizada) em imagens capturadas por câmara fotográfica a partir das aberturas dos olhos do sinóptero.

Fonte: Acervo do autor, 2015.

Embora o sinóptero tenha sido inventado em 1907, nunca foi levado à produção e continuou amplamente desconhecido, pelo menos para a comunidade da ciência óptica. Isso mudou quando Jan Koenderink e colegas publicaram um artigo sobre seu efeito na percepção de profundidade pictórica. Usando um paradigma experimental com o qual eles poderiam medir quantitativamente a superfície de um objeto 3D representado, eles descobriram que mais profundidade era percebida quando visualizada com o sinóptero (KOENDERINK *et al*, 2018).

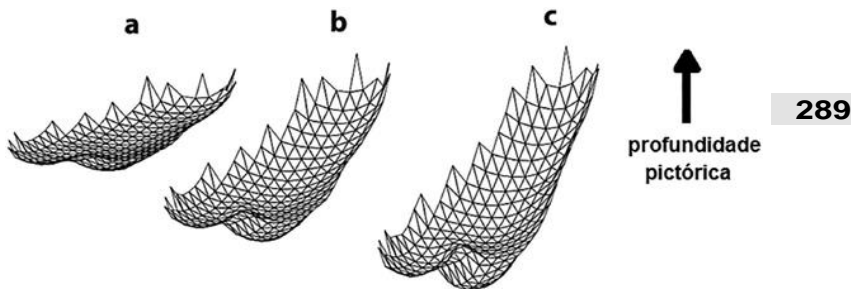


Figura 7: A profundidade pictórica  
Fonte: Koenderink *et al*, 2018.



A figura 7 mostra as superfícies pictóricas para visões: (a) binocular; (b) monocular e (c) sinóptica. A profundidade é escalonada por coordenadas pictóricas (pixels). Assim, o *range* de profundidade é similar às das dimensões fronto-paralelas das condições engendradas pelo sinóptero. Então, por que o sinóptero aumenta a percepção de profundidade quando o observador visualiza uma imagem? Ao se olhar uma pintura, o que se vê é o que é projetado em uma tela de projeção. A tela de projeção é plana, assim como também o é a parede de um museu real. Isto é um fato. No entanto, existe claramente uma profundidade pictórica, como pode ser observado a partir da visão de qualquer pintura.

Na figura 8 podem ser vistos legumes no canto inferior direito da pintura. Podem ser percebidas suas formas e distinguida a distância que se encontra o velho homem dos vegetais. Toda essa profundidade está disponível para nosso cérebro através das chamadas “pistas monoculares” ou “pistas pictóricas”.



Figura 8: William Edmonds. The new bonnet. 1863. William Edmonds, Bronxville Historical Conservancy, New York  
Fonte: Edmonds, 1863.

Além de um novo design do sinóptero, foi investigado também o papel das pistas monoculares sobre o efeito sinótico. Para este fim, foram mostradas muitas pinturas diferentes e perguntados aos observadores sobre o impacto do efeito obtido. A descoberta foi a que os observadores concordavam muito bem com o que era esperado, sugerindo que as pinturas usavam diferentes pistas pictóricas.

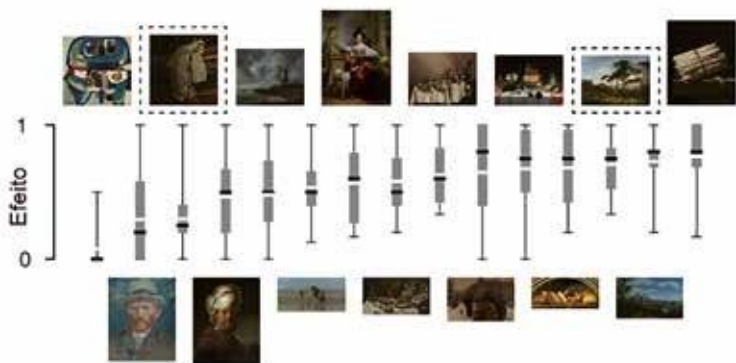


Figura 9: Estudo sobre efeito de profundidade em diferentes obras de arte após interação com observadores.  
 Fonte: Wijntjes *et al*, 2016.

Em um experimento subsequente, foram testadas algumas hipóteses sobre essas pistas monoculares. Na figura 10 pode ser vista uma cena de praia pintada por Israëls. No primeiro experimento, foi observado que o sinóptero não teve muito efeito para esta pintura. A hipótese levantada foi a de isso poderia ter-se dado devido à segregação de primeiro plano-fundo. Portanto, foi adicionado um efeito de um desfocar fotográfico. De fato, essa mudança possibilitou a descoberta de que o sinóptero teve um efeito maior na versão manipulada (figura 11). Portanto, a conclusão é que, para que o sinóptero tenha efeito, a obra deve ter um claro contraste entre o primeiro plano e o fundo, neste caso, articulado pelo efeito da desfocagem.

Na figura 12, é apresentado um *Breitner*, um pintor holandês de grande notoriedade. Na pintura original foi encontrado um efeito sinótico muito acentuado. A hipótese é de que isso se deve à composição da profundidade: há muitas camadas de profundidade devido à cena complexa e ao número de pessoas que estão sobre a ponte de Amsterdã. Para testar esta hipótese foram removidos todos os outros personagens, exceto a mulher da frente (figura 13).



Figura 10: Jozef Israëls. **Kindren der zee**. 1872. Rijksmuseum Amsterdam.  
 Fonte: Israëls, 1872.



Figura 11: O quadro *Kinderen der zee* manipulado para tornar o efeito sinótico mais acentuado.

Fonte: Acervo do autor, 2015.



Figura 12: George Breitner. The Singel bridge at the Paliessstraat in Amsterdam. 1898. Rijksmuseum Amsterdam.

Fonte: Breitner, 1898.



Figura 13: A obra de Breitner manipulada (sem os personagens sobre a ponte).  
Fonte: Acervo do autor, 2015.

### Considerações finais

Novamente, a pesquisa na construção e uso do instrumento conduziram à descoberta de que, de fato, e especialmente por intermédio das figuras 10 a 13, o efeito sinótico foi alterado, embora desta vez, como havia sido hipotizado, tenha se tornado mais fraco. Foram testadas ainda algumas outras hipóteses, que podem ser encontradas de forma mais sistematizada em Wijntjes *et al* (2016) e Wijntjes (2017).

Para finalizar este trabalho, são apresentados na figura 14 alguns fotografias do sinóptero em ação. Para o presente trabalho, foram realizados apenas experimentos de laboratório, sem testes na ação *in loco* em museus. No entanto, alguns testes informais foram realizados (figura 14) e, para surpresa, o sinóptero funciona muito melhor em um contexto de museu do que no laboratório. A mídia local deu atenção ao uso do sinóptero publicando algumas matérias sobre o instrumento óptico, acabando por despertar um acentuado interesse em muitos visitantes do Museu e que eles realmente apreciavam olhar as pinturas através das lentes e espelhos do aparelho.

Desta forma, a recuperação da visão tridimensional a partir de uma tela bidimensionalizada pode potencializar o interesse da arte no encontro Arte-Ciência, reavivando sensações que, se não são as dos artistas visualizados, ao menos, aproximam-se daquele momento ímpar da criação de uma obra pictórica envolvente.



(a)



(b)



(c)

Figura 15: O sinóptero em ação: usando uma reprodução em laboratório (a); registrado pela imprensa (b) e entre; público (c).

Fonte: Wijntjes, 2017.

### Referências:

- Breitner, G. **The Singel bridge at the Paliessatraat in Amsterdam**. 1898. Rijksmuseum Amsterdam. Disponível em: <<https://www.rijksmuseum.nl/en/rijksstudio/artists/george-hendrik-breitner>>. Acesso em 07 de maio 2015.
- Edmonds, F. W. **The New Bonnet**. 1863. Disponível em: <[https://www.metmuseum.org/art/collection/search/10843?utm\\_source=Twitter&utm\\_medium=tweet&utm\\_content=20170602&utm\\_campaign=collections](https://www.metmuseum.org/art/collection/search/10843?utm_source=Twitter&utm_medium=tweet&utm_content=20170602&utm_campaign=collections)>. Acesso em 07 de maio de 2015.
- HOLLAND FILM NIEUWS. **A disparidade binocular e o efeito 3D**. Disponível em: <<https://www.hollandfilmnieuws.nl/nieuwscategorieen/techniek/?page=4>>. Acesso em 07 de maio de 2015.
- Israëls, J. **Kinderen der Zee**. 1872. Rijksmuseum Amsterdam. Disponível em: <<https://www.artsalanholland.nl/haagse-school/jozef-israels-kinderen-der-zee>>. Acesso em 07 de maio 2015.
- Koenderink J. J., van Doorn A. J., Wagemans, J. **Geometry of pictorial relief**. 2018. *Annual Review of Vision Science*, 4, 451-474.
- Von Rohr, M. **Reflecting instruments annulling the perception of depth in binocular vision**. 1907. UK Patent 190700916-A.
- Wijntjes, M.W.A. 2015. **O Sinóptero**. Proceedings of 4th International Meeting on Art-Science. Ponta Grossa: UEPG.
- Wijntjes, M.W.A., Füzü, A., Verheij, M.E.S., Deetman, T., & Pont, S.C. **The synoptic art experience**. 2016. *Journal of Art and Perception*, 4, 73–105.
- Wijntjes, M.W.A. **Ways of viewing pictorial plasticity**. 2017. *i-Perception* 8(2), 1-10.





## Uma falsa controvérsia: a segunda lua craterada do Renascimento galileano entre Elsheimer, Cigoli e Passignano

Marcos Cesar Danhoni Neves<sup>1</sup>, Josie Agatha Parrilha da Silva<sup>2</sup>, Wilson Guerra<sup>3</sup>

### Introdução

Galileo Galilei publica em 1610 uma série de novas descobertas astronômicas realizadas mediante o uso de um novo instrumento ótico, que ele batiza com o nome de “perspicillum”, ou seja, aparelho de perspectiva, mas que se immortalizou com o nome de “telescópio”. O livro trazia uma série de descrições ilustrativas jamais mencionadas anteriormente em qualquer literatura de física, astronomia, meteorologia: as fases de Vênus, a presença de várias nebulosas (Presépio, Órion, etc.), as crateras no disco lunar, a existência de “quatro planetas medicianos” (quatro luas) que orbitavam o disco de Júpiter.

Galileo teria descoberto ainda uma natureza tricorpórea ao disco de Saturno (“orelhas” que não se enquadravam num esquema de rotação de luas ao redor do planeta, como ocorria com os “planetas médiceos” – mais tarde chamadas de “luas galileanas”, Io, Calisto, Ganimede, Europa), fruto das limitações telescópicas de época e, mais importante, sobre a natureza das manchas solares, num trabalho seminal, intitulado “Trattato delle macchie solari e loro accidenti” (“Tratado das manchas solares e seus acidentes”). Este último trabalho deve-se quase exclusivamente às exaustivas observações realizadas por três pintores muito apreciados na Roma do início dos *seicento*: Cigoli, Passignano e Coccapani. Todos três, amigos do círculo íntimo de Galileo e com vínculos importantes junto a mundo eclesiástico (todos trabalhando em afrescos no interior de Igrejas ou residências de bispos e arcebispos).

As ilustrações detalhando o posicionamento das manchas solares bem como suas morfologias variadas como função da posição, estabeleceram um marco de interação arte-ciência jamais visto na história da ciência ou da arte. Todas as pranchas utilizadas por Galileo Galilei em seu *Trattato* foram produzidas exclusivamente por artistas, o que permitiu ao físico italiano concluir que as manchas eram “acidentes” relacionados diretamente à superfície solar (chamada hoje de “fotosfera”) e não como resultado do trânsito de uma miríade de pequenas estrelas, como diria o padre jesuíta alemão Christopher Scheiner, ou o trânsito de Mercúrio diante do Sol, segundo exporia erroneamente o celebrado Johannes Kepler.

O argumento físico que faltava para o xeque-mate neste xadrez da compreensão do Universo no Renascimento foi cunhado nas bases da arte da *perspectiva*. As alterações morfológicas das manchas solares do limbo para o centro

1 Programa de Educação Tutorial em Física – PET-FÍSICA, Universidade Estadual de Maringá

2 DEARTES, Universidade Estadual de Ponta Grossa e Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia, PPGECT-UTFPR-PG.

3 Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá.

e do centro para o limbo ocorriam, única e tão somente, porque as manchas eram solidárias à superfície solar, causando as características “deformações” de formas numa esfera em rotação.

Galileo, com seu *Sidereus* e *Trattato* consolida uma nova estrada da ciência, pondo fim ao melancólico edifício pseudo-explicativo do aristotelismo-tomista, eternizado pela Igreja católica. Porém, essa vitória espetacular (e o marco-zero da nova ciência) deveu-se a uma ligação íntima entre arte-ciência e que encontrou em Galileo um de seus máximos expoentes. Como diria Horst Bredekamp, da Universidade de Berlim, Galileo deve ser considerado como ARTISTA, e não cientista, como nosso vão cartesianismo o tem classificado há mais de 400 anos.

O “estágio” do gênio pisano como aluno na celebrada *Accademia del Disegno* (fundada por Michelangelo Buonarrotti e Giorgio Vasari, em Florença), e, posteriormente, como professor dessa Academia em 1604, demonstram que Galileo possuía olhos e mentes adequados para ver o que ninguém via, e para interpretar as imagens capturadas pelas lentes de seu telescópio sob as leis da perspectiva, transitando entre imagens do mundo “real” para representações tridimensionais num esboço inicial bidimensionalizado, mas que, com recursos da perspectiva linear e do anamorfismo, permitiram a recriação 3-D.

### **Três artistas, três pinturas e a arte na ciência**

Nesta história extraordinária ocorrida nas duas primeiras décadas do *seicento* cabe-nos recortar aqui três quadros: o de Cigoli, o de Elsheimer e o de Passingano. Todos viveram e trabalharam em Roma, especialmente para o papado ou para grandes famílias mecenas da vibrante arte do Renascimento.

Cigoli, ou Lodovico Cardì, estudou na *Accademia del Disegno*, com Galileo, e foi seu fiel amigo até o fim da vida, como retrata o longo *carteggio*, mantido entre os dois ilustres personagens. Cigoli, conseguiu um feito notável: afrescar a imensa cúpula papal (Papa Paulo V) da Igreja de Santa Maria Maggiore (maior igreja no mundo dedicada à Virgem Maria), utilizando em seu tema principal, a *Madonna Assunta* (a Virgem que sobe aos céus – Figura 1), numa subida apoiada numa Lua não imaculada (como requereria a longa iconografia cristã), mas trabalhou três longos anos na cúpula, entre a pintura e a observação privilegiada das manchas solares. Em data não conhecida, provavelmente após a condenação de Galileo em 1632, as crateras seriam encobertas por um verniz de tinta, retransformando a Lua astronômica numa lua imaculada, imitando divindade e representação estilizada, na crença cristã apropriada para a religião daquela época e de todas as épocas.





Figura 1. A *Madonna Assunta* de Lodovico Cardi, Cigoli. Detalhe do afresco da cúpula Paolina de Santa Maria Maggiore (Roma)

Um ano antes da publicação do *Sidereus* ou do início do afresco da cúpula da capela Paolina, um pintor alemão residente em Roma, Adam Elsheimer, pintou um quadro que se tornaria célebre, não pelas suas características peculiares, mas pelo significado ganho após a publicação da obra galileiana. Trata-se do quadro “Fuga para o Egito” (figura 2), representando a sagrada família fugindo da perseguição empreendida por Herodes contra os primogênitos. Neste quadro, existe uma representação da cena, que se assemelha a um *tríptico*: uma cena mais interna (com uma perspectiva errada, com uma fogueira), a cena-tema, a fuga da família e a cena mais espetacular: um céu coalhado de estrelas, com a Via Láctea em evidência e uma lua cheia que ilumina todo o quadro (assemelhando-o às obras posteriores dos pintores da sociedade lunar inglesa).



Figura 2. Adam Elsheimer. *The Flight into Egypt*, 1609, oleosobre cobre, 31X41 cm. Alte Pinakothek, Munich.

Há uma interpretação errônea na compreensão da obra de Elsheimer, considerando-a precursora da obra galileana, em seu *Sidereus*, especialmente pela representação nebulosa da Via Láctea e por uma lua que parece craterada. Esta compreensão não se sustenta por dois motivos: o quadro antecipa o *Sidereus* em um ano, e nada leva a crer que Elsheimer já dispunha de um telescópio. Sobre esta questão, devemos lembrar que Cigoli e Passignano, amicíssimos de Galileo, adquiriram seus telescópios somente em 1612, e ainda comprados dos padres jesuítas de Roma.

Ademais, um olhar detalhado da obra nos permite refutar a possibilidade da representação de uma “primeira” lua craterada, uma vez que as manchas que são representadas na pintura, nada mais são do que o “mares” (figura 3) vistos à olho nu, nada havendo com a natureza acidentada do relevo selenita que seria descoberto somente por Galileo. A representação da Via Láctea também nada tem a ver com a descoberta de nebulosas pelo físico italiano: trata-se de uma visão comum de nossa galáxia, mas erroneamente representada aqui, pois não teria tanto brilho durante uma lua cheia.

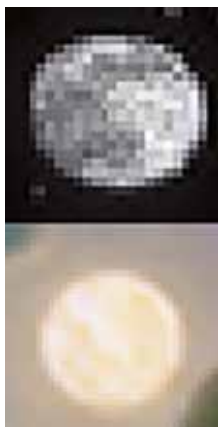


Figura 3. Comparação entre a lua do programa de computador *Stellarium* (alto) e da lua de Elsheimer (figura abaixo). As manchas são, claramente, não telescópicas, ou seja, a Lua é representada da forma como a vemos a olho nu. As manchas não são devidas sequer à nebulosidade, como poderíamos também pensar, mas aos acidentados naturais da Lua, e que receberam os nomes de “mares”.

No entanto, apesar de não se tratar de uma celebrada obra antecipatória galileana, Elsheimer representou de forma muito correta os céus daquela primavera de 1609. Muitos autores apontaram um posicionamento errado das estrelas no céu, tomando como referência o plano galáctico. Analisando a obra, à luz do planetário “Circus Stellarium” (LCV-UEM) e do programa “Stellarium”, reconhecemos todas as

estrelas e principais constelações representadas (figuras 4 a,b,c). A obra “Fuga para o Egito” tem um valor astronômico importante, apesar de não antecipatório, mas pela sua representação romântica de um céu noturno que, um ano após, revelaria toda sua força anti-aristotélica e reformadora de toda ciência e de toda a arte no meio do Renascimento.



Figura 4a. Céu de Roma (Itália), às 17h04m35s do dia 15/06/1609 fornecida pelo programa *Stellarium*, mostrando a linha do horizonte, a faixa da Via Láctea, e a Lua Cheia.



Figura 4b. Mesma imagem anterior, mas com as linhas que definem as principais constelações representadas por Elsheimer em sua obra (by *Stellarium*)



Figura 4c. Comparação do detalhe do céu noturno via Planetário (alto) e da representação em Elsheimer (baixo): as mesmas estrelas em posições similares.

Finalmente, detemos nosso olhar agora sobre um personagem galileano tão importante quanto Cigoli: Passignano, ou Domenico Cresti. Também ele contribuiu de forma decisiva para as observações solares do *Tratatto* de Galileo, fazendo inúmeras pranchas sobre o posicionamento e as diferentes morfologias das manchas solares.

Passignano eternizou sua obra no teto da sacristia de Santa Maria Maggiore, também trabalhando diretamente para o Papa Paulo V, afrescando também uma *Madonna Assunta* (figura 5), apoiada desta vez sobre uma lua crescente, mas em forma de corno (chifres – dentro também de uma longa tradição iconográfica cristã).



Figura 5. A *Madonna Assunta* de Domenico Cresti (Passignano) no teto do Batistério de Santa Maria Maggiore (Roma).

No entanto, e esta é uma descoberta de dois dos autores do presente trabalho, um olhar atento para a lua de Cresti revela-nos detalhes interessantes também de uma lua craterada. Pode-se perceber, na linha do *terminador* (figura 6), uma das crateras representadas por Galileo em seu *Sidereus nuncius*. Decisivamente, e na mesma Igreja, Santa Maria Maggiore, encontra-se a *segunda* das duas únicas luas crateradas existentes no mundo dentro de um templo cristão.



(Figura 6). Comparando as luas de Passignano (acima) e Cigoli (abaixo), tentando um corte em foice para demonstrar as similaridades da superfície selênica, destacando, ao menos, duas crateras, prova de que, além da amizade, os dois artistas, provavelmente, discutiam não somente suas obras mas as observações que certamente faziam ao telescópio.

## Conclusão

As obras conjuntas destes pintores e o enorme esforço em envolver esse novo mundo numa nova representação pictórica do universo, configurou a forma de interação entre filósofos, artistas, religiosos e gente comum (veja, por exemplo, a criação da *Accademia dei Lincei* pelo Príncipe Cesi). Existiu no *seicento*, especialmente, em suas quatro primeiras décadas um esforço monumental para a descrição de um mundo de forma inter e transdisciplinar.

Entretanto, é necessário aquilatar e compreender cada obra no intrincado quebra-cabeça que dará *impetus* à radical mudança do velho aristotelismo-tomista para um novo e maravilhoso universo, marcado pelo matrimônio entre o céu e a terra e, especialmente, pelo matrimônio entre arte e ciência.

## Bibliografia

Andrews, K. Elsheimer and Galileo. *The Burlington Magazine*, Vol. 118, No. 881 (Aug., 1976), p. 595. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/878503>

Cavina, A.O. On the Theme of Landscape - II: Elsheimer and Galileo. *The Burlington Magazine*, Vol. 118, No. 876 (Mar., 1976), pp. 139-145. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/878305>

Danhoni Neves, M.C., Silva, J.A.P. Fusinato, P.A.; Pereira, R.F. Da Terra, da Lua e Além. Maringá: Massoni, 2010.

Danhoni Neves, M.C., Silva, J.A.P. Disturbing the perspective: the new post-copernican of Galileo and Cigoli. *Proceedings of NPA*. Washington, vol.8 n.2, pp. 1-7, 2011.

Gedzelman, S.D. Weather and Art. Disponível em: <http://www.sci.ccny.cuny.edu/~stan/skyart6.pdf>

Howard, D. Elsheimer's Flight into Egypt and the Night Sky in the Renaissance. *Zeitschrift für Kunstgeschichte*, 55 Bd., H. 2 (1992), pp. 212-224. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1482611>

Sapir, I. Narrative, memory and the crisis of mimesis: the case of Adam Elsheimer and Giordano Bruno. *Collegium for Advanced Studies*, Forskarkollegiet. 2006. Disponível em: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/25751/001\\_07\\_sapir.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/25751/001_07_sapir.pdf?sequence=1) . Acesso em 17 de fevereiro de 2015.

Silva, J.A.P. e Danhoni Neves, M.C. *Da Lua pós-copernicana*. Maringá: Editus, 2009. Silva, J.A.P. e Danhoni Neves, M.C. *O Codex Cigoli-Galileo: Ciência, Arte e Religião num enigma copernicano*. Maringá: EDUEM, 2015.

---



# Via-Íris, a Via Láctea multicolorida

Domingos Soares<sup>1</sup>

## Introdução

Existem pouco mais de cinco mil estrelas que podem ser vistas individualmente a olho nu. Isto, na Antiguidade, os gregos já sabiam e qualquer pessoa pode verificar que são muitas as estrelas visíveis, uma a uma, com a vista “desarmada”. Mas a nossa galáxia possui bilhões de estrelas, e estas não podem ser vistas nas suas individualidades mas sim como uma faixa esbranquiçada que corre pelo céu noturno. Esta faixa, um verdadeiro ribeirão, riacho, regato, rio “de leite”, é a nossa Via Láctea.

O aspecto leitoso – esbranquiçado – é o resultado da sensibilidade reduzida de nossos olhos, a qual é insuficiente para a observação das cores reais das estrelas mais distantes, portanto, mais fracas. É o que acontece também, por exemplo, ao entrarmos numa sala de cinema na escuridão. Neste caso enxergaremos tudo em preto e branco. Os nossos olhos não veem as cores se a intensidade luminosa for baixa.

Mas se usarmos instrumentos apropriados veremos a transformação de nossa Via Láctea em um verdadeiro arco-íris galáctico. Ela se transformará na Via-Íris.

## Arco-íris e o espectro eletromagnético

A Natureza faz, de forma belíssima no fenômeno do arco-íris, a separação da luz nas várias cores que a constituem. As famosas “sete cores” do arco-íris são: violeta, índigo, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. Na verdade, vemos um contínuo de cores, mas os nossos olhos e a tradição popular destacam estes sete matizes principais. A Física atribui a cada cor uma propriedade denominada “comprimento de onda”. Assim, o violeta tem o menor comprimento de onda e, no outro extremo, o vermelho tem o maior comprimento de onda. Estas cores pertencem ao chamado “espectro visível”.



Figura 1

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte, Brasil. Trabalho apresentado no International Meeting on Art-Science, UEPG, 2015.



O arco-íris é produzido pela refração e reflexão da luz solar nas gotas de chuva suspensas no ar. A luz do Sol é formada pela mistura de todas as cores do arco-íris. Vemos aqui o arco primário e o secundário, à direita. Esta é uma bela representação do espectro visível.

## Via-Íris

A Via Láctea pode ser vista em toda a sua beleza multicolorida se for observada utilizando-se um detector de imagem. A exposição pode ser longa o suficiente para que as suas cores apareçam. As estrelas possuem cores diversas, e elas aparecem na imagem obtida com o auxílio de uma câmera apropriada. No exemplo que apresentamos aqui foi utilizada uma câmera fotográfica de 35 mm, e o detector é um filme colorido convencional (figura 2).

Pode-se ver que o “caminho leitoso” é na verdade uma vibrante mistura de cores e manchas pretas. Estas manchas são causadas pela poeira interestelar – sim, poeira mesmo – que obscurece a luz das estrelas localizadas por trás delas.



Figura 2

Pouco mais de um terço da Via Láctea, no visível, fotografada pelo astrônomo alemão Axel Mellinger, utilizando uma câmera comum e filme colorido. As fotos foram feitas entre julho/1997 e janeiro/1999, em sítios localizados nos Estados Unidos, África do Sul e Alemanha.

Mas agora vamos a algo mais fantástico: a verdadeira Via-Íris! A Via Láctea pode ser observada utilizando-se uma variedade grande de instrumentos e detectores, e não só no visível. O visível, ou óptico, corresponde à faixa do espectro eletromagnético que vemos com os nossos olhos, e admiramos tão deslumbrados num arco-íris. Vamos agora ver como é a Via Láctea, se tivéssemos olhos de ondas de rádio, de infravermelho, de raios X e de raios gama.

Cada faixa da Via-Íris, na coleção de imagens mostrada a seguir, representa a emissão de radiação eletromagnética de variadas fontes. Para que todas estas radiações sejam detectadas é necessário a utilização de diferentes detectores. As cores que representam estas emissões são artificiais, com exceção da emissão na faixa óptica.

Resumidamente, vamos identificar os principais emissores, a partir da faixa do alto, na montagem da NASA, que possui dez faixas. Confira na figura 3.

**(1)** Ondas de rádio, de 408 MHz, provenientes de elétrons energéticos, que se movem no campo magnético interestelar; **(2)** ondas de rádio, de 1,4 GHz, emitidas

pelo hidrogênio atômico; **(3)** ondas de rádio, de 2,5 GHz, de elétrons energéticos e gás quente, ionizado; **(4)** ondas de rádio emitidas pelo monóxido de carbono, e indicativas da presença de hidrogênio molecular; **(5)** infravermelho emitido pela poeira interestelar, aquecida pela luz das estrelas; **(6)** infravermelho de comprimento de onda médio emitido por moléculas orgânicas complexas; **(7)** infravermelho próximo –do visível– emitido por estrelas frias e velhas da Via Láctea que, a propósito, são a maioria entre as estrelas da Galáxia; **(8)** óptico ou visível, emitido principalmente por estrelas e nuvens de gás ionizado; **(9)** raios X de baixa energia emitidos por gás quente; e, finalmente, **(10)** raios gama, altamente energéticos, emitidos pelas colisões de partículas de grande energia – os chamados “raios cósmicos” – com núcleos de hidrogênio presentes nas nuvens gasosas interestelares.

Estação, por enquanto, as 10 faixas da Via-Íris. Novos detectores, operando em outras faixas de comprimento de onda, ocasionarão o aparecimento de novas faixas.

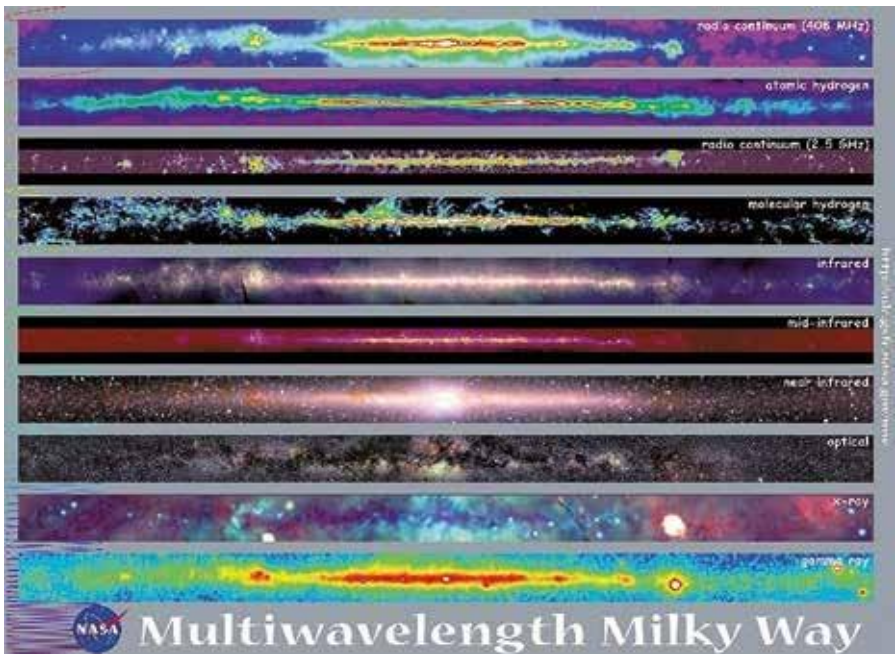


Figura 3

A Via-Íris, ou, a Via Láctea Multionda. Cada faixa corresponde à imagem da Via Láctea observada numa faixa diferente de comprimento de onda. A faixa do alto corresponde ao maior comprimento de onda – ondas de rádio, na frequência de 408 MHz – e a faixa de baixo ao menor comprimento de onda – raios

gama. Cada faixa representa a emissão de uma categoria diferente de fontes de radiação (Montagem: NASA).

Uma pergunta: estaríamos nós em algum local de cada faixa na figura 3?

# A construção de um fato científico: um olhar fleckiano sobre a controvérsia da geração espontânea

Fernanda Peres Ramos<sup>1</sup>

Trabalhos anteriores de RAMOS (2012, 2014) buscou retratar uma possível ruptura do conceito biológico de gene, caracterizando-se como uma pesquisa histórico-epistemológica. Entretanto, o término dessa pesquisa sobre o gene apresentada como dissertação de mestrado e o contato com a obra de Bruno Latour<sup>2</sup> permitiu o desdobramento do doutorado voltado para um *zoom* sobre o microcenário do PGH.

Em microcenários como no caso do PGH, de grande êxito científico e epistemologia respeitável, também há lugar para enunciados voltados às expectativas e compreensão leiga. Ora, isso demonstra haver espaço para aspectos extracientíficos durante a construção de um fato científico. Contudo, após a consolidação do campo disciplinar parece existir a tendência a não se levar em consideração esses aspectos, de modo a diluir-se e não serem incorporados nessas publicações. Tais aspectos por sua vez, não podem ser compreendidos apenas pela epistemologia e, portanto, exigem uma abordagem pragmática para sua compreensão.

Ora, acredita-se que não exista um único modelo de esclarecimento histórico-filosófico de apresentação das construções científicas. Pois, à exceção das historiografias empiristas, ao menos duas alternativas se desvelam na filosofia e história da ciência como possibilidade de abordagem para o ensino de ciências: uma abordagem racionalista crítica e uma abordagem historiográfica. Em uma abordagem racionalista crítica, inspirada pelas contribuições de Karl Popper (1989) à filosofia da ciência, busca-se colocar em destaque a natureza teórica da produção científica, sublinhando a ideia de que os problemas e as hipóteses antecedam a atividade experimental.

Contudo, em uma perspectiva historiográfica o foco é a procura pelo estabelecimento do consenso em torno de alguns princípios básicos, a partir dos quais um campo disciplinar se estruturou. Tais princípios, reunidos no que Thomas Kuhn denominou de “paradigma”, seriam ressaltados como estrutura conceitual importante para a compreensão histórica de um microcenário da ciência (KUHN, 1996). Entretanto, isto não esgota o entendimento da natureza da ciência. Pois, tanto em uma quanto em outra abordagem depara-se somente com a natureza teórico-conceitual da ciência, ou seja, apenas com a dimensão epistemológica da ciência.

É corriqueiro em obras de divulgações da história da ciência, encontrar informações de microcenários da ciência unilaterais, afirmando, por exemplo, que: Lavoisier liquidou seus adversários com uma série de experimentos brilhantes, assim como Pasteur se despontou no entrave entre abiogenistas e biogenistas. Ou ainda, que James Watson, visualizando alguns minutos da foto de cristalografia produzida por Rosalind Franklin, conseguiu elaborar o corpo estrutural de dupla hélice do DNA. Ora, esses discursos de divulgação científica parecem ter um padrão: possuem como

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal, UTFPR, Campo Mourão;

<sup>2</sup> Bruno Latour: sociólogo contemporâneo que tem trilhado pesquisas em microcenários científicos numa perspectiva sócio-construtivista. Indica-se leitura de: Latour, B; Woolgar, S. (1997). A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará.

personagens o cientista, o experimento e a teoria. Para tanto, se mostram como “histórias internas”. Parece faltar a esse perfil discursivo de divulgação, elementos externos que invariavelmente estão presentes nas produções científicas, elementos estes que têm sido apontados pela historiografia da ciência desde o início do século XX.

Acredita-se que as histórias internas da ciência sejam produzidas a partir de uma abordagem exclusivamente epistemológica, a qual certamente esteja presente nas produções científicas, pois se trata de conhecimento da natureza. Todavia, o percurso de pesquisa trilhado até aqui traz a ideia de que ciência não se reduza apenas aos ingredientes epistemológicos, mas também pela presença de aspectos pragmáticos (RAMOS, 2014).

Diante disso, essa pesquisa busca ampliar a noção de história e filosofia da ciência (HFC) abarcando a noção sociológica como possibilidade de uma compreensão mais orgânica da historiografia de microcenários da ciência despontando-se como história, filosofia e sociologia da ciência (HFSC).

O microcenário escolhido para essa pesquisa está na biologia e rege em torno da discussão travada durante séculos sobre a escola de pensadores abiogenistas e biogenistas. A construção desse fato científico foi demorada e seu embate final dita do final da década de 1850 e início da década de 1860, com uma disputa acerca das causas do surgimento de vida em ambientes presumivelmente estéreis (MARTINS, 2009). O que desponta após os anos nas obras de divulgação da ciência são os experimentos de Louis Pasteur. Entretanto houve uma disputa acirrada com outro cientista, Felix Pouchet (1800-1872), o qual defendia a hipótese da geração espontânea – teoria abiogenista, sustentando em sua obra *Heterogênese*, de 1859.

Os resultados obtidos foram distintos entre Pasteur e Pouchet. Contudo, nos anos que seguiram houve o concurso da Academia Francesa, e enquanto Pasteur apresentou um ensaio de 1861, Pouchet desistiu do concurso, se retirando da disputa ao averiguar que havia biogenistas na banca do evento e com isso Pasteur foi declarado vencedor do concurso em 1862 (MARTINS, 2009).

Evidências históricas apontam que Pouchet e seus colaboradores não deixaram de investigar o assunto e repetiram, em 1863, os experimentos de Pasteur alterando aspectos como a altitude e substituindo suas infusões usando então feno. Contudo, seus resultados indicavam novamente a pertinência da hipótese da geração espontânea. Isso fez com que Pouchet solicitasse quatro anos depois à reabertura da comissão. Entretanto, a estruturação da comissão de apreciação semelhante a anterior foi suficiente para a pertinente desistência de (COLLINS e PINCH, 1994).

Essa é uma breve apresentação das últimas cenas desse episódio, porém trata-se de um microcenário de trezentos anos de embate entre cientistas de escolas de pensamentos distintos. Ora, se tratou de uma disputa regida pela parcialidade, ao passo que, dois cientistas possuíam dados empíricos que confirmaram teorias antagônicas em que um deles, Pasteur – ganha a disputa? Afinal, que tipo de concepção filosófica sobre a ciência está por trás da ideia de parcialidade? Possivelmente, a concepção filosófica de que a ciência é um empreendimento essencialmente empírico e por isso controvérsias como as de Pasteur e Pouchet resolvem-se pela experimentação.

A abiogênese e biogênese parece ser um desses cenários em que o período de elaboração de um fato científico além de longo foi perpassado por elementos,

coletivos contextuais. De modo que, não se apresentou um novo modo de produção científica, senão apenas alguns ajustes metodológicos, porém o escopo principal da pesquisa pouco foi alterado. Mas, ainda assim, no desfecho acima adiantado um dos corpos teóricos – no caso a biogênese – se desponta como fato científico.

Nesse trabalho, defende-se o uso de novas dimensões historiográficas como lente para se observar. Pois parecem existir aspectos não apenas experimentais nesses embates ocorrendo dimensões historiográficas extra-empíricas como: dimensão teórica e dimensão social nesses microcenários e em suas controvérsias.

Essa breve apresentação aponta o microcenário da abiogênese e biogênese como um episódio pertinente, o qual merece uma revisitação por meio de lentes da HFSC. E isso de modo a buscar subsídios para a compreensão de: quais estilos e coletivos de pensamentos científicos e extracientíficos corroboraram para o processo de cristalização<sup>3</sup> desse fato científico. Afinal, como esses artefatos científicos se transformaram em fatos?

Para trilhar esse caminho utilizaram-se apontamentos e as lentes sócio-epistemológicas de Ludwik Fleck (1986; 2010) para a identificação de elementos contextuais que contribuíram para a consolidação desse fato científico.

Diante disso, esse artigo será direcionado por dois momentos. No primeiro, propõe-se a apresentar de modo sucinto a história que aparece nos manuais ao retratarem a controvérsia da abiogênese. E, na sequência por meio de uma breve apresentação de Ludwik Fleck e alguns de seus elementos sócio-epistemológicos busca observar os bastidores que conduziram o desdobramento desse fato científico envolvendo abiogenistas e biogenistas.

## **Abiogenistas e biogenistas: o que dizem os manuais?**

O embate travado entre abiogenistas e biogenistas data desde a Antiguidade, de modo que parecem se estabelecer a partir de uma discussão maior e mais ampla envolvendo o que é vida. O termo abiogenistas a grosso modo, aqui se refere aos adeptos da defesa de que a vida poderia ser originada da não vida. Ao passo que, biogenistas defenderiam a ideia de que toda vida é originada a partir de outra vida pré-existente. Entretanto, veremos que esses termos sofreram variações observadas ao longo de uma historiografia mais densa, proposta na próxima seção.

Acredita-se que tanto nessa micro-historiografia aqui escolhida – no caso o embate da abiogênese – quanto em outros episódios, venha ocorrer uma distinção durante a transposição nos diversos formatos de divulgação científica. E isso, de modo que: os periódicos [revistas científicas] fazem uma abordagem, ao passo que as revistas de divulgação científica, no caso os manuais, assumem outra explanação, chegando ao livro didático um último eco dessa divulgação.

3 Este termo será utilizado ao se remeter a um fato em processo de consolidação, ao passo que, cristalizado se remeterá a ideia de consolidado. Tratam-se de conhecimentos que após discussões de vários estilos de pensamentos no coletivo científico tendem a não ser mais questionados. Nesse processo, os conhecimentos futuros normalmente se ancoram à estes como alicerces sólidos para suas pesquisas.

É consenso no ensino de ciências sobre a importância da historiografia como possibilidade e ruptura de uma visão neutra e linear da ciência. Contudo, muitas vezes o que se tem em mãos para discutir sobre esses episódios da ciência são apêndices ao final do conteúdo no livro didático ou o uso de trechos trazidos pela divulgação científica de revistas de popularização da ciência e dos manuais.

Ora, não se tem aqui a pretensão de sugerir que esse caminho entre produção e divulgação da ciência esteja certo ou errado. Entretanto, a tal ruptura de uma visão unilateral da ciência sugere a necessidade de outras possibilidades de leituras e abordagens sobre a história contada. Para tanto, discussões como essa a que nos atemos aqui se propõem a alcançar os professores como uma possibilidade de novas abordagens historiográficas em sala de aula, na qual não apareça apenas a voz dos vencedores.

Os conteúdos de divulgação científica presentes em páginas da internet e nos manuais ao retratarem o embate entre abiogenistas e biogenistas nos contam que desde a antiguidade o homem sempre teve curiosidade em conhecer sua origem apresentando algumas conjecturas gregas sobre o tema. Na sequência conceituam os termos abiogênese e biogênese, passando a citar a queda da biogênese e seu embate definitivo<sup>4</sup>.

Nesses textos de divulgação aparecem brevemente alguns cientistas que participaram desse embate havendo, porém uma extensão maior gasta com o pesquisador tido como capaz de colocar uma pedra no embate final, ou seja, aquele que conseguiu tornar a produção daquele conhecimento no espectro de fato científico.

Nessa história manualizada cita-se além de Aristóteles, alguns pesquisadores que se propuseram a por fim nesse embate. Entre eles, Francesco Redi (1668), John T. Needham (1745), Lazzaro Spallanzani (1770), e por fim Felix Pouchet e Louis Pasteur no século XIX.

Considerando esse formato historiográfico os textos mencionam que Aristóteles foi um defensor da abiogênese (a prefixo que significa: “sem”; *bio*: “vida” e *gênese*: “origem”), o qual possuía muita influência entre as pessoas (AMABIS e MARTHO, 2004 v.1). Para ele a vida era gerada espontaneamente por um princípio ativo. Esse princípio ativo organizador seria responsável, por exemplo, “pelo desenvolvimento de um ovo no animal adulto, cada tipo de ovo tendo um princípio organizador diferente, de acordo com o tipo de ser vivo. Esse mesmo princípio organizador também tornaria possível que seres vivos completamente formados eventualmente surgissem a partir da matéria bruta”

(WIKIPEDIA: Abiogênese)<sup>5</sup>.

Durante muito tempo cientistas e médicos trabalharam tendo como referência essa teoria de Aristóteles, ou seja, considerando que a vida surgia espontaneamente. Nessa perspectiva Van Helmont fez um experimento para provar essa teoria, colocando numa caixa, uma camisa suja - com muito suor - e germe de trigo. Por volta de três semanas depois, nasciam filhotes de camundongos. E assim,

4 Indica-se a leitura de: AMABIS, J.M. Biologia. Volume 1. Editora Moderna. Disponível em: <http://www.infoescola.com/evolucao/abiogenese-biogenese/>

5 Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Abiog%C3%AAnese>.



provando que os camundongos tinham sido gerados espontaneamente, e o suor humano teria sido o princípio ativo.

Contudo, cientistas como Francesco Redi procuraram refutar essa teoria com base em experimentos. Sobre isso, Linhares & Gewandesznjder em sua coleção didática comenta que:

Em 1668, Francesco Redi reparou que pequenos 'vermes' apareciam em lugares frequentado por moscas, como a carne em decomposição. Supôs então que esses vermes eram na realidade provenientes de ovos depositados pelas moscas adultas. Para testar sua hipótese colocou carne, peixe, e outras matérias orgânicas em oito vidros, quatro cobertos com gaze e os outros quatro abertos. Após alguns dias, surgiram larvas apenas nos vidros sem gaze. Se a matéria orgânica fosse suficiente para a formação de larvas elas deveriam ter aparecido nos oito vidros. **Conclusão:** as larvas vieram de ovos depositados pelas moscas e não da transformação da carne estragada. (LINHARES & GEWANDESZNJDER. *Biologia Hoje* Vol. 1<sup>6</sup>).

Os anos seguiram no século XVIII, o inglês John Needham se propôs a resolver o impasse afirmando ter aquecido e depois fechado vários recipientes contendo caldo de carne. Mesmo assim, as bactérias se mantiveram lá em grande número, o que para ele caracterizava a existência da geração espontânea. Entretanto outro pesquisador, Lazzaro Spallanzani realizava pesquisas defendendo a biogênese, de modo que sugeriu que a temperatura dos frascos era baixa demais, o que não foi capaz de destruir as bactérias. Assim, repetiu a experiência, fervendo mais os frascos. Ao final da experiência, concluiu que as bactérias vinham do ar e não do líquido interno. Por isso só apareciam nos frascos abertos (MOORE, 1961).

Todavia, os defensores da geração espontânea argumentavam que a fervura prolongada e superaquecida teria destruído o "princípio vital" que existia no caldo de carne, o qual era necessário para a formação de organismos por geração espontânea.

Esses manuais de divulgação fecham o tema trazendo a baila um cientista que comentam ter sido o responsável pelo embate final nessas discussões de escolas de pensadores, trata-se Louis Pasteur.

Linhares & Gewandesznjder ao trazerem uma adaptação da obra de divulgação da ciência *O espiral da vida: a história dos grandes descobrimentos das ciências* (MOORE, 1961) intitula esse episódio de *Pasteur e a origem da vida – O golpe mortal*, e comenta que:

Pasteur foi convidado a falar sobre a geração espontâ-



nea em uma noite científica. Na noite de 1864 em 7 de abril. Muitas celebridades achavam-se ali como princesas e cientistas. Pasteur convidou-os a encarar com ele uma grande questão: **Pode vir ao mundo seres vivos sem que o precedam de seres semelhantes?**

Diante dos expectadores ergueu um tubo em forma de pescoço de cisne, que preparara quatro anos antes. **“Observem, o líquido está límpido e transparente, nenhum germe de espécie alguma se desenvolve nele. E, portanto senhores”**, continuou apontando para o tubo outra vez, **“eu poderia dizer-lhe que recolhi a minha gota d’água da imensidade da criação, a recolhi cheia de elementos apropriados ao desenvolvimento de seres inferiores. E eu espero, observo-a, interrogo-a suplicando-lhe que recomece para mim o belo espetáculo da primeira criação. Mas ela é muda, e muda se conserva desde que iniciaram esses experimentos, há anos; muda porque mantenho fora do seu alcance a única coisa que o homem não sabe como produzir: os germes que dançam no ar, a vida, a vida é o germe, o germe é a vida. Nunca se recobrará a doutrina da geração espontânea do golpe mortal que representa para ela essa singela experiência.”**

**“Não”, concluiu Pasteur, “não existe hoje nenhuma circunstância conhecida em que se possa afirmar que os seres microscópicos vêm ao mundo sem germes. Aqueles que o afirmam têm sido vítimas de um engano, iludidos por erros que não perceberam ou não souberam evitar”.** (LINHARES & GEWANDESZNJDER. *Biologia Hoje* Vol. 17, grifo dos autores).

Em tais obras didáticas e de divulgação da ciência, fecha-se concluindo que as experiências de Pasteur e Redi provaram que a teoria da abiogênese estava errada. E logo, corroborando para a ideia da biogênese de que um ser vivo sempre vem de outro ser vivo. Todavia, uma leitura um pouco mais densa desvela a presença de cientistas que faziam pesquisas sérias na época como Felix Pouchet e que na maior parte desses livros não tem seu nome ou trabalho citado.

Algumas obras de divulgação científica trazem mais detalhes sobre a vida e pesquisas do cientista Louis Pasteur. Esse é o caso do trabalho intitulado de *Pasteur e os microorganismos* de Steve Parker (1999). Todavia, persistem nessas divulgações alguns termos que podem contribuir para uma percepção neutra sobre as produções científicas, como ao apresentar um cientista como “um químico brilhante” (PARKER, 1999, p. 8). Ou ainda, aspectos que possam dar uma impressão romantizada da ciência.



cia ao mencionar que: “Antes dos 30 anos de idade, Pasteur já acreditava seriamente que seria um grande cientista, como Galileu e Newton” (PARKER, 1999, p. 10).

No que tange a geração espontânea essa obra aponta que:

Naquela época, Pasteur ficou intrigado com a noção de geração espontânea, sendo a qual a vida poderia aparecer da matéria inerte, não-viva. Seus experimentos mostraram que o ar limpo continha, em suspensão, microorganismos, esporos e outras formas de vida (PARKER, 1999, p. 15).

Todavia, estudos historiográficos apontam que em tempo concomitante a Pasteur o cientista Felix Pouchet não apenas realizou experimentos sobre a geração espontânea – uma vez que este pesquisador era favorável a essa linha de pensamento –, como também se remeteu a Pasteur pedindo sua opinião. Registros apontam a manifestação de Pasteur, o qual disse: “Na minha opinião, senhor, a questão é inteiramente e sempre virgem de provas decisivas. O que há no ar que provoca a organização? São os germes? É um corpo sólido? É um gás? É um fluido? É um princípio tal qual um ozônio? Tudo isso é desconhecido e convida a experiência” (PASTEUR, *Correspondence*, v. 2, p. 46).

O que pode ser observado nessa troca de correspondências é que Pasteur não apresentou um posicionamento veemente sobre o embate entre a geração espontânea e a biogênese. Contudo, a perspectiva de abordagem de alguns manuais e livros didáticos apresenta uma história superficial, e muitas vezes ditada por um contexto internalista da pesquisa em que elementos sociais e motivações pessoais do cientista ficam opacos.

A questão é que independente do resultado desse embate final entende-se ser importante a presença dos elementos científicos e também sociais que contextualizaram esse episódio da biologia, assim como em outros diversos microcenários. E isso, de modo a propiciar ao aluno em sala ou ainda ao cidadão que esteja lendo um texto de divulgação científica a possibilidade de ter um crivo próprio a partir da maior quantidade de aspectos que participaram do cenário.

Para Martins (2009) essas obras ao apresentarem uma história antiga e cristalizada acabam por selecionar apenas alguns episódios dispersos dando um caráter superficial. E isso dificulta aos estudantes compreenderem os diversos aspectos que participaram do processo de construção daquele fato científico. Nessa perspectiva a autora sugere ser inevitável a presença de erros historiográficos nesse viés descritivo. E com isso afirmando que, “toda a concepção epistemológica e histórica que está por trás dessas narrativas é equivocada, transmitindo uma visão ingênua e errada sobre como a ciência se desenvolve e como ela é fundamentada” (MARTINS, 2009, p. 83).

Diante desses aspectos apontados e da breve história manualizada ilustrada nessa seção, propõe-se na sequência apresentar alguns elementos sócio-epistemológicos de Ludwik Fleck, utilizando-os de modo a ampliar o espectro dessa micro-historiografia envolvendo a controvérsia entre abiogenistas e biogenistas.

## A construção de um fato científico: a perspectiva de trabalho de Ludwik Fleck

Em trabalhos anteriores utilizamos aspectos epistemológicos de Thomas S. Kuhn (RAMOS, 2012) e de Bruno Latour (RAMOS, 2014). Entretanto, o contato com a obra de Ludwik Fleck, bem como as intenções de pesquisa a que se propõe esse artigo contribuíram para utilizarmos alguns elementos sócio-epistemológicos de Fleck na condução de uma abordagem epistemológica sobre o microcenário ditado pelo embate entre abiogenistas e biogenistas. Não se trata, de descredenciar os epistemólogos até aqui trabalhados, mas de acreditar que o viés desse autor possa contribuir para o espectro de análise a que se propõe essa pesquisa.

Ludwik Fleck, filho de judeus-poloneses nasceu ao final do século XIX em uma região que na época pertencia à Polônia. Formado em medicina realizou pesquisas para produção de vacina a partir da urina de doentes portadores de tifo.

O interesse dos alemães nazistas por sua pesquisa fez com que o conduzisse com sua família para a fábrica farmacêutica “Laokoon” com a finalidade da produção dessa vacina. Seguiu suas pesquisas participando concomitantemente de congressos e conferências. Em 1956 depois de um ataque cardíaco e do diagnóstico de linfossarcoma muda-se para perto do filho em Israel, local este em que faleceu em 1961.

Durante seu curto período de vida desenvolveu seus estudos sobre epistemologia da ciência, os quais permitiram críticas ao positivismo lógico. Em sua obra *Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico* (2010), com a edição original datada de 1935 contribuiu para o desenvolvimento e disseminação de conceitos que permitiram um estudo epistemológico a partir do desenvolvimento do conceito de sífilis.

Fleck estudou sobre a emergência do conceito de sífilis para a compreensão de como os fatos científicos, pelo menos os fatos que tiveram e se desdobraram em meio às práticas médicas, se modificaram ao longo do tempo. Ele desenvolveu sua reflexão epistemológica, partindo da idéia de que o conhecimento seja fruto de processos sócio-históricos, efetuado por coletivos de pensamento em interação sociocultural. Identificou que o conhecimento produzido por esses coletivos está em conformidade com uma estrutura de pensamento preponderante na sociedade em cada período histórico (LÖWY, 2004).

Em sua obra, Fleck (2010) ao analisar a gênese e a difusão de conhecimentos e práticas produzidos por esses coletivos propôs alguns conceitos epistemológicos que vale destacar. São eles: *estilo de pensamento*, *coletivo de pensamento*, *circulação intercoletiva* e *intra-coletiva de ideias*. É esse olhar fleckiano e seus conceitos que compõem nosso arcabouço de referencial. De modo que, esses conceitos categóricos aparecerão imbricados nas reflexões sobre o tema envolvendo abiogenistas e biogenistas na história da biologia. Todavia, durante esse caminho analítico, também nos apropriaremos de outros conceitos desdobrados por Fleck como vigas secundárias alicerçando nossas reflexões.

Durante a descrição histórica da sífilis, Fleck (2010) conceituou coletivo de pensamento como a unidade social da comunidade de cientistas de um campo determinado do saber, ao passo que, estilo de pensamento seria o conjunto de pressuposições sobre as quais o coletivo de pensamento constrói seu prédio teórico. Para ele, o saber só é possível sob determinadas condições e suposições sobre o objeto, as

quais não são compreensíveis por si, mas como produto social e histórico da atuação de um coletivo de pensamento. Logo, o estilo de pensamento se estabelece como conjunto de conhecimentos e práticas, concepções, normas e tradições partilhadas pelos membros desse coletivo, propiciando-lhe um modo próprio de interagir com o objeto do conhecimento.

Todavia, o coletivo de pensamento como portador comunitário do estilo de pensamento tem o papel de determinar, em cada período, os problemas de pesquisa pertinentes a serem resolvidos. E tais coletivos possuem os círculos: exotérico e esotérico. O primeiro formado por leigos e leigos formados e o segundo pelos especialistas de uma área de conhecimento. Entre esses círculos se estabelecem relações dinâmicas que contribuem para a ampliação do conhecimento, nominadas de: circulação intracoletiva e intercoletiva de práticas e conhecimentos (FLECK, 2010).

A circulação intracoletiva se dá dentro do coletivo de pensamento, e por isso garante a extensão do estilo de pensamento, assim como as práticas desse estilo de pensamento em voga, com isso formando os novos membros do coletivo. Já a circulação intercoletiva de ideias ocorre entre dois ou mais coletivos, corroborando para a transformação do estilo de pensamento.

Resumindo, podemos dizer, portanto, que qualquer tráfego intercoletivo de pensamentos traz consigo um deslocamento ou uma alteração dos valores de pensamento. Do mesmo modo que a atmosfera comum dentro do coletivo de pensamento leva a um fortalecimento dos valores de pensamento, a mudança de atmosfera durante a migração intercoletiva provoca uma mudança desses valores com toda sua escala de possibilidades: da pequena mudança matizada, passando pela mudança completa do sentido até a aniquilação de qualquer sentido. (FLECK, 2010, p. 161).

De modo geral, a epistemologia de Fleck propicia um parâmetro de análise sobre a produção e divulgação do conhecimento. Seus conceitos funcionam como possíveis enquadramentos categóricos de análise, bem como sua estrutura epistemológica ampla parece ser um referencial teórico interessante para se analisar microcenários da ciência. Alguns autores da área de ensino de ciências têm buscado nas categorias conceituais de Fleck uma possibilidade de análise (DELIOZOICOV et al, 2002; LORENZETTI, 2008). Nessa pesquisa, propõe-se utilizar a epistemologia de Fleck e alguns de seus conceitos para tecer uma reflexão historiográfica sobre o embate da geração espontânea.

### **Uma reflexão historiográfica fleckiana sobre o episódio da geração espontânea e a biogênese**

Não consigo imaginar nenhum entrave conceitual maior à compreensão do nosso passado científico do que essa tendência a encarar a história como um caminho marcado por dualidades em combates gladiatoriais, com o

vitorioso sendo sempre o espadachim que defende uma visão mais verdadeira da factualidade objetiva da natureza (Stephen Jay Gould - apresentação da obra: CORREIA, 1999, p.8).

Quando a história é escrita, assassinos são heróis (Leigh Teabing – Filme O Código da Vinci).

As frases acima retratam situações distintas, com uso de linguagem incomum entre si, porém remetem a noção de coisas parecidas: a presença de um delay durante o processo de consolidação de um fato científico ou histórico. Outro aspecto também próximo é a ideia de que aconteça um padrão de repetição na história que fica nas divulgações a posteriori.

Abrimos essa seção com tais citações, pois corroboram para a intenção aqui proposta, a de apresentar por meio do uso epistemológico de Fleck aspectos presentes durante a construção de um fato que tendem a ficar “debaixo do tapete” no processo das divulgações científicas. Para tanto, vamos descortinar um pouco dos bastidores do impasse entre abiogenistas e biogenistas.

Ao se falar sobre as pesquisas desse microcenário podemos pensar em três momentos em que esse assunto ganhou força e discussões: i) na Grécia Antiga, principalmente pelas pesquisas de Aristóteles; ii) na Idade Moderna, em que pelo menos três a quatro cientistas marcaram seu tempo com experimentos sobre o tema; e iii) o embate aparentemente final, entre Felix Pouchet e Louis Pasteur.

### **Grécia Antiga – algumas perspectivas para a Geração Espontânea**

Aqueles que acreditavam que os microorganismos podiam nascer originalmente, sem causas, nas substâncias em fermentação ou putrefação, aceitavam, na verdade, que a vida estava continuamente sendo criada de novo, a partir da matéria inanimada. Essa crença tornou-se conhecida como a doutrina da geração espontânea (DUBOS, 1967, p.37).

Na Grécia Antiga questionamentos sobre a origem da vida eram constantes. Theoprastus de Erestos que viveu entre 372-287 a.C, acreditava que alguns seres eram gerados espontaneamente. Entretanto, Aristóteles se destacou ao elaborar suas ideias sobre a geração espontânea. Afirmava que alguns animais fossem gerados espontaneamente:

Assim também entre os animais, uns nascem de outros animais, com os quais apresentam afinidade de forma; outros são de geração espontânea e não provêm dos que lhes são congêneres. Destes últimos há os que nascem da terra putrefacta ou das plantas, como acontece com

uma grande quantidade de insectos, outros formam-se dentro dos próprios animais, a partir de dejectos que se lhes acumulam nos órgãos. Nos que tem progenitores, se estes forem um macho e uma fêmea, o nascimento resulta na cópula (ARISTÓTELES, *História dos Animais*, vol I-VI, cap. 1, 539a, p. 202).

Aristóteles seguiu seus estudos sobre o tema, relacionando a outros seres vivos como as plantas. Para ele algumas plantas se formavam por geração espontânea e outras por sementes. Tais ideias alcançavam ainda peixes e testáceos, o qual fazia parte de um dos quatro grupos de animais invertebrados de sua classificação sobre seres vivos.

De um modo geral, todos os testáceos nascem no lodo por geração espontânea, e diferem de acordo com a natureza desses mesmos lodos: nos lodos lamacentos formam-se as ostras; nos arenosos os bivalves e as outras espécies que referimos acima; nas fendas das rochas as ascídias, as percebas e as espécies vulgares, como as lapas e as trompas (ARISTÓTELES, *História dos Animais*, vol I-VI, cap. 1, 547b, p. 223).

O que Aristóteles afirma, repetidamente, no que tange a introdução da vida na matéria demonstra sua defesa na geração espontânea. Contudo, vale observar que a geração espontânea, não significava para ele, geração a nihilo<sup>8</sup>. A sua doutrina implica na preexistência, anterior ao surgimento de toda vida, de uma alma difundida por toda parte, a psiquê latente e onipresente, que em condições favoráveis pode animar, por assim dizer, determinada porção de matéria. Outro aspecto a se observar é que, este modo de geração se aplica unicamente as formas inferiores de vida. Aristóteles o limita a algumas plantas sem flor e a um pequeno número de animais, pertencentes às espécies dos peixes, insetos e ostracodermas. Exceto nesses casos, todos os animais nascem de outros da mesma espécie (MICHEL *et al*, 1959).

Vale destacar que, entre os aspectos que levaram Aristóteles a crer que pequenos peixes como a enguia eram gerados espontaneamente forma suas observações. Durante a dissecação de enguias não encontrou órgãos sexuais para a passagem de sêmen ou ovos. E também não encontrou nenhuma enguia que apresentasse esperma, ovos ou mesmo copulando. Ora, como tais peixes surgiam em lagoas secas após as chuvas, o filósofo concluiu que fossem gerados a partir da água da chuva no lodo. A compreensão do processo de reprodução das enguias, que é bastante complexo, aconteceu somente no final do século XIX (MARTINS, 1990).

Fleck (2010) ao estudar a construção do conhecimento sobre a sífilis mencionou que o conceito daquela doença deveria ser investigado como o resultado do desenvolvimento e da coincidência de algumas linhas coletivas de pensamento, da

8 Expressão latina que significa nada surge do nada. É uma expressão que indica um princípio metafísico segundo o qual o ser não pode começar a existir a partir do nada. A frase é atribuída ao filósofo grego Parmênides.

mesma maneira que se investiga um acontecimento da história do pensamento. O epistemólogo argumenta que estudar um fato “sem analisar o contexto histórico específico, seria um erro grosseiro”. Retratando, que se deve investigar as leis que regem o contexto, detectando “o impacto das forças sociais no pensamento” (FLECK, 2010, p. 64). Deste modo, olhar para as primeiras ideias sobre a geração espontânea na Grécia contribui para a compreensão do que se estabelecerão aos poucos como elementos científicos e extracientíficos nos embates mais incisivos sobre o tema na idade Moderna. Pois, provavelmente assim como em outras áreas da ciência, as impressões gregas sobre esse assunto ecoaram nos séculos seguintes.

Outro aspecto que vale destacar são os valores sociais e em qual contexto os gregos escreveram essas tais coisas. Sabe-se que o arcabouço conceitual de Aristóteles sobre diversos assuntos era denso, de modo que, este filósofo não se sentia confortável para se posicionar sobre o que não gastasse tempo observando e conjecturando. Entretanto, aspectos que hoje não fazem parte da crença da sociedade faziam naquele período.

O termo protoideia da epistemologia de Fleck (2010) auxilia nesse ponto histórico de análise. O epistemólogo aplica esse termo para se direcionar ao pensamento ainda vago, em construção, pré-científico sobre um assunto. Existia na época de Aristóteles discussões sobre a origem da vida de modo amplo como a proposição de uma possível panspermia por Anaxágoras<sup>9</sup>. Essas reflexões somadas aos estudos sobre reprodução trouxeram a baila uma protoideia sobre a geração espontânea.

Essa protoideia aristotélica alcançou a idade Moderna, trazendo novos defensores. Porém o cenário em voga então propiciou experimentos diferenciados. Ora, o que permitiu que mesmo em um contexto histórico diferenciado, permeado por elementos e pensamentos coletivos distintos do período grego, tais noções aristotélicas persistissem?

Possivelmente outra protoideia grega, a qual alicerçava a defesa da geração espontânea: a *força vital* – o pneuma, que funcionava como um divisor de águas entre o que se tornaria vivo ou não por um processo abiogênico.

A concepção sugerida sobre geração espontânea de Aristóteles propiciava outra pergunta: como surgir vida sem a presença de pais? O que traria vida a existência?

A relação entre geração espontânea e vida é estreita. E para Aristóteles a vida está relacionada ao pneuma, componente este presente nos animais e de importância tanto no processo de geração espontânea quanto na reprodução sexuada. O termo pneuma tem vários significados como: respiração, vento, alma ou alento vital. Contudo, para Aristóteles representa algo que se encontra em todos os seres vivos no coração, no sangue e na substância quente que faz o sêmen ser generativo. Trata-se de um elemento intermediário entre corpo e alma e não a alma propriamente dita (MARTINS, 1990).

Em sua obra *Sobre a Alma*, Aristóteles parece tentar expor esse elemento intermediário, mencionando que,

<sup>9</sup> Em 1865, o físico alemão Hermann Richter sugeriu que os seres vivos poderiam migrar de um planeta para outro através de meteoritos. Embora seja considerado o pai da moderna teoria da panspermia, o filósofo grego Anaxágoras no passado sugeriu existir “sementes de vida” espalhadas pelo cosmo.



Existem então três coisas: uma o que move; a segunda, aquilo com que move; e ainda uma terceira, o que é movido. [...] O que não se move é o bem realizável através da acção; já o que move e é movido é a faculdade desiderativa. É que o que é movido, é movido em virtude de desejar, e o desejo em actividade é um tipo de movimento. O que é movido por sua vez, é o animal. No que respeita ao órgão mediante o qual o desejo move, ele é já corpóreo, pelo que devemos ter em vista este tema por ocasião do estudo das funções comuns ao corpo e à alma (ARISTÓTELES, Sobre a alma, livro III, cap. 10, 433b, 13-20).

Aristóteles compara o pneuma ao quinto elemento do qual os corpos celestes são feitos, o éter. O pneuma conteria um calor vital capaz de trazer vida a existência.

[...] é verdade que a faculdade de todos os tipos de alma (psyché) parece ter conexão com uma matéria diferente e mais divina do que os quatro elementos. Assim como uma alma difere da outra em honra e desonra, da mesma forma difere a natureza da matéria correspondente. Todos possuem em seu sêmen aquilo que o faz ser generativo: quero dizer, o que é chamado de calor vital (thermon). Ele não é fogo nem qualquer força semelhante, mas o pneuma interno do sêmen, semelhante à espuma, sendo análogo ao elemento das estrelas. Portanto, enquanto o fogo não gera nenhum animal e não encontramos qualquer coisa viva formada em sólidos ou líquidos sob a influência do fogo, o calor do Sol e dos animais os gera. Isso é verdade não apenas em relação ao calor nos animais nem é fogo nem se origina do fogo (ARISTÓTELES, Geração dos animais, livro III, cap. 3, 736b 30–737a 6).

Martins (1990) ao explicar esse posicionamento de Aristóteles salienta que sem pneuma não havia geração. De modo que, o pneuma estaria presente nos seres vivos, mas no caso da geração espontânea deveria vir de algo que a continha, uma vez que ele não poderia ser criado por ser um elemento. A geração espontânea só poderia ocorrer na presença do pneuma que poderia vir de outro ser vivo em decomposição ou do Sol. E isso abre espaço para a geração espontânea em materiais putrefatos, o que posteriormente se mostrará como uma protoideia em voga na idade Moderna. “No caso de animais e plantas gerados espontaneamente na matéria putrefata, aí se encontram restos de plantas ou animais, que contêm pneuma. A própria terra contém também água e a água contém pneuma, que por sua vez contém calor vital” (MARTINS, 1990, p. 219).

## A geração espontânea alcança a Idade Moderna

Quando uma concepção penetra suficientemente num coletivo de pensamento, quando invade até a vida cotidiana e as expressões verbais, quando se tornou literalmente um ponto de vista, qualquer contradição parece ser impensável e inimaginável (FLECK, 2010, p. 70).

Séculos se passaram e esse legado de ideias sobre a geração espontânea adentra o século XVI e XVII. Sobre contextos assim Fleck (2010) auxilia com sua reflexão ao retratar que “muitos fatos científicos e altamente confiáveis se associam, por meio de ligações evolutivas incontestáveis, as protoideias [pré-ideias] pré-científicas afins, mais ou menos vagas, sem que essas ligações pudessem ser legitimadas pelos conteúdos” (2010, p. 64). Parece existir uma cristalização dessas pré-ideias sobre a geração espontânea, de modo a alcançarem os próximos séculos.

Do ponto de vista histórico e social, muitas coisas mudaram da época de Aristóteles até o Renascimento. Entretanto, mesmo com a inquietude por mudança nos métodos científicos, as produções da ciência parecem fazer parte das últimas pedras de um quebra-cabeça a serem alterados.

Uma ilustração do alcance de um conhecimento científico pode ser observada sobre a circulação sanguínea. No primeiro século (131-201 d.C.) o médico Galeno pela afirmação de que fígado, coração e cérebro trabalhavam interligados e regendo os demais órgãos, propôs um modelo de explicação para a circulação sanguínea.

Na concepção de Galeno, inspirada em Aristóteles, a principal função do coração era formação do calor corporal, fonte inicial da vida, cujo mecanismo seria o seguinte: o ar que chegava aos pulmões em baixa temperatura era levado ao coração que funcionava como uma câmara de combustão. E com isso, gerando calor pelo encontro do ar com o sangue. Cabia aos pulmões controlar o excesso de calor gerado, expelindo-o junto com os resíduos na expiração. Chegou a comparar o movimento sanguíneo com as marés e a combustão com as grandes fornalhas em Roma.

Essas ideias iniciais permaneceram por mais de um milênio. No contexto do Renascimento André Vesalius descreveu a circulação de um modo bem mais sofisticado, porém abandonar o modelo consagrado de Galeno exigia muita ousadia.

O epistemólogo Thomas S. Kuhn (1996) possivelmente chamaria esse período de ciência normal, apontando para a resistência a mudança de um paradigma. Entretanto, adotamos aqui, como lente sócio-epistemológica Fleck, que por sua vez traz dois termos pertinentes à explicação desse cenário: a existência de acoplamentos ativos e passivos. Se adotarmos, de acordo com ele, os acoplamentos livres ou ativos para as convenções específicas de cada estilo de pensamento,

a posição da ciência empírica pode ser caracterizada pela tendência de procurar um máximo de acoplamentos passivos com um mínimo de acoplamentos ativos. Esses últimos resultam necessariamente das relações recíprocas

das convenções ativas. É a resistência dessas relações à arbitrariedade de novas convenções ativas que o pesquisador procura, pois, diante de sua aparente faticidade, ele pode adotar uma postura passiva (FLECK, 2010, p. 23).

As provocações de Vesalius não foram suficientes para romper o modelo de Galeno, sendo necessário mais cem anos para que Willian Harvey propusesse um modelo capaz de fazer isso. Tal contexto demonstra a existência de elementos sociais que atuam de modo ativo na condução da consolidação dos fatos científicos. E se isso aconteceu com a circulação sanguínea, o embate entre geração espontânea e biogênese apenas está começando no início da idade Moderna.

Apesar das extensas descrições sobre o processo de reprodução na Grécia Antiga, conforme já sinalizado, acreditava-se que em determinados casos a terra, umidade e o calor poderiam gerar seres vivos. Entretanto, com o passar do tempo a geração espontânea foi se estendendo apenas aos animais menores como insetos e vermes. Entretanto, de acordo com Rostand (1943) “até o último terço do século XVII, a crença na geração espontânea era realmente unânime” (p. 19, tradução nossa). Porém, ainda neste século, Francesco Redi colocou algumas objeções a essa teoria, e para isso estabeleceu alguns experimentos.

Redi, em seus experimentos mostrou que as moscas provinham de larvas e não da matéria em decomposição. Mas apesar disso, esse cientista persistiu em defender a ideia de que a vida poderia gerar outra diferente de si mesma.

A putrefação não cria a vida, afirmou Francesco Redi, em sua demonstração; e esta demonstração marca uma data na evolução das ideias biológicas; mas a vida, segundo ele, pode levar a outra vida estranha, diferente de si mesma: por exemplo, os intestinos ou cérebros de animais produzem vermes que o habitam (ROSTAND, 1943, p. 22, tradução nossa).

Nessas afirmações Redi defende a xenogênese, teoria voltada a noção de que órgãos como cérebros ou intestinos poderiam produzir os vermes que os habitam. Não restam dúvidas de que Redi deu um passo inicial para a desestruturação da crença na geração espontânea. Entretanto, a posição de Redi sobre a xenogênese, assim como o contexto ilustrado na circulação sanguínea com os experimentos de Vesalius demonstra a dificuldade de se romper totalmente com um modelo ou teoria vigente.

Fleck (2010) aponta existir uma resistência em se romper modelos nas produções de conhecimento em voga. O epistemólogo comenta sobre essa resistência a arbitrariedade de novas convenções ativas, o que faz com que muitas vezes os cientistas e, principalmente o coletivo de pensamento assumam uma postura passiva. Nessa perspectiva, Fleck aponta que as mudanças estariam voltadas ao que nominou de acoplamentos ativos, ao passo que, os acoplamentos passivos estariam voltados a permanência dos modelos. Portanto, “a posição da ciência empírica pode ser carac-

terizada pela tendência de procurar um máximo de acoplamentos passivos com um mínimo de acoplamentos ativos” (FLECK, 2010, p. 23).

De uma maneira menos abrupta que Kuhn (1996) ao mencionar a ciência normal, aos períodos de crise e aos novos paradigmas, Fleck também aponta existir sistemas de referência que tendem a permanecer cristalizados, ou seja, consolidados, com um mínimo possível de mudanças. O fato é que independente das escolhas para se explicar como isso ocorre e a intensidade com que isso se dá, tanto Fleck, quanto Kuhn trazem à baila a noção de que uma produção de conhecimento após se cristalizar necessita de um conjunto extenso de aspectos para se desestabilizar. A questão é: seriam todos esses aspectos de caráter internalista [da própria ciência] ou existiram fatores externos capazes de contribuir nesses processos?

A introdução à obra de Fleck menciona que,

para o desenvolvimento de um fato científico, há fatores em jogo que não são ancorados, em primeiro lugar, no pensamento de um cientista individual. A permanência de ideias vinculadas a uma sociedade, a uma situação histórica ou a uma cultura é para Fleck tão ou ainda mais importante do que aquilo que é intencionado pelo pesquisador individual e que as técnicas de verificação que o mesmo inventa e elabora (2010, p. 17).

Ora, o embate entre defensores da geração espontânea e biogenistas possivelmente, passaram por esse crivo. A teoria da geração espontânea perdeu crédito gradativamente sendo aplicada apenas para pequenos vermes em intestinos. Contudo, a partir da metade do século XVII com o desenvolvimento da lupa e do microscópio o tema ganha força para explicar a origem dos microorganismos nas infusões de matérias animais e vegetais. Em relação a microscopia Rostand afirma que “o microscópio permitiu não apenas impulsionar o conhecimento das pequenas coisas: mas também propiciou revelar todo o vasto campo de seres invisíveis a olho nu, e, lá, trazer uma série de novos problemas” (1943, p. 30, tradução nossa).

Foi nesse cenário que, em 1674 o microscopista holandês Leeuwenhoek (1632-1723) encontrou animálculos na água realizando com estes alguns experimentos. Entretanto, não se posicionou sobre sua origem ser por geração espontânea ou não.

Após esses acontecimentos tecnológicos e os trabalhos de Redi, grupos de defensores e críticos ao tema, começam a aquecer suas discussões. Somado à isso, o cenário do ponto de vista social trouxe ingredientes propícios, como também a inserção de interesses políticos e religiosos associados ao assunto, conforme será visto até o embate no final do século XIX.

De modo mais acalorada, as discussões continuam, e estudos concomitantes sobre reprodução e hereditariedade contribuíram para conjecturas firmadas sobre a geração espontânea e seus dissidentes. Depois de Redi, outros pesquisadores entraram no páreo sobre o tema: o inglês John Turberville Needham (1713-1781) e o italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799).

Por volta de 1745 Needham realiza um experimento colocando caldo de car-

ne bem fresco em um frasco e fechando-o cuidadosamente com tampa de cortiça. Na tentativa de inibir qualquer contaminação, ainda o expôs na brasa durante o tempo do cozimento de um ovo. Como resultado, após alguns dias obteve a presença de animálculos nos frascos.

Needham concluiu que esses pequenos animais não poderiam ter vindo do exterior, pois o frasco havia sido bem fechado e também não poderiam ter surgido da matéria da infusão, pois os frascos foram bem fervidos. O que restou concluir?

Que existiam ao menos em algumas matérias orgânicas uma “força plástica ou vegetativa” capaz de gerar corpúsculos organizados. Deste modo, a geração espontânea que havia perdido força, ganha fôlego para novas discussões.

Sob a influência da perspectiva de trabalho do epistemólogo Fleck, acredita-se que esse cenário mereça a parada para um café, ou melhor dizendo, um detalhamento sobre quais pesquisas Needham fazia nessa época e ainda, quais eram seus pares de pesquisa. Em outras palavras: em que coletivo de pensamento Needham estava inserido e quais estilos de pensamento circulavam entre ele e seus pares?

Needham apesar de conhecido pelas experiências envolvendo a geração espontânea realizou experimentos diversos envolvendo desde grãos de pólen até lulas, cracas e estrelas-do-mar. Entretanto, acredita-se que algumas teorias e experimentos sobre a reprodução contribuíram para o rumo dado ao trabalho na defesa da geração espontânea. Porém, assim como uma andorinha não faz verão, um pesquisador ganha força quando encontra pares com que possa dialogar e estabelecer conexões.

Em meados de 1746 Needham se muda para Paris, tendo sido recomendado ao Conde de Buffon (1707-1788) por Martin Folkes, na época presidente da Royal Society de Londres. A partir disso, “surgiu uma breve, mas significativa contribuição científica que viria formar a base para a teoria biológica da geração de Needham” (ROE, 1983, p. 160-161). No ano seguinte Needham retorna a Londres e se torna membro da Royal Society.

Needham e Buffon tinham pontos divergentes, mas também aspectos em comum. Eles estabeleceram pesquisas e tiveram legendárias parcerias com experiências voltadas à reprodução, que por sua vez, contribuíram para a perspectiva assumida por Needham sobre a geração espontânea.

Needham tinha uma explicação para a reprodução que se apoiava em poderes vegetativos residentes em todas as substâncias, animais ou vegetais, e em todas as partes dessas substâncias, até nos menores pontos microscópicos, em lugar do molde interior proposto por Buffon. Porém, Needham e Buffon tinham uma forte convicção em comum: a natureza possuía uma verdadeira força reprodutiva, e essa força era suficiente para explicar a forma e o crescimento do mundo vivo. Essa ideia parecia tão coerente, e foi levada adiante com tal poder persuasivo, que gerou numerosos ecos mesmo ao longo do século XIX, quando os autores que defendiam novos modelos de geração espontânea não hesitavam em se considerarem herdeiros de Buffon e Needham (CORREIA, 1999, p. 240).

É possível identificar um eco discursivo aristotélico próximo a protoidea de força vital, ou pneuma na explicação de Needham e Buffon para a reprodução. O que confirma a ideia de Fleck (2010) de que as protoideias tratam-se de pré-disposições histórico-evolutivas. Para Fleck o instrumento que permite conceber os vínculos das representações científicas com sua gênese histórica é a introdução das noções da “protoideia” ou “pré-ideia”. O valor que possuem em cada época reside, portanto, exatamente no fato de seu conteúdo ser compreendido cada vez de outra maneira, de modo que assumem uma função heurística que regula a pesquisa.

No caso de Needham e Buffon, a noção de força vegetativa mostra-se como uma releitura recursiva, porém mais sofisticada da protoideia aristotélica – validada pela biologia microscópica que estava se estabelecendo na idade Moderna. Quanto ao estilo de pensamento e coletivos em que Needham estava inserido, acredita-se que Buffon foi de grande influência na desenvoltura que esse inglês assumiu nas pesquisas.

Cada cientista, pertence a um coletivo específico de pensamento. Nesse caso Needham e Buffon participam de uma escola de pensamento que persistia no uso da força vital como aspecto a ser considerado na geração. E isso, pode ser evidenciado nos experimentos com caldos de Needham, mas principalmente no consenso entre ele e Buffon sobre a força vegetativa.

Todavia, os pesquisadores têm vida pública e pessoal, ou seja, há vida além das paredes do laboratório e dos jalecos brancos. Portanto, fazem parte do coletivo universal exotérico<sup>10</sup>, do mundo cotidiano da vida. De um modo geral, os cientistas costumam ser membros ainda de outros coletivos científicos e não científicos de pensamento e tais orientações concorrentes dos indivíduos não podem simplesmente ser descartadas em um olhar historiográfico-epistemológico sobre o trabalho científico (FLECK, 2010).

No caso de Needham, seus experimentos com caldo alcançaram repercussão, levando-o a ser membro da Royal Society e Associado da Académie des Sciences. E o apoio e a proteção de Buffon também não podem ser desconsiderados. O conde de Buffon “era rico, escritor talentoso e bastante versado em matemática. Ele não tinha muita paciência com o microscópio”; mas nisso, Needham “podia preencher as lacunas” (CORREIA, 1999, p. 240).

E Needham além das cadeiras que ocupou na academia, o que demonstra seus coletivos científicos paralelos, também participa de outros coletivos não científicos. Ele era padre e tinha o apoio de um conde que possuía as características que lhes faltavam nas negociações externalistas [a-laboratoriais] de uma pesquisa. E fica a questão: como um padre tem a iniciativa de seguir uma pesquisa, que durante grande período foi vista como ameaça pela igreja? Para teóricos romanos o surgimento da vida de modo inanimado, caracterizaria, o descarte de uma força maior, de uma entidade espiritual para isso. O que parece mais um ângulo de interpretação, pois entende-se que tanto o surgimento da vida pela vida quanto pela não vida pode ter condicionantes ou explicações ad hoc quando assim se quer explicar. Mas o fato é que, no caso de Needham, seus trabalhos agradaram à gregos e troianos. Nas palavras de De Kruif citado por Correia (1999, p. 241),

<sup>10</sup> Exotérico: saber popular e esotérico: saber especializado. Indica-se a leitura de Fleck (2010, p. 166).

Esses dois homens [Needham e Buffon] dispuseram-se a inventar uma grande teoria sobre o surgimento da vida, uma bela filosofia que todos pudessem entender, que conviesse tanto aos cristãos devotos quanto aos ateus devotos...Inundaram com palavras o mundo científico... dentro de pouco tempo, a força vegetativa era comentada por todos. Explicava tudo. Os ateus a colocaram no lugar de Deus, e os homens da igreja disseram que era a mais poderosa arma de Deus. Foi a força, tagarelava Needham, que fez Eva crescer da costela de Adão. Era tão popular quanto uma canção de rua, uma anedota picante—ou como a conversa atual sobre a relatividade (DE KRUIF, 1926 *apud* Correia, 1999, p. 241),

Tudo parecia resolvido em relação a geração espontânea. Mas na ciência, quando as informações começam a trafegar entre os pares é que surgem os díspares. É desse processamento de informações entre os membros do coletivo que resultam as tendências à mudança do estilo de pensamento. “Qualquer tráfego interlocutivo de pensamentos traz consigo um deslocamento ou uma alteração dos valores de pensamento” (FLECK, 2010, p. 28).

Os resultados dos trabalhos de Needham sobre a geração espontânea foram enviados a Royal Society de Londres por meio de um relato, sendo em 1749 publicado como monografia separada denominada de *Observations upon the generation, composition and decomposition of animals and vegetables substances*. Na sequência esse texto foi traduzido e publicado em uma edição francesa, na qual Needham acrescentou aspectos metafísicos e epistemológicos, intitulada de *Nouvelles observations microscopiques, avec des découvertes sur la composition et la décomposition des corps organisés*. Possivelmente seja esta edição que o italiano Lazzaro Spallanzani teve acesso em 1761, ao iniciar suas investigações sobre microorganismos (CARVALHO; PRESTES, 2012).

Lazzaro Spallanzani (1729-1799) realizou vários experimentos nas ciências naturais significativas em sua época, o que contribuiu para receber ofertas de cátedras em mais de meia dúzia de universidades antes mesmo de alcançar a meia idade. Posteriormente, tornou-se membro de academias e sociedade eruditas em várias cidades da Europa. Entre seus estudos, vale destacar a regeneração de partes dos animais. “Dirigindo a atenção sobretudo para animais como girinos, salamandras e caracóis, ele demonstrou que esses animais podiam regenerar não apenas caudas e membros cortados, mas também cabeças” (CORREIA, 1999, p. 96).

Apesar desses estudos, ao ser confrontado sobre ampliar essa visão da regeneração para o surgimento de seres vivos a partir do inanimado, Spallanzani que além de naturalista era padre, acreditava que isso não seria possível. Desse modo, ao ter contato com os experimentos de Needham se propôs ao desafio de repetir tais experimentos e provar que mesmo com a garantia de fechar os frascos hermeticamente nada se desenvolveria.

Spallanzani defendia a ideia de que ao realizar os experimentos Needham não teria aquecido as paredes do recipiente, as infusões e o ar o tempo suficiente



(CARVALHO; PRESTES, 2012). E para isso, chegou a realizar o experimento com dezenove frascos lacrados e com diversas matérias infusas, obtendo os resultados esperados: ausência de turbidez e de animálculos (PRESTES; MARTINS, 2010).

Em 1765, Spallanzani publica seus resultados na obra *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei Signori di Needham e Buffon*, ponderando que:

Na geração espontânea dos seres vivos, o Sr. Needham acredita que toda a glória reside em tal força vegetativa e que ela realmente existe na natureza, estando sempre pronta a formas, quando as circunstâncias permitem, novos seres organizados. Tudo isso ele procura mostrar a partir de amplos dados de observações microscópicas feitas sobre diversas substâncias vegetais e animais. Ele as colocou em infusão feita com água comum e observou com lente delicada [microscópio]. Passando algum tempo, apareceu uma nova ordem, uma nova disposição das partes, como que vários glóbulos ou pequenas massas que, pouco a pouco, começaram a inflar-se, a contorcer-se, a mover-se e a dar nítidos sinais de vida; depois, inteiramente animados passaram a mover-se livremente pelo fluido, mostrando claramente terem convertido em verdadeiros e reais animálculos (SPALLANZANI, 1765, p. 260).

Após realizar os seus experimentos Spallanzani quebra os frascos e os microorganismos voltam a surgir nas infusões. Com isso apresenta um condicionante para os resultados, o que viria a ser a esterilização. O padre naturalista, dispôs em seus tubos tampas diferentes, usando algodão em alguns, madeira em outros e chama com maçarico. E teve nuances diferentes de microorganismos em cada tipo de vedação.

Nessa obra Spallanzani expõe ainda suas observações microscópicas por mais de três anos com infusões e descreve o movimento desses animálculos. Esta última observação, por sua vez, muito pertinente, pois Needham não havia considerado que os animais nadam, se escondem e buscam alimentos entre os filamentos ao invés de surgirem deles (PRESTES, 2003). Por sua vez, essas considerações confirmam a ideia em Fleck (2010) de que um dos postulados do empirismo lógico é a invariabilidade do significado. Todavia, a linguagem ideal dos empiristas lógicos deveria justamente evitar deslocamentos de sentido. Mas tais desvios de linguagem são frequentes entre cientistas de pares distintos, ou seja, de coletivos de pensamentos divergentes. O fato é que Needham e Spallanzani apesar de terem dois títulos parecidos – naturalista e padre – isso não é suficiente para terem estilos de pensamento semelhantes e fazerem parte do mesmo coletivo. E nesse caso, “um consenso entre adeptos de estilos de pensamento diferentes é impossível” (FLECK, 2010, p. 22).

Todavia, se estilos de pensamento divergentes não promovem a formação de um mesmo coletivo de pensamento. A consolidação dos fatos científicos parece perpassar por ingredientes sociais e relações entre os pares relativamente semelhan-



tes e alguns contextos se repetem como modo de “dar certo” as negociações externalistas das pesquisas. Nesse ângulo deve-se retratar que, os estudos de Spallanzani demoraram quatro anos para serem publicados. Mas promoveu para ele uma reputação comparável à de Buffon<sup>11</sup>. Entretanto, cabe apontar que assim como Needham teve em Buffon um par importante para deslançar suas pesquisas, Spallanzani recebeu apoio de um considerável par, o naturalista Charles Bonnet (1720-1793).

Nesse momento da historiografia a controvérsia da geração espontânea parece estar longe de cristalizar-se e tornar a abiogênese ou biogênese como algo estanque. E isso, devido a recursividade entre construção de fatos científicos, ingredientes sociais e estilos de pensamento. Pois assim, como o fato é perpassado pelos ingredientes sociais, os estilos de pensamento não são apenas um ou outro matiz de conceitos ou forma de combiná-los. O estilo de pensamento trata-se de “uma coerção definida de pensamento e mais: a totalidade das disposições mentais, a disposição para uma e não para outra maneira de perceber e agir”. E isso, de modo a evidenciar-se “a dependência do fato científico em relação ao estilo de pensamento”. (FLECK, 2010, p. 110).

Se Needham e Buffon possuíam estilos de pensamento convergentes, provavelmente Spallanzani e Bonnet também tinham ideias próximas, ou seja, linguagens ajustadas. Isso tende a diminuir mal-entendidos, ou o que Fleck nomina de deslocamento de significados. Para Fleck (2010, p. 28), a linguagem ideal do método empirista deveria evitar deslocamentos de sentido, uma vez que “um dos postulados do empirismo lógico é a invariabilidade do significado”. Logo, torna-se conflituoso tentar aproximar ideias desses respectivos pares aos seus díspares, como por exemplo: Needham e Spallanzani ou Buffon e Bonnet. Por sua vez, esses conflitos não costumam ocorrer dentro de um coletivo, pois ali todos constroem conhecimento na mesma linguagem de significados. Contudo, coletivos com estilos de pensamento divergentes podem existir em períodos de tempo comuns ao se estudar determinado conhecimento? Isso parece possível no momento em que fatos estão sendo construídos ou desconstruídos, quando sua cristalização<sup>12</sup> não ocorreu ou está ameaçada. Nesses períodos esses grupos ganham força e vozes de estilos distintos ecoam ao mesmo tempo, o tráfego intercoletivo fica acalorado.

Considerando esses apontamentos vale mencionar aspectos que contribuíram para que Needham tivesse o apoio de Buffon, ao passo que Spallanzani estabelecesse parceria com Bonnet. As experiências de Needham, por exemplo, serviram de apoio para a teoria das “moléculas orgânicas” de Buffon<sup>13</sup>. Em seus trabalhos Buffon afirmava que quando um animal perece, embora desapareça como indivíduo de uma espécie, suas moléculas orgânicas persistem, dispersando-se, após a decomposição

11 O conde de Buffon foi um dos naturalistas mais respeitáveis no século XVIII.

12 O termo cristalização utilizado ao longo dessa pesquisa está associado a ideia de um conhecimento e sua consolidação como fato. Durante sua construção, em que há dissidentes sobre o assunto, o fato ainda não está consolidado, ou seja, cristalizado. Após esse período, a construção do fato se encerra, e aquele conhecimento cristaliza-se. Nesse momento não se realiza mais pesquisas voltadas ao seu questionamento. Os projetos inscritos passam a proporções de pesquisa daquele ponto em diante. Nas palavras de Fleck (2010, p. 158): Quanto maior ficar a distância temporal e espacial do círculo esotérico, quanto mais durar a mediação de um pensamento dentro do mesmo coletivo de pensamento, tanto mais seguro se apresenta. Quando o vínculo data da educação intelectual da infância, ou até mesmo de uma tradição antiga de várias gerações, ele ganha uma firmeza inabalável”. Ora, esse é o ponto em que determinado conhecimento cristalizou-se.

13 Indica-se a leitura de BUFFON, Histoire des animaux, cap. 1 e 2. In: Ourivres. Vol. 2.

do cadáver, podendo formar indivíduos inferiores do que seus antecedentes. Logo, Buffon interpretou as experiências de Needham supondo que os glóbulos móveis (animálculos) que apareciam nas infusões vegetais ou no suco de carneiro derivariam de moléculas orgânicas de plantas ou carneiros, os quais formaram numerosos amontados vivos (MARTINS; MARTINS, 1989).

Bonnet opôs-se a Needham e Buffon cerca de vinte anos antes de Spallazani realizar seus experimentos, criticando as experiências de Needham. Entre seus argumentos mencionou que os frascos não estavam bem fechados, que a cortiça não se mostrava como bom vedante e ainda que, os frascos não tinham sido aquecidos o tempo necessário para destruição total dos germes (BONNET, Ourevres, 1779-1783).

Em seus estudos sobre moléculas orgânicas Buffon afirmou que o sêmen seria composto de partículas em busca de organização, o que se encaixava na teoria da organização da vida e nos trabalhos sobre geração espontânea de Needham. Bonnet por sua vez, por não concordar de antemão com os experimentos de Needham, ao estreitar sua amizade com Spallanzani insiste para que ele dedique um tempo aos animálculos seminais.

Mesmo assim, o respeito de Spallanzani por Buffon era suficientemente forte para fazê-lo hesitar em tornar pública suas primeiras descobertas. Se não fosse pela insistência de Bonnet, talvez ele nunca centralizasse sua atenção nos espermatozoides. Mas, quando finalmente o fez, logo ganhou autoconfiança bastante para atacar vigorosamente Buffon e Needham. (CORREIA, 1999, p. 247-48).

Entre 1771 a 1772 Bonnet propõe a Spallanzani realizar experiências com garrafas de pescoço extremamente afilado contendo infusões, extraindo todos o ar pro fervura, e ainda selando-as e abrindo-as nas montanhas, e com isso deixando o ar entrar e fechando-as novamente para examinar posteriormente. Spallanzani não as realizou, porém cem anos mais tarde outro cientista, Louis Pasteur (1822-1895) realizará esses experimentos.

Não restam dúvidas que os trabalhos de Spallanzani abalaram a credibilidade da pesquisa de Needham sobre a geração espontânea. Entretanto, não foram suficientes para a cristalização da biogênese como fato científico. O que teria acontecido se Spallanzani realizasse os experimentos propostos por Bonnet? Seria o embate final para a controvérsia da geração espontânea?

Essas são questões difíceis de se responder. Mas fica evidente que, existem mais do que experimentos participando da consolidação de um fato científico. A retórica das teorias, a disposição dos pares, os estilos de pensamento que formam o coletivo, e também, o juízo de valores em voga em um determinado período de tempo. Mas, parece que o zeitgeist [espírito do tempo] do século XIX será distinto do século XVIII.

Certamente não se poderá desconsiderar que os trabalhos de Spallanzani funcionaram como alicerce e instigações, desestabilizando a geração espontânea, ainda que não alcançando de modo abrangente o círculo exotérico leigo. Nas palavras de Fleck (2010),

o estilo coletivo de pensamento passa por um fortale-

cimento social comum a todas as formações sociais e é submetido a um desenvolvimento através de gerações. Transforma-se em coação para os indivíduos, definindo “o que não pode ser pensando de outra maneira”, fazendo com que épocas inteiras vivam sob a coerção de um determinado pensamento, queimando aqueles que pensam diferente, que não participam da atmosfera coletiva e que são considerados pelo coletivo como criminosos, a não ser que uma outra predisposição não gere um outro estilo de pensamento e um outro sistema de valores (FLECK, 2010, p. 150).

Considerando o epistemólogo, o estilo de pensamento sobre um conhecimento científico se fortalece através das gerações, de modo a prevalecer por épocas inteiras. E isso, parece ter ocorrido com a geração espontânea. Todavia, novas predisposições podem surgir e trazer um estilo de pensamento divergente e um outro sistema de valores se estabelecer progressivamente.

Qualquer teoria abrangente passa por uma fase clássica, na qual somente se percebem fatos que se enquadram com exatidão, e uma fase de complicações, quando as exceções se manifestam (FLECK, 2010, p. 71).

Spallanzani embora não tenha conseguido trazer um embate final para a controvérsia da geração espontânea, tenha fomentado com o apoio de Bonnet, uma nova agenda de pesquisas sobre o tema, trazendo-o para o centro das pesquisas. Provavelmente, por meio de um tráfego intercoletivo assumido com Needham – ainda que difícil –, conseguiu desequilibrar um estilo de pensamento em voga. Nessa perspectiva, o termo *zeitgeist* aqui assume o conceito de juízo de valores de uma época, o qual possui os ingredientes que formarão um sistema de valores, ou também nominado por Fleck (2010) de sistema de referências.

Em um sistema de referências existem múltiplas conexões ativas e passivas que se equilibram ao passo que os fatos surgem e se desenvolvem. Não existem discursos de verdades ou falsidades, o que existe é a capacidade de conceitos de se enquadrarem em um sistema de referências. Entretanto, conexões ativas ou passivas podem ao longo da história trocar de papéis. “O fundo de fatos também muda, isto é, aquilo que antigamente pertencia aos elementos passivos de um saber mais tarde pode fazer parte dos ativos” (FLECK, 2010, p. 145). O deslocamento de elementos entre essas conexões e no juízo de valores, permitirá que um cenário se estabeleça para novos embates entre abiogenistas e biogenistas no próximo século.

### 2.1.3 A controvérsia da geração espontânea: Pasteur x Pouchet

Assim nasce o fato: primeiro um sinal de resistência no pensamento inicial caótico, depois uma certa coerção de pensamento e, finalmente, uma forma (*Gestalt*) a ser percebida de maneira imediata. Ele sempre é um aconte-

cimento que decorre das relações na história do pensamento, sempre é resultado de um determinado estilo de pensamento (FLECK, 2010, p. 144-45).

Após o embate entre Spallanzani e Needham outros estudiosos realizaram alguns experimentos sobre o assunto. Contudo, é no século XIX que esse embate ganha força. E nesse cenário dois cientistas se destacam: Félix Archimède Pouchet (1800-1876) e Louis Pasteur (1822-1895).

Pouchet era médico e naturalista, iniciando seus estudos sobre a geração espontânea quando estava à frente do Museu de História Natural de Rouen (ROSTAND, 1943). Pasteur, por sua vez, era um químico respeitável trabalhando com propriedade óptica de cristais orgânicos e o estudo de fermentos lácticos e alcóolicos.

Os experimentos de Pasteur e o ambiente social favorável permitiram que seus estudos se direcionassem a um posicionamento sobre a geração espontânea, desencadeado por um grande embate com Pouchet (GEISON, 2002). O rumo que as pesquisas e o embate tomaram contribuíram para que a geração espontânea se apagasse aos poucos, dando força a abiogênese como um fato científico que alcançasse os livros didáticos do século XXI. Mas o que Pasteur fez que faltou à Spallanzani para conseguir isso?

Ora, os fatos não são produtos apenas de experimentos laboratoriais. Existem muitos ingredientes participando da construção e consolidação de um conhecimento científico (FLECK, 1994). Portanto, antes de encerrar essa pesquisa, vale observarmos o cenário em que esse fato se cristaliza como conhecimento: o embate entre Pouchet e Pasteur sobre a geração espontânea.

Pouchet realizou estudos sobre a geração espontânea defendendo uma versão que chamou de “heterogenia”. O termo heterogênese já havia sido usado anteriormente por Karl Friedrich Burdach (1776-1847) como conceito para explicar casos em que a geração espontânea envolvesse um organismo originado da matéria orgânica<sup>14</sup>. Entretanto, existia também a defesa de que um organismo poderia vir a existência a partir da matéria inorgânica, o que nesse caso era nomeado de abiogênese. Contudo, os dois termos estavam atrelados a ideia de um organismo originado sem pais, o que caracterizaria de modo amplo o conceito de geração espontânea.

O termo abiogênese foi utilizado até aqui como conceito amplo para se remeter a geração espontânea, sem necessariamente vincular-se a essa subdivisão, uma vez que o eco dos exemplares de divulgação científica e livros didáticos utilizam o termo abiogênese e biogênese para apresentar o embate entre geração espontânea e seus opositores. Contudo, nessa seção devido a distinção usada por Pouchet, sempre que necessário, utilizaremos o termo heterogênese como uma vertente de defesa da geração espontânea assumida por Pouchet.

Essa vertente assumida por Pouchet o ajudou no tráfego intercoletivo exo-

14 A heterogênese estava atrelada a ideia também chamada de geração equivocada, em que espécies, como por exemplo ténias pudessem surgir a partir de outros organismos vivos, porém geneticamente distintos, como por exemplo, seus hospedeiros. Indica-se a leitura de: McLaughlin, P. Spontaneous versus Equivocal Generation in Early Modern Science. *Annals of the History Philosophy of Biology*, v. 10, pp. 79-88, 2005. Disponível em: [https://www.univerlag.uni-goettingen.de/bitstream/handle/3/isbn-3-938616-39-3/annals%2010\\_DGGTB.pdf?sequence=1&isAllowed=1](https://www.univerlag.uni-goettingen.de/bitstream/handle/3/isbn-3-938616-39-3/annals%2010_DGGTB.pdf?sequence=1&isAllowed=1)

térico (FLECK, 2010), ou seja, nas negociações com os valores religiosos e a aversão, que esse grupo possuía sobre a geração espontânea como uma afronta à crença em um criador maior da vida.

Um traço marcante da Heterogênese foi a insistência de Pouchet em que sua versão da geração espontânea nada tinha em comum com as versões ateias e perigosas da doutrina oriundas do passado. Aliás, a Heterogênese começava com uma justificação histórico-metafísica da crença na geração espontânea, composta por 137 páginas, e em toda a obra Pouchet enfatizou que sua versão dessa doutrina estava em perfeito acordo com as crenças biológicas, geológicas e religiosas ortodoxas (GEISON, 2002, p. 135-36).

Quando Pouchet iniciou seu debate com Pasteur, tinha quase setenta anos e Pasteur com apenas trinta e sete anos. Pouchet entrou no embate a favor da geração espontânea após realizar seus estudos sobre reprodução de animais superiores em 1847 (POUCHET, *Théorie Positive*, 1847). Apesar do grande número de experiências presentes nessa obra que direcionavam para a existência da geração espontânea foi em 1859 que Pouchet lança sua extensa obra *Heterogênese, ou tratado sobre a geração espontânea*, onde apontou todas as evidências que conseguiu a favor da geração espontânea.

Tendo enchido com água fervente uma garrafa de um litro, e tendo hermeticamente fechado, colocou-o com a boca invertida dentro de uma cuba de mercúrio; Após a água resfriar, destampou a garrafa, introduzindo meio litro de oxigênio puro, e, logo depois, um pequeno monte de feno, pré-aquecido a 100 graus, durante trinta minutos. Depois de oito dias, a infusão de feno se encheu de mofo e animálculos, cuja origem espontânea não deixava dúvidas para Pouchet (ROSTAND, 1943, p. 84-85, tradução nossa).

Esta obra havia sido comunicada um ano antes à Academia de Ciências de Paris, o que provocou grande repercussão na comunidade científica, de modo que muitos acadêmicos como Milne Edwards, Quatrefages, Dumas, Claude Bernard, Lacaze-Duthiers foram desfavoráveis (ROSTAND, 1943). Na percepção destes acadêmicos mesmo com as precauções de Pouchet houve a introdução de germes aéreos e o aquecimento não fora suficiente. Entretanto, ao publicar a obra em definitivo em 1859, Pouchet já havia repetido seus experimentos, ao passo que, aqueles que o criticaram não realizaram experimentos que pudessem refutar sua teoria.

Em várias experiências Pouchet analisou a poeira do ar, encontrando com escassez ou nenhum ovo de microzoário. E isso fortalecia suas ideias de que os germes não fossem os causadores do aparecimento de infusórios nas infusões, e sim uma força vegetativa ou plástica presente no ar, a qual faria com que matéria em decom-

posição se organizasse formando novos infusórios (POUCHET, 1959).

Pouchet insistiu em outras formas para mostrar a ausência dos germes no ar. Interpretando que a queda da neve deveria arrastar impurezas do ar, recolheu uma camada de neve com a espessura de cinco centímetros sobre uma superfície quadrada de quatro metros quadrados. Ora, a ideia era de que, se os germes existissem no ar, eles teriam sido levados pela neve, porém isso não ocorreu (POUCHET, 1860). Mas, nesse período quais eram as pesquisas de Pasteur?

Pasteur anunciou o êxito de suas experiências na obtenção de levedura láctica, algumas semanas após a comunicação de Pouchet em 1858. Partindo de uma solução de água pura, com sal, açúcar, amoníaco, carbonato de cálcio e fosfato, mencionou observar após algum tempo a formação de levedo láctico, escrevendo que:

Quanto à origem do levedo láctico, nessas experiências, ela é devida unicamente ao ar atmosférico; recaímos aqui no fato das gerações espontâneas [...].

[...] nas experiências anteriores, a vida vegetal e animal nasceu do açúcar candi puro, substância cristalizável, misturada a um sal do amoníaco e matéria mineral, quer dizer, em um meio onde não havia nenhum produto que anteriormente tivesse qualquer organização.

Nesse ponto a questão da geração espontânea progrediu (PASTEUR, p. 338-339, 1859).

Após essa comunicação, Pasteur é consultado por Pouchet ao escrever perguntando seu posicionamento sobre a geração espontânea. Entretanto, nesse momento Pasteur se mostra evasivo. Pasteur responde afirmando: “Os experimentos que fiz a esse respeito são muito poucos e, sou forçado a dizê-lo, mostraram resultados por demais inconsistentes [...] para que eu tenha uma opinião que mereça ser-lhe comunicada”. (PASTEUR, Oeuvres 2, 1922, p. 628-630). Pasteur conclui, e se desculpa por tomar a liberdade de dizer a Pouchet o que pensa sobre um assunto tão delicado, o qual em suas palavras “teve apenas uma participação acidental e muito pequena” (PASTEUR, Oeuvres 2, 1922, p. 630) no direcionamento de seus estudos.

O cenário remete ao fato de que Pasteur ainda não havia assumido um posicionamento público a respeito da geração espontânea:

Na minha opinião, senhor, a questão é inteiramente e sempre virgem de provas decisivas. O que há no ar que provoca a organização? São os germes? É um corpo sólido? É um gás? É um fluido? É um princípio tal qual um ozônio? Tudo isso é desconhecido e convida a experiência (PASTEUR, Correspondence, vol 2., p46)

Apesar de não ter assumido ainda um posicionamento, os trabalhos de Pasteur sobre fermentação estavam direcionando-o a geração espontânea. “Com efeito

Pasteur vinculou diretamente seu interesse pela geração espontânea a seu trabalho sobre a fermentação e, mais especificamente, a seu reconhecimento de que os fermentos eram organismos vivos” (GEISON, 2002, p. 132).

Outro aspecto a ser considerado é que Pasteur não era apenas um cientista, pois fazia parte de outros coletivos de pensamentos tendo posicionamentos filosóficos, políticos e religiosos. Nas palavras de Geison (2002, p. 132), no caso da geração espontânea, assim como em outros contextos de pesquisas, Pasteur “também se muniu de um conjunto bem diferente de preconceitos, que incluía suas opiniões filosóficas, religiosas e políticas”. Alguns autores sugerem que os fatores extracientíficos desses coletivos de pensamento contribuíram para a posição que ele irá adotar (FARLEY, 1978; GEISON, 2002).

Nessa atmosfera social e científica tornava-se cada vez mais instigante o debate sobre a geração espontânea. Insatisfeita com as conclusões de Pouchet, a Academia de Ciências de Paris instituiu, em 1860, um concurso para resolver o que era considerado o problema da geração espontânea. O concurso ficou conhecido como Prêmio de Alhumbert e envolvia um prêmio no valor de 2.500 francos para quem esclarecesse a questão. A pergunta é: porque nesse momento se torna necessário resolver esse embate?

No caso da geração espontânea os trabalhos de Pouchet trouxeram um desconforto para a Academia, pois sinalizaram novos questionamentos sobre a origem da vida, embora a discussão já tivesse se distanciado da ideia da primeira origem de vida para se ater a responder como as formas de vidas se originam.

Do ponto de vista epistemológico, de acordo com Fleck (2010) no desenvolvimento de um fato científico, há fatores em jogo que não são ancorados, em primeiro lugar, no pensamento de um cientista individual. A permanência de ideias vinculadas a uma sociedade, a uma situação histórica ou a uma cultura mostra-se tão ou ainda mais importante do que aquilo que é intencionado pelo pesquisador individual e que as técnicas de verificação que o mesmo inventa e elabora. E parece que no caso da geração espontânea, esse é o cenário que se estabelece. A Academia de Ciências de Paris exigindo uma definição definitiva para um impasse que tem dois pesquisadores de estaque envolvidos em lados distintos. E estes, com seus defensores e opositores tanto do ponto de vista científico quanto extracientífico, afinal a ciência é uma produção coletiva. Em um ambiente assim “a expectativa das instâncias políticas, associada à tarefa, e o dever de legitimação da elite dos pesquisadores enquanto fator coletivamente significativo geram uma pressão para mostrar resultados” (FLECK, 2010, p. 20).

Embora não tivesse anunciado uma posição sobre o tema, Pasteur estava estudando o assunto. Ecreveu em 1859 a Pouchet e sugeriu que o experimento do colega talvez não tivesse sido rigoroso do ponto de vista da metodologia, uma vez que seria possível que a esterilização não tivesse ocorrido e, portanto, os recipientes já estariam contaminados. Logo após, se inscreve no concurso da Academia de Ciências de Paris. Além de Pasteur, apenas Pouchet se inscreve em conjunto com dois colaboradores: Nicolas Joly e Charles Musset.

Nesse momento, Pasteur parece já ter uma posição sobre o assunto, a de que a vida somente poderia se originar a partir de outra forma de vida, no caso por microorganismos presentes no ar. Entre 1860 e 1861 ele conduziu vários experimentos que se desdobraram em uma apresentação, em maio de 1861, para a Sociedade de Químicos de Paris. Durante este encontro Pasteur reprovou o uso do mercúrio



utilizado por Pouchet. Na percepção de Pasteur o mercúrio usado em laboratório estaria carregado de germes. O produto final desta fase de pesquisa é o famoso ensaio “Dissertação sobre os corpúsculos organizados existentes na atmosfera”, de 1861.

Para Pasteur realizar um trabalho sobre a fermentação contribuiu muito para apresentar uma posição firme e contrária aos heterogenistas. De modo que, ele vinculou diretamente seu interesse pela geração espontânea a seu trabalho sobre a fermentação, e mais especificamente ao seu reconhecimento de que os fermentos eram organismos vivos. Na conclusão de sua dissertação apresentada para a Sociedade de Químicos em Paris ressalta:

Mas, se esses fermentos vivos não são de origem espontânea, não é apenas o oxigênio como tal que interfere em sua produção – o gás atua como um estimulante para um germe que ele traz em si, ou que já existe nos materiais nitrogenosos ou fermentáveis. Nesse ponto, ao qual eu fora levado por meu estudo da fermentação, fui obrigado a formar uma opinião sobre a questão da geração espontânea. Julguei poder encontrar nisso um vigoroso apoio para minhas ideias sobre as fermentações propriamente chamadas de fermentações (PASTEUR, Oeuvres II, p. 224).

Pasteur acreditava que a emergência de microrganismos seria devida à presença do ar. Contudo, replicaram os heterogenistas, o ar deveria ser diferente, ou seja, mais espesso, se carregasse todo o germe que Pasteur idealizava carregar. Mas de qual ar se estava a falar? É esta pergunta de Pasteur que o guiou em um de seus experimentos mais brilhante.

Fervendo água de levedura de cerveja em recipientes fechados, e depois abrindo para a entrada do ar, e logo em seguida fechando-os de novo e deixando-os num forno (sob uma temperatura que permitiria o desenvolvimento de microrganismos), Pasteur abriu os recipientes algum tempo depois e descobriu que: i) nos porões do Observatório de Paris apenas alguns dos recipientes apresentavam sinais de germes; ii) em seu laboratório, numa rua movimentada de Paris, muitos dos recipientes tinham germes. Após estas duas descobertas, surgem dois experimentos espetaculares: a) o mesmo experimento acima foi reproduzido a 850 metros de altitude e, dos vinte recipientes, apenas cinco se alteraram; b) a 2.000 metros de altitude, em uma geleira, apenas um recipiente – novamente em vinte testados – se alterou (Pasteur 1862, p. 275). A conclusão de Pasteur foi de que somente o ar impuro carrega germes (e por isso o ar não deve ser mais espesso do que é). Mais do que isso: os experimentos mostraram, segundo Pasteur, que é o ar (impuro) o fator do surgimento da vida em ambientes esterilizados.

Rostand (1943) afirma que Pasteur, em resumo viria “realizar o experimento que Charles Bonnet, em 1771, propôs ao ábade Spallanzani” (p. 116, tradução nossa). Entretanto, além de um século de distância entre Spallanzani e Pasteur parece existir mais distinções. O químico francês tem uma boa retórica para argumentar ao apresentar suas pesquisas e contará com o apoio da elite de sua época. Esses ingredientes presentes nos bastidores de uma pesquisa são interessantes. Tratam-se de aspectos que participam da pesquisa e contribuem para o rumo de quais fatos se cristalizarão



na ciência de um período histórico.

Não há dúvidas da pertinência dos experimentos de Pasteur, porém nem só de experimentos se faz pesquisa, mas de aliados e de negociações retóricas. E isso, não significativa minimizar a contribuição dos indivíduos que participam de um trabalho de pesquisa. Entretanto, os indivíduos isolados não podem ser considerados como os verdadeiros portadores da ciência, muito menos das ciências que envolve pesquisas empíricas. Durante a construção de um fato, existem negociações entre o coletivo e também desse coletivo com a sociedade. Um olhar sobre isso pode oferecer “um complexo que abrange tanto os fatores extracientíficos quanto os pesquisadores individuais com suas motivações e suas competências adquiridas” (FLECK, 2010, p. 20).

No caso desse embate, o século XX desponta como momento em que estilos de pensamento se chocam no tráfego intercoletivo, porém o que muda de períodos anteriores é que o tema recebe motivações de outros coletivos de pensamento no qual os cientistas fazem parte como: interesses sociais pessoais, política e religião.

Pasteur tinha estreitas relações com a monarquia francesa, além de ser um homem que seguia os preceitos católicos da época. E seus experimentos contrários a geração espontânea encontrou apoio desses grupos de poder com seus coletivos de pensamento, os quais estavam interligados. Desde 1848 clero e monarquia estavam unidos devido uma eleição na França que uniu Napoleão III e a Igreja Católica. A Assembleia Legislativa ficou sob o poder desta união, com ideologia conservadora e antirrepublicana.

É nesse contexto que o concurso da Academia Francesa se inicia e Pasteur apresenta seu ensaio de 1861. Porém o concurso é encerrado com a desistência de Pouchet, que se retirou da disputa ao perceber um jugo desigual na comissão, a qual era formada apenas por contrários à heterogênese (MARTINS, 2009). A comissão científica da Academia para o prêmio foi originalmente composta por Geoffroy Saint-Hilaire, Antoine Serres, Henri Milne-Edwards, Adolphe-Theodore Brongniart e Pierre Flourens. Antes do veredito, saíram da comissão Geoffroy Saint-Hilaire (por ter falecido antes do julgamento) e Antoine Serres; em seus lugares entraram Claude Bernard e Jacques Coste. Os cinco membros, por uma razão ou outra, eram antipáticos às ideias da heterogênese. Pior do que isso, o resultado da comissão – resultado favorável a Pasteur – teria sido anunciado antes do exame das evidências de Pouchet (GEISON, 2002). Com isso Pasteur foi declarado vencedor do concurso em 1862.

Pasteur havia realizado a experiência do Jura, e na sessão do final de 1860 apresenta para a Academia 73 balões com 1/4 de capacidade, primitivamente vazios de ar, cheios até sua terça parte com água de levedo de cerveja, filtrada e límpida. Destes balões, vinte receberam o ar do campo, longe de qualquer habitação. Outros vinte foram abertos sobre uma das montanhas do Jura, a 850m de altitude; outros vinte no Montanvert, próximo à Mer de Glace, 2000m de altitude. Os outros 13 não haviam sido abertos.

O resultado de Pasteur foi: 08 dos balões abertos no campo contendo produções organizadas; 05 balões apenas com tais produções dos balões abertos sobre o Jura. Entretanto dos balões abertos no Montanvert apenas um alterou, ao que Pasteur sugeriu que este resultado seria devido a um vento muito forte que soprava das profundas gargantas da geleira de Bois.

Esses resultados apontaram para a ideia de que quanto maior a altitude, menor a quantidade de germes no ar. Tais resultados eram complicados de serem explicados pela percepção da heterogênesse.

Pouchet e seus colaboradores não desistiram de investigar o assunto e repetiram no ano seguinte os experimentos de Pasteur, subindo para isso 1000m acima da altitude alcançada por Pasteur. Contudo, utilizaram um material de infusão diferente: infusões de feno. Dos doze balões utilizados, quatro se quebraram, sobrando outro, destes quadro foram abertos na Rencluse e quatro na Maladetta. Após o retorno da montanha e uma pequena espera, observaram que todos se povoaram de microorganismos. Deste modo, os resultados de Pouchet indicaram novamente a pertinência da hipótese da geração espontânea. Diante desse resultado Pouchet solicitou, em 1864, a reabertura da comissão de 1860. Isto foi feito, porém Pouchet novamente se retirou da disputa, pois a formação da segunda comissão em nada mudou as coisas no que diz respeito à sua tendenciosidade: foram mantidos três membros da primeira Comissão, e os dois novos eram diretamente ligados a Pasteur (COLLINS e PINCH, 1994; GEISON, 2002).

Nesse cenário têm-se dois cientistas com dados empíricos confirmando teorias antagonicas, no qual um destes cientistas, no caso Pasteur, é declarado vencedor da disputa mesmo tendo o outro cientista – Pouchet, dados que confirmam sua hipótese. Quais fatores científicos e extracientíficos contribuíram para a cristalização da biogênese como fato científico em relação a geração espontânea?

Pasteur fez mais do que produzir experimentos enfraquecendo teoricamente e socialmente a teoria da geração espontânea ao associá-la às concepções teóricas problemáticas. Ele relacionou-a ao materialismo no que diz respeito à ausência da necessidade de um criador da vida, e também ao evolucionismo emergente de Charles Darwin (MARTINS, 2009).

Esses argumentos de Pasteur ganharam importantes defensores como a Igreja Católica e Napoleão III. Pasteur era aliado deste regime e sua reputação como cientista estava atrelada a esses coletivos de pensamento extracientíficos. Em defesa desse posicionamento assumido, em abril de 1864 Pasteur proferiu uma famosa palestra na Sorbonne sobre a controvérsia da geração espontânea. Ali Pasteur relacionou a geração espontânea ao materialismo, ateísmo e evolucionismo. O resultado, para o espectador favorável a Pasteur, é que o cientista, produzindo ciência, liquidava teses religiosas e políticas impopulares (GEISON, 2002). Nesse contexto político firmado pela aliança em 1848 entre Igreja e Monarquia, um ataque à Igreja era um ataque ao Estado. Logo, a oposição promovida por cientistas à visão de mundo da Igreja era igualmente uma oposição política ao Estado. Tanto a obra de Darwin poderia ser assim considerada quanto o trabalho de Pouchet. Entretanto, Darwin era inglês e contou com o apoio de sua monarquia na época, o que não ocorreu com Pouchet na França.

Portanto, o que pode se observar é a existência de fatores extracientíficos nessa controvérsia de Pasteur-Pouchet. Pasteur conduziu a controvérsia para um campo extracientífico, na qual Pouchet teria pouca margem para argumentos. Os poderes religiosos e políticos chancelavam a ideia defendida por Pasteur. Porém talvez a maior desvantagem nesse embate, seja não a pouca margem de argumentos, mas a postura de Pouchet em insistir exclusivamente no estabelecimento de regras empíricas para resolver a questão da geração espontânea (GEISON, 2002).

Na perspectiva de análise fleckiana a questão experimental teria sido apenas um dos aspectos da controvérsia. Existem outras dimensões importantes no embate entre Pasteur e Pouchet: a dimensão teórica e a dimensão social, ambas de caráter extracientífico. Contudo, ao final do embate, como em outros episódios da ciência o que fica é o experimento, ao passo que as vozes externas à pesquisa que apoiaram esse processo somem na consolidação do fato. Apesar de Fleck (2010) defender o uso de sua epistemologia para analisar conhecimentos recentes, acredita-se que um olhar fleckiano para o passado, e no caso um fato marcado por grandes embates como o de Spallanzani e Needham e por fim Pasteur e Pouchet tem a vantagem de olhar para algo extremamente cristalizado. Portanto, as vozes extracientíficas estão opacas nos manuais científicos. Contudo, a historiografia tem permitido voltar para esse cenário e extrair um pouco do contexto em que esses conhecimentos se estabelecem como fatos científicos.

A autoridade do coletivo de pensamento, portanto, tem caráter social e não apenas lógico. E nesse processo, o tráfego intercoletivo de pensamento ao se dispor sobre um determinado assunto ou conhecimento científico tem seus embates, como no caso de Pasteur e Pouchet. Por outro lado, seus respectivos estilos de pensamento são perpassados por outros coletivos de pensamentos do qual fazem parte – no caso de caráter exotéricos, ou seja, não científicos. Este, por sua vez também marcaram o traço que esses pesquisadores assumiram em seus trabalhos.

Pasteur tem seu trabalho marcado ao se utilizar a seu favor as circunstâncias de seu contexto social como o poder político, etc. Já Pouchet não obteve o mesmo êxito – mas isto não se deve apenas ao fato de que ele teria sido prejudicado em uma disputa injusta. A medida que o debate se desenvolve, Pouchet (ao contrário de Pasteur) é incapaz de estabelecer e manter estruturado seus coletivos de pensamento exotéricos a favor de sua pesquisa. Deste modo, os fatores causais para a aceitação da hipótese de Pasteur incluem não apenas fatores científicos, mas igualmente fatores sociais, políticos e históricos, como atesta a historiografia.

Ora, se é verdade que Pasteur utilizou a persuasão, não se pode negar que o conteúdo de seu discurso visava apontar problemas conceituais para os defensores da heterogênese. Entretanto, concorda-se com Geison (2002) de que Pasteur foi um experimentalista mais habilidoso e um retórico mais eficiente que Pouchet, e por isso não se pode dizer que “[...] haja roubado de Pouchet uma vitória que lhe caberia por direito” (GEISON, 2002, p. 157).

### **Considerações**

A discussão envolvendo a geração espontânea e a abiogênese com suas nuances, como no caso aqui retratado por heterogênese – mostra-se como um cenário em que seja possível detectar tanto fatores científicos [nominados por alguns estudiosos de internalistas] quanto fatores extracientíficos, ou seja, externos a ideia de experimento e laboratório.

A busca por analisar contextos assim da historiografia se dá na tentativa da ruptura de uma insistente visão neutra da ciência. E isso, por acreditar que em última instância o eco dessa ruptura alcance a sala de aula.

Fleck (2010) possibilitou olhar para esse microcenário da biologia de modo a observar a historiografia cronologicamente, porém estabelecendo algumas paradas para observações e aplicações conceituais epistemológicas sobre o contexto retratado. E com isso, aos poucos tecendo-se em quais bastidores se dá a construção de um fato.

O embate entre abiogenistas e biogenistas datavam desde a Antiguidade. Entretanto, o século XVIII e XIX tiveram momentos de controvérsias, nas quais alguns pesquisadores se despontaram com o apoio de seus colaboradores. Isso pode ser ilustrado no embate entre Spallanzani e Needham com o apoio de seus respectivos colaboradores Bonnet e Buffon. Entretanto, o cenário social ainda parecia não gritar uma posição. E é quando isso acontece que o cenário se estabelece como propício para um embate de interesse definitivo.

Fleck (2010) menciona que uma descoberta se torna analisável quando passa a ser considerada como um acontecimento social. Ao retratar seu estudo sobre a sífilis ele menciona que havia uma grande predisposição social para os problemas da sífilis, “provocada por velhas ideias pré-científicas: primeira em virtude da ideia de sífilis enquanto epidemia venérea com ênfase ética; segundo, em virtude de uma ideia obstinada da alteração sífilítica do sangue, que demandava sua realização” (2010, p. 124).

Ora, em relação a geração espontânea isso se dá no embate de Pouchet e Pasteur. Os valores extracientíficos defendidos por Pasteur e sua participação em outros coletivos de pensamento, estes de caráter exotéricos, bem como os interesses dos grupos dominantes funcionaram como a predisposição social que Fleck citou ao retratar seu estudo com a sífilis.

Nos dias de hoje a controvérsia entre geração espontânea e heterogenistas parece ter se desintegrado, esfumando-se nos manuais e livros didáticos. Mas deve-se salientar que naquele período nem todos se conformaram, de modo que outros heterogenistas seguiram suas pesquisas. Entretanto, o embate como acontecimento social já tinha atendido ao propósito dos grupos dominantes com uma resposta de apelo retórico sem perder de vista o rigor da validação de um experimento com seu mérito.

Daquele período em diante, o estilo do coletivo de pensamento assumido por Pasteur e seus defensores foi sendo submetido por um fortalecimento social através das gerações. E assim, assumindo características de um fato consolidado como: o não questionamento, a aceitação e o desaparecimento dos artefatos que participaram dessa construção como fato. Deste modo, o que fica para os dias de hoje nas divulgações científicas é: a vitória da biogênese sobre a abiogênese como um fato consolidado.

## Referências

- Amabis, J. M.; Martho, G. R. **Biologia: vol 1**. 2º edição. Editora Moderna. 2004.
- Aristóteles. Sobre a alma. Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa. Imprensa Nacional – Casa da Moeda: Lisboa, 2010. Disponível em: <http://pensamentosnomadas.com/obra-completa-de-aristoteles-em-10874>
- Aristóteles. História dos animais- Livros I-VI. Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa. Imprensa Nacional – Casa da Moeda: Lisboa, 2006. Disponível em: <http://pensamentosnomadas.com/obra-completa-de-aristoteles-em-10874>
- Carvalho, C. C.; Prestes, M.E. B. Lazzaro Spallanzani e a geração espontânea: os experimentos e a controvérsia. Revista da Biologia, 9(2), pp. 1-6, 2012.

Collins, H.; Pinch, T. **Tout ce que vous devriez savoir sur la science**. Paris: Seuil, 1994.

- Correia, C. P. O ovário de Eva: a origem da vida. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- Delizoicov, D. et al. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. Caderno Brasileiro do Ensino de Física. Florianópolis, SC, v. 19, número especial, p. 52-69, jun. 2002.
- Dubos, R. Pasteur e a Ciência Moderna. São Paulo: Edart Livraria Editora Ltda, 1967.
- Farley, J. The social, political and religious background to the work of Louis Pasteur. Annual Review of Microbiology, 32, pp. 143-54, 1978.
- Fleck, L. **Crisis in Science**. In: COHEN, R. S. & SCHNELLE, T. – Cognition and Fact - Materials on Ludwik Fleck. Dordrecht, D. Riedel Publishers Company, 1986.
- Fleck, L. Entsehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: einföhrung in die Lehre denkstil und Denkkollektiv (Mit einer Einleitung herausgegeben von Lothar Schäfer und Thomas Scnelle). Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1994.
- \_\_\_\_\_. Gênese e desenvolvimento de um fato científico. Belo Horizonte: Fabrefavtum, 2010.
- Geison, G. **A Ciência Particular de Louis Pasteur**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2002.
- Kuhn, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectivas S.A, 1996.
- Latour, B. **Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: editora UNESP, 2000.
- \_\_\_\_\_. **A esperança de Pandora**. São Paulo: EDUSC, 2001.
- Lorenzetti, L. Estilos de pensamento em educação ambiental: uma análise a partir das dissertações e teses. 2008. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2008.
- Löwy, I. Fleck e a historiografia recente da pesquisa biomédica. In: PORTOCARRERO, V. (Org.) **Filosofia, história e sociologia das ciências**: abordagens contemporâneas. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.
- Löwy, I. Introduction: Ludwik Fleck's epistemology of medicine and biomedical sciences. Stud. Hist. Phil. Biol & Biomed. Sc., n. 35, p. 437-445, 2004.
- Martins, L.A.C.P; Martins, R. A. Geração espontânea: dois pontos de vista. **Perspicillum**, 3(1): 5-32, 1989.
- Martins, L.A.C.P. Aristóteles e a geração espontânea. **Cad. Hist. Fil. Ci.**, Campinas, série 2, 2(2): 213-237, jul-dez, 1990.
- \_\_\_\_\_. Pasteur e a Geração Espontânea: uma história equivocada. **Filosofia e História da Biologia**, n. 4, p.65-100, 2009.
- Michel, P.H.; Borgey, L.; Beaujeu, J.; Bloch, R; Itard. História Geral das Ciências: A ciência antiga e medieval. V. 2. São Paulo: Difusão européia do livro, 1959.
- Moore, R. **O espiral da vida: a história dos grandes descobrimentos das ciências**. São Paulo: Cultrix, 1961.
- Parker, S. Pasteur e os microorganismos. São Paulo: Editora Scipione, 1999.
- Pasteur, L. Nouveaux faits pour servir à l'histoire de la levure lactique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 48, pp. 337-338, 1859.



- Pasteur, L. Correspondance de Pasteur: 1840-1895. Réunies par Pasteur Vallery Radot. 4 vols. Paris: Flammarion, 1946-51.
- Pasteur, L. Oeuvres de Pasteur. (1886) Ed Vallery-Radoty. 7 vols. Paris: Masson, 1922.
- Popper, K.R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. São Paulo: Editora Cultrix, 1989.
- Pouchet, F.A. Théorie Positive de L'ovulation Spontanée et de La Fécondation des mammifères et de L'Espèce Humaine, basée sur l'observation de toute la série animale. Librairie de L'Académie royale de Médecine: Paris, 1847.
- Pouchet, F.A. Corps organisés recueillis dans l'air par la neige. Ibidem, 50, pp. 532-534, 1860.
- Prestes, M.E.B. A biologia experimental de Lazzaro Spallanzani (1729-1799). Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2003.
- Prestes, M.E.B; Martins, L.A.C.P. História da Biologia e Ensino: Needham, Spallanzani e a Geração Espontânea. In: Caldeira, A.M.A.; Araújo, E.S.N.N (orgs.). Introdução à didática da biologia. São Paulo: Escrituras, pp. 80-91, 2010.
- Ramos, F.P.; Neves, M.C.D.; Corazza, M.J. **O conceito de gene: paradigmas ou incertezas para o século XXI?** Maringá: Massoni, 2012.
- Ramos, F.P. **Projeto Genoma Humano: aspectos epistemológicos e pragmáticos no discurso acadêmico**. 135 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – UEL – Universidade Estadual de Londrina, 2014.
- Roe, S. John Turberville Needham and Generation of Living Organisms. *Isis*, v. 74, n. 2, pp.158-184, 1983. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/233101>.
- Rostand, J. La genèse de la vie. Paris: Librairie Hachette, 1943.
- Spallanzani, L. Dissertazioni que dell'abate Spallanzani. Saggio di osservazioni microscopiche concernente il sistema generazione della Signori di Needham e Buffon. De Lapidus ab qua resilientibus Dissertatio. Modena: Eridi Bart. Soliani, 1765.

# Construindo uma impressora 3D didática: uma interação entre universidade e comunidade<sup>1</sup>

Alisson Henrique Silva, Danilo Ricardo Rosa de Sá, Enrico Doherty Andrade, Jaqueline Letícia do Carmo<sup>2</sup>

## Introdução

Um dos alicerces do grupo tutorial em física é a interação da graduação com a comunidade, para isto nos utilizamos de experimentos de fácil acesso para estimular o interesse pela ciência e tecnologia, e, conseqüentemente, quebrar o tabu do ensino de ciências e especialmente no nosso caso, o ensino de física. Temos como experiência a utilização de vários experimentos para a divulgação científica. Notando um desinteresse exponencial por parte da comunidade, resolvemos buscar novas alternativas para aumentar a visibilidade da tecnologia no âmbito social. O instrumento escolhido para alcançar o objetivo em questão foi a impressora 3D, já que a mesma apresenta aspectos condizentes com a filosofia do projeto, sendo sua construção totalmente modular, ou seja, podemos fazer alterações necessárias conforme a necessidade. Através da utilização da impressora 3D nosso maior objetivo é atrair a atenção e interação da sociedade com a tecnologia, e analogamente construir uma visão de “ciência para todos”.

## Abordagem histórica

Impressoras 3D são baseadas em uma tecnologia conhecida por FFF/FDM (Fused Filament Fabrication / Fused Deposition Manufacturing) que consiste em uma forma de fabricação aditiva, ao contrario dos métodos até então existentes, que se baseavam em subtrair camadas de um bloco de certo material ate formar a escultura da peça desejada. Com a manufatura aditiva, a fabricação se tornou muito mais econômica, pois só é adicionado material onde realmente é necessário e muito mais precisa e eficiente, pois constrói o objeto até em seu interior, sendo possível configurar sua geometria interna e densidade.

Esta tecnologia conhecida por FDM é patenteada por uma empresa conhecida por Stratasys e existe desde os anos 90. Outra forma de manufatura tecnicamente aditiva, é o SLS (Selective Laser Sintering), foi desenvolvida por Chuck Hull da empresa 3D Systems. Chuck Hull foi responsável por desenvolver um formato de arquivo conhecido por STL (STereoLithography), que muito usado hoje em dia nas impressões 3D.

Com a queda na patente da tecnologia FDM, Dr. Adrian Bowyer, professor de engenharia mecânica da Universidade de Bath no Reino Unido em 2005 fundou um projeto conhecido por RepRap, um termo abreviando: Replicating Rapid Prototyper, o projeto rebatizou o termo FDM para FFF. O projeto RepRap é totalmente de código aberto, qualquer um pode reproduzir sob licença GPL. Ou seja, é possível montar em sua casa, comprar, vender, editar, modificar, contando que não seja vendido ou

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no IV SINECT – Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, UTFPR, Ponta Grossa, 2014.

<sup>2</sup> Programa de Educação Tutorial em Física - Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Física, Maringá-PR, Brasil.



usado em projetos de código fechado, essa ideia de código aberto é compartilhada desde suas placas controladoras, até firmware e outros programas necessários.

## **Materiais e métodos**

Inicialmente foi discutida com o grupo em suas reuniões semanais uma maneira de tornar os experimentos de extensão mais interativos e práticos, como o tema da manufatura aditiva está em alta, casar esta forma de criação de objetos digitais com a nossa necessidade foi à ideia mais adequada. De início, pesquisamos um modelo a ser montado que fosse compatível com a necessidade do grupo, ter suas peças de fácil acesso e baixo custo foi um dos principais objetivos. Em seguida, estudamos a parte eletrônica que compõe a máquina (figura 1) e, conseqüentemente, a parte dos softwares que comunicam com a eletrônica.

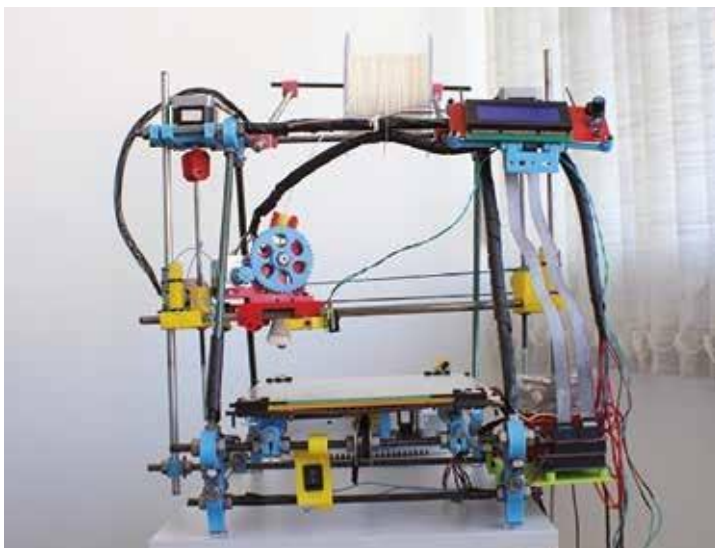


Figura 1: Ilustração da máquina completamente montada.  
Fonte: Arquivo dos autores.

Tipos de filamentos:

ABS: É o mais barato e comum, não é indicado para peças grandes, pois o coeficiente de dilatação é grande, então, peças grandes podem empenar.

PLA: É um pouco mais caro, pois é mais recente então é menos popular. Tem a grande vantagem de ser biodegradável e o coeficiente de dilatação ser menor, oferecendo a peça, um empenamento quase nulo.

Tendo isso em mente, o material escolhido foi o ABS, por ser mais barato e servir para nossos propósitos.

### **Montagem estrutural**

A estrutura da máquina (figura 2) é composta por guias lineares, rosca sem

fim (parafuso infinito), rolamentos lineares e rolamentos de esferas, correias, polias, porcas e arruelas. Todos esses materiais foram comprados em lojas de parafusos na cidade e foi completamente montada pelo grupo.

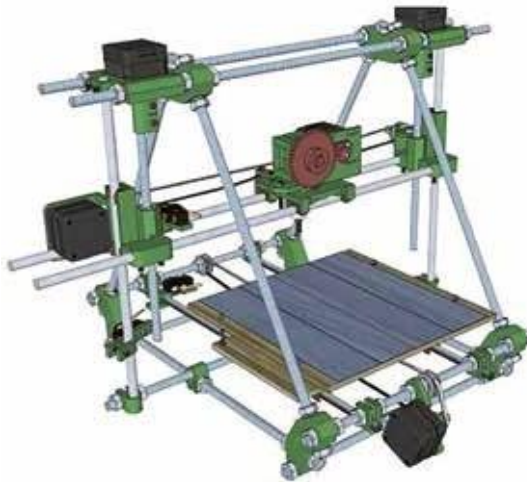


Figura 2: Imagem ilustrando a montagem da estrutura do modelo escolhido.  
Fonte: Garyhodgson.com

Além deste modelo, existem outros com diferentes propósitos, porém isto implica em outras peças estruturais, aumentando o custo final. Todos os outros modelos compartilham da filosofia do projeto, são totalmente livres para montagem.

### Montagem da eletrônica e outras peças

A eletrônica (figura 3) é formada por uma placa controladora, que consiste em um arduino, motores de passo, fonte de computador, mesa aquecida, termistores, cartucho aquecedor e bico aquecido. Estes itens foram comprados na China via internet.



Figura 3: Exemplo de placa controladora.  
Fonte: Arquivo dos autores

Existe uma infinidade de outros modelos de placas controladoras, todas elas podem ser confeccionadas em casa, adquirindo os componentes necessários e fazendo a PCB. Podemos citar: Rumba, ultimaker, gen7, gen7Br, Melzi, 4Pi, Sanguinololu e inúmeras outras.

Quantidade	Descrição
83	Porca 8mm
93	Arruelas 8mm
6	Arruela 8mm aba larga
2	Parafusos 4mm
2	Porcas 4mm
2	Arruelas 4mm
22	Parafusos 3x10mm
16	Parafusos 3x25mm
4	Parafusos 3x40mm
70	Arruelas 3mm
40	Porcas 3mm
2	Parafusos sem cabeça 3mm
5	Rolamentos 608 (skate)
6	Rosca sem fim 8x370mm
4	Rosca sem fim 8x294mm
3	Rosca sem fim 8x440mm
2	Rosca sem fim 8x210mm
1	Rosca sem fim 8x50mm
2	Guia linear 8x420mm
2	Guia linear 8x406mm
2	Guia linear 8x350mm
2	Correia gt2 (2x1metro)
50	Abraçadeira de nylon
5	Nema 17
1	Arduino Mega
1	Shield Ramps
5	Driver a4899
2	Termistores NTC 100k $\Omega$
1	Hotend
1	Cartucho aquecedor
X	Fios
1	Mesa aquecida
5	Motores de passo
1	Fonte ATX 350W
3	Chave fim de curso

Tabela 1: Relação de peças necessárias.

## Configuração do firmware

Ao escolher a placa controladora é preciso ter em mente qual firmware irá usar, pois variando a placa, irá variar as entradas de sinal configuradas no firmware. Um firmware compatível com a controladora escolhida é chamado de Marlin. Após instalar o driver do arduino foi feita alterações no Marlin e o firmware foi upado para a placa controladora.

## Aplicações

Com todo o processo físico necessário para montar a impressora 3D reali-

zado, nos utilizamos de eventos realizados pela universidade que abrangem além dos graduandos, a comunidade. Exemplos deste: PET na Praça, evento realizado no Shopping Cidade - Maringá PR; Mostra de Profissões UEM 2014; e Workshops realizados pelo grupo. Através desses eventos foi possível interagir com a comunidade em geral e demonstrar em tempo real o funcionamento da mesma. Desta forma, conseguimos aproximar a relação entre a sociedade e as recentes tecnologias. Buscamos dessa forma diminuir o analfabetismo tecnológico e científico existentes nos dias atuais, mostrando que mesmo um experimento que normalmente pessoas comuns não teriam contato, a mesma pode ser confeccionada e trabalhada com um pouco de esforço. Nesta atividade, o que mais nos interessa é estimular curiosidade na população quando a mesma se depara com algo inovador. Podemos então dizer pelo fluxo de pessoas e pelo número de questões levantadas, um alto interesse por parte das pessoas que visitaram nosso estande.

Algumas imagens (figuras 4,5 e 6) relacionadas aos eventos podem ser vistas a seguir:



Figura 4: Impressora 3D montada pelo grupo PET Física – PET na Praça  
Fonte: Arquivo dos autores



Figura 5: Evento do grupo tutorial no Projeto do grupo PET “Física na Praça”  
Fonte: Arquivo dos autores



Figura 6: Reconhecimento pela mídia local. Fonte: Arquivos dos autores

## Considerações finais

Ao longo deste trabalho conseguimos atingir com grande satisfação nossos objetivos, pois a interação percebida durante os eventos foi avaliada como positivo. O questionamento por parte dos visitantes que compareceram ao estande de mostra na praça é algo a se destacar, de modo que donas de casa, autônomos, pessoas que não têm grande contato com este mundo puderam tirar suas dúvidas e se mostraram interessadas pelo assunto de veras excepcional. Este foi apenas um caminho em que esta máquina foi utilizada, porém, a tecnologia permite uma vasta aplicação, abrindo mais os leques de acesso à comunidade em geral.

## Referências bibliográficas

- 3dmachine <[www.3dmachine.blogspot.com.br](http://www.3dmachine.blogspot.com.br)> Acessado em 28 de abril de 2014.
- 3dprinting <[www.3dprinting.com](http://www.3dprinting.com)> Acessado em 15 de abril de 2014.
- 3dprintingindustry.com <[www.3dprintingindustry.com](http://www.3dprintingindustry.com)> Acessado em 14 de abril de 2014.
- Garyhodgson.com <<http://garyhodgson.com/reprap/prusa-mendel-visual-instructions/>> Acessado em 25 de novembro de 2013.
- RepRapMagazine <[www.reprapmagazine.com](http://www.reprapmagazine.com)> Acessado em 22 de julho de 2014.
- RepRap.org <[www.reprap.org](http://www.reprap.org)> Acessado em 20 de novembro de 2013.
- RepRapBR <<https://groups.google.com/forum/#!forum/reprapbr>> Acessado inúmeras vezes.
- RichRap <[www.richrap.blogspot.com.br](http://www.richrap.blogspot.com.br)> Acessado em 1 setembro de 2014.

# Lego Mindstorm: a aplicação da robótica no ensino de Física e no desenvolvimento tecnológico<sup>1</sup>

Henrique Sobrinho Ghizoni, Cleilton Perrout,  
Felippe Fernandes da Silva, Karolline Baretta<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

O grupo de educação tutorial em Física no intuito de utilizar novos caminhos para o estudo e ensino da física, desenvolveu um projeto de médio prazo, como foco na aplicabilidade da robótica a favor da física. O projeto teve como objetivo uma busca na evolução tecnológica, assim como a maximização do Kit Mindstorms da Lego para o ensino de física.

O objetivo do grupo tutorial em Física foi o de tentar diminuir a dificuldade do ensino da física utilizando o kit Lego Mindstorm 9797 (TROBAUGH e LOWE, 2012; KMIÉC, 2013) aplicando-o em quatro formas distintas: na área de experimentos históricos, experimentos didáticos, experimentos leonardescos e experimentos científicos.

## Materiais e métodos

No desenvolvimento do projeto, dividiu-se o grupo PET-Física em quatro grupos, contendo três petianos cada, abordando todas as partes propostas. O desenvolvimento dos grupos conforme evolução era apresentada para os demais, através de vídeos, fotos, reuniões e experimentos, de uma forma que todos pudessem interagir com todas as equipes do projeto. Os encontros para o projeto aconteciam uma vez por semana, com o período de quatro horas, que eram divididas entre: preparação, criação, montagem e teste.

A preparação era feita através de uma pesquisa realizada por todos os integrantes do grupo, no qual o tema do desenvolvimento a ser realizado no dia. Em seguida, na segunda etapa, chamada de criação, todas as ideias possíveis eram debatidas e colocadas em prática. O grupo discutia quais as melhores ideias e estratégias a serem tomadas para o desenvolvimento da atividade. Feito isso, as ideias tornam-se aplicáveis e os grupos selecionavam as peças adequadas do Kit e montavam seu experimento. Na última fase, a fase de teste, o experimento era então colocado à prova. Caso atingisse o propósito inicial era aprovado pelo grupo, caso contrário, era necessário voltar à fase de criação ou/e de montagem novamente, até que o experimento cumprisse com o objetivo inicial.

## Experimentos didáticos

Na área dos experimentos didáticos, o grupo buscou sites e livros que pu-

1 Trabalho originalmente apresentado no IV SINECT – Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Ponta Grossa-PR, Brasil.

2 Programa de Educação Tutorial em Física – PET-FÍSICA. Universidade Estadual de Maringá – UEM.



dessem encontrar experimentos a serem aplicados em sala de aula, para que fossem reproduzidos dentro das possibilidades do Kit Lego Mindstorms 9797 (BENEDETTELLI, 2008). A partir disso, vincularam-se esses experimentos aos conceitos físicos atuais. Um dos experimentos abordados foi o “navio de Aristóteles”, no intuito de construir o conceito de independência dos movimentos, mais particularmente, o estudo da trajetória de projéteis, e para dentro da robótica, facilitando a visão dos conceitos dos mesmos dentro da física.

Abaixo, uma foto (figura 1) de uma lançador de projeteis, controlado pelo NXT, onde através de algoritmos aliados a tecnologia Bluetooth, é possível acionar a gatilho do lançador de projéteis e movimentar o carro em um celular com a plataforma Android, controlando assim, todo o sistema pelo celular.

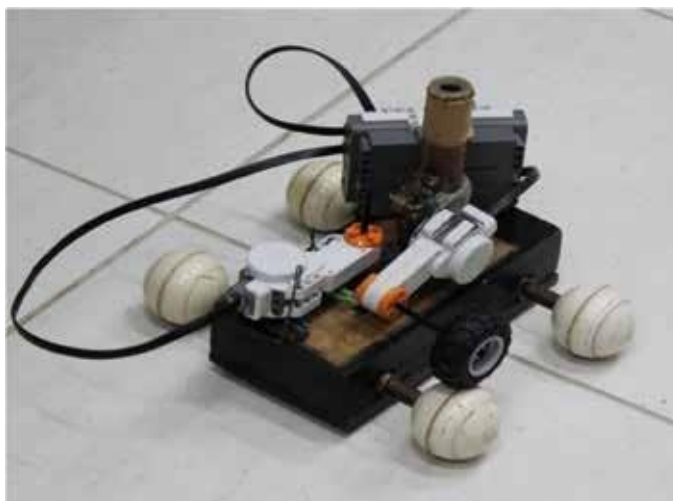


Figura 1. Lançador robótico de projéteis.

Fonte: Arquivo dos autores

## Experimentos leonardescos

O grupo que desenvolveu atividades de Leonardo da Vinci se embasou no livro “Advanced NXT: The Da Vinci Invention Book” (SCHOLZ, 2007), de onde extraia as instruções para a montagem dos projetos. Para a realização dos projetos foi utilizado o programa LEGODigital

Designer, que é uma plataforma de simulação em 3D para montagem de projetos com peças LEGO. No programa é possível realizar todos os mesmos movimentos feitos com peças reais. Foram trabalhados basicamente invenções de Leonardo Da Vinci, o carro armado e a catapulta. Segue abaixo, a imagem da catapulta leonardesca (figura 2) a qual o grupo se baseou para reproduzir em LEGO:



Figura 2. Catapulta leonardesca.

Fonte: SCHOLZ, 2007.

Na sequência uma foto de tela da construção da catapulta no programa LEGO Digital Designer (figura 3).



Figura 3. Catapulta leonardesca no Digital Designer.

Fonte: SCHOLZ, 2007.



## Experimentos históricos

O grupo de reinvenção de experimentos históricos (PET-FÍSICA, 2014) teve como principal objetivo estudar invenções marcantes ao longo da história e montá-las em LEGO. Uma invenção marcante que foi reproduzida pelo grupo, foi o relógio analógico, que é constituído basicamente de polias e engrenagens que trabalham em uma certa frequência, porém, com períodos diferentes devido aos diferentes tamanhos de raio. A montagem dele é de difícil, entretanto ao ser reproduzido em LEGO, se torna mais fácil devido aos motores, necessitando assim de menos polias e engrenagens como de costume. Na figura 4 a imagem da estrutura do relógio em LEGO.



Figura 4. Relógio robótico em Lego.  
Fonte: SCHOLZ, 2007.

## Desenvolvimento tecnológico em robótica

O grupo de desenvolvimento tecnológico em robótica do PET-Física/UEM foi responsável por recriar alguns meios avançados de tecnologia, e decorreu um estudo aprofundado sobre o tema com adaptação das peças disponíveis do LEGO NXT (figura 5). Na procura pela maximização do uso do sensor de infravermelho do kit NXT, o grupo conseguiu desenvolver um carro, em pequena escala, que estaciona sozinho, ou seja, após o sistema detectar um espaço necessário para o tamanho do carrinho, o mesmo começa a executar movimentos de balizagem, até o objetivo ser alcançado.



Figura 5. Peças para construção do carro robótico.  
Fonte: Arquivo dos autores.

Na figura 6, o carro utilizando os parâmetros medidos pelo sensor de infravermelho para poder estacionar.



Figura 6. Carro robótico com sensor de infravermelho.  
Fonte: Arquivo dos autores.

Na figura 7, uma foto de tela do programa utilizado para programar o carro que estaciona sozinho, e seus respectivos algoritmos:



Figura 7. Tela com algoritmo para programação do carro robótico.

Fonte: Arquivo dos autores.

## Resultados e discussões

OPET Física idealizou basicamente quatro grandes experimentos: “O carro que estaciona sozinho”, o “Carro de lego controlado a distância por bluetooth”, “A catapulta de Leonardo da Vinci reproduzida em Lego”, e o “O carro armado de Leonardo da Vinci reproduzido em Lego”.

Estes experimentos serviram para consolidar uma ideia básica para ser adicionada potencialmente aos laboratórios de ensino de Física tanto em nível médio quanto em nível superior, especialmente nas áreas de Cinemática e Dinâmica. Nestas áreas, conceitos como a obtenção da função horária espaço *versus* tempo (distância proporcional ao quadrado do tempo), em sua forma galileana, pode ser obtida pela variação da velocidade no decorrer do tempo e espaços pré-determinados de forma a obter a função quadrática.

Como consequência natural, o experimento robótico tanto da catapulta quanto do carro armado induz aos experimentos de lançamentos oblíquos quando de movimentos parabólicos, consolidando a grande lição da cinemática galileana, qual seja, a da independência dos movimentos (inercial na horizontal e uniformemente acelerado na vertical), assim como a dinâmica newtoniana com a introdução de forças inerciais e não inerciais, bem como de força gravitacional.

O sentido também é aquele de idealizar a robótica com experimentos que possam representar um *upgrade* na forma do tratamento empírico de obtenção de relações quantificáveis, como nas equações abaixo, de movimento (1) e força (2), por exemplo:

$$d = kt^2 \quad (1)$$

$$(2) \quad F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad (2)$$

Desta forma, abordamos a Física, porém, sem cair nas relações teóricas e mnemotécnicas do ensino tradicional de física pode ser um motivador potencial para um ensino de física mais criativo e fixador de conceitos necessários para o efetivo aprendizado dessa ciência.

No decorrer do projeto que levou à construção do presente trabalho, houve uma grande evolução por parte dos membros envolvidos principalmente nas duas áreas nas quais foram propostas as atividades didáticas. A partir disso, houve um aprimoramento maior dos itens básicos de cada atividade desenvolvida. Desta forma, o grupo conseguiu que o Kit Lego Mindstorms 9797 se tornasse uma grande ferramenta no ensino de física, fazendo assim com que as apresentações do conteúdo fossem mais dinâmicas em sala de aula, facilitando o aprendizado.

### Considerações finais

Podemos concluir que a atividade voltada ao desenvolvimento do projeto foi de grande contribuição, tanto para o grupo desenvolvedor da temática, quanto para o aprimoramento de novos materiais voltados à apresentação mais dinâmica da física em escolas e para comunidade científica pelo aprimoramento do NXT e seus componentes. A apresentação entre grupos trouxe um maior contato de todos os integrantes com todas as partes do projeto, proporcionando uma troca intensa de conhecimento, com adição substancial de alunos de ensino médio e universitário num processo otimizado de retroalimentação e de reestruturação das atividades e do uso experimental dos protótipos desenvolvidos. Podemos concluir que o projeto foi uma grande oportunidade para divulgação de atividades de pesquisa, ensino e extensão, como requer a tríade acadêmica tão propalada no imaginário acadêmico mas poucas vezes colocado em prática e/ou alcançado.

### Referências

Benedettelli, D. **Creating Cool Mindstorms®** NXT Robots. Nova York, 2008. KMIÉC, P.S. The unofficial LEGO® Technic Builder's Guide. São Francisco, CA, 2013.

KMIÉC, P.S. **The unofficial LEGO®** Technic Builder's Guide. São Francisco, CA, 2013.

PET-FÍSICA UEM. **Projeto Robótica - Parceria PET Física e Sérgio Yamada Compu- tação** Disponível em:  
<<http://www.pet.dfi.uem.br/index.php?frame=robotica>>. Acesso em: 5 set. 2014  
Scholz, M.P. **Advanced NXT**: The Da Vinci invention book. Nova York, 2007.  
Trobaugh, J.J.;Lowe M. **Winning LEGO MINDSTORMS®** Programming. Nova lor- que, 2012.

# Educação Tutorial e a questão do Ensino de Física para portadores de deficiência visual <sup>1</sup>

Alana Corsi, Grasiely Rocha Martins, Monique de Souza, Rodrigo Rondina de Santana, Rebeca Leal Paiva; Pedro Haerter Pinto; João Marcos Fávoro; Adão Murillo Ferreira dos Santos; Gabrielly Maria Camargo de Jesus, Isabela Antunes de Souza Lima, Jessica Fiorini Romero, Guilherme Tavares Tel <sup>2</sup>

## Introdução

O presente trabalho é um *review* de quinze anos de atuação do programa de Educação Tutorial em Física acerca da temática do ensino para portadores de deficiência visual (DV's) aguda (total ou quase total – quando o portador distingue apenas vultos), com o intuito de refletir sobre como o ensino é passado, e quais as consequências disso. Realizando uma análise a cerca do método utilizado pelos professores para o ensino, é visto que esse é realizado de forma quase exclusivamente teórica, sem nenhum aceno à experimentação. No entanto, esta não é uma característica exclusiva do sistema de ensino dedicado aos portadores de DV. O ensino como um todo sofre daquilo que podemos batizar de DPE's: deficiências pedagógicas extremas. Não se ensina experimentação praticamente em nenhum momento da vida escolar: se não se experimenta, não se pode agir sobre o mundo. O que se faz, em geral, são demonstrações práticas, e tal demonstração encerra pouco ou nenhum conhecimento, especialmente em se tratando de educação no Ensino Fundamental e Médio.

Para as pessoas portadoras de DV, o acesso à informação num mundo exclusivamente visual é um obstáculo enorme, mas transponível. A construção do conhecimento físico (e científico em geral) deve ser repensado além do atual “teoricismo” que reina em escolas especiais ou não. Porém, devemos incorporar filosofias de trabalho oriundas da pesquisa em ensino de física, que delineiam o sujeito no aprendizado como uma fonte de inquirição, imerso num universo de conhecimento do senso comum e que aprende e constrói a ciência numa relação dialógica.

Inicialmente é realizado um questionário com diversas questões a respeito de fenômenos mecânicos, térmicos, elétricos etc. para ser usado como um definidor das *concepções espontâneas* ou *preconcepções* que os portadores de DV possuem diante de questões envolvendo a fenomenologia física. O diagnóstico e a adequação da linguagem usada nesse questionário permitirá que orientemos o trabalho na busca de um ensino que se volte para o sensorial e o experimental, tentando transcrever a simbologia do visível para o invisível. Posteriormente serão apresentados alguns instrumentos que facilitarão na realização de experimentos para os DV's.

1 Trabalho apresentado no IV SINECT – Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, UTFPR, Ponta Grossa, 2014 e Projeto permanente do Grupo PET-FÍSICA-UEM.

2 Programa de Educação Tutorial em Física – PET-FÍSICA, Universidade Estadual de Maringá, PR, Brasil.



## Materiais e métodos

### O questionário

Para planejar um projeto de ensino envolvendo questões físicas, devemos abandonar o “porto seguro” e enganoso dos livros didáticos. Estes, invariavelmente, apresentam textos e exercícios padronizados, que privilegiam a *memória* (no sentido da memorização de leis e fórmulas) e a *matemática* (aquela matemática empobrecida, necessária à obtenção correta do resultado que se quer atingir em exercícios-padrão). Desnecessário dizer que este tipo de ensino exila o sujeito conhecedor da própria compreensão. É um ensino voltado para a repetição e para a premiação. Um ensino de cunho skinneriano, vazio de motivação e voltado para o pragmatismo e a aridez da pseudo-educação.

Para se quebrar esta “cultura do exílio da compreensão” é imprescindível ouvir-se o sujeito conhecedor, ou seja, o próprio aluno. É necessária a busca de uma relação dialógica onde nos seja possível mapear as concepções que estes alunos trazem na interpretação da fenomenologia física. Assim, elaboramos um questionário que nos permitisse iniciar essa interação, movidos ainda por uma dúvida essencial: “serão as concepções espontâneas e os esquemas de conhecimento comum dos portadores de DV iguais ou radicalmente diferentes dos alunos que não possuem problemas visuais?”.

Nessa dúvida, excluímos os deficientes visuais (DVs) parciais, ou seja, aqueles que ainda possuem certa acuidade visual. A nossa dúvida se desdobra numa outra: “serão essas concepções muito diferentes entre os portadores de DV desde a mais tenra infância daqueles que perderam a visão na adolescência?”.

Abaixo, transcrevemos o primeiro tipo de questionário-diagnóstico pensado.

### Sondagem de concepções físicas espontâneas em DV's

Neste questionário, são apresentadas certas situações pelas quais passamos e vivenciamos diariamente, além de outras situações completamente imaginárias.

Responda às questões explicando as situações e, se achar conveniente, exemplifique.

1. O que acontece a uma pedra quando *deixada cair* num poço que perfura toda a Terra? (Despreze a resistência do ar e o calor no túnel).
2. O que acontece quando um marinheiro, do alto do mastro, deixa cair uma pedra quando o navio está navegando com velocidade constante?
3. Você está correndo e, de repente, uma moeda escapa de seu bolso. Você, mesmo assim, continua correndo. A moeda, segundo você:
  - a) cai atrás de você;
  - b) cai aos seus pés;
  - c) cai adiante de você. Explique sua resposta.



4. Você joga uma bola para cima. Identifique as forças atuantes na bola nos diversos momentos de sua trajetória.
5. Você gira uma pedra amarrada a um barbante. Desenhe ou descreva a trajetória da pedra, imaginando que o barbante se rompa.
6. Por que os astronautas flutuam no interior de uma nave espacial?
7. O que acontece ao volume de um balão (por exemplo, uma bexiga) quando este é levado para o fundo do mar? As alternativas:
- ele fica com o mesmo volume;
  - ele diminui de volume;
  - ele aumenta de volume;
  - ele fica com uma forma mais alongada;
  - ele fica com uma forma achatada;
  - ele explode.

Explique sua resposta.

8. Imagine uma pedra sobre o prato de uma balança. O medidor da balança acusa uma certa medida. Agora, imagine este conjunto (pedra + balança) envolto por uma caixa de vidro onde é feito vácuo. O que acontece com a agulha do medidor da balança? Explique sua resposta.

9. Quando se entra na água da piscina, andando da parte mais rasa para a parte mais funda, nota-se que seu peso parece diminuir. Como você explica este fato?

10. Descreva, diferenciando, objetos pontiagudos de objetos sem ponta. Por que a penetração de uns é mais fácil que a de outros?

11. Imagine um cubo de gelo depositado sobre uma mesa de alumínio e um outro sobre uma mesa de madeira:

- O cubo de gelo derrete à mesma velocidade?
- Sobre qual das mesas ele derrete mais lentamente?
- Se se derrete diferentemente, quanto tempo você estima para que o fenômeno ocorra entre uma mesa e outra.

12. Ao deitar-se sobre um piso cerâmico você sente a sensação de frio e, ao deitar-se sobre um tapete, a sensação de calor. Explique este fato.

13. Quando você está doente e com febre, sente a sensação de frio. Como você explica este fato?

14. O que acontece à luz emitida por uma vela? *[Aqui foi escolhida a vela no lugar de uma lâmpada acesa para ligar o fenômeno luz à sensação térmica.]* As alternativas são:

- ela permanece em torno da vela;
- ela chega entre você e a vela;
- ela se propaga até que um obstáculo se interponha, impedindo seu caminho.

Explique sua resposta.

15. Ao se aproximar da tela de uma televisão ligada, você sente

que os pêlos, por exemplo, do seu braço, parecem ser esticados e, até mesmo, podem ser ouvidos pequenos estalos. Explique por que isto ocorre.

16. Descreva, diferenciando, os estados sólido, líquido e gasoso.

**Conceitos envolvidos no questionário:** inércia, sistema de referenciais, força, gravitação, empuxo, pressão, ótica geométrica, eletricidade estática, termologia, composição atômica.

### **Ferramentas possíveis no ensino de DV's**

Com a nova política de inclusão escolar, os professores tem o dever de facilitar o aprendizado para os portadores de necessidades especiais. Com isso, se faz necessário o uso de ferramentas que possibilitarão um ensino mais didático para as diversas áreas da ciência, em especial para matérias que normalmente são tratadas apenas na teoria devido ao grau de complexidade, como matemática e física. Para isso, fez-se um estudo de experimentos possíveis para algumas áreas da física, como Astronomia, Eletricidade, Física Moderna, Mecânica, Óptica, Ondulatória e Termologia:

#### **Astronomia**

Procurando meios alternativos para tornar o aprendizado de física mais didático, Bernardes e Souza (2009) realizam uma gravação de curta duração com o intuito de explicar e descrever fenômenos relacionados a astronomia, como planetas, cometas, Luas, Sol.

Ainda no âmbito da astronomia, Cozendey e Pessanha (2011) relatam o desenvolvimento de uma experiência que pode ser passada tanto para portadores de deficiência visual, como para os sem a deficiência. O experimento se baseia em uma maquete representando a Terra e a Lua e, para que os DV's consiga diferenciá-los, foram criadas variações nas superfícies de ambos, assim como o uso do tato os alunos conseguiriam entender e visualizar melhor o exposto.

#### **Eletricidade**

Um experimento realizado por Borges, Silva e Santos (2009) é encontrado a descrição da criação de um galvanômetro que gera informações sonoras e táteis.

#### **Física moderna**

Em Pupo (2009) é relatado a realização de um experimento que consiste em construir elementos tátil-visual que represente elementos da física moderna. Como o experimento de Rutherford, gráfico tátil-visual sobre a meia-vida do elemento químico rádio, simulação de uma reação em cadeia.

#### **Mecânica**

Martelli, Barros e Santos (2003) descreveram a construção de instrumen-

tos de medidas como, mesa de força, dinamômetro, dilatômetro, termômetro de expansão do ar, e um plano cartesiano para traçar a interpretação gráfica de tais elementos.

### Óptica

Camargo e Nardi (2008) analisaram o uso de maquetes para representar o comportamento óptico através do tato e da visão. Os fenômenos representados foram refração, reflexão, a incidência dos raios em espelhos planos, esféricos e em lentes.

### Ondulatória

Também Silva, Bernardo e Oliveira (2011) realizaram atividades usando diversos recursos como diapasão, instrumentos musicais, molas e desenhos de ondas em alto relevo a fim de explicar ondas sonoras.

### Termologia

Ribeiro e Oliveira (2011) conseguiram demonstrar a absorção do calor através do tato com um experimento de baixo custo e de fácil percepção.

## Projeto realizado pelo grupo de Educação Tutorial em Física

Pensando no desenvolvimento intelectual e social dos portadores de deficiência visual e a forma como a física é ensinada, apenas teoricamente, para tais alunos especiais, que o grupo PET Física criou um projeto ministrado pelos petianos, os quais tentam passar o conteúdo para os alunos não apenas teoricamente, mas utilizando ferramentas que possibilitam uma melhor visualização dos conceitos passados. Também se procura ligar a teoria de física com o cotidiano, facilitando o entendimento da matéria, e não apenas memorizando frases e fórmulas. Então, para sabermos os efeitos que o projeto causou nas vidas dos alunos, realizou-se um breve questionário, o qual foi aplicado a dois alunos e a pedagoga responsável pelos mesmos.

### Questionário

Quais as mudanças no projeto em sua vida?

Quais os meio materiais que você utiliza que facilitam sua comunicação com a ciência?

O projeto colaborou com o seu desenvolvimento?

### Resultados preliminares do questionamento

Até o momento, dispomos somente de três questionários, obtidos graças ao uso do recurso de entrevistas gravadas (em vídeo) com portadores de DV total. Os resultados preliminares apontam para padrões de respostas análogos àqueles

de pessoas que não sofrem de deficiências da visão. No entanto, é necessária uma readequação da linguagem usada no questionário, já que é difícil, em poucas palavras, e sem, obviamente, o recurso da “memória visual” do entrevistado, tornar absolutamente claro o cenário físico que queremos analisar.

Devemos usar recursos de pesquisa qualitativa e etnográfica para estimularmos padrões mais ricos de concepções, no sentido de confrontar concepções espontâneas de deficientes visuais e de não deficientes. Porém, pelo pouco material coletado, percebemos que é de extrema importância o encontro de uma linguagem experimental para que o fenômeno físico seja construído, e que as noções do senso comum sejam, paulatinamente, substituídas pelas concepções que mais se adequam à linguagem da ciência.

Será necessário um amadurecimento da equipe nas várias técnicas de “tradução” do visível para o invisível (sorobã, DOSVOX, figuras em alto relevo, Braille), para que possamos passar de uma fase diagnóstica para uma fase propositiva e de possíveis prognósticos. Para atingirmos tal fim, precisamos de investimentos em nosso equipamento de apoio informático (para a instalação do DOSVOX), de uma ampliação da equipe, no sentido de reunir diferentes competências (interdisciplinaridade), e da obtenção de sistemas didáticos do tipo MBL (“*microcomputer based laboratory*” – laboratórios monitorados por microcomputadores).

No ensino experimental, a visão é a guardiã dos eventos físicos. Porém, a visão pode ser substituída pelo tato e pela audição. É devido a isto que, numa fase propositiva, deveremos nos dedicar, a partir das concepções registradas, à elaboração de sistemas experimentais de monitoração de tempo, temperatura, velocidade, pressão etc. (basicamente, sensores ópticos ligados a um sistema computadorizado – tipo DOSVOX – que traduzam a leitura registrada para uma comunicação verbalizada – sintetização vocal).

Galileo Galilei, após ser condenado pelo Santo Ofício por defender a doutrina copernicana, passou os oito anos restantes de sua vida confinado em prisão domiciliar na vila de Arcetri (próximo a Florença – Itália). Neste período, o filho pródigo do Renascimento e pioneiro de uma nova ciência, escreveu sua obra maior: os *Discorsi Intorno a Due Nuove Scienze* (“Discursos em torno a Duas Novas Ciências”). Este foi o período da cegueira de Galileo, talvez, graças à sua atividade de observação do sol (quando descobre as manchas solares). No entanto, o velho cego há muito utilizava de outros sentidos para se orientar na compreensão do mundo físico. Em seus experimentos usando planos inclinados, o tempo era marcado ou com um relógio de água ou com as batidas de seu pulso. “... repetindo a mesma experiência, *plano inclinado*, muitas vezes para determinar exatamente a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso.” (GALILEI, 1989, p.140).

Não esqueçamos os fenômenos ópticos. Estes constituirão o desafio principal, pois nos deparamos com a difícil questão do “o que é a luz?”, “o que é a cor?”. Para os portadores de DV total ou quase total, talvez, devêssemos indexar a ótica geométrica com modelos mecânicos e adequá-la a um tratamento de ótica física. Será mais uma etapa a ser vencida neste desafio da educação científica.

Galileo foi um portador de deficiência visual tardio famoso. Jorge Luís

Borges, o consagrado escritor argentino, conheceu a cegueira muito mais cedo, mas isto não o impediu de enveredar por caminhos literários jamais trilhados. Ele assim descreve o crepúsculo de sua visão:

Minha cegueira vinha gradualmente, desde a infância. Era um crepúsculo lento, estival. Não havia nada de especialmente patético ou dramático nela. Começando em 1927, submeti-me a oito operações nos olhos, mas desde os fins de 1950, quando escrevi meu Poema das Dádivas, fiquei cego no que se refere a leitura e escrita. [...] Uma conseqüência perceptível de minha cegueira foi meu abandono gradual do verso livre em favor da métrica clássica. Na verdade, a cegueira me fez retomar de novo a poesia. (BORGES, 1986, p. 113-114).

Um excerto do poema borgiano, “Fragmentos de um evangelho apócrifo” nos ajuda a refletir sobre a prática com PDVs. Borges é o exemplo da construção de novos mundos, desvelados pela cegueira da visão, mas pela visão das infinitas possibilidades da cegueira: “Não julgues a árvore por seus frutos nem ao homem por suas obras; podem ser piores ou melhores. Nada se edifica sobre a pedra, tudo sobre a areia, mas nosso dever é edificar como se fora pedra a areia...” (BORGES, 1986, p. 53).

## Um depoimento

Abaixo transcrevemos um relato pessoal acerca dos impactos do projeto PDV levado adiante pelo grupo de educação tutorial em Física ao longo de mais de 15 anos de atividade em diferentes ambientes escolares:

- Como o projeto PDV contribui para o desenvolvimento intelectual e social dos alunos? Por quê?

“Assalas de recurso na área da deficiência visual tem o objetivo de auxiliar os alunos cegos e com baixa visão em seu desenvolvimento acadêmico e social. Os professores são especializados e contam com bastante conhecimento das questões específicas da deficiência visual, no entanto os conteúdos acadêmicos específicos como física e química ficam bastante comprometidos pelo fato dos professores serem, em sua maioria, pedagogos. Desta forma o PDV vem suprir esta lacuna na formação acadêmica dos alunos que se encontram no nível médio de ensino ou mesmo preparando-se para o vestibular.”

- Qual o impacto do projeto na sociedade?

“O projeto vem trazer a Academia até uma parcela da população que necessita muito dos conhecimentos específicos trabalhados nos cursos de graduação. Vem contribuir para a formação de alunos cegos e com baixa visão, possibilitando a eles um atendimento individualizado ou em pequenos grupos fazendo com que os conhecimentos sejam trabalhados de forma adaptada.”

- Foi perceptível alguma mudança comportamental dos alunos,

após o início do projeto?

“Sim, os alunos começaram a ter acesso a um conhecimento que, até então, era bem pouco trabalhado nas Salas de Recurso. Os acadêmicos desenvolvem o conteúdo de forma sistematizada e possibilitam ao aluno aprender de uma forma mais significativa.” - Quais os meios e materiais utilizados que mais colaboraram com o desenvolvimento dos alunos? (Computadores, scanner, por exemplo)

“As atividades são transcritas para o Braille e ampliadas, de acordo com a necessidade dos alunos. São utilizados outros materiais de apoio como Tela de desenho e Multiplano.”

- Por favor, se possível, faça um relato pessoal sobre o projeto PDV realizado pelo grupo de educação tutorial em Física?

“O projeto PDV tem contribuído de forma muito significativa para o desenvolvimento dos alunos cegos e de baixa visão que frequentam as Salas de

Recurso. Os acadêmicos são muito comprometidos com o Projeto. São assíduos e têm uma grande preocupação com a qualidade do ensino desenvolvido. Acredito que os alunos ganham muito com o projeto e os acadêmicos também, pois têm uma experiência diferente de ensino o que contribui para a quebra de estigmas em relação ao aluno com deficiência visual. Esta ligação entre a Academia e a Educação básica é muito importante para a mudança da sociedade em relação às diferenças/deficiências.”

### **Impactos gerados pelo projeto**

Após a realização da entrevista, um estudo sobre os resultados foi realizado, mostrando que projetos que apoiam a ciência para portadores de deficiência visuais são muito positivos tanto para o aprendizado da ciência de uma forma mais palpável, mas também para o desenvolvimento individual do aluno.

Nas últimas décadas vem sendo abordada a discussão sobre o direito de pessoas com necessidades especiais de serem incluídas em unidades de ensino. Com isso, muitas instituições passaram a aceitar o desafio, aceitando tais novos membros. Entretanto, estes alunos que possuem necessidades especiais também necessitam de um atendimento diferenciado que, quando não oferecido, causa uma deficiência no ensino, obrigando a parte interessada a decorar teorias, mesmo não as entendendo.

Vê-se, portanto, a necessidade de criar ambientes com ferramentas que possibilitem estes aprenderem, interpretar fenômenos, descobrir e entender, realizando experimentos, utilizando os outros sentidos e assim, o ensino ficará apropriado para o público. Logo, a inclusão no ensino “pressupõe uma participação plena numa estrutura em que valores e práticas são delineados tendo em conta as características, interesses, objetivos e direitos de todos os participantes no ato educativo” (RODRIGUES, 2006, p. 303).

Com isso, é possível afirmar que projetos que favoreçam mais experimentos, ensino diferenciado, explicações que se aproximem do dia a dia são necessários para o aprendizado de DV's.

## Agradecimentos

Ao tempo e atenção dedicados aos nossos questionamentos agradecemos à Profa. Angela Mari Labatut.

## Referências

Bernardes, A.; Souza, M. Arquivos portáteis de áudio para o ensino de Astronomia em turmas inclusivas no Ensino Fundamental e Médio. In: XVIII **Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, jan. 2009. Programação do XVIII Snef. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0169-1.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2014.

Borges, J. L. **Elogio da Sombra/Perfis**. Porto Alegre: Globo, 4ª ed., 1986. BRO- NOWSKI, J. As origens do conhecimento e da imaginação. Brasília: UnB, 2ª ed., 1997.

Borges, J.; Silva, E.; Santos, Z. **Ensino da Lei de Lenz adaptado para a deficiência visual**: um experimento com circuito oscilador. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, PR, out. 2008. Anais do XI Epef. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0097-2.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2014.

Camargo, E. P.; Nardi, R.; Veraszto, E. V. **A comunicação como barreira na inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, s.l., 2008.

Camargo, E.; Anjos, P.; Nardi, R.; Pereira, E. **Materiais e referencial teórico para o ensino de Física moderna para alunos com e sem deficiência visual**. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Manaus, AM, jan. 2011. Programação do XIX Snef. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0394-2.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2014.

Cozendey, S.; Costa, M. P.; Pessanha, M. **Análise de publicações sobre o ensino de Física para alunos com deficiência visual**. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Manaus, AM, jan. 2011. Programação do XIX Snef. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0318-1.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2014.

Galilei, G. **Duas Novas Ciências**. São Paulo: Nova Stella, 1983.

Lüdke, M.; André, N. E. D. A. **Pesquisas em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1988. Martelli, V.; Barros, S.; Santos, W. Uma proposta para a inclusão de alunos deficientes visuais nas aulas de Física do Ensino Médio. In: XV Simpósio Nacional de Ensino de Física. Curitiba, mar. 2003. Anais eletrônicos do XV Snef, p. 1.285-1.293.

Piaget, J. **Para onde vai a Educação?** Rio de Janeiro: José Olímpio, 8ª ed., 1984.

Pupo, P.; Camargo, E.; Anjos, P.; Nardi, R.; Pereira, E. **Materiais e referencial teórico para o ensino de Física moderna para alunos com e sem deficiência visual**. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. Manaus, AM, jan. 2011. Programação do XIX Snef. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0394-2.pdf>>.





Ribeiro, L.; Oliveira, A. Experimento de baixo custo no ensino de absorção de calor sob a perspectiva inclusiva. In: XIX **Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Programação do XIX Snef. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0341-1.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2014.

Rodrigues, D. Dez idéias (mal)feitas sobre a educação inclusiva. In: \_\_\_\_\_ (Org.). **Inclusão e educação: doze olhares sobre a educação inclusiva**. São Paulo: Summus Editorial, 2006.

Silva, M.; Bernardo, R.; Oliveira, N. Ensinando ondas sonoras para pessoas Cegas. In: XIX **Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Manaus, AM, jan. 2011. Programação do XIX Snef. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0111-2.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2014.

# Synopter: rebuilding the three-dimensional world from the bidimensional world<sup>1</sup>

Lucas Maquedano da Silva, Fernanda Tiemi Karia, Gabriel Francischini de Oliveira, Leandro Moraes Azevedo<sup>2</sup>

## Introduction

The group of Tutorial Education in Physics of the State University of Maringá has, among its aims, to increase the interaction between the academic community and the external ones. For this, the group seeks to propose activities that arouse the interest of the community by physics and sciences in general. In this way, we present the synopter in this paper as an optical instrument to rebuild the bidimensional world in a three-dimensional view. It is a device invented in 1907 by the polish Moritz von Rohr, able to transform two-dimensional images into three-dimensional. Originally presented to art galleries as a tool capable of giving depth to the paintings' images. However, what looked like an instrument of sophisticated three-dimensional perception eventually resulted in a major failure. A century later, Rob Black, a psychologist specializing in visual perception, perfected Moritz's invention by assigning the new name to the device: *The I*.

## A Very Short History

As mentioned earlier, in 1907 Moritz von Rohr, a polish optical scientist introduced synopter, which was patented by Carl Zeiss, under the instruction of Moritz himself. It was a device whose purpose was to aid in the viewing of paintings, allowing two-dimensional images to appear three-dimensional. Even at the time, the device showed perfect functioning, however, due to its relatively high cost, the project was forgotten. The device consisted of the use of the so-called "plastic effect", historically known for its surprising impression of depth in the pictorial space. The conventional explanation of the plastic effect is that, under normal conditions, the physiologically coded flattening decreases the depth of the pictorial space. With this depth removal, the pictorial content becomes more "plastic", that is, more articulated in depth, giving the impression of three-dimensionality.

## How does the Instrument Work?

The device, which does not use any electronics or digital imaging technology, and works on videos' or two-dimensional images, had its principle opposite to the 3D system used in theaters. In the cinemas, the images on the screen are filtered so that each eye sees a slightly different perspective, known as *binocular disparity* (Figures 1a and 1b) – "distracting" the brain to perceive depth.

---

<sup>1</sup> Trabalho aceito no Journal of Modern Education Review, ISSN 2155-7993.

<sup>2</sup> Tutorial Educational Program on Physics (PET-FÍSICA-UEM)



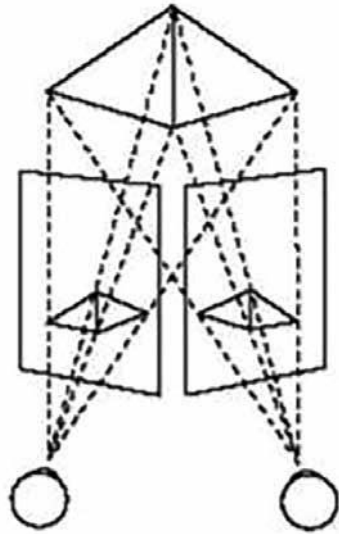


Figure 1 (a) Binocular disparity (IMAGEM, 2016)

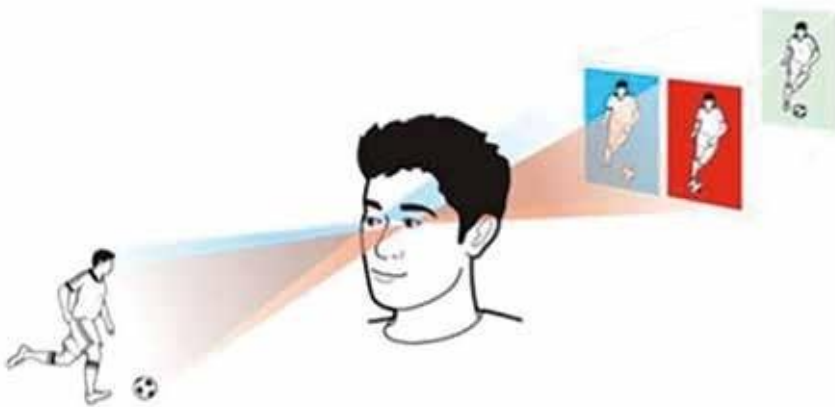


Figure 1 (b). Binocular disparity in detail (TOSHIBA, 2016)

Due to the different positions of our eyes, we see the objects from two different angles, in parallax. At the center of our field of vision we have the sobreposition of a part of the image. The small differences in the images that each eye sees are processed by the brain giving the impression of depth (figures 2a, 2b and 2c).

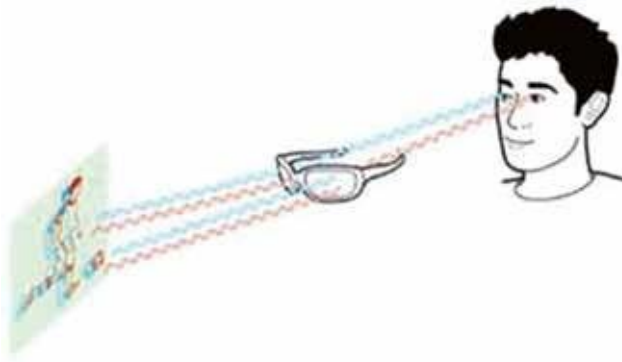
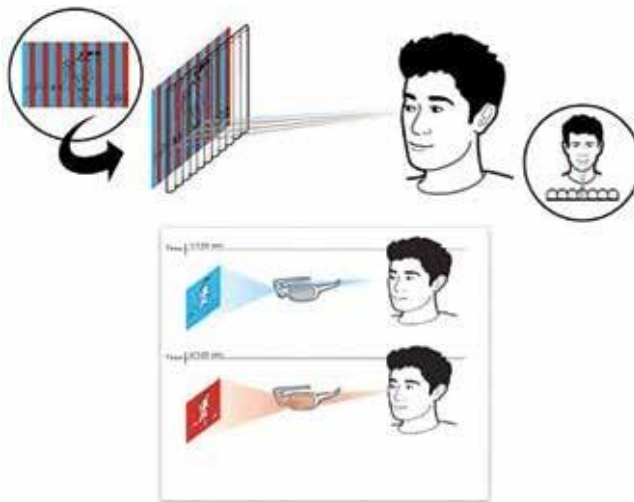


Figure 2 (a) Filtering a 3D image - cinema (TOSHIBA, 2016)



Figures 2 (b) and 2 (c) Principle of LCD TVs (TOSHIBA, 2016)

In a 3D movie theater, the screen shows the images shot from two distinct perspectives, each of them using light with a different polarization. Polarized glasses filter only one perspective for each eye. In movie theaters, the eyes need to be concentrated on the screen to see the objects in focus, but 3D effects can, instead, force the viewer to focus to a several meters in front of the screen. “Even with the best 3D kit in the world, it can still present conflicting perspective information” (Swain, 2010).

The instrument known as *The Lens* ensures that the two eyes see a computer image or screen in exactly the same perspective, where depth is not associated with binocular disparity, but rather with the brain, which assumes that it is viewing a distant 3D object instead of looking to a 2D image. As a result, the image is perceived as a window that the

viewer is looking at, and the details of images are interpreted as objects scattered across the landscape.

This perception, called the *synoptic view* (figure 4), manifests itself in any two-dimensional image, but is especially marked where there are other depth tracks. For example, the brain naturally assumes that an object in the 2D image is in the foreground, if it is large, or if it is far away, or, also, if it is small.



Figure 4 Synoptic vision (NEVES et al, 2017)

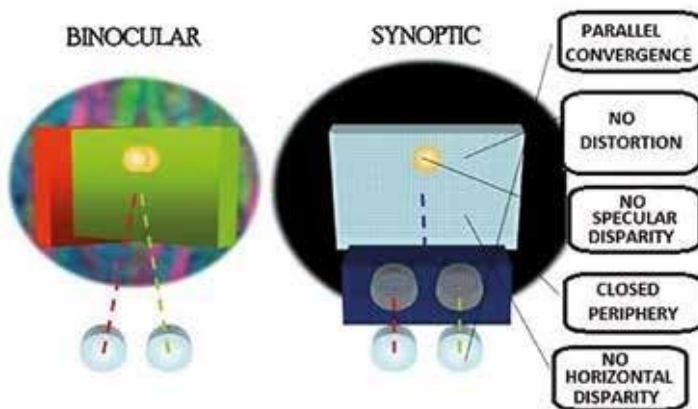


Figure 5 Binocular perspective *versus* synoptic vision – using the synopter (BLACK et al, 2006)

Black (2010) says in an interview with New Scientist Magazine (Swain, 2010) that the device also avoids the headaches associated with other 3D technologies. In cinemas, the view must be constantly directed on the screen to find the focus of the objects, presenting conflicting perceptual information. Already, the Black's device there is no type of filter, not requiring to the viewers an effort to find the focus. Instead, they can focus

naturally any object in the image, using other features such as object size, and “deciding” how deep they take up. Using the synopter, it is possible to see images of wide sizes, varying the distance and the field of view. Black et al (2006) states that “by disabling conflicting information, we can enjoy the scene in the same way that the artist wanted to portray” (Swain, 2010).

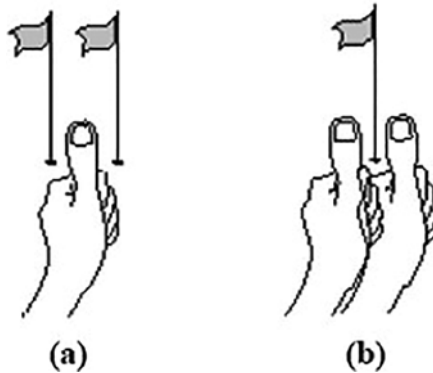


Figure 6.a and 6b Perceptual conflict (focus) (IMAGEM, 2016)



Figure 7. Flag for practical experiment (SHOP, 2016)

The conflict in obtaining a focus can be given by the following experiment: aligning the thumb of the left hand with a flag and the nose and focusing on the finger, it would be seen the flag “divided” (like two images), one for each eye (close one eye and open the other and then reverse), as shown in Figure 6a. Now converging the vision for the little flag, the view that will have with the two eyes open is shown in Figure 6b - the thumb is now seen as two. Currently the device is still a prototype, but Black et al (2006) hopes that its synoptic viewer will one day be incorporated into existing 3D systems. “I think 3D is impressive right now, but with that we’ll be significantly closer to reality simulations” (Swain, 2010)

## Da Vinci Studies and the Dutch Synopter

Among the Leonardo da Vinci studies, we find detailed anatomical studies of Leonard's vision and understanding the process of image formation (figure 8) [Neves et al, 2017].

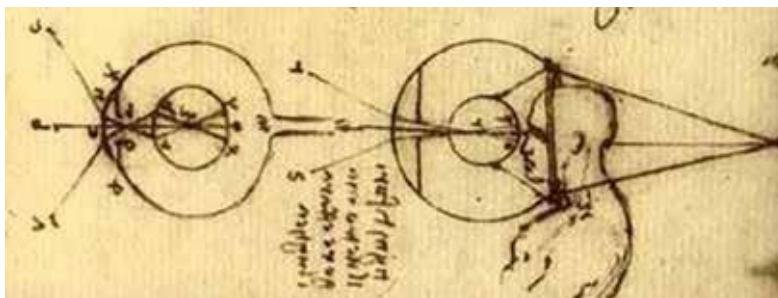


Figure 8. Studies on the vision of Leonardo da Vinci. (NEVES et al, 2017)

Due to the invention of so-called *Google glasses*, a digital device that could be used as a glasses, it was widely divulgated around the world by the web that the Italian ge- nius Leonardo could have anticipated this idea (Figure 9). It was attributed to a certain Dr. Burt Wilde of the University of Illinois the discovery, among the da Vinci manuscripts in the Ambrosian Library, that Leonardo could have anticipated the invention of a glasses that could retrieve the visual memories of places and their three-dimensionality (Figure 9). However, it was all a joker of April 1, 2013 conducted by Mashable'ssite(Ulanoff,2013).



Figure 9. The sketches of Da Vinci with the false insertion of a prototype of Google glasses. (ULANOFF, 2013)



However, virtual reality glasses are present today in the everyday entertainment technology, in the technology popularized by Cardboard Google Glass. In a similar vein, researcher Maarten Wijntjes, from the Delft University of Technology in the Netherlands, resurrected the old idea of the synopter but in a cardboard construction (Figure 10). The glasses use the binocular vision creating the false effect of three-dimensionality for drawings and, especially paintings (Wijntjes, 2016). The glasses were also presented at the *VI Paranaense Art-Science Workshop* and *4th International Meeting on Art-Science* held at the State University of Ponta Grossa (Brazil) by a paper sent by Prof. Wijntjes as a speech of his invention, and other realized by the group of the Tutorial Education in Physics.



Figure 10. Cardboard Synopter - designed by Maarten Wijntjes (2016)

## Conclusion

The effect created by the use of the synopter is very real and induces a complete immersion sensation that enhances the experience of seeing, for example, a masterpiece in a Museum. The materials are easy to obtain: using lenses with short focal lengths, that can be replaced with Fresnel lenses (plastic), and the semi-transparent (diagonal) mirror that can be replaced with low-cost car rear-view mirrors, the synopter becomes a hands-on optical instrument to reconstruct the three-dimensional world painted by artists.

The use of devices, through geometrical optics, is welcome in the experimental Physics' teaching, since the classes are restricted almost exclusively to a theoretical and tedious treatment, using mnemonics as a technique of assimilation of image formation, without no real-world connection to lenses and mirrors. The synopter is therefore a great aid to the understanding the process of imaging, using geometric optics and the concepts of reflection,

refraction and transmission of light, besides being essentially inter and transdisciplinary learning, linking inexorably art and science and arousing interests in several areas of knowledge.

## References

Black, R., Patel, J., Latto, R. Lawson, R (2006). "Spot more differences with a synopter: reducing inter-ocular disparity increases

## Diálogos interdisciplinares Arte-Ciência

O presente capítulo é uma mostra visual da disciplina de mesmo nome ministrada no curso de Licenciatura em Artes Visuais da Universidade Estadual de Maringá (UEM). A disciplina anual foi ofertada nos últimos cinco anos e varreu temáticas que vão da anamorfose, trabalhos de Leonardo da Vinci, Sociedade Lunar aos Filmes de Fantasia e Ficção Científica. Em relação à estes últimos foi celebrado o cinquentenário de quatro grandes obras da literatura e da filmografia mundial: “2001, Uma Odisseia no Espaço”, “Solaris”, “Planeta dos Macacos”, “Blade Runner” (o filme não tem 50 anos, mas a obra literária que lhe deu origem, sim: “Sonham os Robôs com Ovelhas Elétricas?”).

Como a disciplina possui um website público para mostra e avaliação, o presente capítulo fará somente uma mostra aleatória e fotográfica de algumas das obras produzidas nestes últimos cinco anos. Para ter acesso a todas as obras e análises, consulte: [www.dialogosarteciencia.blogspot.com.br](http://www.dialogosarteciencia.blogspot.com.br) .



Variações sobre o Túnel do Tempo e Star Wars



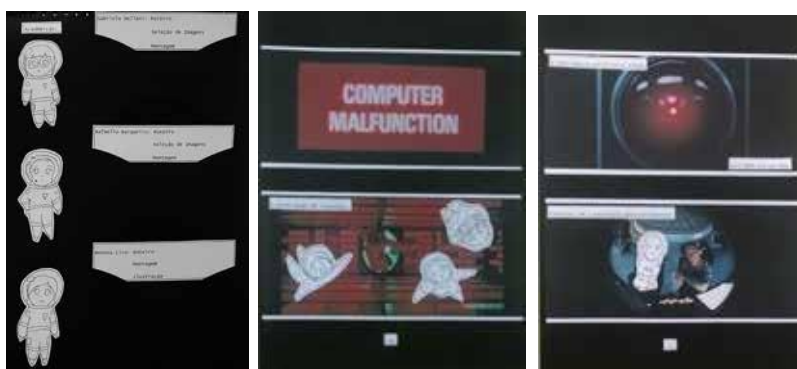
A conquista da Lua



Variações sobre o Tunel do Tempo e Star Wars



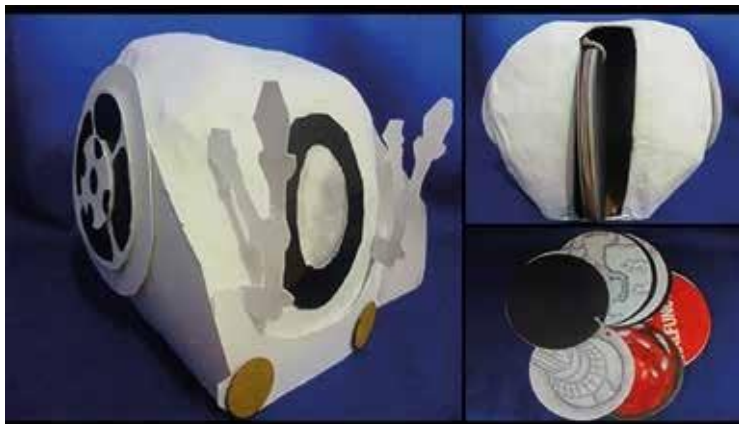
Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço



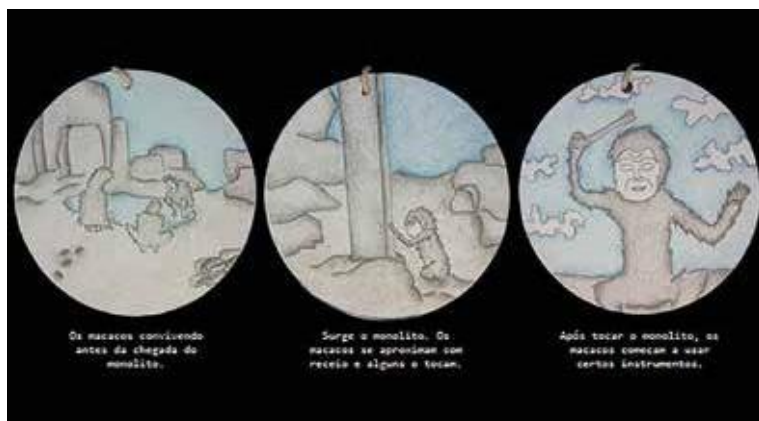
Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço



Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço



Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço

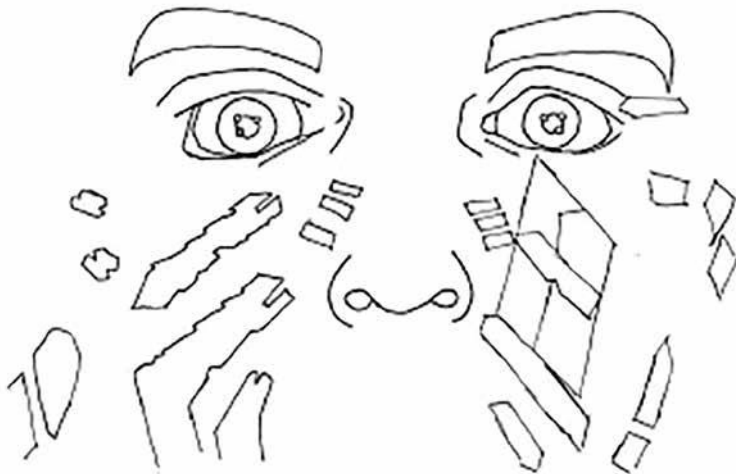


Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço

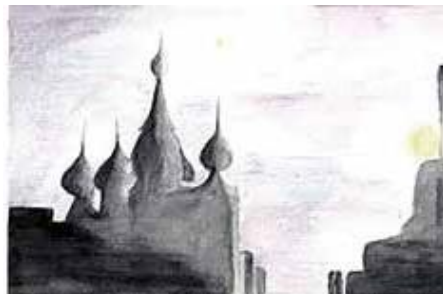
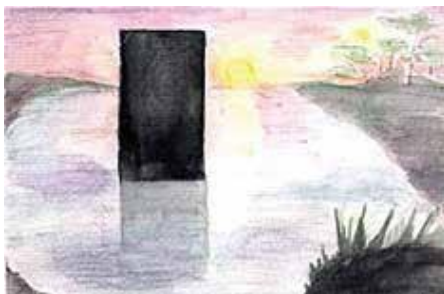


Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço



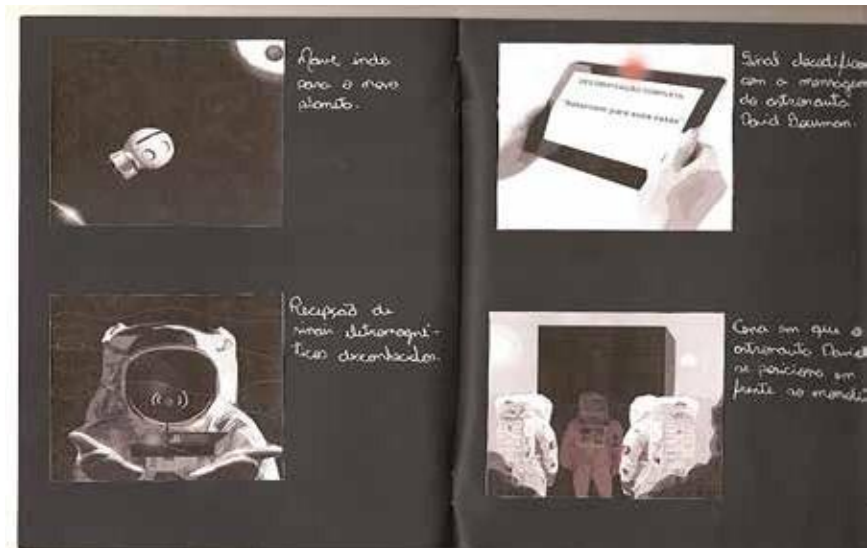
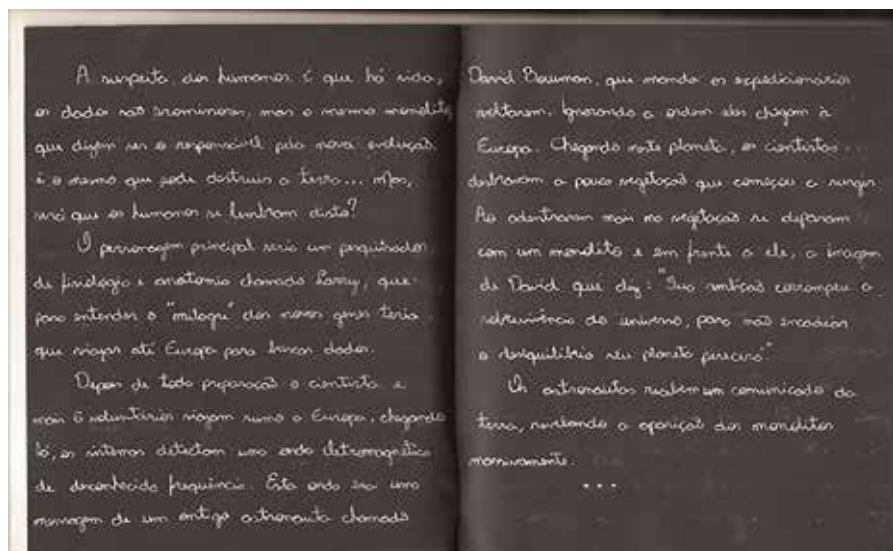


Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço



Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço





Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço

Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço

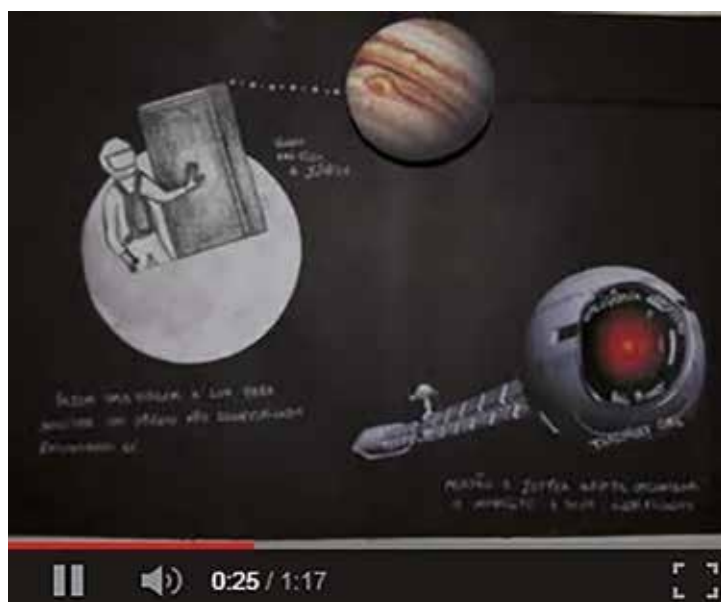




Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisséia no Espaço



Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço





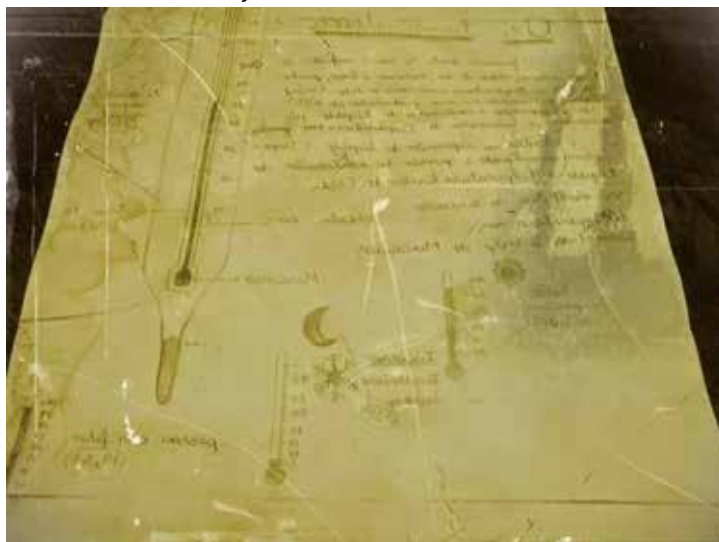
Produção verbo-visual sobre 2001, Uma Odisseia no Espaço



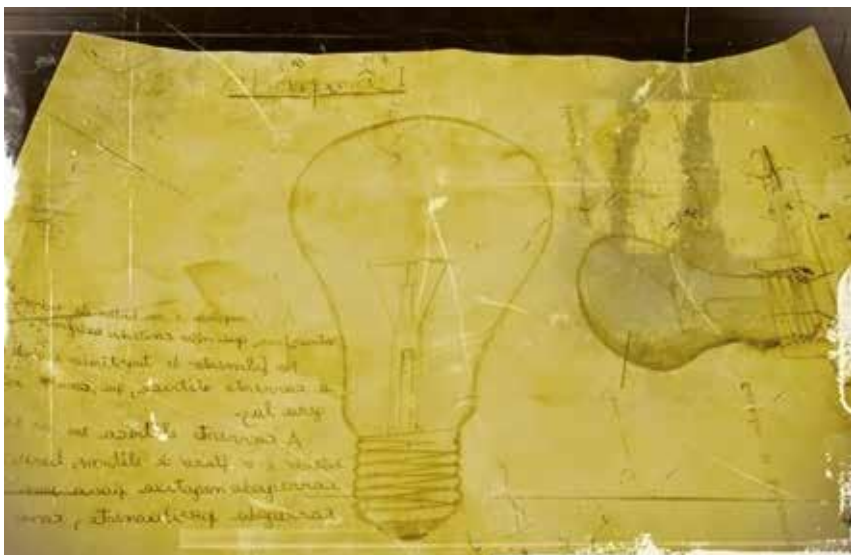
Discussão sobre o filme *Non Ci Resta che Piangere*



Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci



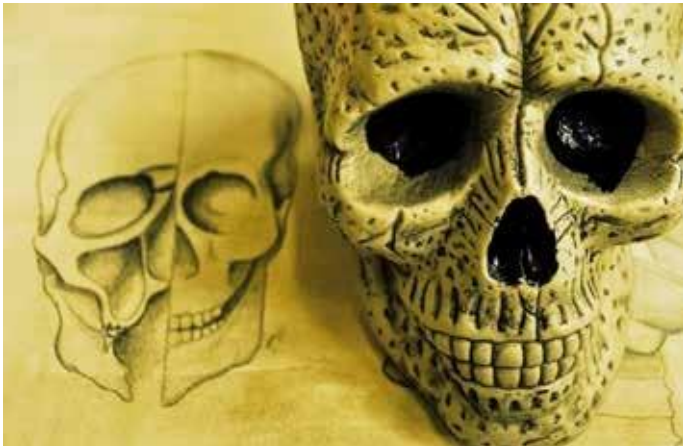
Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci – o termômetro



Variações sobre Leonardo da Vinci





Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci

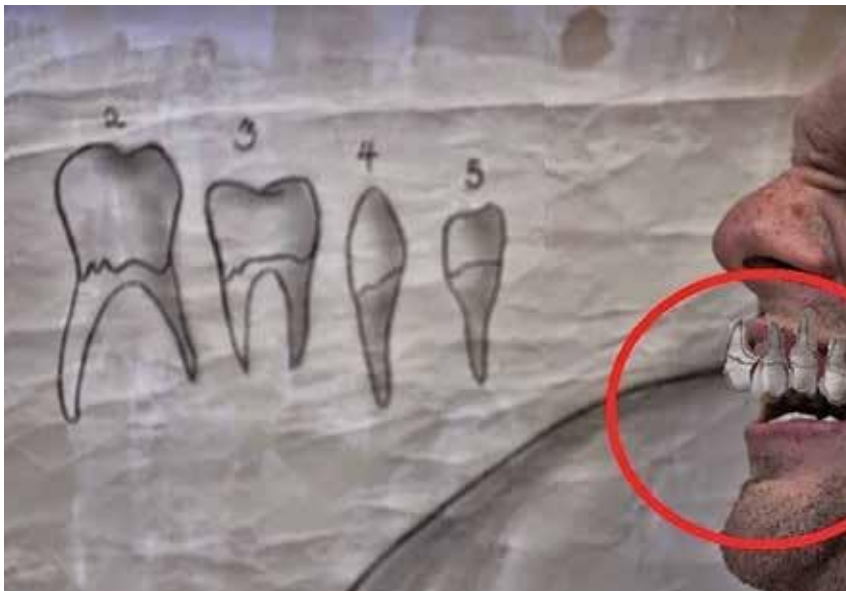


Variações sobre Leonardo da Vinci

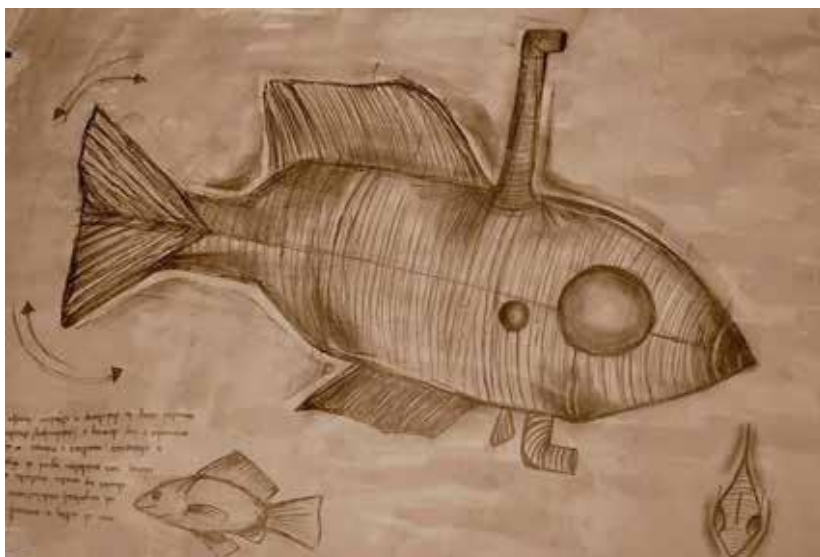


Variações sobre Leonardo da Vinci





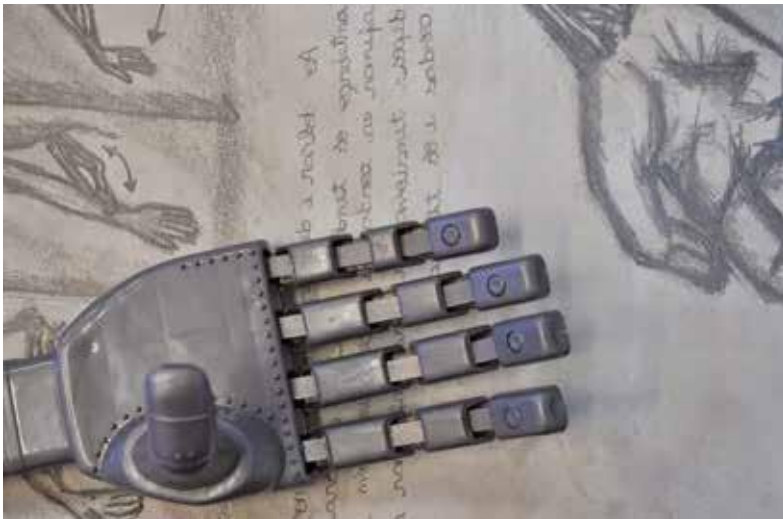
Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci



Variações sobre Leonardo da Vinci



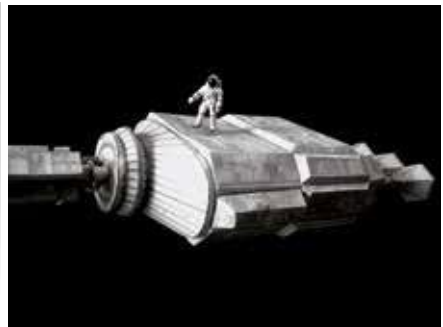
Estudo sobre “O Planeta dos Macacos”



Estudo sobre “O Planeta dos Macacos”



Estudo sobre a arquitetura interna da nave em 2001, uma Odisseia no Espaço.

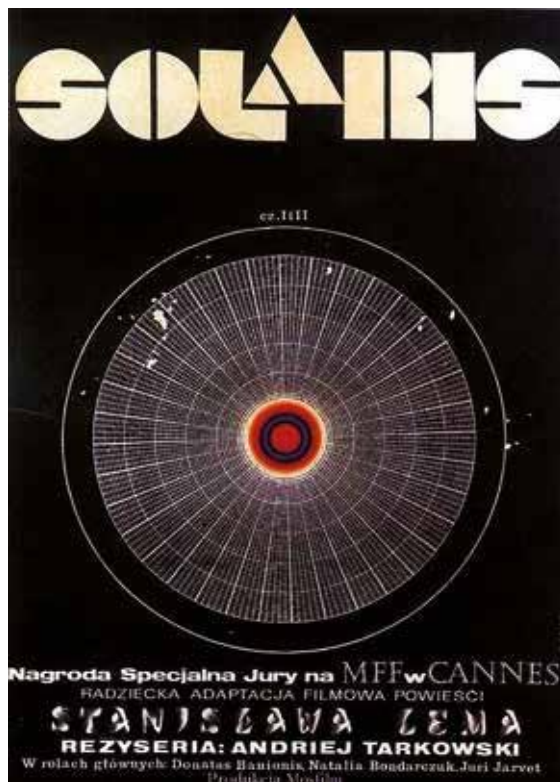


Estudos fotográficos sobre 2001, uma Odisseia no Espaço



Estudos fotográficos sobre 2001, uma Odisseia no Espaço





Solaris

# Creativity in the Arts and Science<sup>1</sup>

William R. Shea<sup>2</sup>

Only a very rash person would attempt to define creativity in either the arts or science, let alone in both. There is no known recipe for creativity, no magic formula that opens the sluices of originality and guarantees a steady flow of new ideas and fresh insights. Indeed we do not even know whether creativity is all of a kind and whether it can be meaningfully discussed under one general category. All we can legitimately do is describe creativity as it is manifested in various fields of human endeavour, from the creation of a beautiful poem to the invention of a new scientific theory. We tackle this problem in the first part of this article; in the second, we take a closer look at artistic and literary representation of science in Europe from the Renaissance to the Age of Romanticism, and, in the third part, we examine the current state of affairs.

## Part I: Creativity

Creativity in the sciences is associated with simplicity, beauty and elegance. It would seem, in short, to be a quality that is best described in the language familiar to the arts, and in attempts such as those made to explain the emergence of a poetical utterance. In his *A Course in Poetics*, Valéry muses on the mysterious and yet imperious urge to write poetry:

Everything I have said so far can be summed up in these few words: a work of the mind exists only in action. Outside of its action nothing is left but an object that presents no particular relation to the mind. Transport a statue you admire to a country sufficiently different from ours, and it turns into a meaningless stone; a Parthenon into nothing more than a small marble quarry. And when a piece of poetry is used as a collection of grammatical difficulties or illustrations of rules, it ceases immediately to be a work of the mind, since the use that is made of it is utterly alien to the conditions under which it came into being, while at the same time it is denied the consumption value that gives it meaning.

A poem on paper is nothing but a piece of writing subject to all the uses to which such writing can be put. But among all its possibilities there is one, and only one, that creates the conditions under which it will take on the force and form of action. A poem is a discourse that demands and induces a continuous connection between the voice that is and the voice that is coming and must come. And this voice must be such as to command a hearing, and call forth an emotional state of which the text is the sole verbal expression. Take away the voice—the right voice—and the whole thing becomes arbitrary. The poem becomes a sequence of signs, connected

---

1 Publicado na revista Arte-Ciência: A Brazilian Review of Art-Science ISSN 978-85-8017-076-4. Revista on line ARTSCI, volume 1, número 1, 2014.

2 Visiting Scholar Max Planck Institute for the History of Science, Berlin, Germany.

only in the sense that they are traced one after the other. In a less academic tone of voice, A.E. Housman gives a more personal account of the creative process:

Having drunk a pint of beer at luncheon—beer is a sedative to the brain, and my afternoons are the least intellectual portion of my life—I would go out for a walk of two or three hours. As I went along, thinking of nothing in particular, only looking at things around me and following the progress of the seasons, there would flow into my mind, with sudden and unaccountable emotion, sometimes a line or two of verse, sometimes a whole stanza at once, accompanied, not preceded, by a vague notion of the poem which they were destined to form part of. Then there would usually be a lull of an hour or so, then perhaps the spring would bubble up again. I say bubble up, because so far as I could make out, the source of the suggestions thus proffered to the brain was an abyss which I have already had occasion to mention, the pit of the stomach. When I got home I wrote them down, leaving gaps, and hoping that further inspiration might be forthcoming another day. Sometimes it was, if I took my walks in a receptive and expectant frame of mind; but sometimes the poem had to be taken in hand and completed by the brain, which was apt to be a matter of trouble and anxiety, involving trial and disappointment, and sometimes ending in failure. I happen to remember distinctly the genesis of the piece which stands last in my first volume. Two of the stanzas, I do not say which, came into my head, just as they are printed, while I was crossing the corner of Hampstead Heath between the Spaniard's Inn and the footpath to Temple Fortune. A third stanza came with a little coaxing after tea. One more was needed, but it did not come: I had to turn to and compose it myself, and that was a laborious business. I wrote it thirteen times, and it was more than a twelvemonth before I got it right.

An original thinker gets his facts straight or, rather, he straightens out the facts to show how they can be fitted into a coherent whole. The order that rescues facts from their apparently arbitrary occurrence is a creation of the human mind. Before Newton, the fall of an apple and the motion of the moon were disparate events. With the advent of the theory of gravitation, they were recognized as obeying the same laws, and belonging to the same class of phenomena. Likewise, electricity and magnetism were unrelated until Maxwell brought them (and light as well) under his newly invented category of electromagnetic waves. Facts are gathered under the guidance of some organizing principle. The collection of data is a discriminating activity, like the picking of flowers, and unlike the action of a lawn-mower. What flowers are chosen and how they are arranged in a bouquet is ultimately a matter of taste, but a taste that is informed by a method, however tacit. Even a machine cannot order facts without being told how to classify them, be it in as simple and straightforward a way as following the letters of the alphabet. Facts only speak when interrogated, and they always reply in the language in which they are spoken to.

The art of memory and the mnemotechnics, which were so popular in the Middle Ages and the Renaissance, are related to efforts to master creativity. They rested on the invention of ways of relating sequences of images to series of concepts. These strategies worked for persons who had a sufficiently vivid imagination to construct a spatial network that could accommodate abstract ideas, but the phe-



nomenal retention of words, catalogues, even entire encyclopedias was usually more monstrous than creative. Several instances of feats of memory, not unlike ease in making sums or products, turned out to be associated with very modest I.Q.s, and sometimes with glaring intellectual deficiencies. We can be crushed by the burden of data, or locked into too rigid a way of organizing them. The information that we glean from the world is of little use unless it can be made to fit a pattern. In an often-quoted passage, Sir Lawrence Bragg, the only physicist to have shared a Nobel Prize with his father for their joint work on analyzing crystals with x-rays, remarks that the essence of science “lies not in discovering facts, but in discovering new ways of thinking about them”.

Facts are reticent to come forward, to step onto the scene unless solicited by theory. The German astronomer, Johann Galle, would never have observed the planet Neptune if Urbain Le Verrier had not told him where to look for a body that the Newtonian theory of the gravitation claimed had to be there to account for anomalies in the path of the planet Uranus. Creativity is always a leap, but it is seldom a leap in the dark. It is usually a well-measured jump into a bright patch that is illuminated by theory. The telescope may be the supreme fact-finder but the Copernican revolution was made before, not after, the telescope was invented. The Polish astronomer did not stop the sun in its course and launch the earth into space because he made new observations, but because he felt that the old facts made more sense and, hence, became new facts, in the light of his hypothesis. The theory itself was advocated on the grounds that it provided a more “elegant” or “beautiful” framework for the available data. Likewise, Harvey’s profoundly revolutionary discovery of the circulation of the blood was made before the invention of the microscope. Harvey was emboldened to conjecture that the blood passes from the arteries to the veins through *invisible* capillaries because he believed that natural phenomena are largely cyclical, and that perfect and enduring motions are circular. It was only some fifty years after he published his theory that the capillaries were actually observed by Malpighi. By that time, Harvey’s theory was solidly entrenched in medical textbooks.

Einstein’s special theory of relativity, published in 1905, did not rest on new data, although it is often assumed that it was devised to explain the outcome of an experiment carried out in 1887 by the American scientists Michelson and Morley, who measured the speed of light and found that it was the same whether light travelled in the direction of the earth or in the opposite direction. Actually, Einstein had been wrestling with the paradoxes of current electromagnetic theory, and “harmonizing” them before he heard of the Michelson-Morley experiment. His brilliant assumption, that the speed of light is constant and that simultaneity is relative, produced such marvelous results that when further and more sophisticated experiments showed in 1925 that the speed of light was not constant, little attention was paid to them beyond saying that the evidence was almost certainly wrong.

One of the greatest physicists of the twentieth century, Paul Dirac, was fond of emphasizing that new facts alone neither make nor destroy a theory. Commenting upon Schrödinger’s famous wave equation of the electron, he wrote: “Schrödinger got his equation by pure thought, looking for some beautiful generalization . . . not by keeping close to the experimental developments on the subject”. The Cambridge historian, Herbert Butterfield, makes the same point at the beginning of his influential book, *The Origins of Modern Science 1300-1800*:

We shall find that in both celestial and terrestrial physics—which hold the strategic place in the whole—change is brought about, not by new observations or additional evidence in the first instance, but by transpositions that were taking place inside the minds of the scientists themselves. Of all forms of mental activity, the most difficult to induce even in the minds of the young, who may be presumed not to have lost their flexibility, is the art of handling the same bundle of data as before, but placing them in a new system of relations with one another by giving them a different framework, all of which virtually means putting on a different kind of thinking-cap for the moment. It is easy to teach anybody a new fact about Richelieu, but it needs light from heaven to enable a teacher to break the old framework in which the student has been accustomed to seeing his Richelieu.

The lesson from all this is drawn, in a modern context, by Dirac:

I think there is a moral to this story, namely that it is more important to have beauty in one's equations than to have them fit experiment. If Schrödinger had been more confident of his work, he could have published it some months earlier, and he could have published a more accurate equation. It seems that if one is working from the point of view of getting beauty in one's equations, and if one has really a sound insight, one is on a sure line of progress. If there is not complete agreement between the results of one's work and experiment, one should not allow oneself to be too discouraged, because the discrepancy may well be due to minor features that are not properly taken into account and that will get cleared up with further developments of the theory.

Mathematicians use analogous language. "The mathematician's patterns, like the painter's or the poet's, must be *beautiful*, the ideas, like the colours of the works, must fit together in a harmonious way. Beauty is the first test, there is no permanent place in the world for ugly mathematics", wrote G.H. Hardy in his classic, *A Mathematician's Apology*.

## **Part II: Artistic and literary representation of science in Europe from the Renaissance to the Age of Romanticism.**

European civilization can be characterized by its Greco-Roman heritage, its Judeo-Christian tradition and, last but not least, its scientific outlook, which has become the hallmark of all industrialized societies. Indeed of all the products that Europe exported to the rest of the world, the scientific method is the most prized and the most popular. Whereas Western democracy has met with only a qualified success, Western science has become part and parcel of the way of thinking and, increasingly, of the way of life of every nation on earth.

Science, as we know it, plunges its roots in the remote past and is the fruit of the rational breakthrough that occurred in Ancient Greece and gave rise to our explanation of physical events in naturalistic rather than animistic, symbolic or religious terms. Around the seventeenth century, this interpretation of nature took a bold leap forward in what has come to be called the Scientific Revolution, a movement that rap-

idly spread throughout Europe and helped to fashion our contemporary world-view, not only in laboratories but in society at large. Some of the artistic and literary representations of this new science during the period that runs roughly from the Renaissance to the Age of Romanticism will help us understand the historical genesis of our way of looking at the world. It will also show how art and science are interwoven, and how cultural patterns condition and are, in turn, shaped by scientific developments. If we are to make rational choices about the future, we must be aware of our history, and grasp why science and technology have given rise to great hopes, but also to a feeling of dread and occasional despair.

## The Renaissance Engineers

A major feature of the scientific method that was developed in Renaissance Europe is the assumption that the universe can be understood on the analogy of a machine. This was rendered possible by the mathematization of the conceptual tools used to interpret nature, but mathematics alone would not have sufficed. Arithmetic and geometry enhanced the understanding of machines as sources of power; they did not create them. From the Middle Ages onwards, technology made steady if unspectacular progress and acquainted an ever-increasing number of people with the benefits of machines, thereby creating the intellectual climate for the mechanization of the world-picture.

The first complex machine to become a public attraction was the mechanical clock. By the fourteenth century, it had become very common and was often a matter of civic pride. The most famous was built in Strasbourg in 1354 and featured a cock that stretched its neck, flapped its wings and crowed. Around 1480 spring-driven clocks were introduced, and before the end of the century portable versions—too large to be classed as watches today—were available. Clock-making demanded great accuracy of workmanship and set new standards of precision. When allied to the skill of the millwrights and the builders of other power-driven machinery it opened the door to a new technological age.

The growing interest in machinery is illustrated in the writings and the splendid illustrations of Renaissance engineers such as Leonardo da Vinci (1452-1519) and Francesco di Giorgio Martini (1439-1501). By the time Montaigne went on an extended tour of Switzerland, Southern Germany and Italy in 1580-1581, it had become fashionable to be on the lookout for technological innovations, especially if they had entertainment value. In his *Journal de voyage*, Montaigne notes practical devices for hoisting and distributing water, and he particularly admired the fine display of fountains and waterfalls at the Villa d'Este in Tivoli. He comments enthusiastically on the hydraulic organs that played music to the accompaniment of the fall of water, and devices that imitated the sound of trumpets. He relates how birds began to sing and how, when an owl appeared on a rock, the bird-song ceased abruptly. The rest of Europe sought to emulate Italian achievements, and the King of France, Henri IV, borrowed from Ferdinand I, the Grand Duke of Tuscany (1551-1609), the services of Tommaso Francini and his brother, Alessandro, to design the waterworks at Saint-Germain-en-Laye. Their creations were to inspire Descartes, who either saw them personally or read about them in Salomon de Caus' illustrated *La raison des forces*

*mouvantes avec diverses machines tant utiles que plaisante saus quel lessont adjoints plusieurs desseings de grottes etfontaines*(Frankfurt, 1615).

## The Significance of Mining

The positive valuation of crafts was reinforced in the writings of a number of sixteenth-century authors on mining, on mechanics and on machines. The Sienese Vannoccio Biringuccio (1480-ca. 1538) wrote a treatise, *Pirotechnia*, on ores, assaying, and smelting that is remarkable for its freshness and self-confidence. Biringuccio stressed the openness of scientific knowledge and denounced the secret operations of alchemy as an impediment to progress. He emphasized the accurate crediting of authorship as a form of honesty, and he derided alchemists who concealed their ignorance behind a smokescreen of citations.

Georges Bauer, a physician working in the mining regions of South Germany, and known by the Latinized form of his name, Agricola, discussed various aspects of the extraction and preparation of metals in *De re metallica*, published in Basel in 1556. The sixth book, which deals with machines used in mines for pumping out water, ventilating the shafts and hauling up the ore, is the most lavishly illustrated section of the whole work. It caught the attention of the readers more than other parts that deal more strictly with the nature of the various metals and how they are to be worked. Biringuccio and Agricola were instrumental in changing a prevalent attitude towards mining and, hence, towards nature itself. Because the earth was considered a living being in Antiquity, the formation of metals was seen as the result of a long gestation in womblike matrices deep below the surface. This idea carried ethical implications for mining. In his *Natural History*, Pliny (23-79) warned against invading the womb of mother earth, and conjectured that earthquakes were her way of expressing her indignation at this violation. Ovid and Seneca also lamented the greed that made men pry into the bosom of the earth, a theme that is echoed in the two greatest epic poems in English: Edmund Spencer's *Faerie Queene* (1595) and John Milton's *Paradise Lost* (1667). Spencer laments the day when mining began:

Then 'gan a cursed hand the quiet wombe  
Of his great Grandmother with steele to wound,  
And the hid treasures in her sacred tombe  
With Sacrilege to dig . . . (Book II, Canto VIII)

Milton describes "bands of pioneers with spade and pickaxe" who, led by Mammon,

Ransacked the Center, and with impious hands  
Rifled the bowels of their mother Earth  
For Treasures better hid. Soon had his crew  
Opened into the Hill a spacious wound

## And diged out ribbs of Gold . . . (Book I)

Biringuccio and Agricola defended mining against these strictures. They argued that minerals and metals were blessings from heaven and that those who did not avail themselves of them wronged themselves and their fatherland. Just as a man catches fish out of the deep blue sea, so he hauls up bounty from the deepest recesses of the Earth. Biringuccio and Agricola did not make a frontal attack on the metaphor of the Earth as a nurturing mother, but their vindication of mining and their praise of machinery contributed to the demise of the organic model and prepared the rise of the mechanistic image that replaced it.

These technological developments provided an environment where natural philosophers had their attention directed to processes of artisans that they might otherwise have overlooked. Renaissance books on machines played a major role in this respect, especially Jacques Besson's *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques* (Lyon, 1578), Vittorio Zonca's *Novo teatro di machine et edificij* (Padua, 1607), and Agostino Ramelli's *Le diverse et artificiose machine*, which was published in a bilingual Italian-French edition in Paris in 1588. Besson's book has 60 plates, Ramelli's contains nearly 200 of exceptional quality. All these works are devoted to a wide public conscious of the benefits that better machinery could give them, and they are, especially Ramelli's, aesthetically attractive. Although the engineer's workshop was new territory for most of the illustrators, they rose to the challenge and produced drawings that are both pleasing to the eye and accurate in the rendering of technical details. The importance of illustrations in conveying a precise idea of the nature and functions of the parts of a machine is obvious, and it is surprising that these three great books should have appeared so late. The delay in publishing sketches of mechanical inventions may have something to do with a world that knew little of patents or copyrights, and in which inventors had no interest in publicizing their work for others to plagiarize.

Closely related to the growing interest in machines was the fascination with automata based or developed from models found in antiquity. When the Emperor Charles V abdicated in 1555 and retired to the convent of San Yuste he was accompanied by a staff of retainers among whom was Gianello Torriano of Cremona (ca. 1515-1585), who distracted the monarch with mechanical figures that simulated living human beings playing musical instruments, such as the lute. In Antiquity, the singing birds of Philo and Hero were motivated by compressed air or steam. An important innovation of the sixteenth century that made possible the reproduction of sound within a self-contained unit was the revolving pinned barrel or cylinder. The action of pins or pegs attached to the circumference of the cylinder or barrel could be transmitted some distance by means of simple levers as the cylinder revolved. If these levers were placed in contact with valves of organ pipes, the pipes would sound for as long as the pins continued to make contact with the levers. The device made possible the completely mechanical performance of automatic sounding instruments. One of the earliest applications of this invention was made in an organ clock and presented as a gift from Queen Elizabeth to the Sultan of Turkey in 1599.

## Heavenly Machinery

An unexpected triumph of instrumentation was the telescope which Galileo had the brilliant idea of pointing to the skies where he saw, among other novelties, mountains on the Moon, satellites around Jupiter, and hosts of new stars. Writers greeted this sensational news with a veritable flood of epigrams, eulogies, and encomia. Artists did not wish to be left out, and one of the most famous Italian painters of his day, Lodovico Cardi, known as Cigoli, decorated the vault of the Borghese Chapel in the Roman Church of Santa Maria Maggiore with a drawing of the Moon showing its mountains and craters.

Galileo himself wrote one of the first modern books of science that is a literary masterpiece. His *Dialogue on the Two Chief World Systems* is cast in the form of a lively discussion between a witty Copernican, a pedantic Aristotelian, and an allegedly independent observer who is half-converted to the new science. Never before had any critic of Aristotle been so gifted as a writer, so apt at convincing an opponent by the sheer brilliance of his presentation, and so masterful at laughing him off the stage when he refused to be persuaded. Galileo drew from the literary resources of his native Italian to convey insights and to stimulate reflection, but his style does not possess the bare factualness of the modern laboratory report or the unflinching rigor of a mathematical deduction. Words are more than vehicles of pure thought. They are sensible entities, and they possess associations with images, memories and feelings. Galileo knew how to use these associations to attract, hold and absorb attention. He did not present his ideas in the nakedness of abstract thought, but clothed them in the colors of feeling, intending not only to inform and to teach, but to move and to entice to action. He wished to bring about nothing less than a reversal of the 1616 decision banning Copernicanism, and the dialogue form seemed to him most conducive to this end. It is true that the written dialogue is deprived of the eloquence of facial expression and the emphasis of gestures, of the support of modulated tone and changing volume, but it retains the effectiveness of pauses, the suggestiveness of questions, and the significance of omissions. Galileo made most of these techniques, and he was imitated a generation later by another great writer, Fontenelle, who published his *Entretien sur la pluralité des mondes* in 1686. Widely acclaimed, this work was reprinted 32 times during the author's lifetime, and translated into Spanish, Italian, German, Dutch, Greek and Russian. In English it was so popular that five different translations, with numerous reprints, appeared between 1687 and 1929.

If enthusiasm was great, not everyone took it for granted that a glorious new age had been ushered in. For many, like the poet John Donne, the new science was a sign that nature was decaying in its old age. Soon after the publication of Galileo's telescopic discoveries, Donne wrote *An Anatomy of the World: the First Anniversary*, in which he expressed sentiments that were echoed among other poets:

So did the world from the first hour decay,  
That evening was the beginning of the day,  
And now the Springs and Sommers which we see,  
Like sonnes of women after fiftie bee.  
And new philosophy calls all in doubt,

---



The Element of Fire is quite put out;  
 The Sun is lost and th' earth, and no man swit  
 Can well direct him where to look for it.  
 And freely man confess that his world's spent,  
 When in the planets, and the Firmament  
 They seeke so many new; then see that this  
 Is crumbled out againe to his Atomies.  
 'Tis all in peeces, all cohaerence gone;  
 All just supply, and all Relation:  
 Prince, Subject, Father, Sonne, are things forgot,  
 For every man alone thinks he hath got  
 To be a Phoenix, and that then can bee  
 None of that kinde, of which he is, but hee.

What sealed the triumph of the new astronomy was the law of universal gravitation that Newton published in his *Principia* in 1687. Europe stood aghast at the discovery that the fall of an apple to the ground is governed by the same law that guides the planets in their course. This clearly demanded the Muses. They complied and Alexander Pope was moved to write his most famous epitaph:

Nature and Nature's laws lay hid in night:  
 God said, *Let Newton be!* and all was light.

For Lessing in Germany, Newton became the very embodiment of truth:

Die Wahr heit kam zuun sim Glanz her abgeflogen  
 Und hat in Newton die Mensch heit angezogen.

### **Celestial and Terrestrial Globes**

The new heavens and the new earth entered the *salons* and became an even more fashionable topic of polite conversation when geographers began producing globes that were both up-to-date and aesthetically pleasing. The work of the Venetian Vincenzo Coronelli is a case in point. In 1683 he astonished the Court at Versailles by constructing for Louis XIV two enormous globes, one celestial and the other terrestrial, each about 10 meters across. These grand, ornamental and expensive pieces were repositories of useful data but they were also meant to flatter the King who could afford them. Coronelli, who had a keen sense of publicity, founded the first geographical society in Western Europe, the *Accademia degli Argonauti*, essentially to ensure a wide distribution of his numerous works, over 138 in 3 decades. In its heyday the Academy numbered over 250 members throughout Europe with the Pope, the Emperor and the king of France at the head of the list. Only the heretical English were



conspicuously absent.

Coronelli incorporated recent geographical discoveries in his *Atlante Veneto*, which extended to 13 folio volumes. He used the recent explorations of the Frenchman La Salle (1640-1687) for his map of the Mississippi, and on those of the Dutch Van Diemen (1593-1645) for his description of the South Pacific. The reports of Portuguese missionaries enabled him to publish the first map of the Amazon, and a map of Abyssinia with a surprisingly good description of the Blue Nile rising in Lake Tsana. Coronelli went on to lay the foundations of an even greater project: his *Biblioteca Universale, Sacro-Profana, Antica, Moderna*, which was planned to fill 45 volumes plus 10 additional volumes of plates. In scale and concept it was a precursor of the *Encyclopédie* of Diderot by a margin of 50 years.

The cost and the manpower required to produce these beautiful volumes could become prohibitive. When Coronelli wanted to publish the illustrated manuscript, *La Storia del Mogol*, by Niccolao Manucci, a second Marco Polo of the seventeenth century, he was prevented by the Venetian booksellers who claimed that there were not enough engravers in the Republic to do the job. When Coronelli died in 1718, his brother Franciscans, who would rather perish than publish, sold the twelve hundred copper plates that had been used to illustrate his books for scrap. They then wrapped themselves into sleepy anonymity for another 80 years or so until Napoleon threw them out and turned the convent of the Frari into the Archivio di Stato.

## The Glorification of the Arts and Crafts

Whereas art in the seventeenth century was mostly intended as a glorification of religion, the state or the king, in the eighteenth century it began to pay greater attention to the investigation of nature and material reality. Nature is no longer a mere scenery or a convenient setting for something else but a source of interest in itself. The greatness of man is revealed in his interaction with the physical world, and he is praised for his ability to tame the wild forces of nature and harness them to make life easier. There is a shift from the *Wunderkammer*, a collection of curiosities over which man has no power, to the *cabinet d'histoire naturelle*, the forerunner of our laboratory where nature is put to the test and mastered. Manual work is rehabilitated and the social position of architects and engineers is on the rise. Technological advance is seen not only as a way of increasing the efficiency of labour but also of removing prejudice and enhancing general happiness. Riding, fencing and dancing are no longer the only elements of a sound education, and young people are taught something about natural philosophy. This they did in the best conditions with instruments of a quality unheard of in previous generations. One of these laboratories can still be admired in its original setting in the University of Coimbra where the Marquis de Pombal transferred the *cabinet* of the Royal College for Noblemen that had been created in Lisbon around 1766 for the Italian professor Antonio della Bella. The splendid instruments compare with the best ornamental art of the century. They were designed after the famous models that the Van Musschenbroek family had made for the University of Leyden.

The Académie des Sciences started around 1700 a vast collection of technical plates on the arts and crafts but made no serious attempt at publication until prodded by the success of the first volume of plates of the *Encyclopédie*, which came

---



out in 1762 and may be considered a watershed in the relations between science and society at large. When Diderot and D'Alembert embarked on their monumental project, they initially saw themselves as translating and improving upon Chambers' *Cyclopaedia*, but the title they chose, *Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, is revealing of their emphasis on *science in action*. In his influential *Le siècle de Louis XIV*, Voltaire hailed the *Encyclopédie* as the major achievement of the eighteenth century, "the repository of all the sciences and all the arts that have been developed as far as human skill will allow". Published over a twenty-year period beginning in 1751, the *Encyclopédie* ran to 36 volumes including the supplements and 11 volumes of plates, which numbered 2,900 in the folio edition. The huge success was due to a large extent to the number and quality of these plates. Never before had science and technology been illustrated with such lavishness. The editors borrowed from Chambers' *Cyclopaedia* and other sources, but much work was original. The scientific accuracy and the high precision of the drawings are among the highlights of the *Encyclopédie*. Although none of the engravers were famous, they entered into the spirit of the enterprise and did not limit themselves to a faithful representation of the instruments but showed how they could be used. The plates are usually divided into two parts. The bottom half provides a technical drawing of the tools while the upper part depicts a scene where they are being used. The eye is immediately attracted to these *tableaux* that illustrate the advances of technology in an aesthetically pleasing context. A striking feature of these picturesque representations is their glorification of manual work. But the mill is too pastoral, the workshop too clean, the craftsmen too young to speak of any attempt at realism. The world of technology is a haven of harmony and concord. Even the condition of miners, one of the harshest of the time, is presented as though free from stress or strain. The mechanical arts have become fine arts.

This seductive quality of technology is also found in paintings of the period. The Belgian Léonard Defrance painted impressive interiors of smelting works, and the Swede Per Hillestrom set up his easel in copper mines. But what they saw, they immediately idealized. Beautifully dressed visitors transform hard work into pure and painless spectacle. A good example of this is offered by the entries in the *Encyclopédie* that refer to printmaking. The plates showing etchers at work present a dignified, tranquil scene, clean, well-lit, spacious and orderly. The engravers are deeply engrossed in their task and go about their work with the solemnity of a new kind of priesthood. What is left out is the messiness, the dirt, and the clutter of the workshop. There is no sign of the roughness of the printer's life, and the accent is clearly on quality not quantity.

The *Encyclopédie* did not have an enormous run by modern standards: 2500 copies of the folio, and 8500 of the in-quarto. The wide dissemination of illustrations awaited a new image-producing technology: lithography. This planographic chemical process, in which the image is drawn on stone with a greasy substance called "touch", was invented by Alois Senefelder in Germany at the end of the century but it was only slowly introduced to the rest of Europe. Lithography made it possible for the first time in history to print easily and cheaply very large numbers of image from a single stone on which the image was drawn, rather than engraved or etched. As a technical innovation, it made the image a household item. It also enabled politicians and members of guilds, as well as anarchists and would-be artists, to plaster the walls

of buildings with every form of publicity or propaganda.

### The Romantic Reaction

The celebratory mood that greeted the new science was rarely broken until the end of the eighteenth century when the poet William Blake consigned the godlike Newton to a circle of hell deeper than any in Dante. The Romantic poets followed suit. In December 1817 a group of writers met in the studio of the painter Benjamin Haydon, who tells us in his diary how Wordsworth,

In a strain of humour beyond description, abused me for putting Newton's head into my picture; "A fellow," said he, "who believed nothing unless it was as clear as the three sides of a triangle." And then Keats agreed that he had destroyed all the poetry of the rainbow by reducing it to its prismatic colours. It was impossible to resist him, and we all drank "Newton's health, and confusion to mathematics.

Not long after this toast, Keats wrote the familiar lines in *Lamia*:

Do not all charms fly  
At the mere touch of cold philosophy?  
There was an awful rainbow once in heaven:  
We know her woof, her texture; she is given  
In the dull catalogue of common things.  
Philosophy will clip an Angel's wings,  
Conquer all mysteries by rule and line,  
Empty the haunted air, and gnomed mine—  
Unweave a rainbow . . .

The wheel of fortune has come full circle. Worshipped, almost deified by the Augustan poets for his successful explanation of the nature of light, Newton is now damned for destroying its numinous character. But science withstood this onslaught, partly because the image of the scientist as a solitary thinker appealed to the Romantics, but more importantly because science remained intelligible and useful. A note of discomfort had been introduced, however, and it continues to echo to the present day.

The Faustian motif lies just below the surface of European consciousness. With Goethe it becomes pervasive and strikes a note of despondency at the heart of human learning. After the prologue in heaven, Faust introduces himself in these words of despair:

Habe nun, ach! Philosophie, Juristerei und Medizin,  
Und leider auch Theologie

Durchausstudiert, mit Heissem Bemühn. Da steh ich nun, ich armer Tor,  
Und bin so klug als wie zuvor!  
Heisse Magister, Heisse Doktor gar,  
Und zieh schon an die zehen Jahr  
Herauf, herab und quer und krumm  
Meine Schüler an der Nase herum—

Und sehe, dass wir nicht wissen können! Das will mir schier das Herz verbrennen.

Faust's realization that his learning is futile does not lead him to a humble appraisal of himself. He feels superior to his colleagues, who still believe that progress lies along the path of reason, and he turns to magic, and eventually makes a pact with the Devil to quench his burning thirst for knowledge and power. The Romantics felt excluded from the spirit of the new science although they could not deny that it benefited mankind. The success of medicine, notably pasteurization and vaccination, ensured that science retained public support. Even the railway (against which Wordsworth railed) contributed to the alleviation of man's woes, not only by making travel faster and more comfortable, but by making people aware that human beings need not starve, and hence that they were morally responsible because they could do something about it. But a dark curtain had descended on many scientific projects where the use of increasingly sophisticated technology meant that the public progressively lost access to what was being done or attempted. Indeed, the *nature of the scientist* became less and less like the *nature of the common man*. This development was to worry Einstein, who warned, "I can think of nothing more objectionable than the idea of science [only] for scientists. It is almost as bad as art for the artists, and religion for the priests."

### Part Three: The Current Image of Science

What is the current image of the scientist? Is it akin to that of the apprentice sorcerer who unleashed untold misery upon himself and others by memorizing and using formulas that he did not understand? Is it tinged with the latent fear captured in *Frankenstein*, Mary Shelley's early classic of science fiction? Her monster still lives on our TV screens as the archfiend, and he is usually called Frankenstein. In the novel, however, Dr. Frankenstein is the scientist who pieces him together from living matter, and the creature has no name. It is not his innate malevolence, but his horrible appearance that causes people, including the person who made him, to flee in terror. It is the scientist's gross ineptitude and lack of responsibility for the work of his own hands that is the real cause of the creature's subsequent antisocial behavior. Confronted with his misdeeds, the creature pleads with Dr. Frankenstein:

Remember, that I am thy creature; I ought to be thy Adam; but I am rather the fallen angel, whom thou drivest from joy for no misdeed. Everywhere I see bliss, from which I alone am irrevocably excluded. I was benevolent and good; misery has made me a fiend. Make me happy, and I shall again be virtuous.

With this plea, the monster persuades Dr. Frankenstein to return to the lab-

oratory and make him a helpmate with whom he will retire to the wilderness of South America away from all humans. As Dr. Frankenstein is about to breathe life into the female of the new species, he is arrested by the vision of “a race of devils” that would overrun the earth and subjugate mankind. “Had I a right,” he asks, “for my own benefit, to inflict this curse upon everlasting generations?” Under the eyes of the monster who watches him through the window, he destroys her. Now all fury is unleashed, but the threat to mankind is averted.

In 1817, the first readers of this gothic tale considered it merely an ingenious method of producing a pleasurable *frisson*; in 1996, when scientists and their corporate sponsors argue before the courts their rights to patent new life forms (genetically engineered bacteria today, higher forms tomorrow), it has become a cautionary tale. Locating his own contribution along the continuous spectrum of scientific “progress”, Sigmund Freud saw his *psychological* revolution as the third major change in human consciousness, following upon the *cosmological* revolution of the sixteenth and seventeenth centuries, and the *biological* revolution of the nineteenth. The Copernican astronomy destroyed the notion that the Earth is at the centre of the universe and reduced man’s abode “to a tiny speck in a world-system of a magnitude hardly conceivable”; the Darwinian theory robbed him of the privilege of special creation and relegated him to a descendant of the animal kingdom; and, finally, Freud’s psychoanalysis informed him that he was not master in his own house, but only dimly aware of what was going on unconsciously in his own mind. The fourth revolution might be the “scientific” news that man is just a machine.

We cannot be oblivious to the question of saving our ourselves, for reasons analogous to those invoked in Samuel Butler’s novel *Erewhon* (*nowhere* spelt in reverse) published in 1872:

Man’s very soul is due to the machines; it is a machine-made thing; he thinks as he thinks, and he feels as he feels, through the work that machines have wrought upon him, and their existence is quite as much a *sine qua non* for his, as his for theirs. This fact precludes us from proposing the complete annihilation of machinery, but surely it indicates that we should destroy as many of them as we can possibly dispense with, lest they should tyrannize over us even more completely.

With Faust the literary image of the scientist was given a frightening and fiendish touch. Two centuries years later, literature paints science in the same hue. In 1984, George Orwell’s nightmarish vision of an oncoming reign of terror was discussed almost to the breaking point, but thousands of people continue to buy his novel each year. Aldous Huxley’s *Brave New World*, first published in 1932, is still on the reading list of large numbers of European students who probably do not realize that the title is a quotation from *The Tempest*, and is used by the author to contrast Shakespeare’s heroic individualism with the complacent gregariousness of the year 600 A. F., i.e. *After Ford* (or, perhaps, *After Freud*). The grim collectivism of tomorrow is symbolized in the drabness and uniformity of the city in which the novel is set: “A squat grey building of only thirty-four stories. Over the main entrance the words, CENTRAL LONDON HATCHERY AND CONDITIONING CENTRE, and, in a shield, the World State’s motto, COMMUNITY, IDENTITY, STABILITY”. In this new world natural child-bearing has been replaced by artificial child production. Ovaries and sperms still have to be delivered by living women and men, but one impregnated egg can be artificially hatched to

produce ninety-six identical clones. The development of the fetuses is determined chemically and psychologically, so that individuals are completely predestined socially. Words such as “born” and “parents” are obscenities. The greatest social virtue is stability. In order to implement this particular value the rulers have given top priority to research into methods of eliminating all personal interests. Sexual relations have been shorn of their dramatic and passionate character and trivialized. Drugs are available to prevent the body from going out of control. Children are taught not to fear death by visiting a gigantic terminal clinic with perfumed air-conditioning, TV sets at every bedside, synthetic music all over the place, and hundreds of drugged old people happily expiring.

The novel's dilemma, either totalitarianism or irrational primitivism, is too stark. But it is an effective way of stressing that technology has to be, not the goal to which every person must adapt, but a way of creating free and responsible individuals. *Brave New World's* paradise is based on social engineering, the worship of health and youth, and public control of knowledge. “His Fordship”, Mustapha Mond, one of the “controllers” of the World State, sums up the evolution of science and society since Ford's own day:

Knowledge was the highest good, truth the supreme value; all the rest was secondary and subordinate. True, ideas were beginning to change even then. Our Ford himself did a great deal to shift the emphasis from truth and beauty to comfort and happiness. Still, in spite of everything, unrestricted scientific research was still permitted. People still went on talking about truth and beauty as though they were the sovereign goods. Right up to the time of the Nine Years' War People were ready to have even their appetites controlled then. Anything for a quiet life. We've gone on controlling ever since. It hasn't been very good for truth, of course. But it's been very good for happiness.

When Europe is questioning the role of basic research and urging everyone to turn to applied (“happy”) science, does Huxley's vision of a science in bonds come a bit too close for today's reader? Herein lies our dilemma. The air we breathe is hardly more necessary than the technology on whose strength European civilization is built but too many of our citizens are uncomfortable with science. The problem is compounded because the industrialization of technology has led to the transformation of our daily lives, from fast food to instantaneous telecommunications. Our houses and our offices are full of more and more gadgets that we understand less and less, and our ignorance inhibits our ability to evaluate their real impact and to assess their ethical implications. Blind faith in the benign influence of science and technology has been waning at the very moment when they are encroaching more and more into our daily lives!

Some modern projects are so vast and call for such a variety of expertises that even the members of the scientific community can no longer embrace all their aspects. How is the funding for these mega-projects to be accounted for in terms that are intelligible to the citizens or their representatives? This at a time when everyone has suddenly become morally accountable: the *engineer*, who is told that it is not enough to design an efficient plant, as he has been trained to do, but that he must gauge its impact on the environment, for which he has no training whatsoever; the *administrator*, who is asked to consider the long-range consequences of computer-

ization on his personnel; the *manager*, who has to assess the social implications of automation in his factory; the *doctor*, who is faced with new ethical problems posed by a technology that enables him to initiate or prolong life almost at will; the *parents*, who have to decide what additives are acceptable in the food they give their children; and the *banker*, who is expected to respect privacy and to safeguard the computerized network from becoming a vehicle for fraud.

To whom or what are people to turn, since science can no longer be called a charismatic profession capable of training men and women to look at nature in an objective and self-detached way? While we wring our hands (at conferences or in the seclusion of our studies), the list of problems grows: more pharmaceuticals are discovered to have dangerous side-effects; the ozone layer is being depleted; our lakes and rivers become more polluted. The arts and the sciences must tackle these problems together. On the threshold of the twenty-first century, European scientists, artists and writers must learn to communicate and ponder the values and goods that can guide us not only in our quest for better jobs and better health but also towards a better understanding of ourselves and the world we live in.

---

Paul Valéry, "The Opening Lecture of the Course in Poetics" in *Aesthetics*, translated by Ralph Manheim in Valéry, *Collected Works*. New York: Pantheon Books, 1964, vol. 13, p. 100.

A.E. Housman, "The Name and Nature of Poetry" in *Selected Prose*, edited by John Carter. Cambridge: Cambridge University Press, 1961, pp. 194-195.

Quoted in Arthur Koestler, *The Act of Creation*. London: Hutchinson 1964, p. 233.

Paul Dirac, "The Evolution of the Physicist's Picture of Nature", *Scientific American*, May 1963, vol. 208, 5, p. 47.

Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science 1300-1800*, revised edition. Toronto: Clarke, Irwin & Co., 1968, pp. 1-2.

"The Evolution of the Physicist's Picture of Nature", *Scientific American*, May 1963, vol. 208, 5, p. 47.

G. H. Hardy, *A Mathematician's Apology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1967, p. 85.

See Marcos Cesar Danhoni Neves and Josie Agatha Parrilha da Silva, "Disturbing the Perspective: The New Post-Copernican Moon of Galileo and Cigoli", *Proceedings of the NPA Washington 2011*, vol. 8, no. 2, pp. 1-7.

English translation: "The truth came down to us in glory and took on humanity in Newton".

See Lorraine Daston and Katharine Park, *Wonders and the Order of Nature 1150-1750*. New York: Zone Books, 1998.

Benjamin Haydon, *Autobiography and Memoirs*, quoted in Marjorie Hope Nicolson, *Newton Demands the Muse*. Princeton University Press, 1966, p. 1.

English translation: "Now I have studied thoroughly and eagerly philosophy, law, medicine, and unfortunately also theology, but here I stand like a fool none the wiser. I bear the title of master and of doctor too, and I have led my pupils around by the nose for ten years seeing that we can know nothing. It is almost burning my heart to ashes".

Mary Shelley, *Frankenstein*. London: Dent (Everyman Library), 1979, p. 101.

Samuel Butler, *Erewhon*. London: Page, 1923, p. 247.

Aldous Huxley, *Brave New World*, first paragraph of chapter one. In the Penguin Modern Classics edition, p. 15. *Ibid.*, pp. 178-179.



# ASTRONOMY IN RENAISSANCE ART

Mario Livio<sup>1</sup>

The heavens have always been a source of inspiration for poetry, music and the visual arts. The first chapter of the biblical book of Genesis already talks about the creation of the Sun, Moon and the stars. The ancient Babylonian, Chinese, North European and Central American cultures all left records and artifacts related to various astronomical observations. It was only natural then, that at the end of Medieval times, with the first signs of the Renaissance (in the 14th and early 15th centuries), the heavens would start making an appearance in important works of art. One impressive demonstration of the interest in astronomy was in the great, Italian painter Giotto di Bondone's fresco Adoration of the Magi (Figure 1). The fresco was painted around 1305–06, and it features a very realistic depiction of a comet, representing the «Star of Bethlehem.» It is thought that the comet's image was inspired by Giotto's observations of Halley's Comet in 1301.

---

<sup>1</sup> Space Telescope Sciences Institute (which operates the Hubble Space Telescope), Baltimore, USA.  
\*MARIOLIVIO: is a senior astrophysicist at the Hubble Space Telescope Science Institute. He joined the Institute in 1991 as head of the Archive Branch, and also served as the Head of the Institute's Science Division. Prior to coming to the Institute, he completed his undergraduate studies (majoring in physics and mathematics) at the Hebrew University in Jerusalem, his M.Sc. degree (in theoretical particle physics) at the Weizmann Institute, and his Ph.D. (in theoretical astrophysics) at Tel-Aviv University. He was a professor of physics in the physics department of the Technion-Israel Institute of Technology from 1981 until 1991.

Mario came to his career in physics via a long and winding path. As Mario himself writes: "I was born in 1945 in Romania. When I was a few months old, both my parents had to flee Romania for political reasons, and I was left with my grandparents until the age of 5. In 1950, most Romanian Jews were pressured to leave, and I immigrated with my grandparents to Israel."

A love for astrophysics somehow emerged and persisted, with a special interest in the accretion of mass by black holes, neutron stars, and white dwarfs. In the past decade, Mario focused particularly on the topics of supernova explosions and their use in cosmology to determine the rate of expansion of the Universe, on the nature of "dark energy", on the formation of black holes and the possibility to extract energy from them, on the formation of planets in disks around young stars, and on the emergence of intelligent life in the Universe. Mario has published over 400 scientific papers.

In addition to his scientific interests, Mario is a self-proclaimed 'art fanatic' who owns many hundreds of art books. During the past few years, he combined his passions for science and art in five popular books:

- "The Accelerating Universe" (appeared in 2000), which discusses the 'beauty' of fundamental theories of the Universe.
- "The Golden Ratio" (appeared in 2002), which tells the story of an astonishing number.
- "The Equation That Couldn't Be Solved" (appeared in September 2005), which is the first extensive popular account of Group Theory – the language of symmetry.
- "Is God a Mathematician" (appeared in 2009), which discusses the question of why mathematics is as powerful as it is, in describing things ranging from the laws of nature to the properties of ordinary knots.
- "Brilliant Blunders" (appeared in 2013), which discusses major mistakes by five scientific giants.

Dr Livio lectures very frequently to the public. He has given more than 25 full-day seminars to the public at the Smithsonian Institution in Washington D.C, and numerous lectures at venues such as the Hayden Planetarium in New York, The Maryland Institute College of Art, The Cleveland Museum of Natural History, The Glasgow Planetarium, TEDxMidAtlantic, and many more.

He is also interviewed often in the media, including two appearances on "60 Minutes." Livio's book "The Golden Ratio" won him the "Peano Prize" for 2003, and the "International Pythagoras Prize" for 2004, as the best popular book on mathematics.

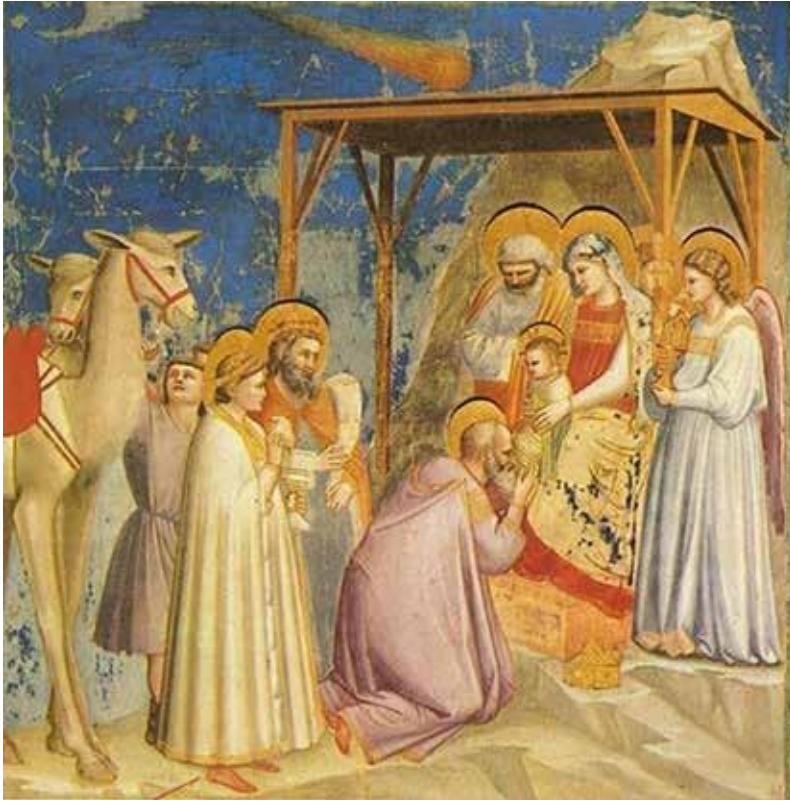


Figure 1. The Adoration of the Magi by Giotto di Bondone.  
From:Wikimedia Commons.

A second beautiful example of astronomy in art is provided by a famous illuminated manuscript. The three Dutch miniature painters known as the Limburg brothers created the *Très Riches Heures du Duc de Berry* book of prayers (Book of Hours), and it is currently considered to be one of the most valuable books in the world. The book was unfinished at the time of the death of the three brothers in 1416, and the work on it was completed by the painters Barthélemy van Eyck (possibly) and Jean Colombe (certainly). As Figure 2 shows, an attempt was clearly made to give an accurate representation of the night's sky, even including meteors.



Figure 2. Très Riches Heures du Duc de Berry by the Limburg brothers.  
From: Wikimedia Commons.

A third magnificent painting, the The Battle of Issus, by the German painter Albrecht Altdorfer (Figure 3), may be the first painting in which the curvature of the Earth is shown as seen from above, from a great height.

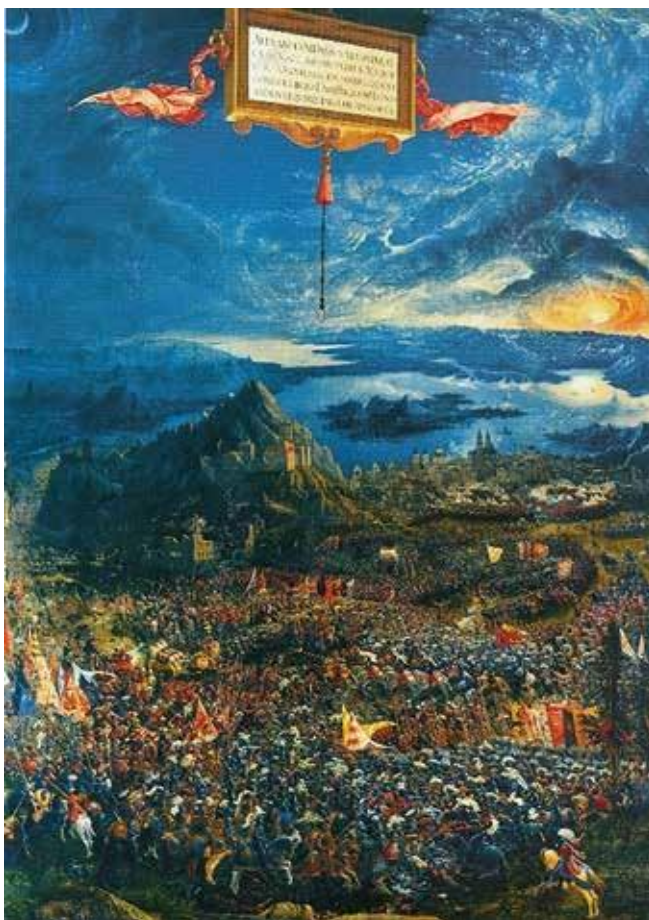


Figure 3. The Battle of Issus by Albrecht Altdorfer.  
From: Wikimedia Commons.

Finally, I find the illustration of the Ptolemaic geocentric model by the Portuguese cosmographer Bartolomeo Velho (Figure 4) extremely attractive. The illuminated illustration, Figure of the Heavenly Bodies, was created in France in 1568.



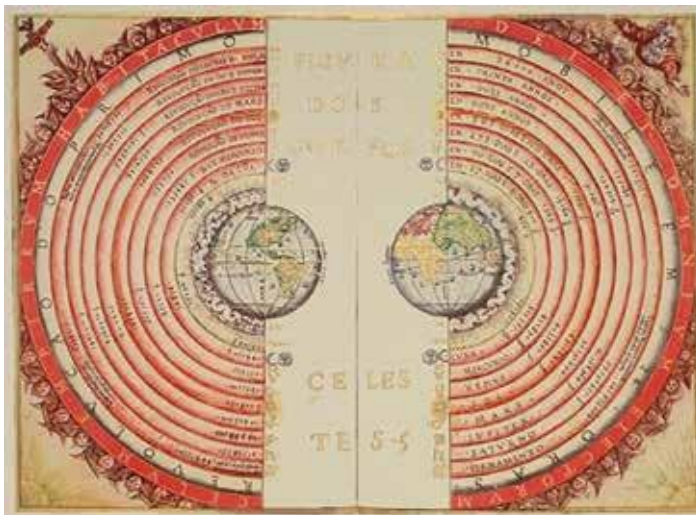


Figure 4. Figure of the Heavenly Bodies by Bartolomeo Velho.  
From Wikimedia Commons.

All of these works of art were being created shortly before or at a time when the Copernican revolution was about to forever change the view humans had of the cosmos and on their place within it. Far from being perfect and immutable, the heavens turned out to be part of an ever-evolving universe.

