



Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais -
PPGCTA

Cristiane Rabelo Santos

ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA MELHORES DESEMPENHOS
AMBIENTAIS NOS ESPAÇOS DE ENSINO: ESTUDO DE CASO NA
UFSB EM PORTO SEGURO

Orientador: Prof. Dr. Asher Kiperstok First

Co orientador: Profa. Dra. Márcia Rebouças Freire

PORTO SEGURO - BA

OUTUBRO – 2019

Cristiane Rabelo Santos

**ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA MELHORES DESEMPENHOS
AMBIENTAIS EM ESPAÇOS DE ENSINO: ESTUDO DE CASO NA UFSB
EM PORTO SEGURO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Asher Kiperstok First

Co orientador: Prof.^a. Dra. Márcia Rebouças Freire

PORTO SEGURO - BA

OUTUBRO– 2019

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia - Sistema de Bibliotecas

S237e Santos, Cristiane Rabelo

Estratégias de projeto para melhores desempenhos ambientais
nos espaços de ensino: estudo de caso na UFSB em Porto Seguro.
/ Cristiane Rabelo Santos. – Porto Seguro, 2019.
112 p.

Orientadores: Asher Kiperstok First, Márcia Rebouças Freire
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul da Bahia.
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias
Ambientais.

1. Conforto Ambiental. 2. Ecodesign. 3. Ecoeficiência. 4.
Infraestrutura Verde. 5. Energias Renováveis. I. First, Asher
Kiperstok. II. Freire, Márcia Rebouças. III. Título.

CDD: 363.70071

**ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA MELHORES DESEMPENHOS
AMBIENTAIS EM ESPAÇOS DE ENSINO: ESTUDO DE CASO NA
UFSB EM PORTO SEGURO**

Comissão Julgadora

**Prof. Dr.
Leonardo Evangelista Moraes
Universidade Federal do Sul da Bahia**

**Prof^a. Dra. Allivia Rabbani
Instituto Federal da Bahia**

**Prof^a. Dra. Maria Lidiane Marques
Instituto Federal da Bahia**

Aprovada em: 17/10/2019

Local da Defesa: Campus Sosígenes Costa – Porto Seguro - BA

Dedico este trabalho aos meus pais Manildes e Délia
Rabelo Santos e ao meu esposo Robert Helmut Stier

AGRADECIMENTOS

Agradeço o voto de confiança do prof. Dr. Asher Kiperstok por ter acreditado neste projeto de pesquisa, pelas reflexões críticas, quebras de paradigmas, pelo valioso acervo compartilhado com apoio da Suzete Menezes, Maria do Socorro Gonçalves do TECLIM, Laboratório de Tecnologias Limpas da UFBA através de conhecimentos sobre o Programa ÁGUAPURA, Programa de Uso Racional da Água. Muito obrigado pela dedicação em ter me orientado em um mundo, até então, novo para mim, a produção científica;

À Co orientação da prof.^a Dra. Márcia Rebouças Freire, Arquiteta Urbanista do Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal da Bahia e contribuições para extrair o máximo das práticas de projetos, retroalimentando a pesquisa, mantendo-a como um organismo vivo em constante aprimoramento. Gratidão pelo estímulo em registrar com maiores detalhes experiências profissionais voltadas à melhoria do desempenho ambiental das edificações;

Gratidão pelo apoio da equipe da Diretoria de Infraestrutura da Universidade Federal do Sul da Bahia pelas contribuições e compreensão em repartir demandas de trabalho durante o mestrado, pelas experiências e projetos compartilhados com a arquiteta Aline Argôlo e com o engenheiro Victor Porto; pelas contribuições do Fagner, coordenador do campus em estudo; pelas consultas sobre eficiência energética com os engenheiros Adinilson Oliveira, Ana Rita Barbosa, Carlos Araújo, Simon Delabie e consultores Luan Ferrari e Matthias Ogonovszky.

Pelas contribuições dos professores do PPGCTA UFSB/ IFBA: Allivia e Roberto Rabbani, Fabrício Zanchi, Jorge Costa, Lidiane Marques, Marcos Bernardes e Sebastião Cerqueira; pela confiança e apoio constante do prof. Leonardo Moraes em compartilhar aulas durante o “Estágio à docência supervisionado”, além da liberdade concedida de criar atividades de avaliação dos alunos na disciplina “Sustentabilidade é possível? Como Construí-la?”; pelas contribuições da USP e entrevistas nos campi Cidade Universitária (SP) e Campus São Carlos: Roberta Kronka Mulfärth, Tadeu Malheiros, Maria Olímpia Rezende, Flávio Marchesin (Sítio São João), Wilson Tadeu Silva (EMBRAPA SP), à Freie Universität Berlin pelas entrevistas, aprendizados e resultados compartilhados com o apoio do Andreas Wanke, Wolfgang Ackermann, Katrin Risch e Melanie Quiltz e ao prof. Arquiteto Phillip Vohlidka, docente da TUM pela apresentação do seu projeto Escola Energia Zero em Munique.

Agradecimento ao Arquiteto Carl von Hauenschild pelos ensinamentos e práticas de projeto, por visitar e conhecer o Projeto Bioclimático da Escola Waldorf Acalento de sua autoria, construída em Lauro de Freitas, Bahia;

Gratidão aos meus pais que me ensinaram a amar o estudo e me incentivam na pesquisa. Agradecimento especial ao meu esposo, Robert Helmut Stier por proporcionar vivências inesquecíveis, visitas às boas práticas nas universidades alemãs, pelas colaborações na pesquisa de campo, traduções de alemão para português e pelo constante apoio, me incentivando a acreditar que é viável implantar novas tecnologias ambientais no Brasil.

“O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente.”

Mahatma Gandhi (1860-1948)

SUMÁRIO

RESUMO	10
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	12
LISTA DE TABELAS E QUADROS	13
1 INTRODUÇÃO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 ECOEFICIÊNCIA	21
2.1.1 Ecologia Industrial/ Economia Circular.....	22
2.1.2 Infraestrutura Verde	24
2.2 BIOCLIMATOLOGIA APLICADA À ARQUITETURA E AO URBANISMO.....	25
2.2.1 Conforto Ambiental.....	26
2.2.2 Parâmetros Recomendáveis para Saúde e Boa Cognição	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 REVISÃO DE LITERATURA TÉCNICA	31
3.2 PESQUISA EXPLORATÓRIA EXPERIMENTAL: VISITAS E ENTREVISTAS	32
3.2.1 Vistas de Campo:	32
3.2.2 Entrevistas Semiestruturadas.....	33
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
3.3.1 Aspectos Físicos.....	35
3.3.2 Aspectos Botânicos e Ecosistêmicos.....	35
3.3.3 Aspectos Urbanísticos Ambientais	36
3.3.4 Aspectos Socioeconômicos.....	37
3.3.5 Aspectos Climatológicos.....	37
3.3.5.1 Condições Térmicas	37
3.3.5.2 Umidade e Precipitação Pluviométrica.....	38
3.3.5.3 Insolação Diária Média Anual	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 BOAS PRÁTICAS DE DESTAQUE	40
4.1.1 Projeto Escola Energia Zero para Stuttgart	40
4.1.1.1 Ecologia Industrial/ Economia Circular	40
4.1.1.2 Bioclimatologia Aplicada nos Projetos	41
4.1.2 Sistemas de Ventilação na TU Braunschweig: Lüftungskonzept während der Heizperiode publicados pelo prof. Ing. Fisch.....	41
4.1.2.1 Ecologia Industrial / Economia Circular	42
4.1.2.2 Infraestrutura Verde.....	42
4.1.2.3 Bioclimatologia Aplicada na TU Braunschweig: Sistema de Ventilação Lüftungskonzept Während der Heizperiode - Fisch, 2005.....	42
4.1.3 Projeto do Departamento de História e Estudos Culturais da FUB.....	43
4.1.3.1 Ecologia Industrial/ Economia Circular	43
4.1.3.2 Infraestrutura Verde.....	44
4.1.3.3 Bioclimatologia Aplicada nos Projetos	44
4.1.4 Universidade de São Paulo (USP)	45
4.1.4.1 Ecologia Industrial/ Economia Circular	45

4.1.4.2 <i>Infraestrutura Verde</i>	46
4.1.4.3 <i>Bioclimatologia Aplicada aos Projetos</i>	47
4.2 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS NAS UNIVERSIDADES ANALISADAS	48
4.2.1 Ecologia Industrial / Economia Circular	48
4.2.2 Infraestrutura verde	50
4.2.3 Bioclimatologia aplicada nos Projetos	50
4.2.4 Pedagogia do Exemplo, Gestão Ambiental, Parcerias e Conhecimento em Rede ...	52
4.2.5 Sistemas de Avaliação do Desempenho Ambiental	55
4.2.6 Indicadores de Desempenho Ambiental	56
4.3 DIAGNÓSTICO SISTÊMICO DO CAMPUS EM ESTUDO.....	57
4.3.1 Aspectos Positivos e Negativos	58
4.3.2 Potencialidades Locais	59
4.3.2.1 <i>Ecologia Industrial/ Economia Circular: No Campus Podem ser Adotadas Obras com</i> <i>Produções mais Limpas com Base no Princípio: “Aqui, Nada se Perde, Tudo se Transforma”</i>	59
4.3.2.2 <i>Infraestrutura Verde: O Plano Diretor do Campus Pode Preservar a Máxima</i> <i>Permeabilidade Necessária às Demandas Ecológicas para Preservar os Recursos Naturais</i> <i>e Reduzir Impactos Integrados</i>	60
4.3.2.3 <i>Bioclimatologia Aplicada aos Projetos</i>	60
4.4 DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS DE PROJETOS COM IMPACTOS REDUZIDOS	62
4.4.1 Diretrizes de Projetos de Impactos Reduzidos aplicáveis ao Sul da Bahia	63
4.4.1.1 <i>Ecologia Industrial/ Economia Circular</i>	63
4.4.1.2 <i>Diagnóstico Sistêmico Multidisciplinar</i>	63
4.4.1.3 <i>Planejar Infraestrutura com Impactos Reduzidos: Projetos Baseados na Ecologia</i> <i>Industrial/ Economia Circular, Infraestrutura Verde, Bioclimatologia</i>	64
4.4.1.4 <i>Projetos Bioclimáticos Inclusivos que Atendam aos Parâmetros de Saúde e Conforto</i> <i>Ambiental Adequados à Boa Capacidade de Aprendizagem</i>	64
4.4.1.5 <i>Flexibilizar a Fonte de Energia que Alimenta Sistemas Mecanizados</i>	64
4.4.1.6 <i>Metas de Redução de Emissão de Gases do Efeito Estufa</i>	64
4.4.1.7 <i>Saneamento Ambiental com Segregação das Águas</i>	65
4.4.1.8 <i>Indicadores de Desempenho Ambiental</i>	65
4.4.1.9 <i>Implantar Programas de Baixo Impacto Integrado</i>	65
4.4.1.10 <i>Gestão dos Materiais que Retornam aos Ciclos Técnicos e Biológico, Evitando</i> <i>Desperdícios</i>	65
4.4.2 Estratégias de Projetos de Impactos Reduzidos aplicáveis ao Sul da Bahia	65
4.4.2.1 <i>Requalificações Ambientais</i>	65
4.4.2.2 <i>Implantação Bioclimática de Baixo Impacto Integrado</i>	66
4.4.2.3 <i>Sistemas de Ventilação, Convecção e Iluminação Naturais</i>	66
4.4.2.4 <i>Parâmetros de Conforto Ambiental Favoráveis à Saúde e Boa Cognição</i>	66
4.4.2.5 <i>Uso de Fontes Alternativas de Energia</i>	67
4.4.2.6 <i>Design Regenerativo</i>	67
4.4.3 Ações propostas para o Campus Sosígenes Costa	67
4.4.3.1 <i>Requalificações Bioclimáticas</i>	67
4.4.3.2 <i>Alternativas de Uso da Energia Fotovoltaica no Campus Sosígenes Costa</i>	70
4.5 DISCUSSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	73
4.5.1 Trabalhos Futuros	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76

REFERÊNCIAS	79
ANEXOS	88
ANEXO A - Insolações Diárias: Médias Anuais (horas) no Brasil.....	88
ANEXO B - Projeto Arquitetônico do Núcleo Pedagógico II	90
ANEXO C - Medições Experimentais do Consumo Energético no CSC em 04/01/2019 ..	92
ANEXO D - Estudos de Viabilidade para Uso da Energia Solar no CSC.....	93
ANEXO D1 - Cenário I: Opção (a) Energia Fotovoltaica gerada em Porto Seguro	94
ANEXO D2 - Cenário II: Opção (a1) Geração de Energia Fotovoltaica em Porto Seguro	94
ANEXO D3 - Cenário III: Opção (b) Geração de Energia Fotovoltaica em Barreiras ...	95
ANEXO D4 - Cenário IV: Opção (b1) Geração de Energia Fotovoltaica em Barreiras..	95
APÊNDICES.....	96
APÊNDICE A - Iluminação Zenital por Claraboias e Domus no Teto Verde da FUB.....	97
APÊNDICE B - Propostas Bioclimáticas para Expansão do Campus Sosígenes Costa ..	98
APÊNDICE C - Portaria com Inclusão Social e Acessibilidade.....	99
APÊNDICE D - Propostas de Mobilidade e Inclusão Social	100
APÊNDICE E - Estudo da Insolação e Locação das Placas Solares do Cenário I	101
APÊNDICE F - Registros de Campo: Levantamento Fotográfico.....	102
APÊNDICE F1 - Átrio na FUB: Sistema Zenital de Iluminação Natural e Redução do Consumo Energético na Edificação.....	102
APÊNDICE F2 - Teto Jardim e Manutenções na Freie Universität Berlin.....	102
APÊNDICE F3 - Sistema Fotovoltáico no Teto Verde da FUB.....	103
APÊNDICE F4 - Sombreamento de Fachadas e Esquadrias com Venezianas de Vidro que Promovem Troca de Ar.....	103
APÊNDICE F5 - Esquadrias Protegidas da Insolação Direta e Renovação do Ar Através de Venezianas na Fachada.....	104
APÊNDICE F6 - SGA FUB- Gestão à Vista e Consumo de Energia por Bloco Edificado: Monitoramento Setorizado.....	104
APÊNDICE G - Indicadores de Desempenho Ambiental Propostos	105
APÊNDICE H - Detalhamento das Estratégias de Projetos para o CSC	108

ESTRATÉGIAS DE PROJETO PARA MELHORES DESEMPENHOS AMBIENTAIS NOS ESPAÇOS DE ENSINO: ESTUDO DE CASO NA UFSB EM PORTO SEGURO

RESUMO

O modo como as intervenções humanas são realizadas no meio físico geram impactos socioambientais, econômicos, ecossistêmicos, abreviados nesta pesquisa como “impactos integrados” que podem ser negativos ou positivos. Se por um lado, os impactos podem agravar a escassez de recursos, por outro lado podem mitigar diversos riscos, contribuindo positivamente para a sobrevivência das espécies, melhorias da qualidade de vida, uso de recursos renováveis, entre outros resultados positivos. Os Arquitetos Urbanistas, projetistas e gestores são atores de desenvolvimento das cidades e atuam com responsabilidades proporcionais aos impactos gerados nos locais de intervenção. A Instituição de Ensino Superior possui elevado potencial para transformar a realidade do meio físico, pois ao se tornar bom exemplo, pode contagiar pessoas e formar agentes multiplicadores de boas práticas que melhoram os desempenhos ambientais nos locais de convívio. Este potencial educador pode ser direcionado à Sustentabilidade, desafio que motivou a pesquisa com o foco nos temas da Ecoeficiência e Bioclimatologia aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo. Foi escolhido como objeto de estudo o Campus da Universidade Federal do Sul da Bahia em Porto Seguro. A pesquisa foi estruturada com base na Revisão de Literatura Técnica sobre Boas Práticas de impactos reduzidos e na Pesquisa Exploratória que envolve visitas de campo e entrevistas em universidades nacionais e internacionais para vivenciar práticas com elevados desempenhos ambientais, incluindo estratégias de projetos aplicadas na Universidade de São Paulo, na Freie Universität Berlin e projetos desenvolvidos nas universidades tecnológicas alemãs como o “Waldorf School Uhlandshöhe”- Escola de Energia Zero, apresentado na Universidade Tecnológica de Munique e o Sistema de Ventilação desenvolvido na Universidade Tecnológica de Braunschweig. Como resultado são recomendadas diretrizes, estratégias de projetos e ações capazes de direcionar o desenvolvimento dos projetos para melhorias de desempenho ambiental dos espaços de ensino e das respectivas sedes. Através da pedagogia do exemplo é viável reduzir impactos integrados desenvolvendo projetos e ações que sensibilizam os usuários do campus a adotarem práticas de consumo consciente. Uma das missões da Universidade pode ser aproximar a sociedade da Sustentabilidade, sendo um bom exemplo, exercendo seu papel educador, contagiando alunos, funcionários e visitantes que podem replicar ações, reduzindo impactos negativos por onde passam. Vivenciar boas práticas no espaço de ensino contribui para torná-lo um Laboratório de Sustentabilidade, onde são desenvolvidas ações e tecnologias ambientais direcionadas à renovação dos recursos naturais.

Palavras-chave: Conforto Ambiental, Ecodesign, Ecoeficiência, Infraestrutura Verde, Energias Renováveis.

PROJECT STRATEGIES FOR BETTER ENVIRONMENTAL PERFORMANCE IN TEACHING SPACES: A CASE STUDY IN PORTO SEGURO

ABSTRACT

The way human interventions are performed in the physical environment generate social, environmental, economic and ecosystem impacts, abbreviated in this research as “integrated impacts” that can be negative or positive. While impacts can aggravate resource scarcity on the one hand, they can mitigate various risks, positively contributing to species survival, improvements in quality of life, use of renewable resources, and other positive outcomes. Urban Architects, designers and managers are city development actors and act with responsibilities commensurate with the impacts generated at the intervention sites. The Higher Education Institution has high potential to transform the reality of the physical environment, because by becoming a good example, it can infect people and form multipliers agents of good practices that improve environmental performances in the places where they live. This potential educator can be directed to Sustainability, a challenge that motivated the research focusing on the themes of Ecoefficiency and Bioclimatology applied to Architecture and Urbanism. It was chosen as object of study the Campus of the Federal University of Southern Bahia in Porto Seguro. The research was structured based on the Low Impact Good Practice Technical Literature Review and the Exploratory Research that involves field visits and interviews at national and international universities to experience practices with high environmental performance, including project strategies applied at the University of São Paulo at Freie Universität Berlin and projects developed at German technology universities such as the Waldorf School Uhlandshöhe - Zero Energy School, presented at the Technological University of Munich and the Ventilation System developed at the Braunschweig Technological University. As a result, guidelines, project strategies and actions that can direct project development to improve environmental performance of teaching spaces and their headquarters are recommended. Through example pedagogy, it is feasible to reduce integrated impacts by developing projects and actions that sensitize campus users to adopt conscious consumption practices. One of the University's missions can be to bring Sustainability society closer, being a good example, exercising its educating role, spreading students, staff and visitors who can replicate actions, reducing negative impacts wherever they go. Experiencing good practices in the teaching space contributes to making it a Sustainability Laboratory, where environmental actions and technologies aimed at the renewal of natural resources are developed.

Keywords: Environmental Comfort, Ecodesign, Ecoefficiency, Green Infrastructure, Renewable Energy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Diagrama Sistêmico da Economia Circular	22
Figura 2: Diagrama da Zona de Conforto Ambiental Destacada pelo Polígono 1 Azul.....	27
Figura 3: Localização do Campus Sosígenes Costa em Porto Seguro, Bahia, Brasil	35
Figura 4: Climograma de Porto Seguro em 2018: Temperaturas e Pluviometrias Mensais.....	38
Figura 5: Rosa dos Ventos de Porto Seguro: Velocidades Médias e Direções dos Ventos	39
Figura 6: Sistema de Ventilação por FISCH: Lüftungskonzept Während der Heizperiode	43
Figura 7: Departamento de História e Estudos Culturais da FUB: Fachadas Moduladas	44
Figura 8: Usina Fotovoltaica USP- Campus Cidade Universitária	46
Figura 9: Sistemas Biodigestores construídos no Sítio São João em São Carlos.....	47
Figura 10: Usina Solar no Gramado da Laje de Cobertura da Freie Universität Berlin.....	49
Figura 11: Implantação Geral da Freie Universität Berlin	51
Figura 12: Sistema de Ventilação Natural Concebido por Lelé para a Rede Sarah Kubitschek	52
Figura 13: Implantação do Campus Sosígenes Costa em Porto Seguro, Sul da Bahia	57
Figura 14: Requalificação Ambiental para o Campus Sosígenes Costa.....	68
Figura 15: Requalificação Ambiental Proposta para os Pavilhões de Convenções de Feiras ..	69
Figura 16: Consumos energéticos no Campus Sosígenes Costa em 2018.....	71

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: (a) e (b): Alternativas para geração de energia fotovoltaica: (a) Instalação dos painéis solares em Porto seguro e (b) Instalação dos painéis solares em Barreiras	72
Quadro 1: Princípios da Ecologia Industrial/ Economia Circular e Infraestrutura Verde direcionados à Ecoeficiência.	20
Quadro 2: Princípios adotados da Bioclimatologia aplicada aos projetos arquitetônicos	21
Quadro 3: Planilha das Boas Práticas nas Universidades.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ÁGUAPURA	PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA DA UFBA
ANEEL	AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
AQUA	CERTIFICAÇÃO INTERNACIONAL AQUA-HQE QUE USA UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL DO EMPREENDIMENTO
BRE	BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT
BREEAM	SISTEMA DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT
CFCAM	CENTRO DE FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA
CFCs	CLOROFLUORCARBONETOS
CFD	SIMULATION SUPPORT ÁTRIO DESIGN
CHP	COMBINED HEAT AND POWER (CALOR E POTÊNCIA COMBINADOS)
CSC	CAMPUS SOSÍGENES COSTA- UFSB EM PORTO SEGURO
CPF	CAMPUS PAULO FREIRE- UFSB EM TEIXEIRA DE FREITAS
EMF	ELLEN MACARTHOUR FOUNDATION
EPA	AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ESTADOS UNIDOS
EUA	ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA
FUB	FREIE UNIVERSITÄT BERLIN
GM	SISTEMA AVALIAÇÃO GREEN METRIC
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

IEE	INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE DA USP
IES	INSTITUTO DE ENSINO SUPERIOR
IEV	INFRAESTRUTURA VERDE
ITU	ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE
IQA	ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR
INMET	INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
LABEE	LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
LEED	SISTEMA NORTE-AMERICANO DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS
LRQ	LABORATÓRIO DE RESÍDUOS QUÍMICOS DA USP NO CAMPUS SÃO CARLOS
MMA	MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
NASA	NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE
OMS	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
OPAS	ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA
PDDU	PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO
PDMP	PLANO DIRETOR MUNICIPAL E PARTICIPATIVO
PNUMA	PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
POLIMI	UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DI MILANO
PURA	PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA DA USP
PURE	PROGRAMA PERMANENTE PARA USO EFICIENTE DE ENERGIA NA USP

PUERHE	PROGRAMA PERMANENTE PARA O USO EFICIENTE DOS RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS NA USP
QAI	QUALIDADE DO AR INTERIOR
SGA	SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL
SGE	SISTEMA DE GESTÃO DO EMPREENDIMENTO
UFTPR	UNIVERSIDADE FEDERAL TECNOLÓGICA DO PARANÁ
UFBA	UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UFLA	UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
UFSB	UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA
UFSC	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
UI GM	ÍNDICE INTERNACIONAL DE DESEMPENHO AMBIENTAL MEDIDO PELO SISTEMA GREEN METRIC NA INDONÉSIA
USP	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
USP SC	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO- CAMPUS SÃO CARLOS
TECLIM	LABORATÓRIO DE TECNOLOGIAS LIMPAS- UFBA
TUB	TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSWEIG
TUM	TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
WGBC	WORLD GREEN BUILDING COUNCIL
WUR	WAGENING UNIVERSITY & RESEARCH
ZCA	ZONA DE CONFORTO AMBIENTAL

1 INTRODUÇÃO

Diversas intervenções no meio físico impermeabilizam os solos naturais e agravam o efeito estufa, provocando danos à saúde humana e ao meio ambiente, desde a concepção de projetos, ao serem adotados processos construtivos que priorizam o uso de equipamentos poluentes, emissores de gases GEE, como por exemplo, os compostos de carbono, cloro e flúor (CFCs), liberados por equipamentos de ar condicionado, além dos processos de produção e atividades que liberam o gás metano (CH₄), a partir dos descartes durante a obra e operação do edifício. As intervenções humanas que geram grandes impactos negativos estão baseadas na extração de matérias primas que esgotam a natureza sem renová-la, impermeabilizações do solo natural em larga escala, gestão dos materiais que não evita emissão de gases GEE, especificação de equipamentos poluentes e geração de desperdícios e descartes tóxicos.

A abordagem da bioclimatologia aplicada à Arquitetura na publicação: “Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism” (OLGYAY, 1963) define princípios da arquitetura bioclimática que foram aprofundados por diversos autores nas décadas seguintes, estendendo o entendimento sobre conforto térmico humano e a criação da expressão “Projeto Bioclimático”. No final da década de 60 foi publicada a Carta Bioclimática “Building Bioclimate Chart” (GIVONI, 1992) que retrata graficamente a “Zona de Conforto Térmico”, segundo o método de GIVONI, através de uma carta psicométrica resultante de desdobramento conceitual do diagrama anteriormente idealizado por OLGAYAY. As cartas bioclimáticas tornaram-se instrumentos de projetos.

No Brasil, o grau de desperdícios é elevado tanto de materiais, quanto em relação à mão de obra, pois são calculadas perdas financeiras em materiais que representam 8% do valor da construção e as perdas alcançam até 30% quando são contabilizados os custos com retrabalhos realizados na execução dos serviços (USP, 2017). Os desperdícios associados ao modo de usar e operar o edifício com baixos índices de eficiência energética e usos ineficientes da água têm provocado impactos ambientais e econômicos em diversas instituições, comprometendo a saúde e a qualidade de vida das pessoas. Ao analisar o contexto brasileiro, constata-se que aparelhos de ar condicionado são instalados na maioria das edificações construídas em cidades quentes, independentemente de a localização oferecer ou não condições favoráveis de ventilação como a costa do descobrimento do Brasil no Sul Baiano que apresenta ventilações predominantes nas direções Nordeste, Leste, Sudeste, Sul e Sudoeste. Em diversas edificações das cidades litorâneas brasileiras, estas brisas do mar não são aproveitadas para amenizar a sensação de calor nos ambientes internos que os tornam dependentes do uso do ar condicionado para

proporcionar condições de conforto ambiental aos usuários. Em locais quentes e úmidos, como Porto Seguro, é estratégico considerar a possibilidade de minimizar ou evitar o uso do ar condicionado, substituindo-o pelo uso de sistemas passivos de ventilação natural.

A Arquitetura Bioclimática está baseada no Bioclimatismo como princípio de concepção da arquitetura que utiliza elementos climáticos favoráveis através da própria arquitetura com o objetivo de satisfazer o bem-estar higrotérmico (MASCARÓ, 1983 apud BOGO, et al, 1994), contribuindo para melhorar o desempenho ambiental da edificação com maior eficiência energética. No Brasil podem ser visitadas obras de referência internacional, baseadas nos princípios da Bioclimatologia, incorporados nos projetos desenvolvidos pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) para os hospitais da rede Sarah Kubitscheck nas cidades de Belém, Belo Horizonte, Brasília, Fortaleza, Macapá, Salvador, São Luís e Rio de Janeiro, concebidos para funcionar predominantemente sem o uso do ar condicionado com exceção de ambientes específicos como para atender às necessidades locais. No contexto das universidades, um dos exemplos de destaque inclui o projeto arquitetônico da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP de autoria do arquiteto João Baptista Vilanova Artigas que concebeu espaços de ensino sem ar condicionado, adaptados ao clima, conforme princípios da arquitetura bioclimática. Na FAU USP são aplicadas como estratégias de projeto, sistemas de iluminação e ventilação natural que proporcionam temperaturas amenas nos ambientes internos, adequando-os às condições da zona de conforto ambiental conceituada por Givoni, adaptada para climas quentes e úmidos (GIVONI apud LAMBERTS et al, 2006).

Nos processos de projetos e obras, a escolha de materiais e sistemas construtivos possuem papel decisivo para o desempenho do edifício, pois são capazes de minimizar a emissão de poluentes e impactos provenientes de: processos construtivos; aquisição de energia elétrica; descartes; consumo de combustíveis fósseis, conforme diretrizes normativas da ISO 14.064, inventários institucionais e acordos internacionais voltados à redução de emissão dos gases de efeito estufa (GEE) publicados pelo IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) e metas pactuadas em acordos e parcerias internacionais (GH Protocol, 2011) promovidas pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

Os projetos de impactos reduzidos direcionam um empreendimento para o alcance de melhorias do desempenho ambiental, desde a fase inicial dos estudos preliminares, orientando-o para: conservação dos recursos naturais; conforto ambiental; maior eficiência energética das edificações; redução de emissão de poluentes como os gases CFC's, liberados por

equipamentos de ar condicionado; redução das ilhas de calor; redução dos custos; preservação da biodiversidade; melhores condições de saúde e qualidade de vida.

Objetivo Geral: propor estratégias de projeto capazes de contribuir com melhorias do desempenho ambiental dos espaços de ensino, minimizando impactos ambientais e econômicos.

Objetivos específicos: recomendar diretrizes e estratégias de projetos para adaptar edificações ao clima quente e úmido com impactos reduzidos no Sul da Bahia e propor ações para melhorar o desempenho ambiental do Campus Sosígenes Costa da UFSB em Porto Seguro, replicáveis para outras instituições de ensino inseridas em contextos semelhantes.

Justificativa: Esta pesquisa foi motivada pela oportunidade de contribuir para a redução dos impactos ambientais e econômicos em um cenário de mudanças climáticas e cortes de verbas nas instituições federais de ensino. A pesquisa busca responder como projetar espaços de ensino com melhores desempenhos ambientais que contribuam para a redução de impactos ambientais e custos no Sul Baiano?

Materiais e Métodos: Com base na Revisão de Literatura Técnica é realizado o levantamento de boas práticas baseadas em Ecologia Industrial/ Economia Circular, Infraestrutura Verde e Bioclimatologia que contribuíram para melhorias de desempenho ambiental em universidades nacionais e internacionais. Para conhecer as práticas de destaque, foram realizadas visitas de campo e entrevistas para conhecer os resultados positivos relacionados à infraestrutura dos espaços de ensino, projetos bioclimáticos e programas focados em usos racionais dos edifícios, água e energia, reaproveitamentos de recursos naturais e materiais. Conteúdos obtidos na Revisão de Literatura Técnica e na Pesquisa Exploratória Experimental foram sistematizados na Planilha de Boas Práticas que retroalimentou práticas profissionais e vice-versa em projetos desenvolvidos na Universidade Federal do Sul da Bahia.

Estrutura da Dissertação: A dissertação foi organizada em cinco capítulos: Introdução, Fundamentação Teórica, Materiais e Métodos, Resultados e Discussões e Considerações Finais. Os Resultados contemplam: (4.1) *Boas Práticas de Destaque*, (4.2) *Aspectos Positivos e Negativos nas Universidades Analisadas*, (4.3) *Diagnóstico Sistêmico do campus em estudo* (4.3) *Diretrizes e Estratégias de Projetos Aplicáveis ao Sul da Bahia*, (4.4) *Propostas para o Campus Sosígenes Costa*, (4.5) *Discussões e Trabalhos Futuros*. Os resultados alcançados nas universidades pesquisadas demonstram que é possível melhorar o desempenho ambiental dos espaços de ensino através do modo de projetar e usar o edifício para tornar os espaços de ensino mais saudáveis, confortáveis e favoráveis à boa cognição, contribuindo para a conservação e renovações dos recursos ainda disponíveis no Brasil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os projetos de edificações direcionados à sustentabilidade são projetos de impactos reduzidos, pois apresentam objetivos comuns aos princípios que fundamentam a Ecoeficiência e a Bioclimatologia aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo.

Com o objetivo de direcionar os projetos dos espaços de ensino para melhores desempenhos ambientais, foram compilados princípios conceituais em três grupos:

GRUPO 1 (Base Conceitual Ecologia Industrial/ Economia Circular) – Princípios P1 a P5;

GRUPO 2 (Base Conceitual Infraestrutura Verde) – Princípios P6 a P10;

GRUPO 3 (Base Conceitual: Bioclimatologia) - Princípios P11 a P16.

Os referenciais teóricos da Ecoeficiência abordam princípios da Economia Circular e Infraestrutura Verde, detalhados no item 2.1 (Quadro 1). No item 2.2, foram descritos os princípios relacionados à Bioclimatologia aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo. (Quadro 2).

Quadro 1: Princípios da Ecologia Industrial/ Economia Circular e Infraestrutura Verde direcionados à Ecoeficiência.

	GRUPO 1: ECOLOGIA INDUSTRIAL/ ECONOMIA CIRCULAR		GRUPO 2: INFRAESTRUTURA VERDE
P1	Preservar e aprimorar o capital natural, controlando estoques finitos, equilibrando fluxos de recursos renováveis e não renováveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017)	P6	Organizar espacialmente o meio ambiente urbano para dar suporte às funções ecológicas e culturais Abióticas, Bióticas e Culturais (AHERN, 2007)
P2	Otimizar o rendimento de recursos, fazendo circular produtos, tanto nos ciclos biológico, como nos ciclos técnicos (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013 apud REDE CE 100 BRASIL; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017)	P7	Planejar e construir infraestrutura resiliente, industrialização inclusiva, direcionadas ao desenvolvimento sustentável e fomentar a inovação (HOLLING, 1973 apud PASTORELLI, J, 2018)
P3	Desenvolver design a partir do uso de materiais em ciclos contínuos, sem perdas (waste=food) com o uso de energias renováveis, contribuindo para a preservação ecossistêmica (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013)	P8	Preservar a permeabilidade do solo e apoiar funções ecológicas relacionadas aos ciclos hidrológicos, ciclo de nutrientes, sequestro de carbono e gases de efeito estufa, produção de biomassa, recreação física, interpretação da história e necessidades ecossistêmicas. (AHERN, 2007)
P4	Projetar uma edificação para torná-la um sistema ecoeficiente, revelando e excluindo as externalidades negativas, desde a concepção do produto (ONU, 2018)	P9	Projetar o manejo das águas pluviais localmente, ao invés de afastá-las para pontos mais baixos da Bacia como ocorre em infraestruturas convencionais e remover poluentes através de processos naturais. (MARQUES, 2018);
P5	Promover produção e consumo direcionados à sustentabilidade (ONU, 2018).	P10	Levantar fauna e a flora, calcular o índice de massa verde, dar suporte aos ecossistemas, favorecendo corredores ecológicos (AHERN, 2007)

Fonte: Própria autora

Quadro 2: Princípios adotados da Bioclimatologia aplicada aos projetos arquitetônicos

	GRUPO 3: BIOCLIMATOLOGIA APLICADA À ARQUITETURA		GRUPO 3: BIOCLIMATOLOGIA APLICADA À ARQUITETURA
P11	Adaptar edificações ao clima com base na avaliação de variáveis ambientais de conforto através da Carta Bioclimática de Givoni (GIVONI, 1992), adaptada para países de clima quente (LAMBERTS ET AL, 2016).	P14	Considerar normas vigentes e parâmetros locais de conforto ambiental para definição das estratégias bioclimáticas de projetos adequadas à concepção e implantação de empreendimentos com o objetivo de alcançar melhores desempenhos ambientais nas edificações com materiais e técnicas construtivas adequadas ao clima (práticas profissionais detalhadas no capítulo 2)
P12	Desenvolver arquitetura integrada a natureza e ao clima local a partir da necessidade climática e fisiológica dos usuários (OLGYAY, 1963), promovendo conjuntos urbano-arquitetônicos mais equilibrados espacial e ambientalmente que valorizem a identidade sociocultural regional, bem integrados ao meio ambiente através de estratégias bioclimáticas e dos eficazes sistemas de iluminação e ventilação naturais que dispensam o uso do ar condicionado, sempre que possível, conforme tipologias bioclimáticas aplicadas nos hospitais da Rede Sarah Kubistcheck de autoria do arquiteto João Filgueiras Lima (LELÉ, 1994 apud RISSELADA; LATORRACA, 2010).	P15	Diagnóstico sistêmico, multidisciplinar que considera análise da temperatura média local, taxa de umidade relativa do ar, ventos, insolação diária média anual, índice pluviométrico médio e parâmetros de conforto ambiental. São analisados aspectos físicos, construtivos, botânicos, ecossistêmicos, urbanísticos ambientais, socioeconômicos, peculiaridades locais, aspectos demográficos, climatológicos, incluindo estudo do entorno, hidrografia, topografia, solos e regime de chuvas. As variáveis ambientais podem ser utilizadas em simulações computacionais para cálculo de índices de conforto ambiental em um Projeto Integrador (TU Braunschweig).
P13	Projetar sistemas passivos associados ao uso de energia renovável, maior eficiência energética das edificações concebidas e/ou reformadas, favorecendo operações otimizadas e maior economia operacional (LELÉ, 1994).	P16	Propor requalificações bioclimáticas dos espaços físicos existentes, adaptando-os ao clima e aos parâmetros de conforto ambiental, considerando as variáveis locais de conforto para melhorar o desempenho ambiental dos edifícios, proporcionando condições mais saudáveis e bem-estar aos usuários (Fusão de princípios da Economia Circular, Infraestrutura Verde e Bioclimatologia e práticas profissionais vivenciadas pela autora)

Fonte: Própria autora

2.1 ECOEFICIÊNCIA

Quando se trata de desenvolvimento de projetos, alguns autores definem Ecoeficiência como indicador de esforços direcionados à Sustentabilidade que reduz impactos socioambientais e econômicos, gerando maior e melhor produção com menos recursos, minimizando resíduos ou sem resíduos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012).

Um dos maiores desafios é a sensibilização do usuário para adoção do consumo consciente, pois os modelos de consumo adotados em diversas cidades do mundo estão baseados na lógica capitalista que gera graves consequências nos âmbitos social, ambiental, econômico e ecossistêmico, acelerando a escassez de recursos naturais.

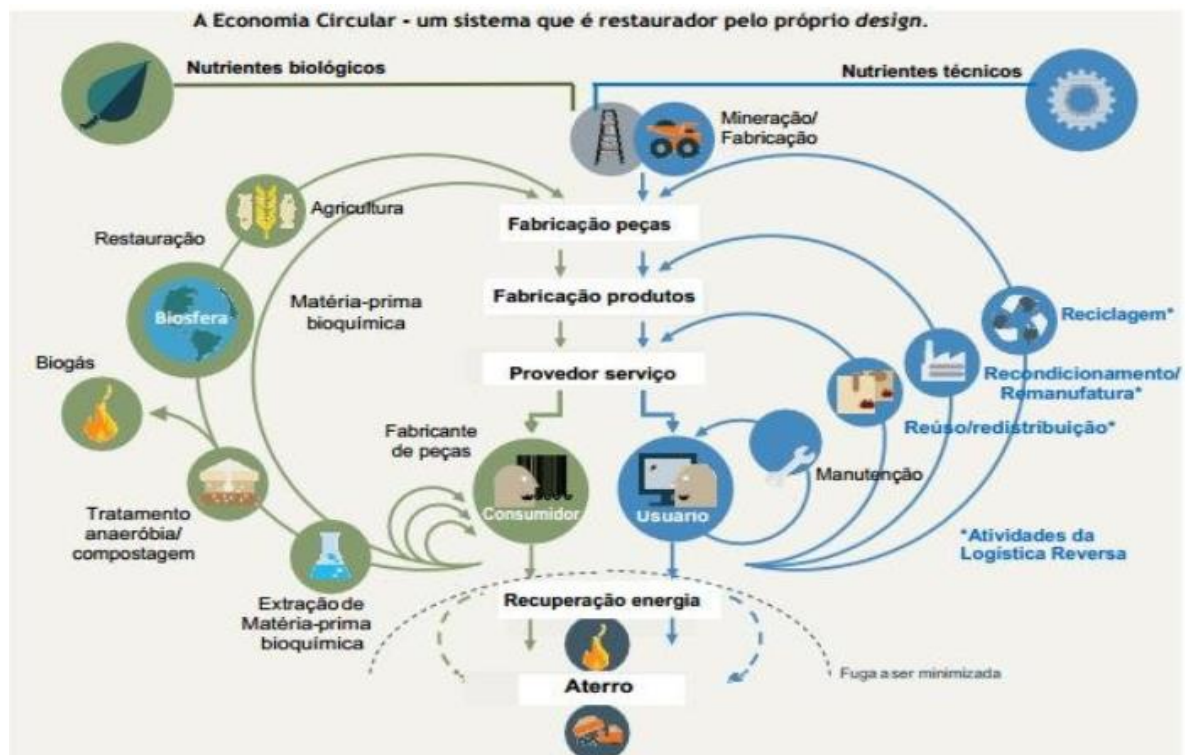
Para revisar o modo de projetar e construir, são analisadas as bases conceituais da “Economia Circular” que contemplam princípios difundidos na área da Ecologia Industrial e modelos conceituais que caracterizam a edificação como um sistema ecoeficiente, detalhados no subitem 2.1.1 (Princípio P4).

2.1.1 Ecologia Industrial/ Economia Circular

A Economia Circular é conceituada como modelo econômico que promove a renovação dos recursos no uso de materiais e energia (RIBEIRO; KRUGLIANSKAS, 2014), a partir do gerenciamento do ciclo de vida (life-cycle management), “design regenerativo”, “performance economy” segundo publicações do Parlamento Britânico. (HOUSE OF COMMONS, 2014). O princípio P1 refere-se à preservação do “capital natural”, pois este modelo se afasta da lógica capitalista voltada ao sistema linear de produção: “fabricar, usar e dispor”, e a conduz para o sistema circulante no qual os produtos e os materiais que o compõe são valorados de forma diferenciada, concebendo uma “economia mais robusta” (HOUSE OF COMMONS, 2014).

A Figura 1 ilustra o Diagrama Sistêmico da Economia Circular que retrata o modelo econômico adotado no desenvolvimento do design regenerativo, Cradle to Cradle ou Berço a Berço, no qual o produto é concebido a partir do reaproveitamento dos materiais para que os mesmos retornem para os respectivos ciclos biológico e técnico ilimitadamente (BRAUGART & MCDONOUGH, 2013 apud ELLEN MCARTHUR FOUNDATION, 2017).

Figura 1: Diagrama Sistêmico da Economia Circular



Fonte: Braungart & McDonough (Cradle to Cradle) adaptado por Fundação ELLEN MACARTHUR (EMF), 2017.

A Figura 1 sintetiza os princípios P1, P2 e P3, pois retrata o modelo econômico circular que inibe a geração de desperdício ao considerar que na natureza, um ecossistema aproveita a

energia do outro, diferentemente da economia linear, onde as sobras são simplesmente descartadas. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2018).

O modo ecoeficiente de projetar com uso de fonte alternativa de energia é incorporado como diretriz de projeto com base na Economia Circular que constrói capital econômico, natural e social, ao adotar fontes renováveis de energia, baseando-se na prioridade da não geração de desperdícios e poluição, mantendo produtos e materiais em ciclos de uso e regenerando os sistemas naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2018).

No âmbito da Arquitetura e Urbanismo, é necessário repensar o fluxograma do projeto para que o reaproveitamento do material seja planejado desde o início da concepção do produto para que todo material especificado retorne ao ciclo através do reaproveitamento técnico ou reaproveitamento biológico com base na concepção do design Cradel to Cradel (C2C), ou berço a berço (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013).

É importante projetar um destino circulante para aquilo que seria a sobra em um sistema convencional para eliminá-la. No quarto capítulo está recomendado o “Programa Resíduo Zero” baseado no princípio P3 (Waste=Food) (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013).

Princípio P4: Projetar uma edificação para torná-la um Sistema Ecoeficiente, revelando e excluindo as externalidades negativas, desde a concepção do produto (ONU, 2018). Quanto às matérias primas, são recomendados materiais reaproveitáveis, compostáveis, reduções de consumo e o consumo consciente com recusa de determinados insumos com base na avaliação do ciclo de vida dos materiais e das respectivas embalagens (ONU, 2018).

Em relação à manufatura, é possível adotar a reutilização de possíveis refugos, visando maior eficiência energética, otimização de processo e ações que contemplem: Reutilização, Reciclagem, Compostagem, Recuperação, Aproveitamento Energético ou destinações admitidas pelos órgãos competentes (resíduos tóxicos), representadas no Fluxograma da Reengenharia do Produto da Produção mais Limpa, disponível em: www.fiesp.com.br/temas-ambientais/, adaptado do PNUMA (ONU, 2018).

Para alcançar os objetivos dos princípios P4 e P5, é fundamental planejar como cada material retornará para os ciclos biológico e técnico antes de conceber o empreendimento (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013).

São recomendadas construções que utilizem menos água e sistemas modulares que evitam perdas, facilitam reaproveitamentos de materiais e montagens mais rápidas (ONU, 2018) com processos construtivos baseados na Produção mais Limpa: “P+L”, (UNEP: United Nations of Environment Programme, 1989).

É recomendável adotar o modelo econômico circulante, no qual “os fluxos de materiais são cíclicos e tudo é reutilizado ou reciclado sem causar danos de volta à sociedade ou a natureza”. (World Business Council for Sustainable Development-WBCSD, 2002)¹. “O termo Rejeitos deixará de existir, pois tudo será visto como um recurso”. (WBCSD, 2002).

Princípio P5: Para desenvolver projetos com impactos reduzidos, são incorporados objetivos publicados pela ONU, relacionados à Produção e o Consumo Sustentáveis: “PCS” que integram o Pacto Global, firmado entre as nações em 2018 (ONU, 2018).

Ao conceber o planejamento de um campus universitário com impactos reduzidos, são recomendados princípios da Ecologia Industrial/ Economia Circular que caracterizam o design Cradle to Cradle (C2C), BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013) e os princípios da Política dos 5 R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recusar e Repensar) que tem por objetivo uma mudança de atitude no cotidiano do cidadão (MMA, 2017).

É possível reduzir impactos ambientais através do desenvolvimento dos projetos quando são adotados os princípios focados em: zerar perdas desde a concepção do produto, planejar o retorno dos materiais para os ciclos técnico e biológico, usar fontes alternativas de energia, eliminar o uso de substâncias tóxicas e inibir a geração de resíduos. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION; REDE CE 100 BRASIL, 2018). Os demais princípios estão detalhados nos subitens 2.1.2 (Infraestrutura Verde) e 2.2 (Bioclimatologia aplicada aos Projetos).

2.1.2 Infraestrutura Verde

A Infraestrutura Verde (IEV) é conceituada como instrumento de conservação, restauração e manutenção dos sistemas de funções naturais com capacidade de proporcionar benefícios ecossistêmicos, econômicos e sociais (BENEDICT; MCMAHON, 2006).

Na área da Arquitetura e Urbanismo, a IEV é utilizada como estratégia de projeto para reconverter espaços vazios e abertos, edificações e infraestrutura para otimizar o desempenho das suas funções ambientais (MARQUES et al, 2018).

Princípios P6 a P8: Segundo AHERN, a IEV está focada em recuperar a ecologia da paisagem, preservar a permeabilidade do solo, dando suporte às funções ecológicas e culturais mapeadas, funções ABC: Abióticas, Bióticas e Culturais. , relacionadas aos ciclos hidrológicos, ciclo de nutrientes, sequestro de carbono e gases de efeito estufa, produção de biomassa, recreação física, interpretação e necessidades ecossistêmicas (AHERN, 2007).

¹ O resíduo é considerado uma criação humana.

Princípio P9: Projetar o manejo das águas pluviais, ao invés de afastá-las para pontos mais baixos da Bacia como ocorre em infraestruturas convencionais e remover poluentes das águas através de processos naturais. (MARQUES, 2018).

Princípio P10: Levantar fauna e a flora, calcular o índice de massa verde, dar suporte aos ecossistemas, favorecendo corredores ecológicos (AHERN, 2007).

2.2 BIOCLIMATOLOGIA APLICADA À ARQUITETURA E AO URBANISMO

A Bioclimatologia aplica os estudos do clima às relações com os seres vivos (OLGYAY, 1968). Aladar e Victor Olgyay registram conceitos que definem a Arquitetura Bioclimática, direcionando o projeto para alcançar uma relação equilibrada e integrada entre o ambiente construído, o clima e as trocas de energia, tendo como objetivo o conforto ambiental nos aspectos térmico, luminoso, acústico e ecológico (OLGYAY, 1963).

A Arquitetura Bioclimática estabelece o Bioclimatismo como princípio de concepção da arquitetura que utiliza elementos climáticos favoráveis através da própria arquitetura com o objetivo de satisfazer o bem-estar higrotérmico (MASCARÓ, 1983 apud BOGO, et al, 1994), contribuindo para melhorar o desempenho ambiental da edificação com maior eficiência energética. A Arquitetura Bioclimática pode ser utilizada para conceber ambientes com alto grau de conforto higrotérmico e baixo consumo energético (BOGO, et.al, 1994).

Na década de 1960, OLGAYAY define princípios que conceituam o “Projeto Bioclimático” na publicação: “Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism”. Princípio P11: Recomendável desenvolver o Projeto Bioclimático para adaptar edifícios ao clima local, enquadrando ambientes às condições de conforto ambiental, visando proporcionar aos usuários bem-estar, condições saudáveis e melhor qualidade de vida, (OLGYAY, 1963; GIVONI, 1992 apud LAMBERTS et al, 2016). Na Arquitetura Bioclimática, são priorizados sistemas passivos como iluminação e ventilação naturais que adotam o princípio de “captação de energia, armazenamento e/ou distribuição capaz de funcionar sozinho, sem aportação de energia exterior e que implica técnicas simples” (IZARD; GUYOT, 1983).

Em climas quentes, o arquiteto pode flexibilizar o princípio passivo e o ativo, minimizando o segundo, pois o princípio ativo é definido como: “princípio de captação de energia, armazenamento e/ou distribuição que necessita para o seu funcionamento de aportação de energia exterior e que implica alta tecnologia” (IZARD; GUYOT, 1983).

Princípios P12: retratados nas construções projetadas pelo arquiteto João Filgueiras Lima (LELÉ) para a rede de Hospitais Sarah Kubitscheck no Brasil que são referências internacionais de Arquitetura Bioclimática (LELÉ, 1994 apud RISSELADA; LATORRACA, 2010).

São adotados os princípios P12, P13 e P14 presentes aos sistemas de iluminação e ventilação naturais presentes em projetos bioclimáticos que utilizam como estratégias de projetos, átrios centrais, domus retráteis nas coberturas, Sheds e amplas aberturas em direções opostas que proporcionam ventilações cruzadas, dispensando o uso do ar condicionado e minimizando o uso de iluminação artificial em ambientes de clima tropical quente e úmido com base nos resultados práticos alcançados nas obras de autoria do arquiteto João Filgueiras Lima na Rede Sarah Kubitscheck (LELÉ, 1994 apud RISSELADA, M.; LATORRACA, G, 2010)

Princípios P15 e P16: É recomendável aplicar a Bioclimatologia nos projetos, desde a concepção do edifício para reduzir impactos ambientais (LELÉ, 1994) através de Projeto Integradores baseados em simulações dos índices de desempenho ambiental (FISCH, 2005). Estes princípios foram compilados a partir de boas práticas e projetos desenvolvidos na TU Braunschweig (FISCH, 2005), na Tecnológica de Munique, como o Projeto Escola Energia Zero (VOHLIDKA, 2018). A Bioclimatologia é capaz de direcionar os projetos para concepção de espaços de ensino saudáveis, com conforto ambiental, maior eficiência energética, favoráveis à boa cognição (VOHLIDKA, 2018).

2.2.1 Conforto Ambiental

O Conforto Ambiental depende do equilíbrio térmico que varia em função das trocas de calor entre pessoas e o ambiente. O conforto térmico é resultante de variáveis climáticas e individuais que envolvem metabolismo, atividades físicas desenvolvidas, vestimentas, sexo, idade, etnia, hábitos alimentares. (LAMBERTS et al, 2016).

Os índices de conforto são classificados como: “Biofísicos, Fisiológicos e Subjetivos” (FROTA; SCHIFFER, 1998) e outros autores ainda consideram denominações como: índices “Meteorológicos” (VILLAS BOAS, 1983) e índices “Termométricos” e “Psicofisiológicos” (SCARAZZATTO, 1988).

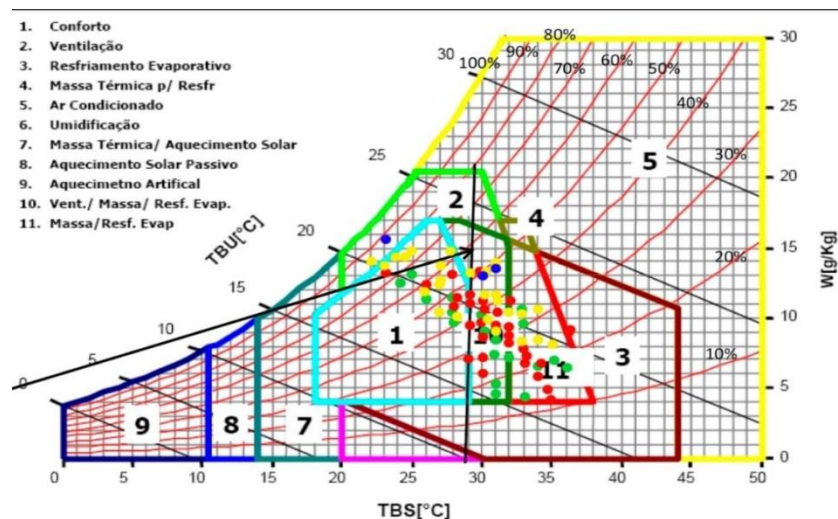
Classificações segundo Frota (1998):

Índices biofísicos: “baseados nas trocas de calor entre o corpo e o meio ambiente correlacionando os elementos de conforto com as trocas de calor que as originam”;
 Índices fisiológicos: “resultantes da temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar”;
 Índices Subjetivos: “[...]sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto variam”. (FROTA, 1998)

A sensação de conforto ambiental sofre impacto direto em função basicamente dos fatores: temperatura média do ar, taxa de umidade relativa do ar, ventos e radiação solar (LAMBERTS, 2016). A partir destas variáveis, diversos autores propuseram métodos para o diagnóstico da Zona de Conforto Ambiental, a exemplo da Carta Bioclimática de Olgyay (OLGYAY, 1963) que relaciona Temperatura, Umidade, adaptada posteriormente por Givoni na publicação “Building Bioclimate Chart” (GIVONI, 1992) que representa condições de conforto, considerando tolerâncias de conforto térmico compatíveis com climas quentes e úmidos.

A partir destes métodos, observa-se que a Zona de Conforto Ambiental corresponde a uma combinação de fatores que envolve um intervalo de temperaturas médias em torno de 25°C e de taxas de umidade relativas do ar entre 50 e 60% no polígono azul claro da Figura 2.

Figura 2: Diagrama da Zona de Conforto Ambiental destacada pelo polígono 1 azul²



Fonte: GIVONI, 1992 adaptada por LAMBERTS et al, 2016

Eixo X: TEMPERATURA EM BULBO SECO (°C). Na parte superior: Curvas de Taxas de Umidade do ar (%)
Eixo Y: CONTEÚDO DE UMIDADE: vapor no ar (g/Kg). À ESQ: TEMPERATURAS EM BULBO ÚMIDO.

Para compreender as condições de conforto ambiental em locais quentes e úmidos como Porto Seguro (IBGE, 2018), foi analisada a Carta Bioclimática de Givoni (GIVONI, 1992), detalhada por Lamberts em 2016 através da carta psicrométrica (Figura 2) que relaciona

² Legenda: (1) Zona de Conforto Ambiental; (2) Ventilação; (3) Resfriamento Evaporativo; (4) Massa térmica para resfriamento; (5) Ar Condicionado; (6) Umidificação; (7) Massa térmica para Aquecimento Solar (8) Aquecimento Solar Passivo (9) Aquecimento artificial; (10) Ventilação e Massa Térmica para Resfriamento Evaporativo e (11) Massa Térmica para Resfriamento Evaporativo.

temperaturas em bulbo seco e úmido em graus centígrados (°C) e taxas de umidade relativas do ar (%) que destacam condições de conforto propícias ao bem-estar, elevada capacidade produtiva e boa cognição (LAMBERTS *et al.*, 2016).

O projeto bioclimático deve considerar as variáveis de conforto ambiental que sofrem interferências de fatores como: radiações recebidas; convecções de calor, em função da velocidade e temperatura do ar; atividade desenvolvida pelo usuário e seus efeitos como respiração, metabolismo basal, transpiração e evaporação através do suor e condução resultante dos contatos das pessoas com as superfícies do ambiente (LAMBERTS, 2016).

Quando o frio está associado à umidade elevada, são evidenciadas sensações desconfortáveis como a condensação nas partes frias. A sensação térmica de frio com umidade relativa do ar inferior a 20% provoca ressecamento das mucosas, dificuldade de respiração, secura na boca, excesso de sede, dispersando os alunos. Em temperaturas inferiores a 18°C são constatadas quedas de concentração por desconforto do frio, contrações musculares, câimbras, hipotermia. (LAMBERTS *et al.*, 2016). Em temperaturas elevadas, fora da Zona de Conforto (Figura 2) são constatados sintomas de desidratação, desconcentração, desmaios, suor excessivo, dor de cabeça e tontura que prejudicam a capacidade de concentração e aprendizagem (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Segundo a “NBR 15220-3, referente ao “Desempenho térmico de edificações”, o Brasil está dividido em oito regiões bioclimáticas. Para cada zona, existem recomendações técnico-construtivas para otimizar o desempenho térmico dos edifícios (ABNT: NBR 15220-3:2005). Porto Seguro está situada na Zona Bioclimática 8 com taxas de umidade relativa do ar próximas de 100% em alguns meses do ano (INMET, 2018), prejudicando o conforto ambiental e a capacidade de aprendizagem, pois são alcançadas taxas superiores a 80% (INMET, 2018).

Ao considerar os resultados positivos referentes ao desempenho ambiental alcançado no Hospital Sarah Kubitscheck em Salvador, de autoria do arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) e práticas profissionais do João Artigas, arquiteto que projetou a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, conclui-se que as edificações enquadradas na Zona de Conforto Ambiental (Figura 2), ao aplicar a Bioclimatologia nos projetos, contribuem para a redução de impactos ambientais e direcionam o desenvolvimento de projetos para a Sustentabilidade.

2.2.2 Parâmetros Recomendáveis para Saúde e Boa Cognição

Determinados poluentes interferem no balanço energético da Terra e agravam o aquecimento global e os danos à saúde, como os gases de efeito estufa (GEE) que incluem o gás carbônico (CO_2), compostos de flúor, cloro, carbono (CFCs), metano (CH_4) e óxidos de nitrogênio (NO_x). Um dos impactos negativos que comprometem a boa cognição em sala de aula está diretamente relacionado com as concentrações de poluentes do ar interior como o monóxido de Carbono (CO) e o Dióxido de Carbono (CO_2) que prejudicam a concentração (SATISH *et al.*, 2012).

O índice de Qualidade do Ar por poluente interfere na capacidade de aprendizagem e por isto deve ser monitorado em espaços de ensino. Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana, o IQA se refere à qualidade do ar no interior e exterior das edificações e estruturas com foco na saúde e conforto dos seus usuários, considerando a composição química do ar e a sua composição bacteriológica, devendo ser mantido entre zero e cinquenta para garantir bem-estar e boa capacidade de aprendizagem (EPA, 2015).

Conforme estudos desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental americana, são observados impactos negativos relacionados à saúde capacidade de aprendizagem nos seguintes intervalos: ($101 < IQA > 199$): leve agravamento de sintomas relacionados à irritação em pessoas sensíveis e/ou alérgicas; ($200 < IQA > 299$): decréscimo da resistência física e agravamento de enfermidades cardiorrespiratórias; ($300 < IQA > 400$): aparecimento prematuro de certas doenças, agravamento dos sintomas e comprometimento de resistência física em pessoas saudáveis; ($IQA > 400$): morte prematura de pessoas doentes e idosas (EPA, 2015).

Em relação ao conforto acústico em espaços de ensino, a Organização Mundial da Saúde recomenda que o nível de ruído não ultrapasse 35 decibéis (OMS, 2018) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) considera o limite máximo de 50 dB (ABNT, 1987).

Para proporcionar espaços de ensino em Porto Seguro em condições saudáveis favoráveis à boa capacidade de aprendizagem, são recomendados os seguintes Parâmetros de Conforto Ambiental: *Temperaturas médias em torno de 25°C e 26°C* (INMET 2018), *Umidade Relativa do Ar entre 50% e 60%* (OMS, 2018), *IQA entre 0 e 50* (EPA, 2015) e *níveis de ruído* conforme usos específicos dos ambientes de ensino previstos nas normas brasileiras, predominando *entre 35db e 50 db*. A taxa de umidade relativa do ar não deve ser inferior a 30%, nem superior a 80% conforme o Diagrama do Conforto Térmico Humano (INMET, 2018) para não causar desconfortos, doenças respiratórias e dificuldades na aprendizagem (OMS, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo aborda os métodos utilizados na pesquisa: *(3.1) Revisão de Literatura Técnica sobre Boas Práticas; (3.2) Pesquisa Exploratória Experimental: Visitas e Entrevistas e (3.3) Caracterização da área de estudo.*

A pesquisa foi iniciada a partir da Revisão de Literatura Técnica baseada nas palavras-chave: “Ecoeficiência”, “Conforto Ambiental”, “Ecodesign” e “Fontes alternativas de energia” com foco em desempenho ambiental de instituições de ensino superior, utilizando as bases de dados das redes de conhecimento: ARIUSA, University Alliance, UI Green Metric e nos repositórios digitais: DSPACE (MACKENZIE), UFLA, UFPR, UTFPR, UFSC, USP, UFBA e AGUAPURAVIANET. A partir da revisão bibliográfica, são selecionadas dezesseis boas práticas em universidades nacionais e internacionais que foram filtradas para oito exemplos, detalhados no subitem 3.1 que embasaram o roteiro das visitas de campo e entrevistas.

Na segunda etapa foram realizadas visitas de campo em instituições de ensino nacionais e internacionais, incluindo as sedes da Mackenzie e da USP no estado de São Paulo e as sedes alemãs da TUM (Universidade Tecnológica de Munique) e FUB (Freie Universität Berlin) por terem alcançado resultados positivos que contribuíram para melhores desempenhos ambientais dos espaços de ensino através de projetos de impactos reduzidos e boas práticas que elevaram os índices de eficiência energética através de reduções de consumo e custos utilizando fontes alternativas de energia nos edifícios. Durante as visitas de campo foram realizadas entrevistas qualitativas semiestruturadas, em formato de roda de conversa com alunos, docentes e gestores sobre o desempenho ambiental em cada campus universitário analisado.

Na terceira etapa, foram selecionadas quatro boas práticas como estudos de caso para aprofundar conhecimentos sobre projetos integradores, diretrizes e estratégias de projeto capazes de contribuir para redução de impactos ambientais em espaços de ensino.

Na quarta etapa foi caracterizada a área de estudo (3.4). As boas práticas foram analisadas e resumidas no subitem (4.1) para destacar ações de impactos reduzidos nas áreas de Infraestrutura, Energia, Água e Gestão dos Materiais. Após análise crítica dos aspectos positivos e negativos das boas práticas destacadas, foi realizado um Diagnóstico Sistêmico da

área de estudo no subitem (4.2) no qual foram identificadas potencialidades que embasam as propostas recomendadas para melhorar o desempenho ambiental do campus no quarto capítulo.

3.1 REVISÃO DE LITERATURA TÉCNICA

A revisão de literatura técnica foi realizada com foco nas palavras-chave: “Ecoeficiência”, “Conforto Ambiental”, “Ecodesign” e “Fontes alternativas de energia” através das redes de conhecimento: Aliança de Redes Ibero-Americanas de Universidades para Sustentabilidade e Meio Ambiente (ARIUSA) (<https://ariusa.net/>), Rede Aliança para Sustentabilidade (UAS), são pesquisadas boas práticas direcionadas à Sustentabilidade relacionadas ao desempenhos ambientais em universidades nacionais e internacionais. O programa CE100 Brasil compartilha boas práticas baseadas na Economia Circular, divulgadas pela Ellen Macarthur Foundation, fundação parceira da USP (EMF, 2018) (In): <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/programas/empresas/ce100-programme>>.

Duas universidades foram destacadas em verde e amarelo, a USP e a Freie Universität Berlin (FUB) por terem alcançado resultados positivos em relação ao desempenho ambiental das suas sedes que podem ser adequadas ao campus em estudo, por isto foram selecionadas como Estudos de Caso, detalhadas no subitem 3.3. As colunas permitem filtros sobre boas práticas em: Infraestrutura, Energia, Água e Gestão dos Materiais. No Quadro 3 foram sistematizadas as boas práticas que se destacaram em oito universidades analisadas.

Quadro 3: Planilha das Boas Práticas nas Universidades

Instituições de ensino selecionadas					Boas práticas direcionadas à sustentabilidade			
Instituições	Ano Fundação	Tipo	Cidade/Estado	País	Infraestrutura	Energias	Água	Gestão dos Materiais
POLIMI	1863	Pública	Milão/ LOM	IT	Campus integrado *Eco design	Renováveis	GSA	Reaproveitamento
TUM	1868	Pública	Munique	DE	TAs/ Tetos/ MAT/ Restaurante	Renováveis	GSA	Reaproveitamento
Mackenzie	1870	Particular	São Paulo	BR	Educação socioambiental	Energia solar	Controle do consumo	Reciclagem
UFPA	1908	Pública	Lavras/ MG	BR	Elevada permeabilidade	Renováveis	Reuso/ SA/ Biodigestor	Reaproveitamento
UTFPR	1912	Pública	Curitiba/ PR	BR	Sistemas construtivos/ MAT	Renováveis	Reuso/ GSA	Reaproveitamento
WUR	1918	Pública	Wagening	NL	Ecodesign/ masterplan	Renováveis	Reuso/ Saneamento Amb	Reaproveitamento
USP	1934	Pública	São Paulo	BR	Laboratório ecoeficiente/ Teto	IEE: Usina Solar	Reuso/ SA/ Biodigestor	LRQ/ LR/ Entrepasto
FU Berlin	1948	Pública	Berlin	DE	TAs/ Tetos/ Domus/SC/ MAT/B	Renováveis	Reuso/ Saneamento Amb	Gestão dos Materiais
Sigla					TAs: Tecnologias Ambientais			
Sigla					MAT: Materiais			
IES	Categoria	Avaliação	SELO	SGA	POSIÇÃO UI GREEN METRIC	Alunos/ Docentes	População: Área edificada (m ²)	Área Ocupada
USP	Urbano	F. VANZOLLINI	Sist. ACQUA	USP	12º GM (1º lugar no país)	96.364/ 5.844	117.074: 1.983.050 m ²	7.643 há
WUR	Sub Urbano				1º GM			
FU Berlin	Sub Urbano				7º GM (1º lugar no país)			
UFLA	Sub Urbano				11º GM (1º lugar no país)			

Fonte: Elaborado pela autora.

Para definir um recorte das boas práticas, foram considerados resultados publicados pelos sistemas de avaliação ambiental: LEED (Categoria Green School), AQUA, BREEAM, DGNB e UI Green Metric World University Ranking, sistema de avaliação ambiental criado pela Universidade da Indonésia em 2010 para medir esforços direcionados à sustentabilidade nas instituições inscritas no programa. Os resultados destacados pelo Ranking GM referem-se aos desempenhos relacionados com mudanças climáticas globais, conservação de energia e água, gestão dos materiais (reaproveitamentos) e transporte ecológico (Green Metric, 2018), disponível em:<<http://greenmetric.ui.ac.id/what-is-greenmetric/>>. A partir de consultas às redes de conhecimento, foram consultados fóruns on-line de Universidades e Sustentabilidade com foco nas mudanças climáticas e renovação dos recursos:

Adelpha (In): <<https://www.mackenzie.br/biblioteca/recursos-de-pesquisa/repositorios/>>; USP (In):<<https://www.teses.usp.br/>>, UFLA (In):<<https://ufla.br/>>, UFSC (In):< <https://ufsc.br/>>, UFES (In):<<http://www.ufes.br/>>, UFBA/ TECLIM (In):<<http://www.teclim.ufba.br/>> SISTEMA ÁGUAPURA (In):<<https://www.aguapuravianet.com.br/web/aguapura/>> e publicações disponíveis no Programa CE 100 Brasil (In):<<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/programas/empresas/ce100-programme>>.

3.2 PESQUISA EXPLORATÓRIA EXPERIMENTAL: VISITAS E ENTREVISTAS

Foram utilizados como métodos de pesquisa: Visitas de Campo e Entrevistas Semiestruturadas.

3.2.1 Vistas de Campo

Visita 1: Mackenzie Campus Higienópolis- Foram registradas as práticas: gestão do conhecimento em rede, acervo digital Adelpha, pedagogia do exemplo na educação continuada, desde o ensino fundamental até o nível Superior. Foram entrevistadas as professoras Gilda Collet Bruna, Maria Augusta Justi Pisani e Verônika Polzer que guiou a visita externa em SP.

Visita externa à central de reaproveitamento de materiais na CASA COR SP. Foram visitados sistemas de iluminação com lâmpadas LEDs alimentadas por biogás³ natural e uma central de compostagem. Parte das sobras da obra (1.668t) viraram agregados não estruturais, parte das perdas de madeira (147t) gerou biomassa, resíduos orgânicos (8,77t) viraram adubo e foram recicladas sobras de papel, plástico, metais, vidro e isopor (52,26t) (POLZER, 2018).

³ <<https://www.polzer.com.br/index.php/2018/10/29/casacor-2018-99-de-valorizacao/>>

Visita 2: USP- Campus Cidade Universitária- a prof.^a Roberta Mulfärth Kronka abordou a necessidade de sensibilizar usuários do campus sobre o modo de usar os edifícios. Foram abordados programas de uso racional de água e energia como o “PURE”, PUERHE e as respectivas rotinas de monitoramento e auditorias internas planejadas com apoio da Fundação Vanzolini (Sistema AQUA). Foram registradas soluções bioclimáticas que dispensam o uso do ar condicionado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), masterplan que preserva permeabilidade e distribui energia fotovoltaica, gerada no Instituto IEE da USP.

Visita 3: USP Campus São Carlos- Ações de impactos reduzidos no Instituto de Química Ambiental, Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ) e Biblioteca: recirculação de água nos laboratórios, gestão ecoeficiente de materiais, reciclagens, reaproveitamentos no Entrepósito de Materiais, gestão dos resíduos químicos, descartes tóxicos, parcerias e logística reversa.

Visita 4: Agroecologia e Economia Circular no Sítio São João- visita guiada pelo proprietário Flávio Marchesin para conhecer o Programa de Educação Ambiental “Escola da Floresta” e ações ecoeficientes implantadas através de parcerias entre a USP, MIT, UFSC, EMBRAPA e Prefeitura Municipal de São Carlos.

Visita 5: TUM- Universidade Tecnológica de Munique- Foi realizada apresentação sobre: Parâmetros de Conforto Ambiental, Indicadores de Desempenho Ambiental, Estratégias Bioclimáticas e Projetos Integradores desenvolvidos a partir de simulações computacionais dos índices relacionados à Eficiência Energética e Conforto Ambiental. O entrevistado, professor e arquiteto Phillip Vodhlička, autor do projeto Waldorf School Uhlandshöhe, apresentou como foi desenvolvida a Escola Energia Zero para Stuttgart.

Visita 6: Freie Universität Berlin- Foram registradas boas práticas em edifícios modernos e patrimônios tombados que compõem o campus. Os entrevistados, professores Wolfgang Ackermann e Katrin Rish apresentaram programas e projetos citados no item 3.2.2.

3.2.2 Entrevistas Semiestruturadas

Roteiro de perguntas elaborado no formato de Roda de Conversa com as questões:

- 1) Dentro dos conceitos de Sustentabilidade, Arquitetura Bioclimática e Projetos Ecoeficientes, o que um ambiente de ensino não pode deixar de ter?
- 2) Quais os ambientes do campus são exemplares quanto ao conforto ambiental?
- 3) Como é medida a Ecoeficiência nesta instituição ao longo do ano?

- 4) Entre as tecnologias ambientais aplicadas nesta instituição, quais destacaria?
- 5) Por favor citar as práticas do consumo consciente mais relevantes no campus;
- 6) Como a instituição lida com a certificação ambiental no dia a dia, considerando novas demandas de ampliações dos edifícios e novas construções?
- 7) Quais experiências destaca em relação ao uso e aproveitamento da água?
- 8) Quais práticas contribuem mais para melhorar o desempenho ambiental do campus?
- 9) Indica um exemplo de Fachada Ventilada para ser visitado neste campus?
- 10) Existe um centro de expertise em Sustentabilidade na instituição?
- 11) Quais as principais diretrizes do Plano de Sustentabilidade Institucional?
- 12) Como a universidade contribui para o Desenvolvimento Sustentável desta região?

Respostas de Destaque: *Presentation Unit for Sustainability and Energy Management.*⁴

4ª questão) *Vídeo que exhibe o prof. Andreas Wanke sobre projetos da FUB.*⁵

5ª questão) *UAS Spring Campus Conference (April 1-5, 2019) at FUB.*⁶

*Vídeo sobre esforços direcionados a Sustentabilidade com participação estudantil.*⁷

*Student Instagram Challenge and Sustainability Campus Days.*⁸

8ª questão) *Parcerias internacionais em rede- Aliança Universitária para Sustentabilidade.*⁹

*Conferência 2019 no Brasil.*¹⁰ *Jornal diário sobre nosso trabalho.*¹¹

11ª e 12ª questões) *Sustainability Report 2018*¹²

⁴ Disponível em: <https://www.fu-berlin.de/en/sites/uas/uas-pool/meeting-_-workshop-documentation/UAS-Spring-Campus/spring-campus-2018-conference-documentation/_media/ppt/UAS-Spring-Campus-2018_Wanke-II.pdf>.

⁵ Disponível em: <<https://www.fu-berlin.de/en/sites/uas/uas-pool/talking-about-sustainability/index.html>>.

⁶ Disponível em: (In):<https://www.fu-berlin.de/en/sites/uas/uas-pool/meeting-_-workshop-documentation/UAS-Spring-Campus/spring-campus-2018-conference-documentation/index.html>.

⁷ Disponível em: <<https://www.fu-berlin.de/presse/informationen/videowettbewerb/2017/index.html>>

⁸ Disponível em: (In): <https://www.fu-berlin.de/presse/informationen/socialmedia/instat takeover/ takeover/sose_18/sustain-it-challenges/index.html>;<<https://www.fu-berlin.de/sites/sustain/aktionen/Hochschultage/hst2018/index.html>>.

⁹ Disponível em: <<https://www.fu-berlin.de/en/sites/uas/index.html>>.

¹⁰ Disponível em: (In): <<https://www.international-sustainable-campus-network.org/>>.

¹¹ Disponível em: <<https://www.tagesspiegel.de/themen/freie-universitaet-berlin/nachhaltige-hochschule-gemeinsam-fuer-ein-besseres-morgen/22742562.html>>.

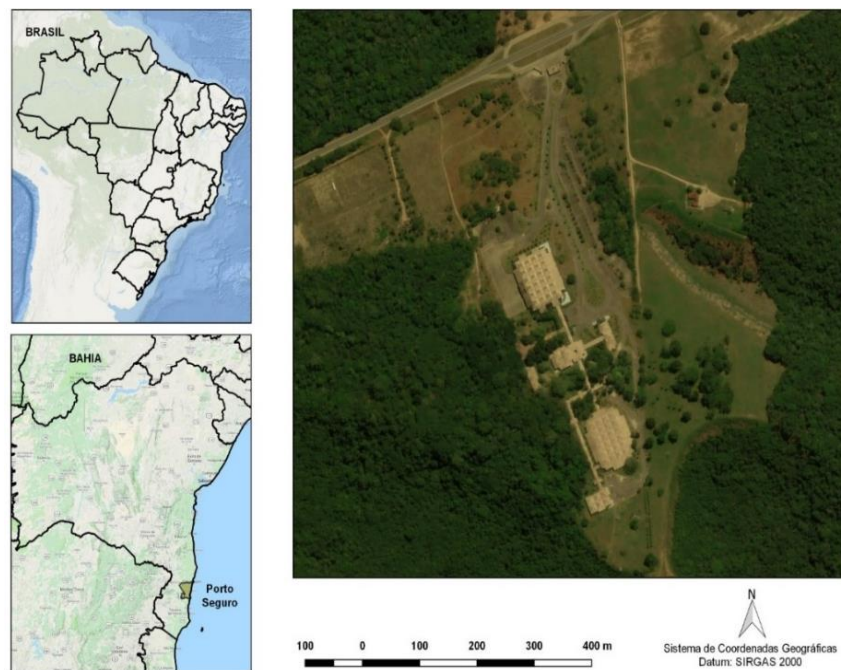
¹² Disponível em: <https://www.fu-berlin.de/sites/nachhaltigkeit/06_publicationen/sustainability-report_2018.pdf>.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.3.1 Aspectos Físicos

O Campus Sosígenes Costa da UFSB está situado às margens da rodovia BR 367 que interliga Eunápolis e Porto Seguro, em terreno que abrigava o Centro Cultural de Eventos do Descobrimento de Porto Seguro, município localizado na região Nordeste do Brasil, no Sul do Estado da Bahia (Fig. 3), com Latitude $16^{\circ} 26' 59''$ S, Longitude $39^{\circ} 03' 53''$ W (IBGE, 2018).

Figura 3: Localização do Campus Sosígenes Costa em Porto Seguro, Bahia, Brasil



Fonte: BING Satélite, adaptada pela autora, 2019.

3.3.2 Aspectos Botânicos e Ecológicos

A partir de consultas ao professor Dr. Jorge Costa, biólogo e docente da UFSB, foi acessado o levantamento botânico realizado pela equipe responsável pelo programa Jardim Botânico FLORAS (JBFLOAS). O remanescente do Campus Sosígenes Costa/ JBFLOAS é uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012) ou Floresta dos Tabuleiros (RIZZINI, 1997) e possui uma flora característica. Estão registradas 193 espécies, distribuídas em 142 gêneros e 53 famílias de angiospermas. Entre as endêmicas da Mata Atlântica, foram levantadas 15 espécies, incluindo: *Cranocarpus mezii* (Leguminosae), restrita

ao sul da Bahia e norte do Espírito Santo. Devido a sua peculiaridade florística, é recomendada a conservação do remanescente encontrado na Floresta dos Tabuleiros. (PINTO et al., no prelo).

Devido à grande proximidade entre o Jardim Botânico JB Floras e o Parque Nacional Pau Brasil, foi identificado elevado potencial ecossistêmico para que seja proposto um corredor ecológico no campus universitário que contribua para a preservação da máxima permeabilidade e vegetação do terreno em estudo. Esta permeabilidade pode ser preservada além do índice de permeabilidade legalmente exigido pelo Plano Diretor Municipal, considerando a capacidade de suporte ecossistêmica local e as áreas protegidas do entorno.

É recomendável considerar os aspectos ecossistêmicos locais para definir a permeabilidade mínima a ser preservada no plano diretor da UFSB que pode preservar o campus como um parque universitário com trilhas ecológicas, mapeando áreas restritas de ocupação.

3.3.3 Aspectos Urbanísticos Ambientais

O terreno ocupado pela UFSB possui uma área de duzentos e onze mil, quatrocentos e doze metros quadrados (211.412,175 m²) conforme levantamento topográfico (UFSB, 2018), inserido em corredor de usos múltiplos com os parâmetros urbanísticos: Índice de permeabilidade (IP=0,25), 25% do terreno deve ser permeável; Índice de ocupação (IO=0,75), ocupação máxima de 75% da área total do terreno; Índice de utilização (IU=1,5). A área construída não pode ultrapassar 1 vez e meia a área do terreno (PMPS, 2018).

O índice de ocupação atual, oito por cento (8%) subirá para dez por cento (10%) após construção do Núcleo Pedagógico II. Ao somar a área do sistema viário existente (42.946 m²) com a área total ocupada pelas edificações (total de área coberta: 20.178,81m²), constata-se que haverá uma área total pavimentada (área descoberta + área coberta) que representa trinta por cento do terreno. Os pátios descobertos podem ser revestidos por pisos drenantes ou materiais derivados de reaproveitamentos que garantam a permeabilidade necessária.

No entorno em estudo existem diversas zonas de amortecimento das áreas protegidas que são imprescindíveis para a conservação, renovação dos recursos naturais e consequentemente impacta na biodiversidade local. As zonas de amortecimento são trechos territoriais intermediários entre áreas de preservação regulamentadas como os parques nacionais e áreas mais permissivas quanto ao uso e ocupação do solo permitidos no Plano Diretor Municipal. Considerando o contexto das bacias hidrográficas, a área em estudo integra

a Região de Planejamento e Gestão das Águas IV (RPGA IV) que inclui porções das bacias dos rios Santo Antônio, João de Tiba, Frades, Caraíva e Queimado (INEMA, 2019).

3.3.4 Aspectos Socioeconômicos

No Campus Sosígenes Costa circulam duas mil e quinhentas pessoas (2.500 pess.) por mês, conforme dados cedidos pela Secretaria Acadêmica que registraram aproximadamente: um mil trezentos e treze alunos de graduação e pós graduação (1.313 pess.), cento e quarenta servidores (140 pess.), trinta terceirizados fixos (30 pess.), vinte terceirizados flutuantes nas obras em andamento e em manutenções periódicas (20 pess.), mil visitantes (1.000 pess.) devido aos eventos que ocorrem nos Pavilhões de Convenções e de Feiras, além dos eventos acadêmicos, visitas ao campus e ao Jardim Botânico (Coordenação CSC, UFSB, 2019).

Porto Seguro é um dos pontos turísticos mais frequentados do Brasil com produto interno bruto (PIB) de dezessete mil, cento e quatorze reais e quarenta e sete centavos per capita (R\$ 17.114,47 per capita). Em contraste com o PIB, estão registrados os baixos índices de trabalhos formais que registram apenas vinte e três por cento da população trabalhando formalmente com um salário médio mensal de 1,9 salário mínimo (IBGE, 2018). Com o objetivo de estimular ganhos econômicos que beneficiem a região e os moradores de Porto Seguro, são apontadas potencialidades com base nos princípios da Economia Circular.

3.3.5 Aspectos Climatológicos

O clima de Porto Seguro é tropical quente e úmido, classificado como Litorâneo Úmido, segundo classificação de Conti, exposto a massa de ar tropical atlântica (IBGE,2018).

3.3.5.1 Condições Térmicas

A estação quente permanece por 3,8 meses, entre 13 de dezembro e 8 de abril, com temperatura máxima média diária acima de 28 °C (MIERRA-2, NASA, 2018). As temperaturas mais baixas do ano são registradas na primeira quinzena de agosto, na qual a temperatura média é de 20 °C para a temperatura mínima e 25 °C para a máxima, segundo dados das estações meteorológicas Porto Seguro e Caravelas, complementados de dados compilados no relatório intitulado: “Análise retrospectiva da era por satélite” (MIERRA-2, NASA, 2018). Segundo classificação de Conti, a região do Sul Baiano apresenta clima Litorâneo Úmido (IBGE, 2018).

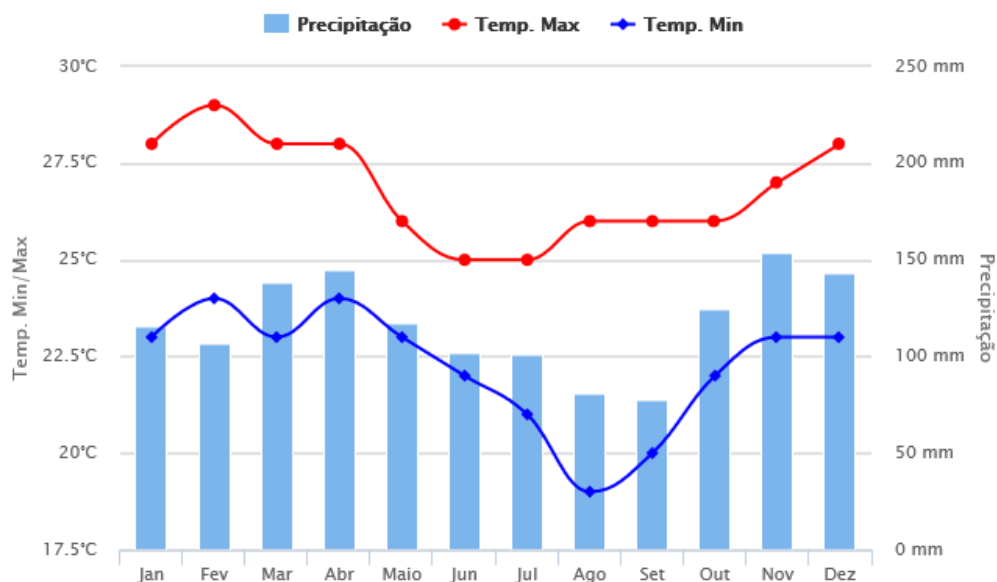
Em Porto Seguro e nos distritos que compõem o seu perímetro urbano são registradas ao longo do ano, temperaturas que variam de 20 °C a 29 °C e raramente inferiores a 18 °C ou superiores a 31 °C (MIERRA-2, NASA, 2018).

3.3.5.2 Umidade e Precipitação Pluviométrica

O período mais chuvoso em Porto Seguro ocorre durante os 31 dias em torno de 28 de novembro, com acumulação total média de 135 milímetros. O período mais seco ocorre na segunda quinzena de agosto com acumulação total média de 36 milímetros (INMET, 2018).

A Figura 4 exibe as temperaturas máximas e mínimas registradas em 2018 em Porto Seguro, correlacionando-as com as precipitações pluviométricas mensais.

Figura 4: Climograma de Porto Seguro em 2018: Temperaturas e Pluviometrias mensais



Fonte: INMET, 2018.

EIXO X: Temperaturas médias nos meses do ano/ EIXO Y: Porcentagem de tempo nos níveis de conforto

A precipitação pluviométrica, o ponto de orvalho e a consequente taxa de umidade relativa do ar são condições climatológicas que interferem na sensação de conforto térmico. Porto Seguro tem variação sazonal na sensação de umidade, pois o período com as taxas mais elevadas dura 10 meses, de 2 de setembro a 18 de julho, no qual o nível de conforto fica comprometido em pelo menos, 70% do tempo (INMET, 2018). Em abril, novembro e dezembro de 2018 foram registradas as precipitações pluviométricas mais elevadas.

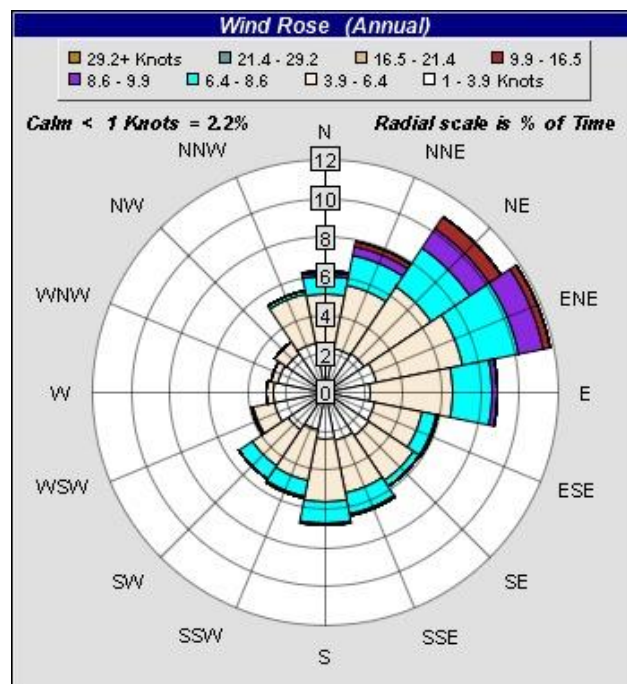
O verão é o período mais desconfortável, quando a umidade ultrapassa a taxa relativa de umidade do ar de 50% recomendável na zona de conforto (OMS, 2018), oscilando entre 95%

e 98% nos meses de janeiro e fevereiro. O mês menos úmido é agosto e o período mais ventilado do ano dura seis meses, entre 18 de julho a 19 de janeiro, com velocidades médias do vento acima de 11,0 quilômetros por hora. O período menos ventilado dura seis meses, entre 19 de janeiro a 18 de julho, com velocidade média mínima do vento de 9,7 quilômetros por hora.

Os dados são fornecidos a partir de reconstruções das estações meteorológicas: Porto Seguro (99%, 2,1 quilômetros, noroeste) e Caravelas (0,8%, 135 quilômetros, sul) (NASA, 2019). O valor estimado em Porto Seguro é calculado como a média ponderada das contribuições de cada estação, com pesos inversamente proporcionais à distância entre Porto Seguro e cada estação.

Em Porto Seguro é recomendável aproveitar os ventos predominantes nas direções Nordeste, Leste, Sudeste e Sul, desde a concepção arquitetônica, orientando a implantação dos edifícios para captar as ventilações naturais máximas, dispensando o uso do ar condicionado. A Rosa dos Ventos (Figura 5) contribui para o desenvolvimento de projetos para que edificações possam alcançar melhores índices de eficiência energética e conforto ambiental.

Figura 5: Rosa dos Ventos de Porto Seguro: velocidades médias e direções dos ventos



Fonte: (GBS, AUTODESK, 2019)

3.3.5.3 Insolação Diária Média Anual

Porto Seguro está inserida no trecho litorâneo do Sul da Bahia que apresenta a média anual de insolação diária de seis horas, considerada viável para o aproveitamento da energia solar e geração de energia fotovoltaica (PEREIRA et al, 2017; TIBA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados estão organizados em cinco seções: (4.1) BOAS PRÁTICAS DE DESTAQUE; (4.2) ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS NAS UNIVERSIDADES ANALISADAS, (4.2) DIAGNÓSTICO SISTÊMICO DA ÁREA DE ESTUDO; (4.3) DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS DE PROJETOS DE IMPACTOS REDUZIDOS; (4.4) PROPOSTAS PARA O CAMPUS SOSÍGENES COSTA E (4.5) DISCUSSÕES E TRABALHOS FUTUROS.

4.1 BOAS PRÁTICAS DE DESTAQUE

Foram selecionadas práticas focadas na redução de impactos climáticos, energéticos e econômicos que interferem no conforto ambiental, aprendizado e na saúde dos usuários dos edifícios: Projeto Escola Energia Zero, “Waldorf School Uhlandshöhe Project” (VOHLIDKA, 2018), o Projeto dos Sistemas de Ventilação da TU Braunschweig (FISH, 2005), Departamento de História da Freie Universität Berlin e a USP. Estes Estudos foram escolhidos por apresentarem soluções de fácil adequação para o campus em estudo, conforme aspectos analisados no Diagnóstico Sistemático da Área de Estudo.

4.1.1 Projeto Escola Energia Zero para Stuttgart

Projeto Waldofschule Uhlandshöhe in Stuttgart, “Escola Energia Zero Waldorf School em Stuttgart” (VOHLIDKA, 2018), apresentado durante a visita a TUM pelo arquiteto e prof. Phillip Vohlidka que concebeu a escola com a meta de consumo de 0,26 kW/m². Este projeto integra o Programa “ZERO CARBON CITIES” (HFT, 2018) com o objetivo de maximizar a eficiência energética nas edificações e monitorá-la nos ambientes de ensino (TUM, 2018).

4.1.1.1 Ecologia Industrial/ Economia Circular

Método integrador de projeto- o autor utiliza programas computacionais que simulam a eficiência energética do edifício que o auxiliam escolher os materiais e sistemas construtivos mais adequados para o alcance do desempenho ambiental predefinido. Ao conceber o projeto,

o autor estabelece metas preliminares de eficiência energética para o edifício, considerando as variáveis ambientais do local de implantação (VOHLIDKA, 2018).

4.1.1.2 Bioclimatologia Aplicada nos Projetos

O átrio central funciona como canal de ventilação com grelhas distribuídas e as galerias subterrâneas aquecem ou resfriam o ar através do trocador de calor para manter a temperatura média em torno de 24,5°C no interior da edificação, valor adequado à boa cognição, segundo parâmetros de conforto ambiental locais (AUER, 2017). Foram especificados materiais de isolamento termo acústico nas paredes que contribuem para o conforto ambiental do edifício, considerando as variações térmicas no clima Oceânico, segundo a classificação de Köppen-Geiger, pois as temperaturas anuais oscilam entre -3°C e 25°C (CLIMATE-DATA.ORG, 2019). Os Parâmetros de conforto ambiental considerados neste projeto estão registrados na obra: “Zukunftsfähiger Schulbau. 12 Schulen im Vergleich” “Construção de Escolas Sustentáveis. 12 escolas em comparação” (AUER *et al.*, 2017). Além de parâmetros bioclimatológicos, foram considerados como indicadores de conforto, o índice de qualidade do ar por poluente (IQA) e a qualidade do ar interno (QAI) das salas de aulas recomendados para boa cognição, simulados previamente com auxílio de programas computacionais (VOHLIDKA, 2018).¹³

O autor correlaciona teores de CO₂, umidade relativa do ar com a temperatura interna das salas de aula para verificar se estes valores atendem à norma e se garantem condições saudáveis adequadas à boa cognição conforme referencial teórico citado (AUER, 2017).

A partir do uso de energia fotovoltaica e controles automatizados são abertas as janelas com o objetivo de aquecer ou resfriar ambientes, além de renovar o ar interior, mantendo o IQA no intervalo recomendado para boa cognição (VOHLIDKA, 2018).

4.1.2 Sistemas de Ventilação na TU Braunschweig: Lüftungskonzept während der Heizperiode publicados pelo prof. Ing. Fisch

O Instituto de Construção e Tecnologia Solar (IGS) da TU Braunschweig desenvolve pesquisas e projetos integrados bioclimáticos que maximizam a eficiência energética do edifício. No laboratório de simulação, alunos projetam de modo integrador modelagens tridimensionais

¹³ disponível em: <<https://www.ar.tum.de/en/klima/research/completed-research-projects/development-of-exemplary-new-construction-methods-for-the-waldofschule-uhlandshoehe-in-stuttgart/>>.

orientadas para construção com o auxílio de programas simuladores, responsáveis por cálculos que permitem monitoramentos digitais constantes, relacionados à Gestão de Custos e ao Gerenciamento do Ciclo de Vida para operação e automação predial (TU BRAUNSCHWEIG).

4.1.2.1 Ecologia Industrial / Economia Circular

O Sistema de ventilação demonstrou que galerias de ar associadas aos trocadores de calor proporcionam conforto ambiental com impactos reduzidos com o uso de fontes de energia menos poluidoras (FISCH, 2005). A Geração e uso de energia solar, assim como as automações são responsáveis pelo controle de metas de redução do consumo energético. Painéis solares instalados na cobertura e o uso de dispositivos auxiliam o gerenciamento do uso da fonte alternativa de energia para atender usuários, reduzindo metas de consumo (FISCH, 2005).

4.1.2.2 Infraestrutura Verde

A TU Braunschweig direciona esforços para tornar o campus neutro, em relação às emissões de CO₂, conforme metas registradas no Projeto “EnEff Campus 2020. Foi desenvolvido um plano diretor que preserva as áreas verdes e foram estabelecidas metas para eliminar as emissões de CO₂ (TU BRAUNSCHWEIG). Com o objetivo de reduzir o consumo de energia primária da TU Braunschweig em 40% até 2020, foi lançado o plano diretor em setembro de 2015 com metas que integram a reforma focada em otimizar a eficiência energética do campus que será monitorada durante a operação do campus (TU BRAUNSCHWEIG, 2018).

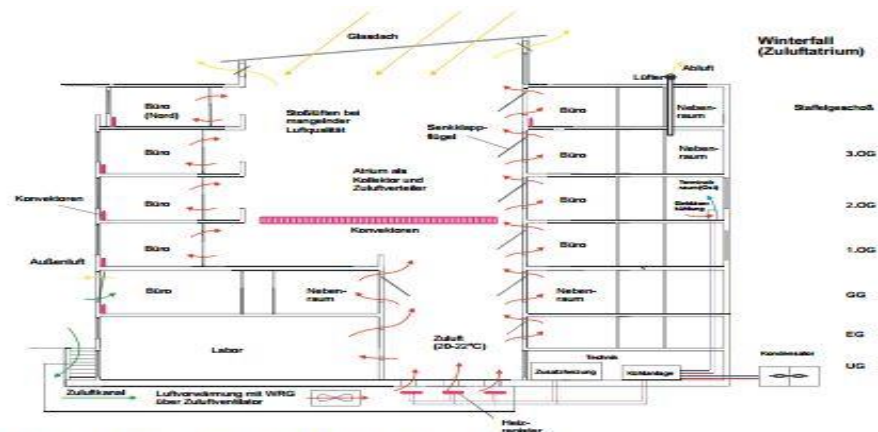
4.1.2.3 Bioclimatologia Aplicada na TU Braunschweig: Sistema de Ventilação Lüftungskonzept Während der Heizperiode - Fisch, 2005

Galerias de ar foram projetadas para aquecer ou resfriar o ar através de equipamentos que funcionam como “Wärmetauscher”, trocador de calor para ajustar a temperatura do ar, conforme parâmetros locais de conforto (FISCH, 2005). A ventilação é distribuída através de do átrio central que funciona como corredor vertical de ventos distribuídos para salas de aulas em todos os andares em temperatura próxima de 25°C com auxílio dos exaustores acoplados nas esquadrias e nas aberturas superiores que retiram o ar quente do edifício (FISCH, 2005).

O sistema de ventilação e iluminação naturais (Figura 6) contempla: átrio central, esquadrias zenitais periféricas; basculantes acima das portas; exaustores acoplados nas

esquadrias que proporcionam boa iluminação natural, minimizando o uso de iluminação artificial, melhorando a eficiência energética (FISCH. 2005).

Figura 6: Sistema de ventilação por FISCH: Lüftungskonzept während der Heizperiode



Fonte: FISCH, M.N, 2005.

4.1.3 Projeto do Departamento de História e Estudos Culturais da FUB¹⁴

Departamento de História e Estudos Culturais da FUB (12.650 m²). Sistema construtivo composto por estruturas metálicas, peças em concreto, painéis de fibrocimento.

4.1.3.1 Ecologia Industrial/ Economia Circular

O edifício revestido por painéis de madeira Cedro reforça o conceito de sustentabilidade, pois o sistema construtivo seco não demanda uso de água na obra e a modularidade reduz os custos de manutenção, evitando desperdícios (FUB, 2015). A Figura 7 ilustra o edifício amadeirado, concebido por Florian Nagler (NAGLER, 2015).

¹⁴ Desenvolvido por Florian Nagler: Holzbau Freie Universität Berlin (NAGLER, 2015).

Figura 7: Departamento de História e Estudos Culturais da FUB: Fachadas Moduladas



Fonte: FUB, 2018.

As fachadas moduladas e secas (Figura 7), características da Produção mais Limpa (PNUMA, ONU, 2018) contribuem para reduzir impactos ambientais e desperdícios, pois são compostas por peças pré-fabricadas com isolamentos termo acústicos de lã de rocha, produzidas com dimensões padronizadas que fortalecem a proposta de reaproveitamentos dos materiais envolvidos, simplificando as manutenções prediais (NAGLER, 2015).

4.1.3.2 *Infraestrutura Verde*

Implantações otimizadas que ocupam menos espaço no térreo, preservando maior permeabilidade no campus e áreas verdes. As edificações foram projetadas com três pavimentos, sendo que a laje de cobertura contempla um teto verde (Green Roof). No último pavimento foram construídos: áreas permeáveis, jardins com sistemas de drenagens circulantes, sistemas fotovoltaicos em gramados sobre a laje, salas de aulas voltadas aos jardins. Este nível cobertura, identificado como: “Roof Top” se caracteriza como um Green Roof, utilizado como espaço de experimentação, visitas técnicas e manutenções.

4.1.3.3 *Bioclimatologia Aplicada nos Projetos*

Os sistemas de iluminação e ventilação funcionam de modo passivo ou mecanizado, dependendo das condições climáticas para garantir temperaturas adequadas ao conforto ambiental nos espaços administrativos, de ensino e aprendizagem que contemplam salas de seminários, escritórios dos departamentos e salas de aulas.

São sistemas de ventilação e iluminação naturais: fachadas protegidas da insolação e ventiladas através de esquadrias com venezianas de vidro retráteis, projetadas para equilibrar a temperatura interna do edifício; esquadrias retráteis próximas às coberturas para iluminar e renovar o ar (Foto no APÊNDICE F5), exibindo venezianas acopladas na fachada que controlam a qualidade do ar interior; átrios e vãos centrais que contribuem para a retirada de ar quente do edifício, pois interligam as circulações comuns ao terraço; pátios centrais para proporcionar espaços de convivência e maior interação com as áreas externas, melhorando o índice lumínico nos espaços de ensino e minimizando o uso da iluminação artificial. Para promover conforto ambiental com índices recomendáveis de qualidade do ar, foi projetado o sistema de ar condicionado natural, baseado no resfriamento noturno, acionado através de programação automatizada.

4.1.4 Universidade de São Paulo (USP)

4.1.4.1 Ecologia Industrial / Economia Circular

A USP prioriza o uso de fontes alternativas de energia, incentivando pesquisas, firmando parcerias através do IEE, Instituto de Energia e Meio Ambiente que desde maio de 2012, iniciou as atividades para a implantação da usina fotovoltaica no campus Cidade Universitária no bairro do Butantã em SP. Os projetos receberam recursos da Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista, da Companhia Energética de SP, auxílio da Fundação de Apoio à USP e da Prefeitura do Campus da capital. Através do Sistema de Gestão Ambiental USP e boas práticas aplicadas no IEE que funciona como laboratório experimental de eficiência energética e energia solar, são estabelecidas metas de redução do consumo energético.

Em 2013, o IEE é reestruturado para funcionar como um Instituto Especializado da Universidade de São Paulo que desenvolve atividades baseadas na pesquisa, ensino e extensão universitária nos âmbitos da Energia e Ciências Ambientais. Em 2017 os sistemas de energia solar da USP totalizaram 540 kW de potência, gerando o total de 1% da energia elétrica do campus. A energia produzida é lançada na rede subterrânea, podendo ser utilizada por toda a Cidade Universitária (ZILLES, 2018).

As placas fotovoltaicas estão instaladas na cobertura do edifício sede do IEE e no Espaço Brasileira, onde funciona a Biblioteca Guita e José Mindi, indicados na Figura 8.

Figura 8: Usina Fotovoltaica USP- Campus Cidade Universitária



Fonte: USP, 2018.

4.1.4.2 *Infraestrutura Verde*

A implantação do Campus USP Cidade Universitária preserva áreas verde e permeáveis, distribuindo a energia fotovoltaica produzida através de uma infraestrutura de impactos reduzidos, pois a geração e distribuição é realizada em coberturas e em áreas verdes.

No Laboratório do Ambiente Construído é aplicada como estratégia bioclimática de projeto, a cobertura verde que contribui para preservar a permeabilidade do campus, amenizando temperaturas internas, reduzindo impactos, além de demonstrar que áreas úteis podem ser implantadas sem comprometer a permeabilidade local (APÊNDICE).

Campus São Carlos: Tecnologias de reuso das águas cinzas, drenagens circulantes, irrigações a partir do sistema circulante de água; Produções orgânicas, compostagens e uso de materiais derivados dos reaproveitamentos; Instalações hidrossanitárias com circuito fechado e flexível, no qual a caixa acoplada do vaso sanitário enche com a água utilizada no lavatório, sendo a mesma conduzida através de uma tubulação aparente; Projetos de Saneamento Ambiental e Agroecologia com soluções para reuso de águas cinzas como o jardim filtrante (Wetland), projetado de modo integrado aos sistemas biológicos simplificados e biodigestores construídos que são visitados por alunos do ensino médio e superior no Sítio São João, além das visitas técnicas de pesquisadores que multiplicam a Pedagogia do Exemplo (Figura 9).

Figura 9: Sistemas Biodigestores construídos no Sítio São João em São Carlos



Fonte: Embrapa Instrumentação

Parceiros como o MIT e EMBRAPA, promoveram a renovação dos recursos naturais e maior economia, a partir do reaproveitamento dos recursos, contagiando visitantes a incorporarem estratégias de projeto de impactos reduzidos.

No Campus São Carlos foram visitados laboratórios que aproveitam águas pluviais que são armazenadas em reservatórios externos e retornam à edificação, suprindo demandas nos laboratórios. Boas práticas no Campus São Carlos e no Sítio São João baseadas em princípios da Economia Circular demonstram que pouco se perde e quase tudo se transforma.

4.1.4.3 Bioclimatologia Aplicada aos Projetos

O projeto bioclimático de autoria do arquiteto João Batista Vilanova Artigas para a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo dispensa uso do ar condicionado em todos os ambientes de ensino e aprendizagem. O átrio central é coberto por domus retráteis, integrando o sistema de ventilação de iluminação naturais que contribui para o conforto ambiental dos usuários sem climatização artificial. Na cobertura, é possível observar que os domus que são abertos e fechados de acordo com a temperatura mensal. Na parte frontal, estão localizadas as áreas administrativas da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, tanto no pavimento térreo, como no superior. Foram projetadas amplas esquadrias da Biblioteca com manuseios tipo MAXI-AR,

divididas em três partes para maximizar ventilações cruzadas e renovação do ar interior. O átrio central distribui a iluminação natural que minimiza o uso da iluminação diurna artificial, contribuindo para maior economia para a USP. As fachadas externas são ventiladas, protegidas da insolação, conectadas com o sistema de exaustão concebido pelo Artigas, pois preservam um espaço vazado entre elementos de sombreamento do edifício e alvenarias externas que funciona como um colchão de ar, por onde o ar quente sobe e o ar fresco é conduzido para os espaços de ensino (salas de aulas, ateliers integrados, biblioteca, estações de estudo).

4.2 ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS NAS UNIVERSIDADES ANALISADAS

Aspectos positivos e negativos das boas práticas foram analisados para selecionar quais soluções podem ser aproveitadas ou adaptadas para o Campus Sosígenes Costa.

4.2.1 Ecologia Industrial / Economia Circular

Universidade Tecnológica de Munique: campus urbano no centro de Munique.

Aspectos positivos: Projeto Integrador com meta de consumo de 0,26 KWh/ m² (VOHLIDKA, 2018). Foram projetadas estratégias de projeto a partir de simulações computacionais para alcançar metas de conforto ambiental recomendadas para boa cognição na Escola Energia Zero (VOHLIDKA, 2018). Para elevar o desempenho ambiental, são recomendáveis simulações dos índices de eficiência energética e conforto ambiental, desde a fase de concepção preliminar do edifício até a operação do mesmo, através de programas como o Energy Plus e o uso da plataforma BIM (Building Information Modeling).

BIM: Modelagem da Informação da Construção que possibilita o uso integrado de projetos desde a fase inicial até a operação do edifício (ABDI, 2019), disponível em:<
<https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/conteudo/121>>
 “Città Studi Campus Sostenibile” (POLIMI, 2018), disponível em:<<http://www.campus-sostenibile.polimi.it/>>.

Universidade de São Paulo: Campus Cidade Universitária e Campus São Carlos

Aspectos positivos: Programas como o PURE: Programa para Uso Eficiente de Energia, criado em 1997 e PUERH: Programa Permanente para Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e

Energéticos, resultante da fusão entre o PURA: Programa de Uso Racional da Água e o PUERE, programa no qual são definidas metas de eficiência energética, produção de energia renovável, mini geração e distribuição de energia fotovoltaica no campus (USP, 2018).

Freie Universität Berlin (FUB): campus urbano em Berlim.

Aspectos positivos: masterplan com Edificações modulares, baseadas na Produção mais Limpa; Gestão à vista com indicadores de desempenho ambiental e eficiência energética monitorada de modo setorizado com resultados visíveis nas entradas dos edifícios; estratégias de projetos com fontes de energia menos poluidoras através de usinas solares e usinas que utilizam o gás natural Biometano, gerando economia de energia primária de cerca de 23% a partir das usinas CHPs (Combined Heat and Power), cogeração ou produção combinada de calor e energia para gerar eletricidade e calor simultaneamente (FUB, 2018).

As usinas solares com produção elétrica de 715 KW geram 4,5 a 5 milhões de KWh de eletricidade por ano e a usina instalada no Jardim Botânico (CHP) funciona com Biometano (FUB, 2019). As metas de reduções de consumo de energia estabelecidas no sistema de gestão ambiental são divulgadas nas plataformas de comunicação interna, em redes de conhecimento. A Figura 10 exibe a Usina Solar instalada na laje de cobertura, Teto Verde da Freie Universität.

Figura 9: Usina Solar no gramado da laje de cobertura da Freie Universität Berlin



Fonte: Própria autora

Hospital Sarah Kubitscheck Salvador- Bahia (LELÉ, 1994). Sistema construtivo que contempla: estruturas metálicas, vedações externas e internas em argamassa armada, produzidos no Centro de Tecnologia da rede Sarah (TRIGO, 2009).

Aspectos Positivos: sistemas construtivos modulares e paredes locadas com base nos módulos de 1,25m, múltiplos de 0,625m em função do revestimento especificado; peças com múltiplas funções; redução de materiais na construção (viga-calha que abriga instalações, parede dupla ou “Parede Shaft” com instalações embutidas); logística e operação otimizadas; reduções de água, fretes, transporte, prazos e custos na obra e manutenções devido ao uso de peças padronizadas, fabricadas no CTRS; construção e montagem que inibem a geração de resíduos (LELÉ, 1994 apud LUKIANTCHUKI, M et al, 2008).

O custo mensal de energia do hospital Sarah Salvador oscilava em torno de 90 mil reais em 2004. Lelé calculou que o consumo energético de um edifício que funciona com ar condicionado corresponde de 30 a 40% do custo total da obra. Caso o hospital fosse climatizado artificialmente, este custo seria de 600 mil reais (LELÉ, 2004 apud GUIMARÃES, 2010).

Aspectos negativos: Os processos produtivos que envolvem aço emitem grande quantidade de CO₂, pois estão relacionados aos processos industriais e montagens presentes nas estruturas em Steel Frame, incluindo vigas, pilares e montantes metálicos (PINHEIRO, 2005).

Para o campus em estudo, não foram aproveitadas soluções com foco concentrado em reciclagem ou soluções que não tratam a causa, pois podem estimular a geração de resíduos. Foram priorizados programas que inibem sobras, como o Programa Resíduo Zero e o modelo de Reengenharia do Produto que caracteriza a Produção mais limpa (PNUMA, 2018).

4.2.2 Infraestrutura Verde

Mackenzie SP: Verticalizações de edificações para preservar as áreas verdes, praças e permeabilidade do solo. A instituição estabeleceu metas de consumo de águas de reuso da SABESP para consumos não potáveis nas edificações construídas. Para reduzir o consumo de água, foram instalados controladores de vazão e fluxos nas instalações hidrossanitárias.

FUB: A Figura 18 exibe a implantação que preserva a permeabilidade, adotando projetos verticalizados com dois e três pavimentos, minimizando impermeabilização do solo.

4.2.3 Bioclimatologia Aplicada nos Projetos

Mackenzie SP: Foram estabelecidas metas de eficiência energética e reduções de consumo energético no sistema de gestão ambiental da edificação. São realizados monitoramentos e auditorias internas baseados nos princípios e metas do sistema AQUA de avaliação da qualidade ambiental dos espaços de ensino no Campus Higienópolis. A mobilidade dos alunos foi

favorecida por boas condições de acessibilidade através da interligação Universidade-Metrô Estação Higienópolis que minimiza impactos decorrentes das emissões de gases poluentes na atmosfera geradas por veículos automotores.

Freie Universität Berlin (FUB): Implantação do campus com amplos pátios e jardins entre edifícios, sistemas eficazes de iluminação e ventilação naturais através de: amplas janelas voltadas para os átrios centrais, domus translúcidos e esquadrias retráteis nas coberturas, responsáveis pelas trocas de ar, resfriamento noturno e passivo do prédio (Fig. 11) (FUB, 2018).

Figura 10: Implantação geral da Freie Universität Berlin



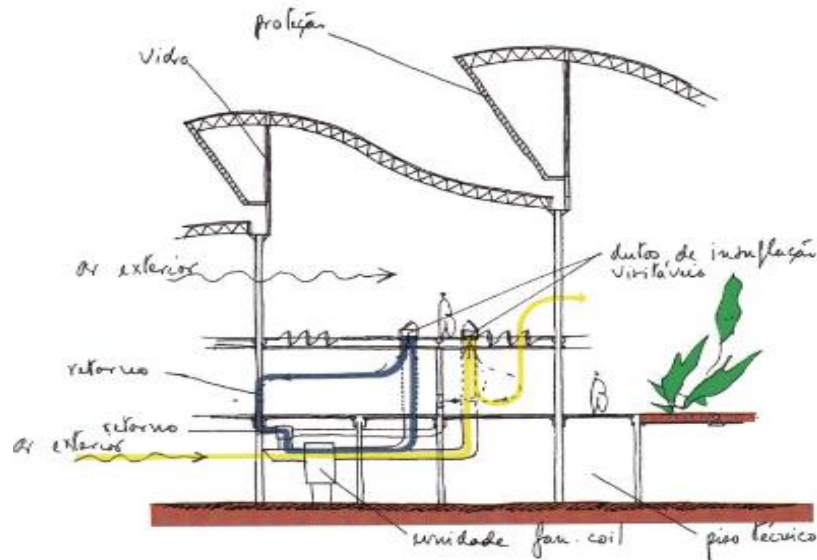
Fonte: FUB. 2018.

Hospital Sarah Kubitscheck Salvador: Área construída: 27.000 m²¹⁵. As estratégias bioclimáticas amenizam as temperaturas internas e contribuem para a redução de emissão de gases poluentes como o CFCs, dispensando o uso do ar condicionado na maioria dos ambientes, com exceção do Centro Cirúrgico e do Setor de Imagens, locais que exigem temperaturas e equipamentos específicos. Os sistemas de iluminação e ventilação naturais são compostos por galerias de ar e Sheds de cobertura, responsáveis pelos resultados alcançados em relação ao conforto ambiental e eficiência energética do edifício. O mecanismo de ventilação natural representado na Figura 19 proporciona o fluxo vertical contínuo de ar de baixo para cima através da associação dos efeitos de convecção e sucção, seguindo dois princípios básicos: ventilação por convecção, o ar frio sobe na medida em que é aquecido e ventilação por sucção, a massa de ar é sugada nos Sheds pela corrente de ar externa (LELÉ, 1994). No Sistema de

¹⁵ (LELÉ, 1994).

ventilação natural ilustrado pela Figura 19, a velocidade da ventilação, por sucção é acentuada pela insuflação de ar, impulsionada pelos ventos que cruzam brises horizontais e os Sheds que cobrem o hospital (LELÉ, 1994).

Figura 11: Sistema de Ventilação Natural concebido por Lelé para a rede Sarah Kubitschek



Fonte: Risselada, Latorraca, 2010.

O hospital Sarah Salvador possui amplas esquadrias, venezianas e Sheds, elementos vazados que compõem a cobertura para maximizar a convecção de ar e a eficiência energética do edifício e galerias de ar foram projetadas em formato de cornetas, locadas de modo estratégico para captar os ventos predominantes das direções Nordeste, Leste, Sul e Sudeste para o interior do edifício através de grelhas e aberturas que conduzem o ar de baixo para cima, conforme Figura 19 que ilustra graficamente estratégias bioclimáticas de projeto e renovações de ar aplicadas neste hospital que proporciona conforto e bem-estar aos usuários (LELÉ, 1994).

4.2.4 Pedagogia do Exemplo, Gestão Ambiental, Parcerias e Conhecimento em Rede

Politécnica Di Milano: A POLIMI formou agentes multiplicadores de boas práticas aplicando o método participativo de desenvolver o projeto da sua sede que envolveu a comunidade universitária para construírem juntos o campus com impactos reduzidos na cidade de Milão: “Città Studi Campus Sostenibile” (POLIMI, 2015). O modo como foi concebido este

masterplan é exemplar, pois demonstra que as universidades desempenham papel crucial no apoio às políticas públicas de sustentabilidade e inovação nas regiões onde estão inseridas.

Mackenzie SP: A educação continuada favorece a transmissão de princípios e valores sobre o desenvolvimento sustentável de geração para geração de alunos. No Campus Higienópolis foram registradas boas práticas relacionadas à responsabilidade socioambiental, incentivadas por: gestão do conhecimento compartilhado em rede; plataformas internas de comunicação que facilitam a troca de lições aprendidas com outras instituições; tecnologias da informação que organizam o acervo digital da Biblioteca, facilitando o acesso ao repositório digital ADELPHA, acesso à REDE ARIUSA, divulgações on-line sobre atividades interativas direcionadas à sensibilização do usuário, consumo consciente e pedagogia do exemplo; bolsas e incentivos às pesquisas; projeto Agência Mackenzie de Sustentabilidade; parcerias e intercâmbios internacionais; projeto de mobilidade dos usuários do campus através da interligação: “Universidade-Metrô Estação Higienópolis”; certificação ambiental AQUA do Campus Higienópolis, auditorias internas e sistemas de gestão da qualidade ambiental.

Freie Universität Berlin (FUB)¹⁶ possui um campus urbano que se destaca pela produção de energia fotovoltaica e biogás natural na própria instituição, além dos programas que incentivam práticas de consumo consciente, reduções de consumo de água e energia através das redes de conhecimento como meio de praticar a pedagogia do exemplo.

USP: A atuação da Superintendência de Gestão Ambiental como um órgão central, ligado diretamente à reitoria, favorece a implantação de diversos programas e o monitoramento do consumo consciente no campus através de plataformas internas de comunicação interna nas quais são postadas metas de reduções de consumo consciente e de uso racional de água e energia.

Quanto à Gestão do Conhecimento, são incentivadas ações como: trocas de lições aprendidas através da conectividade com redes de conhecimento como a REDE ARIUSA; uso de plataformas de comunicação interna que atualizam a comunidade universitária sobre boas práticas implementadas na USP e postam sinalizações sobre as metas de consumo consciente; programas de uso racional da água e energia (PURA; PUERHE) implementados nos campi (USP, 2018); pesquisas disponíveis no repositório digital institucional (www.testesusp.br) e os experimentos desenvolvidos em parceria com o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), Cambridge, Massachusetts e práticas implementadas no Sítio São João em São Carlos.

¹⁶ Disponível em: www.fu-berlin.de. Acesso em: 11/2018

Campus São Carlos: No Instituto de Química Ambiental e no Laboratório de Resíduos Químicos, foram apresentadas rotinas de monitoramento e indicadores de desempenho ambiental controlados conforme a norma ISO 14000 que regem o SGA implantado com o apoio da Fundação Vanzolini, conforme diretrizes do Sistema AQUA presentes na sinalização visual do campus. É adotada a gestão à vista para disciplinar o uso correto dos ambientes e evitar riscos de contaminações tóxicas e acidentes.

Parcerias: destacam-se as parcerias firmadas pela USP com a EMBRAPA SP, Prefeitura de São Carlos e o MIT para implantar tecnologias ambientais e apoiar pesquisas direcionadas à Agroecologia, Saneamento Ambiental, Tecnologias de Reuso de Águas Cinzas e Educação Ambiental através da Pedagogia do Exemplo no Sítio São João. Com o apoio de parceiros, a USP incentiva o compartilhamento de lições aprendidas com outras instituições, incluindo escolas do ensino médio através de visitas guiadas para propagar conhecimentos, pesquisas e lições aprendidas, atraindo maior número de parceiros como a Embrapa Instrumentação e instituições internacionais.

O Programa “Escola da Floresta” foi implementado no Sítio São João através do esforço conjunto do proprietário Flávio Marchesin e parceiros como a USP, UFSC, Embrapa, Prefeitura de São Carlos e empresas que proporcionam visitas guiadas aos alunos de ensino médio, superior, pesquisadores nas quais são apresentadas boas práticas implementadas com base nos princípios da Ecologia Industrial/ Economia Circular que incentivam inovações tecnológicas ambientais nas áreas da Agroecologia e Saneamento Ambiental. São apresentadas instalações construídas que contemplam sistemas biológicos simplificados, tecnologias de reuso das águas cinzas, irrigação a partir de reaproveitamento de água que integram resultados de pesquisas científicas apoiadas pela Embrapa Instrumentação de São Carlos (SP), USP e MIT.

Aspectos negativos: Foi contraditório encontrar lâmpadas acesas em edificações tão bem iluminadas naturalmente, como os corredores do Instituto de Química Ambiental. O modo de usar o edifício ainda é um desafio para instituições de ensino, mesmo quando suas edificações são bem planejadas através de projetos bioclimáticos. No subitem (4.3) “Diretrizes”, foi incorporada a premissa de aplicar nos ambientes sinalizações visuais que orientem os usuários sobre o modo de usar o edifício para evitar desperdícios no campus universitário.

4.2.5 Sistemas de Avaliação do Desempenho Ambiental

Foram selecionados índices de desempenho e critérios dos sistemas AQUA-HQE, BREEAM, DGNB, LEED e UI GREEN METRIC que mais se aproximam dos objetivos desta pesquisa que busca responder como projetar espaços de ensino com impactos reduzidos. Em relação ao Sistema BREEAM, foram aproveitadas diretrizes relacionadas ao comprometimento ambiental sobre a preservação ecossistêmica do entorno e vizinhanças avaliadas na Categoria “Neighbourhood BREEAM” (BRE, 2018).

Em relação ao Sistema LEED, são aproveitados princípios relacionados à categoria “Green School” (LEED, 2018) que avalia a questão da alimentação servida no restaurante, independente do mesmo ser administrado pela instituição de ensino ou por um terceirizado que irá refletir o grau de comprometimento institucional com a saúde dos usuários e coerência em relação as opções contidas no cardápio se são ou não orgânicas e saudáveis, assim como os materiais oferecidos que devem ser preferencialmente reaproveitáveis ou compostáveis, aspectos considerados que definem pontuação e conceito da instituição (WGBC, 2018).

O Sistema LEED e o AQUA avaliam implantação do empreendimento, usos racionais de água e energia, qualidade ambiental dos edifícios em relação aos processos construtivos, materiais, reaproveitamento dos recursos, logísticas e descartes adotados (WGBC, 2018). As principais diferenças entre o LEED e o AQUA estão relacionadas ao modo de avaliação dos itens, enquanto o primeiro aplica um sistema de somatória de pontos, o segundo utiliza um critério comparativo para avaliar os seus itens (AQUA, 2018).

O sistema alemão DGNB avalia seis critérios relacionados às Qualidades Ambiental, Local, Econômica, Técnica, dos Processos, sociocultural e funcional, priorizando a avaliação da gestão (19% da pontuação geral) e a avaliação do Conforto e Saúde (18,6%) (DGNB, 2018). Nos projetos de ambientes de produção intelectual na Alemanha devem ser atendidas exigências normativas que fixam distâncias mínimas entre a estação de trabalho e a janela mais próxima para garantir que a luz natural seja suficiente, dispensando a luz artificial. (DGNB, 2018).

Não foram aproveitadas soluções focadas em reciclagens apenas nem as práticas que estimulam o “Marketing Verde”, pois em alguns casos, o ato de reciclar fica vinculado a ideia de lucro, estimulando a “indústria do lixo” que gera mais lixo. Na pesquisa foram adotadas: estratégias que inibem a geração do resíduo (ONU, 2018); práticas do consumo consciente e

gestão dos materiais baseada na análise do ciclo de vida dos insumos, priorizando que os mesmos retornem aos ciclos técnicos e biológicos (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013).

Algumas universidades pesquisadas não adotam a certificação ambiental formal mas produzem resultados positivos e elaboram seus sistemas de gerenciamento ambiental com base em aprendizados e pesquisas que definem indicadores de desempenho e rotinas de monitoramento que norteiam o ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Action) que direciona as ações: planejar, fazer, verificar e agir, garantindo melhoria contínua do desempenho.

Conclui-se que mais importante que certificações ambientais é como ocorre o dia a dia em cada instituição: quais são os princípios adotados, como são monitorados consumos de água e energia e quais os indicadores de desempenho ambiental adotados. O comprometimento com a sustentabilidade será reflexo das boas práticas. Selos ou prêmios são consequências de um eficaz plano de gerenciamento ambiental participativo que incorpora nos usuários do campus o sentido de pertencimento ao desempenho ambiental alcançado, resultado obtido por todos.

4.2.6 Indicadores de Desempenho Ambiental

Foram analisados Indicadores de Desempenho adotados através dos Sistemas de avaliação ambiental AQUA, BREEAM, LEED e DGNB: (1) Energia + atmosfera; (2) Conforto e Saúde; (3) Água; (4) Localização/ Uso do Solo; (5) Gestão Ambiental (6) Gestão dos Materiais (7) Aspectos sociais; (8) Aspectos econômicos (9) Transporte e Mobilidade (10) Outros recursos impactantes; (11) Amenidades.

O Green Metric promove o debate acadêmico sobre sustentabilidade, divulga para a comunidade internacional programas desenvolvidos em instituições do ensino que alcançaram elevados índices de desempenho ambiental, avaliando seis categorias de indicadores que determinam os posicionamentos das instituições no ranking (UI GM, 2018). Em 2018 foi registrada a participação de 619 instituições de 81 países. Em 2018, a USP e a UFLA ficaram entre as 40 universidades mais bem pontuadas no mundo (UI GM, 2018).

Com base nos indicadores avaliados pelos sistemas citados e pelo UI Green Metric World University Ranking, são recomendáveis os *Indicadores de Desempenho Ambiental*: (1) Configuração e Infraestrutura, (2) Energia e Mudança Climática, (3) Desperdício (Gestão dos Materiais), (4) Água, (5) Transporte, (6) Educação e Pesquisa, (7) Alimentação, (8) Gestão Ambiental (UI GM, 2018). Com base nas análises críticas, é recomendável incorporar como indicadores: (9) Redes de conhecimento e (10) Gestão do conhecimento compartilhado em rede.

A gestão do conhecimento em rede pode ser um dos indicadores, pois promove a troca das lições aprendidas entre instituições e a melhoria contínua do SGA (REDE ARIUSA, 2018).

4.3 DIAGNÓSTICO SISTÊMICO DO CAMPUS EM ESTUDO

Através da análise dos aspectos físico construtivos, botânicos, urbanísticos ambientais e climatológicos, constata-se que o Diagnóstico Sistemático se torna um grande diferencial do projeto quando permite uma percepção multidisciplinar do local de intervenção física, contribuindo para a elaboração de Diretrizes e Estratégias de Projeto. A Figura 13 ilustra o Campus Sosígenes Costa, implantado no complexo que abrigava o Centro de Cultura e Eventos do Descobrimento, inaugurado em 2000 (ANTUNES, 2018).

Figura 12: Implantação do Campus Sosígenes Costa em Porto Seguro, Sul da Bahia



Fonte: BING Satélite, adaptada pela autora, 2019.

A Figura 13 destaca as edificações existentes no campus em estudo: (1) Pavilhão de Feiras/ Eventos; (2) Bloco do Pórtico/ Salas de Aulas; (3) Pavilhão de Convenções/ Salas de aulas (4) Bloco Administrativo; (5) Laboratórios/ Bloco de Serviços; (6) Passarelas cobertas/ Bibliomidioteca/ Salas de Leitura; (7) Restaurante/ espaços multiuso em forma de ocas indígenas.

Como as edificações originais foram projetadas para sediar convenções, foram necessárias reformas e adequações das construções existentes para abrigar espaços de ensino e aprendizagem, distribuídos nos módulos edificadas 2, 3 e 5 e 6 (Figura 13).

4.3.1 Aspectos Positivos e Negativos

Aspectos positivos: o campus Sosígenes Costa apresenta boas condições de acessibilidade nas edificações em um terreno praticamente plano, interligados por passarelas com pistas táteis; elevada permeabilidade em trecho que supera 50% do terreno com grande diversidade botânica que protegem edificações do poente e portanto, amenizam as temperaturas dos ambientes de ensino; salas de aulas projetadas no Bloco I (Figura: edifício 2) com condições favoráveis de conforto ambiental, paredes externas em bloco cerâmico, paredes internas em gesso acartonado com isolamento acústico com lã de rocha, amplas janelas orientadas para captação dos ventos predominantes e basculantes altos que permitem saída do ar quente e ventilações cruzadas.

Aspectos negativos: O Pavilhão de Convenções (Figura: edifício 3) comporta um auditório central, salas de aulas sem ventilações cruzadas. Devido ao corte de verbas federais, a universidade optou por pequenas reformas que preservaram paredes externas e compartimentos de ar condicionado (fan coils) em torno do auditório Monte Pascoal, o que restringe as condições de iluminação e ventilação para espaços que foram subdivididos para comportar salas de aulas. As salas de aula periféricas possuem basculantes acima de portas de emergência, sem ventilações cruzadas (edifício nº6), nem iluminações naturais suficientes, o que dificulta o alcance dos níveis lumínicos mínimos necessários (500 Lux) sem o acionamento da iluminação artificial para as tarefas visuais específicas, conforme NBR 5413 (ABNT, 1992).

Apesar da acessibilidade interna serem boas e funcionais nas edificações existentes, falta uma urbanização externa acessível, pois faltam ciclovias e passeios externos adaptados (pistas táteis até a portaria) para pedestres que os conduzam das salas de aulas até a saída da universidade e uma travessia segura para os pedestres que cruzam a rodovia BR 367 até o ponto de ônibus. São recomendáveis reformas que promovam requalificações ambientais dos pavilhões construídos e orientações sobre o uso dos edifícios, visando melhores desempenhos.

4.3.2 Potencialidades Locais

4.3.2.1 *Ecologia Industrial/ Economia Circular: No Campus Podem ser Adotadas Obras com Produções Mais Limpas com Base no Princípio: “Aqui, nada se Perde, tudo se Transforma”*

Reaproveitamentos: Podem ser reaproveitadas as sobras de madeira instaladas no campus para impulsionar um Polo Moveleiro regional com impactos reduzidos, incorporando princípios circulantes na economia local, minimizando desperdícios no campus. São recomendáveis: a reutilização das peças de madeira instaladas em excesso nas passarelas e edificações sem funções estruturais; reaproveitamento das peças de madeira dos telhados que ao invés de descartadas, podem ser aproveitadas nas reformas do campus; avaliar a possibilidade de uso da madeira laminada colada (MLC) de Eucalipto, proveniente do reflorestamento em terras próximas a Porto Seguro e do reaproveitamento de toras desta espécie. As peças em MLC podem ser especificadas em projetos de reformas com funções estruturais para vencer grandes vãos sem apoios intermediários, dispensando estruturas auxiliares que permitem o uso de uma quantidade bem inferior de madeira por metro quadrado.

Uso de fontes alternativas de energia e geração de economia no campus: nos processos construtivos, podem ser incorporadas soluções oriundas da agroecologia para gerar materiais construtivos e energia mais limpa, como por exemplo, os processos produtivos utilizados na usina instalada no Jardim Botânico da Freie Universität Berlin que funciona com biogás natural (Biometano), capaz de gerar 23% de economia de energia primária a partir das usinas CHPs e em média 2.800 toneladas métricas anuais de CO₂ (FUB, 2019).

Geração e uso de energia fotovoltaica para o CSC- após estudos comparativos entre as irradiações solares de Porto Seguro e de localidades do Oeste Baiano, são desenvolvidos estudos de viabilidade para sinalizar alternativas estratégicas para uso de fonte alternativa de energia no campus.

Parcerias: a diversidade ambiental e potencialidades locais podem ser melhor aproveitadas para atrair parcerias e investimentos direcionados à sustentabilidade, capazes de gerar maior economia para maior crescimento socioeconômico e melhores condições de vida no Sul Baiano.

4.3.2.2 Infraestrutura Verde: O Plano Diretor do Campus Pode Preservar a Máxima Permeabilidade Necessária às Demandas Ecológicas para Preservar os Recursos Naturais e Reduzir Impactos Integrados

Masterplan: O planejamento do campus universitário que norteia o seu crescimento pode adotar baixa taxa de ocupação através de requalificações das edificações existentes que minimizem supressões vegetais, impermeabilizações do solo natural para definir um zoneamento que considere o levantamento botânico JBFLORAS, contemplando trilhas ecológicas que favoreçam a criação dos corredores ecológicos, interligando o JB FLORAS às áreas protegidas.

4.3.2.3 Bioclimatologia Aplicada aos Projetos

Requalificações Bioclimáticas: são recomendáveis reformas que priorizem: atendimento aos parâmetros de saúde e conforto ambiental nos ambientes de ensino, recomendados à boa capacidade de aprendizagem; melhores desempenhos ambientais dos edifícios; construção de sistemas de iluminação e ventilação naturais nos pavilhões de Convenções e Feiras para minimizar ou eliminar o uso do ar condicionado. São recomendáveis sistemas de climatização do ar que alternem sistemas passivos e ativos conforme necessidades específicas locais (laboratórios específicos e/ou salas de máquinas). Esta flexibilização do uso dos sistemas em uma edificação pode ser planejada desde o início da concepção arquitetônica. Em Porto Seguro, são viáveis sistemas que aproveitam melhor as ventilações naturais nas direções NE, LE, SE e Sul para proporcionar maior conforto ambiental nas edificações através de um projeto otimizado de esquadrias com manuseios fáceis que favoreçam ventilações cruzadas e dispensem a climatização artificial.

Estratégias de Projeto para edificações: Além das estratégias bioclimáticas de projetos incorporadas no Projeto Arquitetônico do Núcleo Pedagógico II (ANEXO B), são recomendadas as Galerias de Ar, desde que sejam construídas acima do nível do térreo, ao invés de subterrâneas, devido à elevada taxa de umidade local. São recomendáveis: programas de consumo consciente para reduzir o consumo energético; geração e distribuição de energia fotovoltaica, considerando a melhor viabilidade técnica financeira para instalação de painéis solares e processos de produções biológicas para possível usina de energia alternativa, próxima ao Jardim Botânico, como por exemplo usinas que geram energia a partir do biogás, Biometano.

Redução dos impactos integrados: o entorno urbanístico interliga de um lado, as zonas de amortecimento do rio Buranhém e do Parque Nacional Pau Brasil e do outro, as áreas situadas às margens da BR 367, (loteamentos residenciais e Reserva de Preservação do Patrimônio Natural (RPPN) da Veracel), é recomendável avaliar necessidades ecossistêmicas e prever trilhas ecológicas que integrem o JBFLORAS aos espaços de ensino e aprendizagem.

Pedagogia do exemplo: a proposta de uso e ocupação do solo do CSC possui elevado potencial para preservar a biodiversidade, criar corredores ecológicos entre áreas protegidas que circundam a área de estudo para que os recursos naturais sejam conservados e renovados através da pedagogia do exemplo nas suas próprias edificações.

Conforme o Atlas Eólico Brasileiro, constata-se que no Sul Baiano, entre as praias de Mucuri e Porto Seguro e nas cotas altas do Sul Baiano, existem terrenos favoráveis ao aproveitamento da energia eólica. É recomendável avaliar a possibilidade da instalação de exaustores eólicos para retirada do ar quente dos pavilhões de Convenções e Feiras e para a cozinha do restaurante que atende o Campus Sosígenes Costa

Foram desenvolvidos estudos de viabilidade técnico financeira, inseridos nos anexos D1, D2, D3 e D4, com o objetivo de propor o uso de fonte alternativa de energia para o campus em estudo. Na opção (a), foi considerada a alternativa de instalação dos painéis solares em telhados existentes do Campus Sosígenes Costa em Porto Seguro, cidade que apresenta média anual de 6 horas de insolação diária, conforme Atlas Solarimétrico Brasileiro (PEREIRA et al, 2017; TIBA, 2000). No segundo estudo (b), foi escolhida a cidade de Barreiras com média anual superior, localizada no Oeste Baiano, região onde são encontradas as melhores médias anuais de insolação diária do país (PEREIRA et al, 2017; TIBA, 2000).

O estudo comparativo entre as opções (a) e (B), demonstra que a opção (b) reduz mais custos e impactos para gerar energia mais limpa para o campus em estudo, considerando que o Oeste Baiano apresenta condições mais propícias para geração de energia fotovoltaica, concentrando instalações em uma localidade de elevada média de insolação diária anual.

Os cenários de consumo energético analisados que embasam este estudo comparativo estão detalhados no capítulo 4 (Resultados e Discussões) e nos anexos D1, D2, D3 e D4. No capítulo 4, foi detalhada a alternativa recomendada para geração de energia fotovoltaica que atenda as demandas de consumo do campus com impactos reduzidos para a instituição.

4.4 DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS DE PROJETOS COM IMPACTOS REDUZIDOS

Como melhorar o desempenho ambiental dos espaços de ensino? Um dos caminhos é repensar o modo de projetar, aplicando princípios da Arquitetura Bioclimática, extraindo da natureza estratégias fundamentadas na própria natureza, a partir da reinterpretação da mesma. As ações direcionadas à sustentabilidade resultam no uso de menos recursos e menor desperdício na sua utilização. Ao considerar ciclos naturais e biológicos no processo de projetar, é possível desenvolver um design consciente que minimiza emissão de poluentes, contribuindo para a proteção do meio ambiente e da qualidade de vida das pessoas através do Ecodesign.

Os princípios da Ecologia Industrial/ Economia Circular, Infraestrutura Verde, aliados à Bioclimatologia tornam-se importantes ferramentas de planejamento quando aplicadas de modo sistêmico, integrador, desde à concepção do empreendimento até a implantação e operação do mesmo, permitindo melhor produção com menos recursos através de um design que aplica reaproveitamentos nos ciclos biológico e técnico, eliminando perdas, conforme conceitos registrados no “*Design Cradel to Cradel*” (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013).

A partir de aprendizados baseados na pesquisa e nas práticas profissionais, foram redigidas as “Premissas Ecoeficientes” que nortearam os projetos básicos do Núcleo Pedagógico II, licitados pela UFSB. Durante a pesquisa foram revisitados projetos para incorporar melhorias bioclimáticas, como por exemplo, o maior descolamento da cúpula da cobertura para melhorar o Sistema de Convecção de Ar, visando melhorar índices de conforto ambiental e revisão de especificações dos materiais com base nos princípios da Ecoeficiência e Bioclimatologia (ANEXO B). As estratégias bioclimáticas desenvolvidas em equipe na UFSB foram parcialmente incorporadas no projeto arquitetônico do Núcleo Pedagógico II, em função do limite de verbas e custo de construção, adaptado para ser construído em Porto Seguro e Teixeira de Freitas com o objetivo de construir espaços de ensino com maior conforto ambiental e condições saudáveis, favoráveis à boa cognição. Entre as estratégias de projeto desenvolvidas em coautoria com a arquiteta Aline Argôlo e equipe UFSB, são contempladas estratégias de projeto que contribuem para a renovação do ar no interior do edifício como átrio central vazado; amplas janelas, basculantes altos e claraboia que potencializam ventilações cruzadas, iluminação zenital e eficiência energética predial; sistema de convecção de ar através de aberturas na cobertura para maior retirada do ar quente do edifício, visando conforto ambiental que possa dispensar o uso de ar condicionado; uso de lâmpadas LEDs; Sensores de presença nos sanitários e circulações; Metais e louças sanitárias com controladores de fluxo e vazão;

Segregação de águas cinzas e amarelas, reaproveitamento hídrico e sistema fotovoltaico projetado na cobertura do edifício (ANEXO B).

4.4.1 Diretrizes de Projetos de Impactos Reduzidos aplicáveis ao Sul da Bahia

Com base nos princípios detalhados no Quadro 1 (Capítulo 2), baseados na Ecologia Industrial/ Economia Circular, Infraestrutura Verde e Bioclimatologia são recomendadas Diretrizes *de Projetos* com o objetivo de reduzir impactos ambientais descritas nos subitens.

4.4.1.1 Método Integrador de Projetos com Impactos Reduzidos

Um dos grandes diferenciais deste modo de projetar é simular índices de eficiência energética e indicadores de desempenho ambiental para saber onde se quer chegar em relação às metas de redução dos impactos ambientais antes de conceber o projeto do edifício. Com base nos projetos integradores analisados nas universidades tecnológicas alemãs, é possível reduzir desperdícios quando são simulados índices de desempenho ambiental desde o momento da concepção do edifício com auxílio de softwares. Foi proposto um fluxograma de projetos baseado em boas práticas e experiências profissionais que compreende: (1) Diagnóstico Sistêmico multidisciplinar da área de estudo; (2) Masterplan; (3) Metas de ecoeficiência e monitoramentos dos parâmetros de conforto ambiental e saúde dos usuários; (4) Modelagem orientada para a construção através da plataforma BIM, interligada com softwares que simulam índices de desempenho ambiental, como por exemplo, o Energy Plus; (5) Gestor de Custos Integrado e (6) Gerenciador do ciclo de vida para operação do edifício (TU BRAUNSCHWEIG, 2018).

4.4.1.2 Diagnóstico Sistêmico Multidisciplinar

O Diagnóstico Sistêmico contempla análise do terreno e entorno quanto aos aspectos físicos, construtivos, botânicos, ecossistêmicos, urbanísticos ambientais, climatológicos e peculiaridades locais para definir indicadores de desempenho ambientais e estabelecer metas de consumos x custo (R\$) por usuário ou pela área (m²) com auxílio de software capaz de simular a gestão de custos do empreendimento (TU BRAUSNCHWEIG).

4.4.1.3 Planejar Infraestrutura com Impactos Reduzidos: Projetos Baseados na Ecologia Industrial/ Economia Circular, Infraestrutura Verde, Bioclimatologia

É recomendável aplicar o Ecodesign ou design regenerativo no qual os materiais e recursos naturais são renovados ao retornarem para os ciclos técnicos e biológicos (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013), contribuindo para a redução dos impactos integrados com índices de ocupação que preservam a permeabilidade do solo, considerando as necessidades ecossistêmicas, gerenciamento hídrico, necessidades bioclimáticas mapeadas no Diagnóstico Sistêmico, sem se restringir aos índices urbanísticos e parâmetros exigidos nas legislações brasileiras e no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) do município.

4.4.1.4 Projetos Bioclimáticos Inclusivos que Atendam aos Parâmetros de Saúde e Conforto Ambiental Adequados à Boa Capacidade de Aprendizagem

Desenvolver projetos que atendam aos parâmetros de conforto ambiental recomendados a boa cognição detalhados no item 4.4.2.4.

4.4.1.5 Flexibilizar a Fonte de Energia que Alimenta Sistemas Mecanizados

Flexibilizar os sistemas passivos e ativos de ventilação, exaustão, renovação constante do ar e iluminação dos edifícios para que eles sejam acionados no modo ativo apenas em situações específicas, como no caso dos laboratórios que exigem temperaturas mais baixas ou em dias mais quentes, quando o sistema mecanizado pode ser acionado a partir do uso de energias mais limpas como a solar, eólica, biogás natural, biomassa e outras fontes menos poluidoras que gerem economia para a instituição. Pode ser avaliado o uso alternativo de exaustores eólicos para retirada do ar quente dos edifícios.

4.4.1.6 Metas de Redução de Emissão de Gases do Efeito Estufa

Estabelecer metas para minimizar ou eliminar o uso do ar condicionado, estimular transportes não poluentes e planejar ciclovias e acessibilidade no campus.

4.4.1.7 Saneamento Ambiental com Segregação das Águas

Analisar viabilidade e legislações para construção de estações de tratamento de água cinzas (ETAC's). Planejar circuitos fechados de água e pátios descobertos com pavimentos drenantes e drenagens circulantes que contribuam para o sistema de recirculação de água voltado ao atendimento dos laboratórios e sanitários.

4.4.1.8 Indicadores de Desempenho Ambiental

(1) Configuração e Infraestrutura; (2) Energia e Mudança Climática; (3) Desperdício (Gestão dos Materiais); (4) Água; (5) Transporte; (6) Educação e Pesquisa; (7) Alimentação; (8) Redes de conhecimento e (9) Gestão Ambiental (10) Gestão do conhecimento compartilhado em rede. São recomendados programas de uso racional da água e energia, visando maximizar a eficiência energética e o uso de fontes alternativas de energia que gerem maior economia para o campus com impactos reduzidos.

4.4.1.9 Implantar Programas de Baixo Impacto Integrado

Implantar Práticas de Consumo Consciente, metas de redução do consumo de água e energia, Programa Resíduo Zero, Programa de Gestão do Conhecimento e Pedagogia do Exemplo compartilhados em rede.

4.4.1.10 Gestão dos Materiais que retornam aos Ciclos Técnico e Biológico, Evitando Desperdícios

4.4.2 Estratégias de Projetos de Impactos Reduzidos aplicáveis ao Sul da Bahia

4.4.2.1 Requalificações Ambientais

Ao receber um terreno para implantar um campus universitário, recomenda-se esgotar as oportunidades de requalificar áreas já construídas e impermeabilizadas antes de construir novos edifícios em solo natural, considerando necessidades ecossistêmicas e contribuindo para a preservação da permeabilidade, espécies e renovação dos recursos naturais.

4.4.2.2 *Implantação Bioclimática de Baixo Impacto Integrado*

Orientação propícia para otimizar o aproveitamento da iluminação e ventilação naturais, potencializando ventilações cruzadas e sistemas de exaustão capazes de dispensar o uso de climatizações artificiais. Proporcionar maior número de espaços de ensino adequados às condições de saúde e aos parâmetros de conforto ambiental, favoráveis a boa cognição, dispensar e/ou reduzir o uso do ar condicionado nas edificações e contribuir para a redução dos gases GEE; uso de energia solar, menos despesas operacionais e maior economia no campus.

4.4.2.3 *Sistemas de Ventilação, Convecção e Iluminação Naturais*

Desenvolver sistemas passivos para maximizar ventilações cruzadas e maior retirada de ar quente do edifício a partir de exaustores acoplados às esquadrias. Os exaustores e trocadores de calor podem funcionar utilizando energia eólica, fotovoltaica ou a partir do uso de biogás natural ou outra fonte menos poluidora responsável para climatizar o ar, mantendo o ar interior em temperaturas entre 25° e 26°C, compatível com os parâmetros de conforto em países tropicais (GIVONI, 1992). As esquadrias eficazes permitem maior retirada do ar quente do edifício quando apresentam fácil manuseio como basculantes que abrem 180 graus, aberturas retráteis com manuseios pré-programados que contribuem para a renovação constante do ar, conforme boas práticas visitadas e referenciais teóricos citados (LAMBERTS, et.al, 2016). São recomendáveis para os projetos arquitetônicos as tipologias de iluminação natural e as soluções de fachada ilustradas no APÊNDICE H.

4.4.2.4 *Parâmetros de Conforto Ambiental Favoráveis à Saúde e Boa Cognição*

Com o objetivo de proporcionar condições saudáveis nos ambientes de ensino favoráveis à boa cognição, são recomendados valores médios de: *Temperaturas entre 25 e 26°C* (GIVONI, 1992), *Umidade Relativa do Ar* entre 50% e 60% (OMS, 2018), *Índice de Qualidade do Ar Interior por Poluente* entre 0 e 50 (EPA, 2015) e níveis de ruído entre 35dB e 50dB (ABNT, 2000), em função do uso do ambiente, considerando as pressões sonoras das vizinhanças conforme NBR 10.152 (ABNT, 2017). Em relação à umidade, podem ser adotados

desumidificadores para que sejam evitadas taxas de umidade relativas do ar inferiores a 30% e superiores a 80%, conforme Diagrama do Conforto Térmico Humano (INMET, 2018).

4.4.2.5 Uso de Fontes Alternativas de Energia

Simular índices de conforto térmico na fase preliminar dos projetos arquitetônicos para propor fontes de energia menos poluidoras que possam ser alternadas no campus, flexibilizando o uso de energia fotovoltaica, biogás natural ou biomassa, por exemplo. Desenvolver estudos de viabilidade técnica financeira que orientem as tomadas de decisão em relação ao uso de fontes alternativas de energia para reduzir as despesas operacionais com contas de luz, associadas a programas direcionados às reduções de consumo de água e energia no campus, gerando economia para a instituição de ensino.

4.4.2.6 Design Regenerativo

Especificar materiais retornáveis aos ciclos técnico e biológico (BRAUNGART & MCDONOUGH, 2013). As estratégias bioclimáticas aplicáveis ao Sul da Bahia (ANEXO B e APÊNDICES).

4.4.3 Ações propostas para o Campus Sosígenes Costa

No processo de expansão deste campus, é recomendável que sejam esgotadas as oportunidades de requalificar áreas já impermeabilizadas para abrigar novos espaços da universidade em dois pavimentos nos pavilhões de Feiras e Convenções, conforme limite do PDDU que permite construções até dois pavimentos, evitando supressões vegetais. Para alcançar melhores desempenhos ambientais do campus, são recomendadas as seguintes ações:

4.4.3.1 Requalificações Bioclimáticas

Reformas Bioclimáticas nos Pavilhões de Convenções e de Feiras para: abrigarem maior número de espaços de ensino adequados às condições de saúde e conforto ambiental, favoráveis a boa capacidade de aprendizagem; dispensar e/ou reduzir o uso do ar condicionado nas edificações; contribuir para a redução dos gases GEE e reduzir despesas operacionais no campus, gerando maior economia para instituição. As Figuras 14 e 15 ilustram estratégias de

projetos que contemplam propostas de verticalizações dos dois maiores pavilhões com pátios centrais para funcionarem como corredores verdes e praças que distribuem ventos predominantes e iluminações naturais integradas às salas de aulas, distribuídas em 2 pavimentos.

Figura 13: Requalificação Ambiental para o Campus Sosígenes Costa



Fonte: própria autora. (Legenda e respectivas Propostas estão detalhadas no APÊNDICE H).

Infraestrutura de impactos reduzidos: devem ser revisadas instalações existentes no campus para que seja concebido um masterplan que contribua para: segregação das águas, reuso das águas cinzas e aplicação de tecnologias ambientais e maior economia para o campus.

Edifícios com maior eficiência energética e renovação do ar que minimizem ou eliminem o uso do ar condicionado: A Figura 15 (a) destaca os pavilhões de Feiras e Convenções com os pátios verdes descobertos e a Figura 15 (b) ilustra o conceito do pátio central verde a partir de uma fotografia da Universidade de Wagening que exemplifica a verticalização integrada, proposta para os dois maiores pavilhões construídos por apresentam elevado potencial para abrigar espaços de ensino e aprendizagem adequados aos parâmetros de conforto ambiental referenciais.

Figura 14: Requalificação Ambiental proposta para os Pavilhões de Convenções de Feiras

(a) Feiras e Pavilhões de Convenções

(b) Campus da Universidade de Wagening



Fonte: própria autora

A estratégia de abrir pátios centrais nos Pavilhões de Feiras e Convenções e verticalizá-los em dois pavimentos, concentra a área construída em local já ocupado, evitando supressões vegetais, além de preservar a permeabilidade do solo e os recursos naturais, considerando as necessidades ecossistêmicas e a função social de conservar remanescentes da Mata Atlântica.

Sistemas de iluminação e ventilação naturais mais eficazes: os pátios descobertos captam ventilações predominantes no interior do edifício e permitem maior retirada do ar quente no interior dos pavilhões, beneficiando as salas de aulas, laboratórios, ateliers, conforme demandas institucionais dos novos espaços para atender aos novos cursos e alunos.

Projeto específico de amplas esquadrias de fácil manuseio, incluindo os basculantes altos que abrem 180° para ventilar e iluminarem as salas de aulas do pavilhão de convenções que podem ter exaustores acoplados. Para um elevado desempenho ambiental dos espaços de ensino, os níveis de iluminância por classe de trabalho visual (NBR 5413) e normas relativa aos ambientes de trabalho como a NBR/ ISO 8995 precisam garantir que a iluminância diurna exigida é alcançada sem o uso obrigatório da iluminação artificial nos locais ensolarados.

É recomendável retirar os carpetes das paredes-divisórias do centro de convenções por serem materiais porosos que retém umidade, poeira e impurezas do ar que não devem ser especificados nestes pavilhões; projetos passivos que eliminem os compartimentos existentes (fan coils) que abrigam as condensadoras.

4.4.3.2 Alternativas de Uso da Energia Fotovoltaica no Campus Sosígenes Costa

Foi realizado um estudo comparativo entre as médias anuais de insolação diária de Porto Seguro e nas localidades propícias para geração de energia fotovoltaica que possa ser utilizada no campus em estudo, otimizando impactos e custos de implantação.

No Oeste Baiano são encontradas as mais elevadas médias anuais de insolação diária do país, o que torna esta região atrativa para o aproveitamento de energia solar, conforme Atlas Solarimétrico Brasileiro (PEREIRA et al, 2017; TIBA, 2000).

A elevada média anual de insolação diária de Barreiras ultrapassa as médias anuais registradas no Sul da Bahia, segundo o Atlas Solarimétrico Brasileiro (PEREIRA et al, 2017; TIBA, 2000), o que motivou estudos de viabilidade para avaliar alternativas para geração remota de energia solar nesta região para suprir as demandas energéticas do campus em estudo.

Conforme o Atlas Solarimétrico Brasileiro, o Estado da Bahia apresenta as melhores médias anuais de insolação diária do país, concentradas na região do Oeste Baiano, conforme aspectos climatológicos analisados no diagnóstico sistêmico da área de estudo. Foi verificado que alguns terrenos localizados no Sul da Bahia oferecem condições propícias para uso de exaustores eólicos para retirada do ar quente das edificações, conforme velocidades médias anuais dos ventos (Atlas do Potencial Eólico do Estado da Bahia- COELBA, 2019), por isto é recomendável que sejam avaliadas viabilidades técnico financeiras desta alternativa.

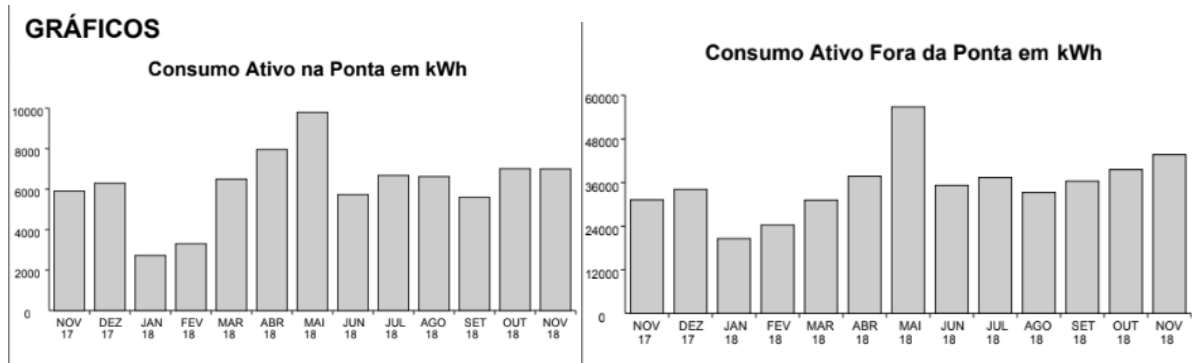
Para contribuir com estratégias de projetos de baixo impacto, foram propostas ações que contemplem: programas de usos racionais de água e energia, focados na redução do consumo que promovam práticas de consumo consciente, associadas ao uso de fontes alternativas de energia; flexibilidade no uso da fonte de energia através do gerenciamento da energia estocada para liberar o seu uso e consumo, mediante a escolha de fonte alternativa de energia. Esta escolha será realizada em função das condições climáticas e demandas operacionais registradas no campus, podendo ser auxiliado por programa computacional, um software gerenciador.

Consumos energéticos no Campus Sosígenes Costa: Foi analisado o consumo energético anual do CSC em 2018 para apontar alternativas viáveis de uso da energia fotovoltaica para atender às demandas locais para reduzir despesas operacionais do campus.

Os experimentos práticos realizados em janeiro de 2019 no CSC demonstraram que ao ligar e desligar a energia das edificações em diferentes horários, foi possível constatar que o equipamento que mais consome energia no campus é a central de ar condicionado que refrigera o auditório Monte Pascoal. Mais de 70% da conta de luz está vinculada ao uso de splits e da central de ar condicionado que extrapola muito a demanda mensal contratada da Coelba em

2018 durante os eventos que ocorrem no campus. A Figura indica os consumos ativos de energia dentro e fora da ponta durante o ano de 2018, indicando que a instituição teve uma despesa superior a 399 mil reais, paga à concessionária COELBA.

Figura 16: Consumos energéticos no Campus Sosígenes Costa em 2018



Fonte: COELBA, 2018.

Foram desenvolvidos estudos de viabilidade técnico financeira para avaliar alternativas de uso de energia fotovoltaica para atender às demandas de consumo energético locais. As propostas elaboradas no âmbito da eficiência energética utilizam a oportunidade de gerar energia a partir da fonte solar como alternativa de impacto reduzido, pois possibilita geração de crédito financeiro na conta de energia, sem sobrecarregar o uso de um recurso natural.

Os estudos de viabilidade técnico financeira estão detalhados nos Anexos D1, D2, D3 e D4 serviram de base para avaliar alternativas de uso e geração de energia fotovoltaica que possa atender às demandas do CSC registradas nas contas de energia emitidas em 2018 pela COELBA.

A partir de análises dos estudos de viabilidade, conclui-se que a despesa anual de energia elétrica do campus pode ser reduzida de 399 mil reais para a taxa mínima da Coelba, o que representaria para a instituição, uma economia anual superior a 350 mil reais.

Alternativas de uso e geração de energia fotovoltaica para suprir demandas locais: Com base no diagnóstico sistêmico da área de estudo sobre aspectos climatológicos, considerando irradiação solar, foram estudadas duas opções (a) instalação dos painéis solares em Porto Seguro e (b) instalação dos painéis solares em Barreiras. A energia gerada em Barreiras pode ser lançada na rede de distribuição da Coelba e utilizada no Campus Sosígenes Costa para suprir as demandas da UFSB em Porto Seguro. Estudos de viabilidade apontam que a energia fotovoltaica gerada para a UFSB pode representar uma economia superior a 4 milhões de reais em dez anos, conforme viabilidade ilustrada na Figura 17.

Tabela 1: (a) e (b): Alternativas para geração de energia fotovoltaica: (a) Instalação dos painéis solares em Porto seguro e (b) Instalação dos painéis solares em Barreiras

(a) *Porto Seguro*

(b) *Barreiras*

Qte. painéis (Axitec AXIpower 370 Wp 72) e outro(s)	912	Qte. painéis (Axitec AXIpower 370 Wp 72) e outro(s)	1.366
Qte. de inversores (Fronius Eco 27.0-3)	10	Qte. de inversores (Fronius Eco 27.0-3)	14
Superfície	1824 m ²	Superfície	2732 m ²
Potência instalada	337,4 kWp	Potência instalada	505,4 kWp
Consumo antes da instalação/mês (- taxa mínima)	43.070 kWh	Consumo antes da instalação/mês (- taxa mínima)	64.605 kWh
Produção estimada por mês	47.417 kWh	Produção estimada por mês	71.021 kWh
Produção de energia / necessidade*	100%	Produção de energia / necessidade*	100%
Investimento (valor à vista)	R\$ 1.325.118,47	Investimento (valor à vista)	R\$ 1.958.117,32
Preço (R\$/Wp)	3,93	Preço (R\$/Wp)	3,87
Período para fluxo de caixa positivo	3,5 ano(s)	Período para fluxo de caixa positivo	3,6 ano(s)
Economia da eletricidade em 10 anos	R\$ 4.646.007,32	Economia da eletricidade em 10 anos	R\$ 6.608.513,48
Lucro estimado depois de 25 anos	R\$ 17.738.485,82	Lucro estimado depois de 25 anos	R\$ 23.362.195,93

Fonte: Ogonovszky, 2019

O estudo comparativo entre as opções (a) e (b), demonstra que é mais viável instalar o sistema fotovoltaico em Barreiras, pois o quantitativo necessário de painéis fotovoltaicos é menor para atender às demandas de consumo energético mensal do campus em estudo, o que representa uma economia superior a 156 mil reais em relação à opção da instalação em Porto Seguro. As estratégias recomendadas estão baseadas nos estudos de viabilidade e cenários analisados nos anexos D1, D2, D3 e D4.

Através da análise comparativa entre estudos de viabilidade técnico financeira, inseridos nos anexos citados, conclui-se que a alternativa mais viável é a opção (b), com a geração da energia fotovoltaica em Barreiras que apresenta condições favoráveis de insolação, minimizando impactos na área de estudo. A energia fotovoltaica gerada pode ser lançada na rede da concessionária de energia Coelba para atender o Campus Sosígenes Costa.

Entre os aspectos positivos ponderados, destaca-se a economia referente ao custo de manutenção dos painéis fotovoltaicos, pois nesta opção o campus não assumiria estas manutenções diretas nos ambientes de ensino. A possibilidade das obras de implantação dos sistemas fotovoltaicos atender a UFSB em um só lugar, mais propício em relação às condições climatológicas, reduz impactos por estarem concentradas no Oeste Baiano, pois nesta região existem áreas que demandarão um menor número de placas solares, já que as médias anuais de insolação diária superam seis horas por dia, média registrada no Sul da Bahia conforme registros da carta solarimétrica brasileira (ATLAS SOLARIMÉTRICO, 2019).

Entre os aspectos negativos, foi considerado que o possível espaço de experimentação não ficaria inserido no campus em estudo, porém podem ser promovidas visitas técnicas ao Parque Solar para levar estudantes a visitarem o espaço de experimentação e pesquisas.

Após análise dos estudos de viabilidade técnica financeira, conclui-se que em relação às alternativas de uso de energia, é recomendável gerar energia fotovoltaica no Oeste Baiano ao invés de instalar sistemas fotovoltaicos no campus em estudo por ser uma alternativa mais viável economicamente que dispensa obras locais. A alternativa (b) apresenta elevado potencial para fortalecer parcerias entre outras instituições de ensino e fomentar inovações em tecnologias ambientais no Oeste Baiano com médias anuais de insolação diária superiores a 6 horas, considerando que seria viável transportar alunos e docentes para visitarem o sistema fotovoltaico proposto. Independente do sistema adotado contemplar ou não painéis fotovoltaicos, é recomendável a implementação de um programa de sensibilização dos usuários dos edifícios a reduzirem os consumos energéticos, adotando práticas de consumo conscientes.

4.5 DISCUSSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Antes de intervir no meio físico, propondo novas edificações, é recomendável esgotar as possibilidades de requalificar ambientalmente espaços já construídos e reaproveitar os recursos herdados para preservar recursos naturais, gerando economia ao invés de gerar despesas operacionais. Por qual motivo várias universidades brasileiras gastam anualmente mais de trezentos mil reais com energia elétrica com uso de ar condicionado e sistemas poluentes ao invés de utilizar sistemas passivos e fontes alternativas de energia?

Uma das formas mais eficazes de economizar é reduzir consumos ou recusar consumos. A energia não consumida é um dos indicadores que elevam o desempenho ambiental. Repensar o modo de projetar e usar o edifício pode ser o primeiro passo para reduzir impactos integrados em espaços de ensino, adotando projetos bioclimáticos, programas de uso racional de água e energia gerada a partir de fontes menos poluidoras que geram economia para a universidade.

Ao adotar boas práticas de elevado desempenho e métodos participativos de planejamento do campus, algumas instituições nacionais e internacionais conseguiram despertar o sentido de pertencimento através da pedagogia do exemplo, tornando rotineiras práticas de consumo conscientes que foram incorporadas pelos próprios usuários do campus. Através de rotinas de monitoramento dos consumos de água e energia realizadas em cada edifício, o respectivo gestor pode monitorar o consumo setorizado, evitando desperdícios. Através de campanhas do consumo consciente programadas no sistema de gerenciamento ambiental, é possível alcançar melhores desempenhos ambientais na universidade.

O Plano de Gerenciamento Ambiental de uma instituição de ensino superior é capaz de impulsionar o consumo consciente no campus, a renovação dos recursos naturais, energéticos, incentivando os usuários a reduzir impactos, através da pedagogia do exemplo. Qualquer ação proposta será inútil se não for devidamente monitorada. Para contribuir para o alcance dos resultados esperados, é recomendável a implementação de um Sistema de Gerenciamento Ambiental, focado em reduzir impactos integrados com o uso de energias renováveis que promovam o retorno dos materiais e recursos aos ciclos técnicos e biológicos, sem gerar perdas.

Ao analisar os estudos técnicos de viabilidade do uso da energia solar, constatou-se que em dez anos, a Universidade Federal do Sul da Bahia poderá ter mais de quatro milhões de reais de economia a partir da geração e uso da energia fotovoltaica, conforme cenários detalhados no ANEXO D. É válida a reflexão crítica: por qual motivo diversas instituições federais de ensino brasileiras optam por pagar às concessionárias boa parte das verbas que poderiam ser destinadas às melhorias da infraestrutura, pesquisas e implantação de tecnologias ambientais? A partir da resolução 482 da ANEEL, sistemas de compensação de energia elétrica (SCEE) e linhas de financiamento bancárias facilitaram a adesão de instituições e pessoas jurídicas a instalarem sistemas fotovoltaicos, atraindo maior número de parceiros interessados a investir em tecnologias ambientais no país, condições que deveriam simplificar as contas de energia das instituições de ensino. Verbas economizadas com contas de energia poderiam viabilizar de modo faseado obras necessárias à instituição ao invés de serem pagas às concessionárias.

4.5.1 Trabalhos Futuros

Para avaliar o quanto a instituição pode economizar com o uso da energia fotovoltaica, foi avaliada como alternativa, possível implantação de um Parque Solar Universitário no Oeste Baiano com o conceito de condomínio solar, a ser aprofundada no doutorado, dando continuidade a esta pesquisa de mestrado. O condomínio solar pode atender diversas instituições de ensino, concentrando sistemas fotovoltaico em cidades com maior potencial de geração de energia solar, como Barreiras, Bom Jesus da Lapa e Tabocas do Brejo Velho, cidades já contempladas com instalações de outros parques solares na região do Oeste Baiano que apresenta as melhores médias anuais de insolação diária do Brasil.

O Parque Solar pode ser um centro de experimentação de referência no Brasil, aberto a testar novas tecnologias de baixo impacto integrado, incentivando novas linhas de pesquisas em tecnologias limpas e fontes alternativas de energia para atender instituições federais de

ensino no estado da Bahia, envolvendo possíveis parcerias com o IFBA (Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia), UFOB (Universidade Federal do Oeste da Bahia) e UFBA (Universidade Federal da Bahia). O uso de fontes alternativas de energia em instituições federais de ensino pode viabilizar grande números de pesquisas e ações direcionadas às reduções de impactos integrados na Bahia.

Os apêndices e anexos inseridos nesta pesquisa contemplam: Medições Experimentais do Consumo Energético no CSC Em 04/01/2019 (ANEXO C), Estudos de Viabilidade Técnico Financeira com base nos Cenários de demandas de consumos energéticos do CSC (ANEXOS D1 a D4), Insolações médias anuais diárias no Brasil (ANEXO A).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível intervir no meio físico gerando impactos positivos ao invés de negativos em relação à conservação e renovação dos recursos naturais. Um dos meios possíveis é rever o modo de intervir no meio físico para minimizarmos os impactos socioambientais, econômicos e ecossistêmicos que ameaçam a vida e as condições saudáveis nos espaços de convivência.

Antes de fazer escolhas, se o homem conhecer melhor o meio onde ele vai intervir, tem condições de utilizar o que a própria natureza oferece como o solo, sol, os ventos, as águas, as vegetações para renová-la, ao invés de esgotar os recursos ainda disponíveis.

Quando os projetistas concebem empreendimentos contemplando ciclos técnicos e biológicos desde a concepção arquitetônica, torna-se natural construir edifícios sem desperdícios. Os projetos de baixo impacto integrado consideram princípios da ecoeficiência e da arquitetura bioclimática com base em diagnósticos integrados que contemplam aspectos físicos, climatológicos, socioambientais, econômicos e ecossistêmicos para melhorar o desempenho ambiental dos espaços construídos.

O modo integrador de intervir no meio físico pode proporcionar aos projetistas e gestores uma visão macro das potencialidades ambientais e compreensão ecossistêmica sobre as necessidades dos seres vivos nos locais de intervenção. Os projetos de baixo impacto integrado dependem das escolhas realizadas no início do processo criativo.

Projetistas, construtores e gestores, assim como outros atores de desenvolvimentos das cidades possuem responsabilidades socioambientais sobre os impactos que suas obras geram no meio físico. Frequentemente arquitetos urbanistas não são consultados no momento da escolha do terreno e da definição do produto arquitetônico. Este momento inicial de decisão é crucial e empreendedores costumam antecipar etapas sem a recomendada análise prévia do contexto bioclimático, sem as escolhas adequadas dos materiais que consideram análises dos ciclos de vida e dos sistemas construtivos compatíveis com o contexto bioclimático local.

Com o objetivo de contribuir para melhorias do desempenho ambiental dos espaços de ensino, são recomendadas às instituições de ensino diretrizes, estratégias de projetos e ações resultantes desta investigação científica que possam reduzir impactos negativos que ameaçam os recursos naturais e a qualidade de vida das pessoas. O design regenerativo e projetos de impactos reduzidos podem transformar realidades, melhorar condições de saúde, qualidade de vida dos usuários nos empreendimentos, conservação e renovação dos recursos naturais e preservação da biodiversidade.

Projetos bioclimáticos aliados às práticas de consumo consciente podem ser utilizados pelos projetistas para: sensibilizar as pessoas a usarem os edifícios de modo racional; usar fontes alternativas de energia, evitar desperdícios; minimizar ou eliminar soluções de climatização artificial que agravam o efeito estufa sempre que possível; reaproveitar materiais e recursos disponíveis; contribuir para os ciclos técnicos e biológicos; aproveitar a urina para produzir fertilizantes; contribuir para o ciclo do nitrogênio, mitigando impactos negativos; reduzir a emissão dos gases de efeito estufa, entre outros resultados positivos.

As Requalificações Bioclimáticas de edificações existentes auxiliam os projetistas a conceberem outro modo de reformar e ampliar espaços físicos, otimizando o uso das áreas já edificadas, evitando novas impermeabilizações do solo natural. Os ambientes existentes reformados podem ser implantados em áreas que se encontram impermeabilizadas e podem ser adaptados aos parâmetros de conforto compatíveis com as variáveis climatológicas locais, fatores comportamentais e índices recomendáveis para a saúde e boa cognição segundo a Organização Mundial da Saúde.

Devido ao elevado potencial educador que um campus universitário tem, é recomendável que o ambiente de ensino seja concebido para ser exemplo onde usuários possam se tornar agentes multiplicadores de boas práticas para reduzir impactos integrados. Quando alguém vivencia e pratica ações que reduzem impactos negativos desde a hora em que acorda, no seu cotidiano até a hora final em que ela ingressa no ambiente de ensino, ela consegue ensinar e aprender como se aproximar da Sustentabilidade.

No campus universitário, soluções desenvolvidas de modo imediatista ou aquelas que não tratam a origem dos problemas devem ser evitadas. É preciso planejar com visão mais sistêmica, pois quando as tecnologias ambientais são simplesmente aplicadas sem estarem associadas às práticas do consumo consciente, não sustentam o cenário desejado de elevado desempenho ambiental. Nas experiências vivenciadas em universidades nacionais e internacionais, é visível que os investimentos em tecnologias ambientais perdem o sentido quando os usuários não repensam a sua função social e o seu modo de consumir nos espaços de convivência. A conquista de resultados positivos direcionados à Sustentabilidade em qualquer local depende do esforço social conjunto que envolve os gestores e todos envolvidos.

Nas visitas às universidades alemãs, em uma das entrevistas, foi relatado como professores e alunos sensibilizaram os gestores a priorizarem ações de impacto reduzido no campus universitário. Professores que atualmente compõem a superintendência geral de uma das universidades visitadas declararam que no início do processo se sentiam “cavaleiros

solitários”, sem apoio institucional. Depoimentos como este se repetiram em entrevistas, tanto em universidades internacionais como nacionais. Em qualquer país, resultados positivos que contribuam para conservação e renovação dos recursos naturais e da biodiversidade dependem dos esforços sociais de todos. Se cada um fizer a sua parte, contagiando os demais, é possível melhorar o cenário atual onde são constatadas escassez de recursos e espécies em extinção.

O cenário econômico de contingenciamento de verbas no país impacta as instituições federais de ensino e reforça a necessidade de reduzir as despesas operacionais nas universidades. A proposta de gerar fontes alternativas de energia através de uso da energia solar no campus em estudo pode proporcionar uma economia superior a quatrocentos mil reais ao ano, conforme estudos de viabilidade técnico financeiras apresentadas nos apêndices I e J, dependendo dos aumentos de demandas e expansões que podem ser realizadas pela instituição.

Os cortes de verbas federais na educação tornam mais emergenciais as necessidades de economizar despesas através de ações e estratégias que possam gerar economia nas instituições sem prejudicar o ensino e a aprendizagem. As inovações em tecnologias ambientais, implantações de centros de expertise em fontes alternativas de energia podem contribuir para o avanço das pesquisas direcionadas à sustentabilidade e à implementação de ações que reduzam impactos negativos, gerando maior economia para as instituições federais de ensino.

Em um Campus Universitário é possível sensibilizar os usuários a praticarem o consumo consciente através da pedagogia do exemplo diário praticada por professores, alunos, funcionários da instituição, contagiando visitantes, transformando-os em agentes multiplicadores que podem replicar boas práticas por onde passam. Através do esforço social conjunto, é possível melhorar o cenário atual. Os aprendizados precisam sair dos limites físicos das salas de aulas para alcançarem entornos cada vez maiores. As instituições de ensino podem aproximar as pessoas da sustentabilidade, formando agentes multiplicadores que contribuam para a conservação e renovação dos recursos naturais através de boas práticas nos ambientes de ensino e aprendizagem, cumprindo o seu papel educador de ensinar, sendo o exemplo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL U.S (EPA). **Plano de desempenho de sustentabilidade estratégica 2015**. Washington: EPA.p.29-44, 30 jun. 2015. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/201511/documentos/epa_strategic_sustainability_performance_plan_2015.pdf> Acesso: 08/ 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Escassez da água poderá transformá-la na principal commodity do século XXI**. (In): <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/escassez-da-a-gua-podera-transforma-la-na.2019-03-15.4987075793>> Acesso em 04/2019.

AHERN, J. **Green Infrastructure for cities: The spacial dimension**. In: Cities of the future – towards integrated Sustainable water landscape management, (orgs.), Novotny, IWA Publishing, London, 2007. p. 267-283.

ÁLAMO, J. B. RisuProject. **Desenvolvimento de indicadores para avaliar a implementação de políticas de sustentabilidade nas Universidades da América Latina**. Madri: Instituto Inaecu, 2015.

ANTUNES, T. et al. **Plantas Ornamentais do Campus Sosígenes Costa: Características ecológicas e culturais**. In: Encontro Regional de Botânicos de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo. Anais do 38º Encontro Regional de Botânicos de MG, BA e ES: diversidade vegetal da Mata Atlântica: tecendo redes de conhecimento, Porto Seguro: 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.152:2017. Avaliação do Ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade- Procedimento. ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001. **Sistemas de Gestão Ambiental. Especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-1:2003. Desempenho Térmico das Edificações Parte 1: Definições, Símbolos e Unidades. ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15215-3:2005. Iluminação natural - Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2:2005. Desempenho Térmico das Edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3:2005. Desempenho Térmico das Edificações-Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151:2000. Acústica- Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade- Procedimento. ABNT, 2000.

AUER, T; NAGLER, F; DJAHANSCHAH, S. **Zukunftsfähiger Schulbau 12 Schulen Im Vergleich:** Edifício Escolar Sustentável em comparação com 12 escolas. TUM, 2017. Disponível em: <<https://www.tum.de/>> Acesso: 10/ 2018.

BENEDICT, M. A. E MCMAHON, E. T. **Green infrastructure: Linking landscapes and communities.** Washington, DC.: Island Press, 2006.

BESSA, V.M.T. Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios. 263p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2010.

BOGO, A.et al. Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico.** Florianópolis: UFSC, p.2-80, fev., 1994. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf>. Acesso em 06/2018.

BRAUNGART & MCDONOUGH. **Cradle to Cradle: C2C Design Concept.** Berço a Berço: Criar e Reciclar ilimitadamente. Disponível em:< <http://www.braungart.com/en/content/c2c-design-concept>> Acesso em 11/2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Legislação que institui a **PNRS: Política Nacional dos Resíduos Sólidos.** Diário [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso: 09/ 2018.

BRASIL. Lei nº 6.938/81, de 31 de Agosto de 1981. Legislação que institui a **PNMA: Política Nacional do Meio Ambiente.** Diário [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/> Acesso: 09/ 2018.

_____. **Instrução Normativa Nº 2, de 4 de junho de 2014.** Regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Disponível em: <https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-junho-de-2014>. Acesso em 03/2019.

CLIMATE-DATA.ORG. Dados Climáticos para Cidades Mundiais. (In): <<https://pt.climate-data.org/>>. Acesso em: 11/2018.

CRESESB. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Irradiação Solar em Porto Seguro. Disponível em: < <http://www.cresesb.cepel.br/>> Acesso em 11/2018.

DELITTI, W.E; CERRI, D. **Inventário das Emissões de Gases do Efeito Estufa**. São Paulo: Edusp, 2013. Disponível em: <www.sga.usp.br> Acesso em: 08/ 2018.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO; SILVA, W.T.L. Uso do efluente de Fossa Séptica Biodigestora como biofertilizante no solo e sua influência na produtividade de biomassa na cultura do milho. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1102069/1/Jornada2018.pdf>> Acesso em 11/2018.

ELLEN Macarthur Foundation (EMF). Rede CE100 Brasil. **Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial**. Ellen Macarthur Foundation, 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf> Acesso em 09/ 2018.

_____. **Towards the circular economy** - Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: EMF, 2012.

_____. **Towards the circular economy** - Vol. 2: Opportunities for the consumer goods sector. Isle of Wight: EMF, 2013.

EPA. Agência de Proteção Ambiental. U.S. Environmental Protection Agency. 2015 **Strategic Sustainability Performance Plan**. EPA, 2015; Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/epa_strategic_sustainability_performance_plan_2015.pdf>. Acesso em 11/2018.

ESCOLA DA FLORESTA. **Projetos Ambientais, Roteiros Educativos e Parcerias com a USP, MIT e EMBRAPA**. Disponível em <<http://www.escoladafloresta.com.br/>>. Acesso em: 11/2018

FISCH, N.M. **Institute for Building Services and Energy Design**. FISCH: 2005. Disponível em: <https://www.tu-braunschweig.de/igs>. Acesso: 11/2018.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. Editora Nobel, São Paulo, 1998.

FUB, Freie Universität Berlin. **Sustainability Report 2018**. Berlin: FUB, 2018, p. 9-57. Disponível em: <<https://www.fu-berlin.de/en/featured-stories/campus/2019/climate-strike-interview-wanke/index.html&prev=search>>;<https://www.fu-berlin.de/en/sites/nachhaltigkeit/stabsstelle/kommunikation/publikationen/sustainability-report_2018.pdf>.

FUB. **Projetos e informações institucionais**. Disponível em:< <https://www.fu-berlin.de/>>.

GBS. Programa Green Building Gbs-Autodesk. **Rosa dos ventos em Porto Seguro**. Disponível em: Programa Green Building Studio. Acesso em: 03/2019.

GIVONI, B. **Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/330858579/GIVONI-Comfort-Climate-Analysis-and-Building-Design-Guidelines> Acesso em 11/2018.

GOOGLE EARTH. Mapa: **Localização do Campus Objeto de Estudo**. Disponível em: <[https://www.google.com.br/maps/place/Universidade+Federal+do+Sul+da+Bahia+\(UFSB\)+Campus+Sosígenes+Costa/](https://www.google.com.br/maps/place/Universidade+Federal+do+Sul+da+Bahia+(UFSB)+Campus+Sosígenes+Costa/)> Acesso em 03/2019

GRIMM, A, M. **Meteorologia Básica. Índices de Desconforto Humano**. (In) <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>> Acesso em: 06/2018.

GUIDETTI, R; MORELLO, E. **Da Città Studi Campus Sostenibile a Città Studi Sostenibile: le università per il rinnovamento della città**. Scienze del Territorio, p. 131-139, jun. 2015. (In) <<http://www.fupress.net/index.php/SdT/article/view/16259>> Acesso em 08/2018.

GUIMARÃES, A, G, L. **A obra de João Filgueiras Lima no contexto da cultura da arquitetura contemporânea**. (Tese de Doutorado). São Paulo: FAUUSP, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2136/tde-26112008-073857/pt-br.php>

HARVARD UNIVERSITY. Escritório de sustentabilidade de Harvard. **Plano de sustentabilidade. Cambridge: Harvard University, 2015**. (In) <<http://green.harvard.edu/commitment/our-vision-2015>> Acesso: 08/ 2018

HOUSE OF COMMONS. **Growing a circular economy: Ending the throwaway society**. HC-214. Londres: House of Commons/ Environmental Audit Committee, 2014.

HOUSE OF COMMONS. Parlamento europeu. **Report of House of Common Comission-2014-2015**. Disponível em: <<https://www.parliament.uk/documents/commons-commission/HoCCommission-Annual-Report-2014-15-HC341.pdf>>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed.. Sér. Man. Técn. Geociências, Nº 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões Geográficas do Estado BA**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas> Acesso em 13/12/2018

INEMA- Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Documentos de Gestão**. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/rpgas/>> Acesso: 03/2019.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estações metereológicas e dados de Porto Seguro-BA**. (In) <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso: 04/ 2019.

IZARD, J; GUYOT, A. **Arquitetura Bioclimática**. Ed. Gustavo Gilli, 1983. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/Arquitetura_bioclimatica.html> Acesso: 06/ 2018.

KIPERSTOK, Asher et al. **Prevenção da Poluição**. Brasília: SENAI/ DN, 2002. 290p. (In) <http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/livro_poluicao_id_26__x68db620f30d24e6d89b0c0234bf0f82d_662013115615_.pdf/> Acesso em 11/2019.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Publicações**. (In): <<http://www.labeee.ufsc.br/>> Acesso em 11/2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. ELETROBRÁS/ PROCEL. Rio de Janeiro. 2014.

LAMBERTS, R; DUTRA, L e PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. LABEEE UFSC, 2016.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PAPST, A. L. **Desempenho térmico de edificações. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis, agosto de 2000.

LATORRACA, G. (org.), **João Filgueiras Lima, Lelé**, Lisboa e São Paulo: Editorial Blau e Instituto Lina e P. M. Bardi, 2000.

LELÉ. **João Filgueiras Lima, Lelé**. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0270/Aula%206_AUT_270_Lele_Conforto.pdf> Acesso em 11/2018.

LIBERATI, A; ALTMAN Douglas G; TETZLAFF et al. **PRISMA Statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and Elaboration**. In Italian Journal of Public health, ano 7 vol 6 n4. p.354-359, 2009. Milão: Italian Journal of Public Health, 2009. (In) <<http://www.prisma-statement.org>> Acesso em 08/ 2018.

LIMA, J. F. L. CTRS – **Centro de Tecnologia da Rede SARAH**. Sarah Letras, 1999.

MARQUES, T. H. N. et al. Projeto Jaguaré: **Metodologia para Requalificação de Bacias Hidrográficas Urbanas**. Revista LabVerde USP, vol. 9, n1.p.14-27, 2018. São Paulo: LABVERDE USP, 2018. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistalabverde>>. Acesso em 08/2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Integração dos Planos Municipais do Meio Ambiente do Sul e Extremo Sul da Bahia- 2018**. Disponível em: www.mma.gov.br> Acesso em 11/2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Política dos 5R's e Rotina de Trabalho Sustentável**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/10104-rotina-de-trabalho-sustent%C3%A1vel-j%C3%A1-existe-em-200-institui%C3%A7%C3%B5es-p%C3%BAblicas.html>> Acesso em 11/2018.

MÜLFARTH, Roberta C.K. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental. Tese de Doutorado USP**. São Paulo: Ed.USP, Dez. 2002.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Análise retrospectiva da era por satélite- MIERRA-2**. (In):<<https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>> Acesso em 11/2018.

OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. 4. ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 1963.

ONU, Organização das Nações Unidas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Kit de ferramentas das universidades: Transformando as universidades em campi verdes e sustentáveis, um kit de ferramentas para implementadores**. Brasília: ONU, 2013. (In)<<https://nacoesunidas.org/agencia/onumeioambiente>> Acesso: 09/ 2018.

ONU, Organização das Nações Unidas. PNUMA: **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambient**es. Objetivo 9: Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação. Brasília: ONU, 2017.

Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>; (In)<www.fiesp.com.br/temas-ambientais>. Acesso: 10/2018.

PASTORELLI, J, 2018. **O Estudo da Sustentabilidade e Resiliência Urbana no Contexto da Redução de Risco de Desastres**. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP, 2018 Disponível em:<http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/332015/1/PastorelliJunior_JoseHenrique_M.pdf> Acesso: 03/2019.

PEREIRA, Ênio Bueno et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf. Acesso em: Acesso em 01/2019.

PEREIRA, F, C. **Mudança Global do Clima: ciências e políticas públicas**. Revista Ciências Moleculares, nº 2- dezembro. USP: 2005.

PEREIRA, D. C. L. **Modelos físicos reduzidos: uma ferramenta para avaliação da iluminação natural**. 246p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

PINTO et.al. **Composição florística de um fragmento de floresta no Corredor Central da Mata Atlântica, Sul da Bahia, Brasil**. Revista Paubrasília, no prelo.

PMPS-BA, Prefeitura Municipal de Porto Seguro do Estado da Bahia. PDDU: **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Seguro**. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/BA/PORTO.SEGURO/LEI-651-2006-PORTO-SEGURO-BA.pdf>> Acesso:10/ 2018.

PMPS-BA, Prefeitura Municipal de Porto Seguro do Estado da Bahia. **Município de Porto Seguro**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-porto-seguro.html>> Acesso: 03/2019.

PMMA, Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro, Bahia. **Conservação Internacional, Prefeitura Municipal de Porto Seguro. Porto Seguro: ed.2.Porto Seguro, 2014, 126p.**

POLIMI Politécnico di Milano. Università degli Studi: **Citta Studi Campus Sostenibile**. Milão: POLIMI, 2015. Disponível em: <<http://www.campus-sostenibile.polimi.it>> Acesso: 08/2018.

PROCEL. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Procel.aspx>. Acesso: 11/2018.

PUSP, Prefeitura do Campus da Universidade de São Paulo. PUSP-C: **Programa Campus Sustentável USP**. São Paulo: PUSP, 2015. (In) <<http://www.puspc.usp.br/wp-content/uploads/Programa-Campus-Sustent%C3%A1vel-USP-2014-20341.pdf>>. Acesso: 08/2018.

REDE ARIUSA. **Alianza de Redes Ibero-americanas por la Sustentabilidad y el ambiente**. (In) <<https://www.udesc.br/sustentavel/redes/ariusua>>

RIBEIRO, S.K; SANTOS, A.S, 2016. PBMC. Mudanças Climáticas e Cidades: **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Ed. PBMC, COPPE – UFRJ, 2016. 98p.

RIBEIRO, F.M.; KRUGLIANSKAS, S. **A Economia Circular no contexto europeu: Conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos**. Anais do XVI Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA). São Paulo, 2014.

RISSELADA, M.; LATORRACA, G. **A arquitetura de Lelé: fábrica e invenção**. São Paulo: Museu da Casa Brasileira, 2010. 244 f.

RIZZINI CT. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições LTDA, 1997, 747p.

ROMÉRO, Marcelo. A; MULFARTH, Roberta C.K. O processo de elaboração das políticas ambientais da Universidade de São Paulo: o papel da universidade como laboratório para as cidades. In: **Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**, São Paulo:2016. Porto Alegre: ANTAC, 2016.

SAHADE, Renato. **A Fachada Ventilada: conceito, vantagens e desvantagens**. São Paulo: Concrete Show, 2017. 30 slides. Disponível em: <<https://vdocuments.mx/fachadas-ventiladas-conceito-vantagens-e-calculo-nbr-158462010-rochasinserts.html>> Acesso em 11/2018.

SATISH, Usha et al. **Is CO₂ an Indoor Pollutant? Direct Effects of Low-to-Moderate CO₂ Concentrations on Human Decision-Making Performance**. Environmental Health Perspectives, 120 (12), pp 1677. (In): <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3548274/>> Acesso em 03/2019.

SCARAZZATO, P.S. **Investigação sobre Critérios para Determinação e Medição dos Níveis de Conforto Térmico**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Ed. USP: 1998.

SEF USP, Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo. **PUERHE: Programa Permanente para o Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos**. São Paulo: SEF.USP, 2016. (In)<http://www.sef.usp.br/puerhe/energia> Acesso em 08/ 2018.

SGA, Superintendência de Gestão Ambiental da Universidade de São Paulo. **Masterplan de Sustentabilidade**. 529.p. São Paulo: USP, 2016. (In)<<http://www.sga.usp.br>> Acesso: 08/2018.

SISTEMA AQUA-HQE. **Sistema de Avaliação do Desempenho Ambiental AQUA**. Disponível em: < <https://vanzolini.org.br/aqua/>> Acesso em 06/2018.

SISTEMA BREEAM. **Sistema BREEAM de Avaliação do Desempenho Ambiental**. Disponível em: <<https://www.breeam.com/>> Acesso em 06/2018.

SISTEMA DGNB. DGNB System: **Global Benchmark for Sustainability**. (In): <<https://www.dgnb-system.de/en/index.php>> Acesso em 09/2018.

SISTEMA LEED. **Sistema de Avaliação do Desempenho Ambiental LEED**. Disponível em: < <http://www.gbcbrazil.org.br/sobre-certificado.php>> Acesso em 06/2018.

SINDUSCON; MITSIDIPROJETOS. **GUIA DAS EDIFICAÇÕES. Guia Interativo de Eficiência Energética em Edificações**. Disponível em: < <https://guiaenergiaedificacoes.com.br/>> Acesso em 03/2019.

TECLIM, Laboratório de Tecnologias Limpas, Escola Politécnica Universidade Federal da Bahia. **Programa Uso Racional da Água- ÁGUA PURA**. Publicações, aulas, gráficos e documentos disponibilizados no repositório digital do TECLIM-UFBA e materiais cedidos pelo professor Asher Kiperstok.

Technische Universität BRAUNNSCHWEING; FISCH, M.N. **Projeto TU Braunschweig**. Braunschweig: 2005. Disponível em: < <https://www.tu-braunschweig.de/>> Acesso: 10/ 2018.

TU BRAUNNSCHWEIG. **Projects IGS**. Disponível em: <<https://www.tu-braunschweig.de/igs>> <<https://projektinfos.energiewendebauen.de/en/project/the-campus-for-the-technical-university-of-braunschweig-is-to-become-climate-neutral/>>. Acesso em: 2018

UFLA. Universidade Federal de Lavras. **Projeto Eco Universidade, 2013**. Disponível em: <<http://ufla.br/ecouniversidade/?p=90#more-90>>. Acesso em 11/2018

UFLA. Universidade Federal de Lavras. **Certificado Blue University em reconhecimento pela gestão das águas recebido em Berna, Suíça**. UFLA, 2016. (In): <<http://www.ufla.br/dcom/2016/05/16/ufla-e-azul-2a-universidade-do-mundo-com-o-certificado-blue-university-em-reconhecimento-pela-gestao-das-aguas/>> Acesso em 2018.

UFSB. Universidade Federal do Sul da Bahia. **Documentos e Projetos**. Disponível em: < <https://ufsb.edu.br/>>. Acesso em 03/2019

UFSB. Universidade Federal do Sul da Bahia. **Medições dos Consumos Energéticos no Campus Sosígenes Costa- Dados do Sistema DINFRA- UFSB**. Disponível em: Sistema DINFRA. Acesso em 01/2019

UI Green Metric (UI GM). **World University Rankings 2018 UI GM**. Disponível em: <http://greenmetric.ui.ac.id/>. Acesso em 11/2018

UNEP. **United Nations of Environment Programme, 1989**. Disponível em: <http://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/13595/rsrs122.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 11/2018.

UNEP- UNITED NATIONS PROGRAMME. **Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth**. Paris: UNEP, 2011

UNIVERSIDADE da cidade de Londres; UNEP. **Relatório anual 2013/2014**. Londres: Publicações da cidade. Magazine (Vol. 147), 2015
Disponível em: < <http://www.unep.org/training/programes/gupes.asp>> Acesso: 09/ 2018

USP, Universidade de São Paulo. **Anuário estatístico**. São Paulo: USP, 2018. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/anuario/AnuarioControle>. Acesso em 09/ 2018

VOHLIDKA, P; TUM. Waldorf School Stuttgart Umlandshöhe Project” (**Projeto Energia Zero- Escola Waldorf Stuttgart**). TUM: 2018. Disponível em: <https://www.tum.de/>. Acesso em 10/ 2018

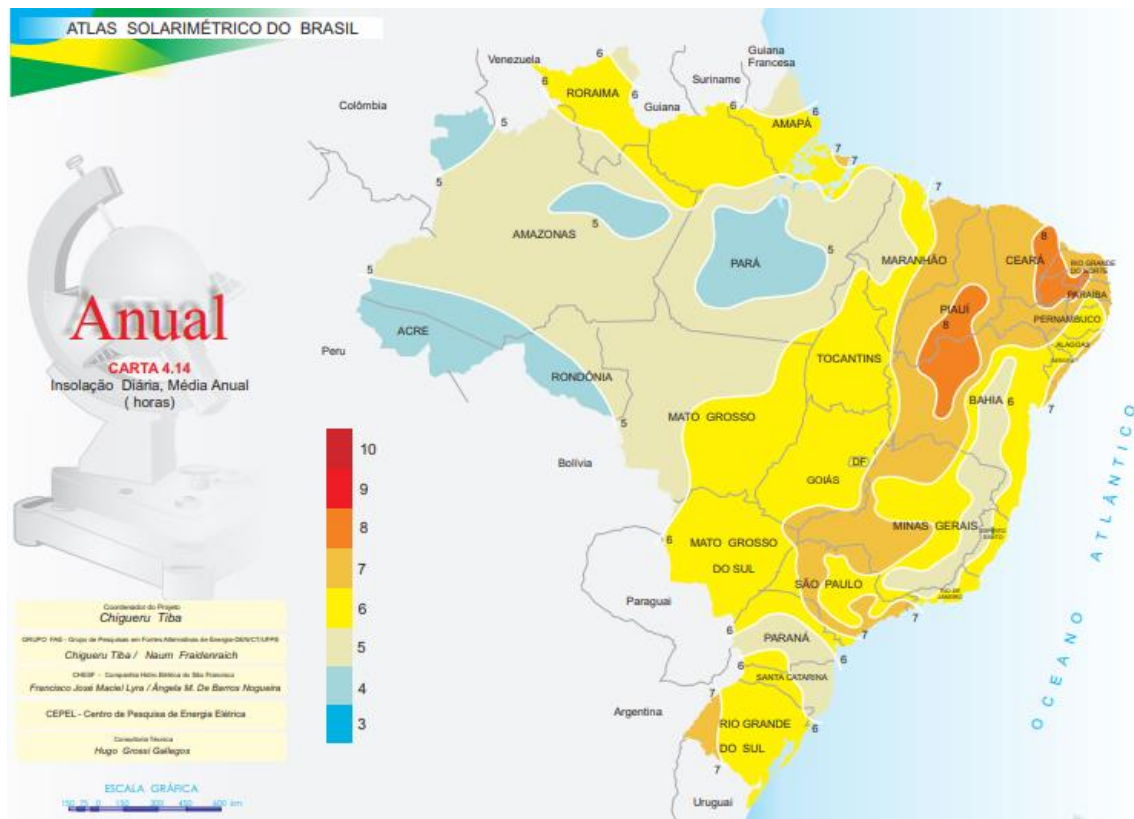
VILLAS BOAS, Márcio. “O Significado da Arquitetura nos Trópicos: Um Enfoque Bioclimático” In **Anais do I Seminário Nacional de Arquitetura nos Trópicos, Fundação J. Nabuco**, Ed. Massangana, Recife, 1985

WBCSD, World Business Council for Sustainable. Development. **Programs and Sector Projects**. Disponível em: <https://www.wbcd.org/> Acesso em 11/ 2018

ZILLES, R. **O desenvolvimento da energia solar no Brasil e a contribuição da academia**. Instituto de Energia e Ambiente (IEE) USP, 2018. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cbens2018/wp-content/uploads/2018/05/Roberto-Zilles-17.04.pdf>. Acesso em 11/2018

ANEXOS

ANEXO A – Insolações Diárias: Médias Anuais (horas) no Brasil



Fonte: ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2019.

A partir da avaliação das condições de irradiação solar e iluminação natural no campus, é diagnosticado como propício o desenvolvimento de projetos de sistemas de iluminação natural com estratégias bioclimáticas sinalizadas no quarto capítulo da dissertação. O estudo sobre a irradiação solar no plano inclinado de Porto Seguro indica viabilidade técnica para possível aproveitamento da energia solar em trechos periféricos dos telhados expostos ao sol durante várias horas do dia. A partir do uso de softwares simuladores, é elaborado um vídeo expositivo sobre a implantação otimizada de painéis solares que podem compor um sistema fotovoltaico que gere créditos de energia para a instituição. Ao comparar os potenciais de insolação em Porto Seguro e em Barreiras, conforme Atlas Solarimétrico Brasileiro e dados da CRESEB, conclui-se que o Cenário III, opção (b) com instalação do sistema fotovoltaico no Oeste Baiano é a alternativa mais viável para o Campus Sosígenes Costa, pois em Barreiras, é necessário um número reduzido de painéis, como mostra a planilha inserida no anexo D3, o que representa economia superior a 150 mil reais, em relação ao custo das placas solares, além de reduzir impactos e eliminar custos com manutenções locais.

ANEXO B – Projeto Arquitetônico do Núcleo Pedagógico II



Fonte: Projeto Arquitetônico de autoria de Aline Argôlo e Cristiane Rabelo, 2017, adaptado pela autora, 2018.

O Projeto Núcleo Pedagógico II foi analisado durante a pesquisa para verificar quais Boas Práticas poderiam ser propostas para espaços de ensino. Algumas estratégias do Projeto Arquitetônico foram revisadas ainda no Projeto Preliminar, como o maior descolamento da claraboia para maior retirada do ar quente da edificação e a implantação bioclimática do prédio.



Fonte: Projeto Arquitetônico de autoria de Aline Argôlo e Cristiane Rabelo, 2017, adaptado pela autora, 2018.

Estratégias Aplicáveis ao Sul da Bahia: as soluções relacionadas às instalações elétricas, hidrossanitárias, incluindo segregação das águas incorporadas nos projetos do Núcleo Pedagógico II foram resultantes de projetos de engenharia coordenados pela Diretoria de Infraestrutura da UFSB com o apoio do consultor e professor Ricardo França, envolvido no Núcleo Pedagógico I. Soluções referentes ao controle e monitoramento setorizados dos consumos de água foram baseadas em experiências anteriores dos engenheiros envolvidos no projeto e em boas práticas implantadas pelo TECLIM-UFBA na Escola Politécnica de Engenharia em Salvador, sob coordenação do Professor Asher Kiperstok.

As soluções aplicadas no Núcleo Pedagógico II integram a lista de estratégias de projetos aplicáveis ao Sul da Bahia que foram acrescidas de estratégias de projeto adaptadas ao local de estudo com base em Boas Práticas nas universidades visitadas que contribuíram para elevar os desempenhos ambientais das instituições citadas no capítulo 3 (Visitas de Campo).

1) Esquadrias com exaustor e flexibilização dos sistemas de ventilação natural e mecanizada que seria acionada em situações específicas a partir de energia limpa.

2) Revisar materiais para priorizar insumos retornáveis aos ciclos técnicos e biológicos

3) Projeto Integrador com simulações prévias dos índices de desempenho ambiental

4) Flexibilizar o uso de fontes alternativas de energia, além da fotovoltaica.

5) Geradores alimentados por energias limpas

6) Entorno: Requalificações Ambientais no CSC

Tecnologias de reuso das águas cinzas e amarelas com aproveitamento da urina parcerias para produção de fertilizantes

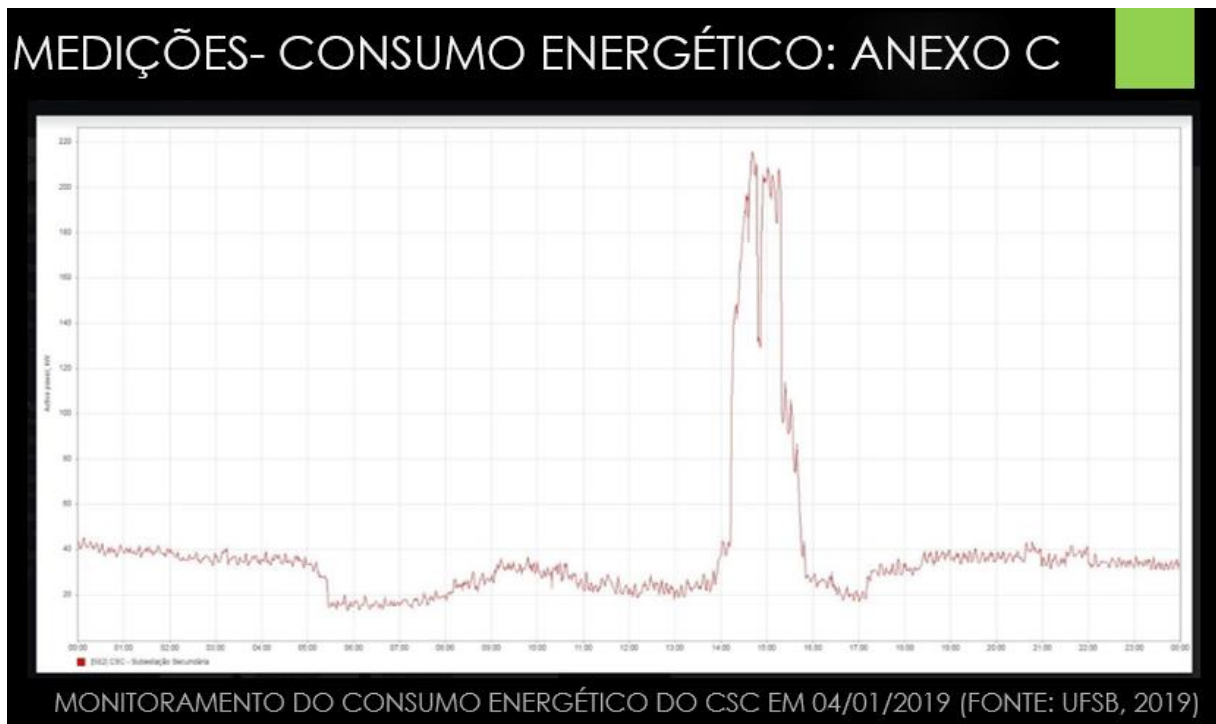
Controladores de consumo e índice de qualidade do ar por poluente como índices de desempenho Programas Consumo Consciente e Resíduo Zero



NÚCLEO PEDAGÓGICO II (UFSB, 2017)

Fonte: Projeto de autoria de Aline Argôlo e Cristiane Rabelo Santos, 2017, adaptado pela autora, 2019.

ANEXO C - Medições Experimentais do Consumo Energético no CSC em 04/01/2019



Fonte: Adaptado pela autora de Sistema DINFRA, 2019

Na primeira semana de janeiro de 2019 foram realizados experimentos de medições de consumo energético no Campus Sosígenes Costa. Neste período de recesso não ocorreram aulas, o que facilitou as simulações praticadas. Foram realizadas as seguintes ações:

- 1) Entre 11h e 14h são desligados os aparelhos de ar condicionado dos blocos edificadas;
- 2) Entre 14h e 15h são religados os aparelhos de ar condicionado em cada bloco;
- 3) Entre 15h e 16h são ligados todos os aparelhos de ar condicionado no campus
- 4) Às 16 h são desligados todos os aparelhos do campus
- 5) Às 17h são ligados os aparelhos de ar condicionado apenas nos setores administrativos e nos ambientes que precisam manter o mínimo de refrigeração artificial em temperaturas inferiores à média de Porto Seguro, incluindo laboratórios específicos relacionados à Biologia Marinha, salas de servidores ligadas à área de tecnologia da informação responsável pelo funcionamento da rede lógica local.

Como conclusão do experimento, é possível constatar que o uso de energia com o ar condicionado representa mais de 70% do consumo total da energia elétrica paga à COELBA.

ANEXO D – Estudos de Viabilidade para Uso da Energia Solar no CSC

Os Apêndices D1, D2, D3 e D4 representam os estudos de viabilidade desenvolvidos baseados em cenários de consumo energético no Campus Sosígenes Costa da UFSB:

D1- Opção (a) Sistema Fotovoltaico instalado em Porto Seguro para atender 100% da demanda do Campus Sosígenes Costa (Base de dados: contas da Coelba de 2018);

D2- Opção (a1) Sistema Fotovoltaico instalado em Porto Seguro para atender 150% da demanda do CSC;

D3- Opção (b) Sistema Fotovoltaico instalado em Barreiras para atender 100% da demanda do CSC (Base de dados: Contas da Coelba de 2018);

D4- Opção (b1) Sistema Fotovoltaico instalado em Barreiras para atendimento de 150% da demanda do CSC (Base de dados: Contas da Coelba de 2018).

ANEXO D1 - Cenário I: Opção (a)- Energia Fotovoltaica gerada em Porto Seguro
para atender 100% da demanda considerando o consumo anual de 2018

Estudo de Viabilidade Técnica Financeira no Cenário I- Opção (a):

Resumo do Estudo de Rentabilidade:

Quantidade de painéis (Axitec AXIpremium 300 Wp 60 Mono (AC-xxxM/60S))	1.250
Qte. de inversores (SMA STP 50-40)	6
Superfície	2075 m ²
Potência instalada	375,0 kWp
Consumo antes da instalação/mês (- taxa mínima)	43.070 kWh
Produção estimada por mês	47.537 kWh
Produção de energia / necessidade*	101%
Investimento (valor à vista)	RS 1.481.600,67
Preço (R\$/Wp)	3,95
Período para fluxo de caixa positivo	4,3 ano(s)
Economia da eletricidade em 10 anos	RS 4.156.111,46
Lucro estimado depois de 25 anos	RS 15.147.411,71

Fonte: Matthias Ogonovszky, 2018.

ANEXO D2 – Cenário II: Opção (a1) Geração de Energia Fotovoltaica em Porto Seguro
para atender a 150% da demanda considerando o consumo anual de 2018.

Estudo de Viabilidade Técnica financeira no Cenário II- Opção (a1):

Resumo do Estudo de Rentabilidade:

Quantidade de painéis (Axitec AXIpremium 300 Wp 60 Mono (AC-xxxM/60S))	1.860
Qte. de inversores (SMA STP 50-40)	9
Superfície	3088 m ²
Potência instalada	558,0 kWp
Consumo antes da instalação/mês (- taxa mínima)	64.605 kWh
Produção estimada por mês	70.735 kWh
Produção de energia / necessidade*	100%
Investimento (valor à vista)	RS 2.202.628,38
Preço (R\$/Wp)	3,95
Período para fluxo de caixa positivo	4,6 ano(s)
Economia da eletricidade em 10 anos	RS 5.678.342,44
Lucro estimado depois de 25 anos	RS 17.689.152,41

Fonte: Matthias Ogonovszky, 2018.

O resumo a1 retrata um cenário futuro com demanda ampliada uma vez e meia.

ANEXO D3 – Cenário III: Opção (b) Geração de Energia Fotovoltaica em Barreiras
para atender a 100% da demanda considerando o consumo anual de 2018.

Estudo de Viabilidade Técnica financeira no Cenário III- Opção (b):

Qte. painéis (Axitec AXIpower 370 Wp 72) e outro(s)	912
Qte. de inversores (Fronius Eco 27.0-3)	10
Superfície	1824 m ²
Potência instalada	337,4 kWp
Consumo antes da instalação/mês (- taxa mínima)	43.070 kWh
Produção estimada por mês	47.417 kWh
Produção de energia / necessidade*	100%
Investimento (valor à vista)	R\$ 1.325.118,47
Preço (R\$/Wp)	3,93
Período para fluxo de caixa positivo	3,5 ano(s)
Economia da eletricidade em 10 anos	R\$ 4.646.007,32
Lucro estimado depois de 25 anos	R\$ 17.738.485,82

ANEXO D4 – Cenário IV: Opção (b1) Geração de Energia Fotovoltaica em Barreiras
para atender a 150% da demanda considerando o consumo anual de 2018.

Qte. painéis (Axitec AXIpower 370 Wp 72) e outro(s)	1.366
Qte. de inversores (Fronius Eco 27.0-3)	14
Superfície	2732 m ²
Potência instalada	505,4 kWp
Consumo antes da instalação/mês (- taxa mínima)	64.605 kWh
Produção estimada por mês	71.021 kWh
Produção de energia / necessidade*	100%
Investimento (valor à vista)	R\$ 1.958.117,32
Preço (R\$/Wp)	3,87
Período para fluxo de caixa positivo	3,6 ano(s)
Economia da eletricidade em 10 anos	R\$ 6.608.513,48
Lucro estimado depois de 25 anos	R\$ 23.362.195,93

O resumo b1 retrata um cenário futuro com demanda ampliada uma vez e meia.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Iluminação Zenital por Claraboias e Domus no Teto Verde da FUB



Fonte: Própria autora, 2018.

Na Freie Universität Berlin, o Sistema de Resfriamento Noturno promove trocas de ar, acionando motores elétricos que permitem aberturas dos trechos retráteis das claraboias, domus e cobertura das bibliotecas para promover conforto ambiental, retirada do ar quente do edifício que contribuem para que sejam mantidos bons índices de qualidade do ar interior nos ambientes.

APÊNDICE B – Propostas Bioclimáticas para Expansão do Campus Sosígenes Costa



Fonte: Wagening University, 2018.

Esta imagem da Wagening University exemplifica a estratégia de projeto, recomendável aos Pavilhões de Feiras e Convenções que contempla pátio central com jardins para proporcionar sistemas eficazes de iluminação e ventilação naturais, favoráveis aos parâmetros de conforto ambiental e boa capacidade de aprendizagem recomendados aos espaços de ensino e aprendizagem que poderão ser distribuídos em dois andares, interligados por passarelas.

APÊNDICE C – Portaria com Inclusão Social e Acessibilidade



Fonte: própria autora, 2018.

Propostas elaboradas para contribuir para a redução de impactos socioambientais: Implantação de projeto de mobilidade e inclusão social no Campus Sosígenes Costa contemplando uma “Portaria Inclusiva” com boa iluminação que proporcione segurança, faixas elevadas de travessia de pedestre, lombos faixas acessíveis para cadeirantes, alarmes sonoros, pistas táteis e sinalizações em braile que instruem todos sobre a planta geral do campus que indica saídas de emergência estratégicas. A Portaria Inclusiva informará ao visitante e alunos tecnologias assistivas que a instituição pode incorporar nos espaços de ensino e aprendizagem, incluindo as salas de leitura, Bibliomidioteca e áreas de convívio comum adaptadas para diversas deficiências, incluindo os visuais, auditivas e locomotoras.

É recomendável que seja projetada uma área de convivência e um abrigo coberto próximos ao ponto de ônibus. As circulações externas precisam contemplar pistas táteis e soluções projetadas pela DNIT na entrada e na área interna do Campus Sosígenes Costa. Os projetos que contemplam vias de desaceleração, lombos faixas (mediante avaliação e traçado urbanístico a ser desenvolvido pelo DNIT), áreas de convivência e pistas táteis nas margens da rodovia federal BR 367 previnem acidentes e devem ser submetidos à avaliação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que pode desenvolver soluções técnicas adequadas para preservar a segurança e os usuários da Universidade nas margens desta rodovia federal, já que se trata de segurança e mobilidade urbana para uma instituição pública federal de ensino.

APÊNDICE D – Propostas de Mobilidade e Inclusão Social



Fonte: própria autora, 2018.

São propostas de Mobilidade e Inclusão Social: Totens e placas em Braille, alarmes sonoros, pistas táteis, sinalizações inclusivas. Ciclovias, pistas internas para patinetes, sanitários e vestiários inclusivos com sinalizações adequadas, além das calçadas largas, acessíveis nas áreas externas e internas que preservam a circulação dos pedestres até a portaria. Próximos aos vestiários são sugeridos guarda-volumes e bicicletários para estimular o uso de transportes alternativos nos percursos da casa para a universidade, proporcionando conforto e segurança aos usuários no campus universitário.

APÊNDICE E - Estudo da Insolação e Locação das Placas Solares do Cenário I



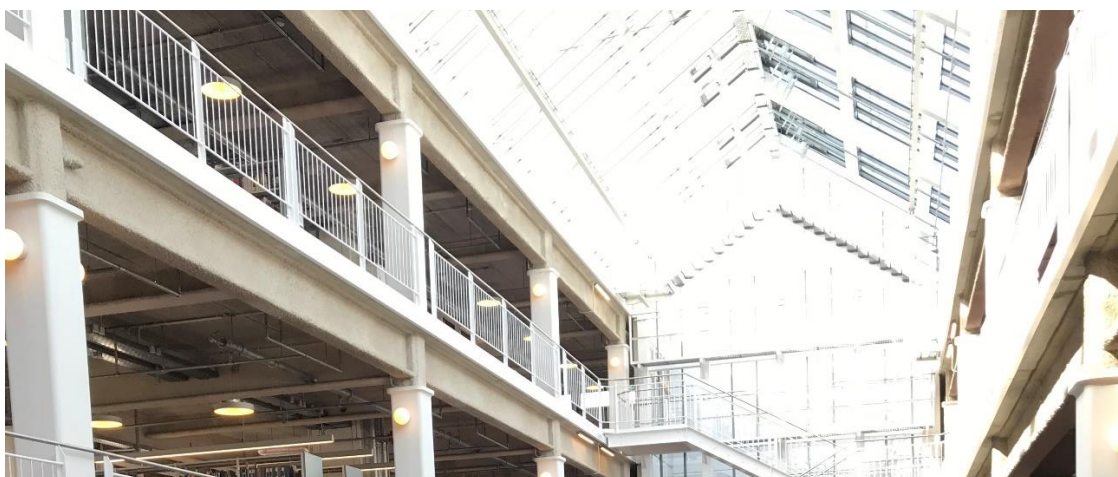
Fonte: Matthias Ogonovszky, 2018. Vídeo disponível em: <https://mail.google.com/mail/u/0/?hl=pt-BR#search/diegorlembrance%40gmail.com/WhctKJVBGhczJxhXHCJvGHQSHzqLwmHxDZmXzNjsmmxBfCxtcSDIBstWtMDNrwVwcNGvWVv?projector=1>. Acesso em 11/2018.

Foram realizadas simulações computacionais para avaliar posições mais adequadas para instalação de placas solares nos telhados existentes no campus em estudo. Foram considerados os trechos dos telhados mais expostos ao sol para maior geração de energia, conciliando com a alternativa de projeto, recomendada no capítulo 4 (Resultados e Discussões) que prevê pátios abertos e descobertos nas áreas centrais dos Pavilhões de Feiras e Convenções. Conclui-se que são boas as condições de insolação nas áreas periféricas dos telhados existentes, favoráveis para a geração de energia fotovoltaica.

Na imagem acima, está representada a planta de locação que sugere a instalação de placas nas bordas dos telhados existentes, considerando a proposta de requalificação de descobrir os telhados existentes nas áreas centrais das edificações maiores, visando qualificar os espaços de ensino e aprendizagem com maior eficiência energética e conforto ambiental, proporcionando condições favoráveis à boa cognição.

APÊNDICE F - Registros de Campo: Levantamento Fotográfico

F1) Átrio na FUB: Sistema Zenital de Iluminação Natural e Redução do Consumo Energético na Edificação



Fonte: própria autora, 2018

F2) Teto Jardim e Manutenções na Freie Universität Berlin



Fonte: própria autora, 2018.

F3) Sistema Fotovoltáico no Teto Verde da FUB



Fonte: própria autora, 2018.

F4) Sombreamento de Fachadas e Esquadrrias com Venezianas de Vidro que Promovem Troca de Ar



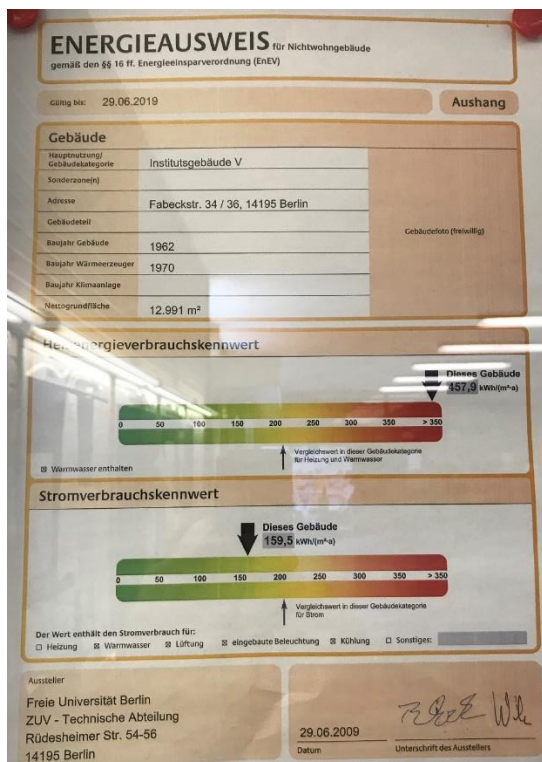
Fonte: própria autora, 2018.

F5) Esquadrias Protegidas da Insolação Direta e Renovação do Ar Através de Venezianas na Fachada



Fonte: própria autora, 2018.

F6) SGA FUB- Gestão à Vista e Consumo de Energia por Bloco Edificado: Monitoramento Setorizado



Fonte: própria autora, 2018.

APÊNDICE G: Indicadores de Desempenho Ambiental Propostos

a) Configuração e Infraestrutura

Um dos indicadores que medem o Desempenho Ambiental do campus é a “Configuração e Infraestrutura”, que responde por 15% da nota e define se o campus da instituição de ensino pode ser classificado como “Campus objeto de estudo” (UI GREEN METRIC). Entram no cálculo informações como, por exemplo, a extensão de área coberta por floresta, por vegetação plantada e a área existente para absorção de água. Quanto maior permeabilidade com responsabilidade socioambiental e Requalificações Bioclimáticas das edificações, melhor será o desempenho Ambiental da Instituição de Ensino. (UI GREEN METRIC; BREEAM; AQUA; LEED)

b) Energia e Mudança Climática

Outro indicador que integra o Plano de Ações é a Energia, associada à Mudança Climática, responsável por 21% da pontuação. São considerados o uso de energia renovável, uso de equipamentos com elevado índice de eficiência energética ou considerados “ecoficientes”, construções ecológicas, projetos arquitetônicos e urbanísticos baseados no “Ecodesign”, comprometidos com a redução dos impactos socioambientais, econômicos e ecossistêmicos, entre outras ações (GREEN METRIC).

c) Desperdício

Com participação de 18% está também a categoria “Desperdício”, focada na não geração do resíduo a partir da gestão dos materiais e escolha consciente de todos os itens a serem especificados, considerando o ciclo de vida do material (GREEN METRIC).

d) Água

A existência de programas de conservação e reaproveitamento da água está na categoria “Água”, junto com outros indicadores, respondendo por 10% da nota (GREEN METRIC).

Agregam valor positivo para avaliação deste indicador, programas de uso racional da água, gestão ecoeficiente dos recursos hídricos, drenagens circulantes, sistemas fechados de

água baseados no princípio circulante em laboratórios, sanitários e demais ambientes que demandam uso da água, Segregação das águas cinzas, negras, amarelas, irrigações ecoeficientes, entre outras soluções implantadas que envolvam Saneamento Ambiental, reuso ou reaproveitamento da água (UI GREEN METRIC; BREEAM; AQUA; LEED).

e) Transporte

A questão do “Transporte” (18%) também ocupa preocupação essencial, pois está relacionada com a redução das emissões de carbono. Colaboram práticas como a existência de ônibus interno, incentivo ao uso de bicicletas, entre outros (GREEN METRIC).

f) Educação E Pesquisa

O Indicador “Educação e Pesquisa” estão relacionados ao número de cursos que abordam a sustentabilidade em seus currículos, o financiamento de pesquisas dedicadas à sustentabilidade, o número de produções acadêmicas sobre o tema, número de eventos, entre outras (GREEN METRIC).

g) Alimentação

A instituição de Ensino é responsável não só pelo tipo de alimentação que é servida aos alunos como por qualquer utensílio ou item comercializado no Restaurante que funciona dentro do espaço acadêmico, seja ele terceirizado ou um Restaurante Universitário padrão, no modelo comum, existente em Universidades Federais Brasileiras. É fundamental que entre as opções de refeições oferecidas no campus, sejam disponibilizados alimentos orgânicos e saudáveis, sem agrotóxicos e sejam evitados itens industrializados, frituras e lanches gordurosos. A responsabilidade com a saúde alimentar dos alunos é responsabilidade da instituição de ensino, portanto ela deve ser avaliada de acordo com os serviços que oferece aos usuários que refletem o conceito da instituição (SISTEMAS UI GM; AQUA; LEED; FUB).

h) Sistemas de Gestão Ambiental e Redes de Conhecimento

As Redes de Conhecimento contribuem para que as políticas institucionais acelerem as trocas de conhecimentos entre as mesmas e contribuem para melhorar os Sistemas de Gestão Ambiental das instituições de ensino (INDICADOR BASEADO NAS REDES ACESSADAS).

i) Gestão do Conhecimento Compartilhada em Rede

A troca das lições aprendidas entre as universidades acelera e qualifica os monitoramentos de indicadores do desempenho ambiental e compartilha responsabilidades das Instituições do Ensino Superior no alcance das metas direcionadas à sustentabilidade. Foram analisadas lições aprendidas através das redes de conhecimento e repositórios digitais:

- a) Rede ARIUSA na qual estão compartilhadas diversas boas práticas relacionadas ao desempenho ambiental das universidades na América Latina (REDE ARIUSA, 2018);
- b) Rede CE100 Brasil que compartilha os resultados práticos alcançados a partir das aplicações da Economia Circular, incluindo os dados da Ellen MacArthur Foundation, parceira da USP (EMF, 2018).

Ao analisar os sistemas de gestão ambiental das universidades alemãs pesquisadas, é constatado que a maioria dos sistemas de gestão ambiental foram definidos a partir de princípios do sistema DGNB de certificação ambiental ou do BREEAM. No Brasil, a USP adota o sistema da certificação AQUA com um gerenciamento ambiental amadurecido a partir das trocas de lições aprendidas com outras universidades através de fóruns e Redes de Conhecimento como a REDE ARIUSA que integra instituições da América Latina (MULFÄRTH, 2018).

Algumas universidades pesquisadas não adotam certificação ambiental formal mas produzem resultados positivos refletidos no elevado desempenho ambiental das suas sedes, onde elaboram seu próprio sistema de gerenciamento ambiental, definindo os indicadores de desempenho ambiental e respectivos monitoramentos, zelando pelo bom funcionamento do ciclo PDCA (PLAN_DO_CHECK_ACTION), o ciclo que direciona as ações: planejar, fazer, verificar e agir, assegurando a melhoria contínua da qualidade ambiental da instituição (INDICADOR BASEADO NOS SISTEMAS BREEAM; DGNB; AQUA; REDE ARIUSA).

APÊNDICE H: Detalhamento das Estratégias de Projetos e ações propostas para o CSC

- (1) Portaria com acessibilidade e inclusão social: é recomendada requalificação da portaria e dos acessos externos até os pontos de ônibus, adaptados para deficiências visuais, auditivas, físicas, incluindo mobilidade reduzida e baixa visão (Propostas nos APÊNDICE C e D);
- (2) Alternativas de Uso da Energia Solar: detalhadas no subitem 4.2.3 para atender às demandas de consumo energético do campus. Independente da fonte de energia, é fundamental que sejam associadas às práticas de consumo consciente com o objetivo de reduzir consumos de água e energia para melhores desempenhos ambientais das edificações existentes.
- (3) Requalificações Bioclimáticas: estão representadas na Figura 19, alternativas de reforma para os pavilhões de Feiras e Convenções com o objetivo de abrigar espaços de ensino e aprendizagem adaptados aos parâmetros de conforto ambiental recomendados (Capítulo 2), impermeabilizando menos o solo natural, concentrando ambientes de ensino nos maiores construídos, evitando supressões vegetais, adotando princípios da Infraestrutura Verde. Na Figura 45 (b), estão ilustrados sistemas de iluminação e ventilação naturais;
- (4) Reaproveitamento da água e Programa de uso racional da água: avaliar tecnologias de reuso das águas cinzas adequadas, segregação das águas, reservatórios de reuso e implementação de ações direcionadas à redução do consumo de água;
- (5) Sistema Fechado Recirculante de Água em Laboratórios: Analisar viabilidade para instalar circuitos fechados de água nos laboratórios e interligação entre descargas sanitárias dos edifícios e pátios com drenagens circulantes, conforme princípios da Economia Circular;
- (6) LRQ: Laboratório de Resíduos Químicos;
- (7) Central de Serviços: Programa Desperdício Zero e descartes tóxicos
- (8) Centro de Biossegurança com laboratórios ecoeficientes;
- (9) Jardim Botânico: trilhas ecológicas, maior integração entre espaços de ensino e centro de visita JBFLORES para fomentar parcerias e cooperações internacionais;
- (10) Vestiários e sanitários de baixo impacto: gerenciamento hídrico com especificações de elevado desempenho ambiental para metais, louças, descargas com controladores de fluxo e vazão, medidores de consumo setorizados, projetos de saneamento com tratamento e segregação das águas cinzas e amarelas, contribuindo para a redução dos riscos de eutrofização de corpos de água e propiciando o reaproveitamento de importantes quantidades de nutrientes

(N, P, K e S) para as práticas e produtividades educativas na área da Agroecologia no campus e possíveis parcerias de baixo impacto com a Embrapa, relacionadas com a Agricultura.

- (11) Bicletários, guarda volumes e porta patinetes (ilustrações nos Apêndices)
- (12) Centro Esportivo e áreas de convivência que preservam a permeabilidade (Figura 44);
- (13) Ciclovias e Pistas para Patinete (Ilustrações nos Apêndices);
- (14) Área de Expansão: Após esgotar todas as potencialidades de ocupação nos espaços já impermeabilizados do CSC (Figura 44), futuras demandas poderão ser avaliadas em edificações suspensas como pátio drenante, revestido por material permeável, evitando supressões vegetais.
- (15) Restaurante Escola e Café: proposta de iluminação por LEDs, a partir de energia renovável, gerada em escala experimental, a partir de biogás natural, resultante de experimentos relacionados às inovações tecnológicas a serem testadas no próprio campus, inspirados nas boas práticas visitadas na FUB (usinas CHP's que combinam calor e energia);
- (16) Horta orgânica: utilizar água de reuso e energias recirculantes;
- (17) Uso do biogás: reaproveitamentos e experimentos para gerar biogás;
- (18) Área de apoio do JBFLORAS com reuso de água;
- (19) Praças e pátios drenantes: áreas externas que contribuem para o reuso de água;
- (20) Estacionamento: utilizar concreto drenante;
- (21) Pisos permeáveis interligam áreas edificadas;
- (22) Centros de Formação- (idem item 14);
- (23) Centro de Difusão do Conhecimento: Biblioteca digital com repositórios conectados em redes de conhecimento para troca de lições aprendidas- (idem item 14);
- (24) Trilhas ecológicas: Trilhas permeáveis que integram o JBFLORAS aos edifícios (Fig. 44);
- (25) Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Reuniões- (idem item 14)
- (26) Núcleo de exposições e pesquisas- (idem item 14)

Requalificação Ambiental para o Campus Sosígenes Costa



Fonte: própria autora.

Estratégias de Projeto para melhores condições de Saúde, Conforto e Boa Cognição:

Maximizar integração entre ambientes externos e internos, valorizando a paisagem e espécies nativas, propondo jardins internos e circulações integradas que funcionem como corredores de vento, adequados a zona de conforto ambiental local.

Projetar vãos estratégicos, grandes aberturas e esquadrias, bem orientadas em relação à insolação e ventilação natural que maximizem as ventilações cruzadas no interior do empreendimento, permitindo temperaturas mais amenas, em torno de 25°C, evitando ao máximo o uso do ar condicionado. São adequadas amplas janelas com funcionamento tipo MAXIM-AR, basculantes com giro maximizado, facilitando a maior passagem possível de ventilação, venezianas acopladas aos elementos da cobertura.

Projetar Átrio central, cúpulas, Sheds (elementos vazados na cobertura) que promovem a constante troca de ar; Monitorar a qualidade do ar interior, realizando rotinas de medições do IQA (índice de qualidade do ar interior) para verificar se o mesmo encontra-se entre 0 e 50, conforme valores referenciais exigidos pela OMS (Organização Mundial da Saúde), evitando poluições internas nos ambientes de ensino e doenças respiratórias (OMS, 2018).

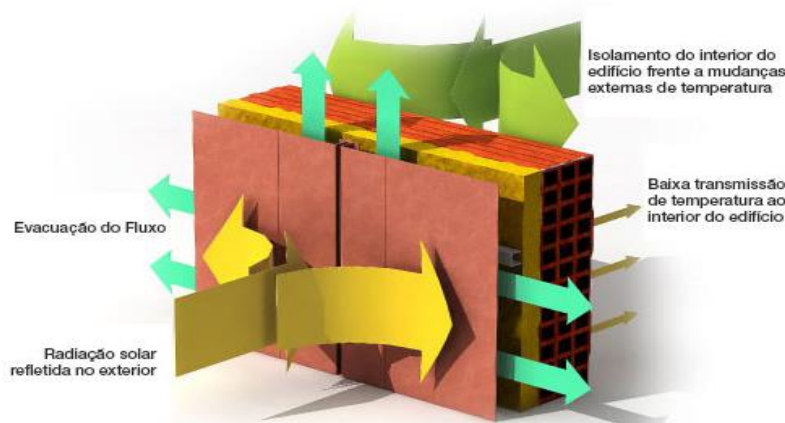
Instalar desumidificadores nos ambientes de ensino e realizar rotinas de medição das taxas de umidade relativa do ar para verificar se a mesma oscila entre 50 e 60% com o objetivo de evitar doenças respiratórias e mal-estar dos usuários (OMS, 2018).

Fachadas e Paredes Ventiladas: para as vedações externas e internas, são boas alternativas que contribuem para a zona de conforto ambiental, os usos de sistemas construtivos

com diferentes camadas de revestimento para criar uma ventilação embutida no interior das paredes. principalmente aquelas que recebem maior insolação. A “Fachada Ventilada” é composta por painéis independentes à parede suporte, fixados em uma subestrutura de alumínio, criando uma câmara ventilada interior (SAHADE, 2017).

Para melhorar o desempenho ambiental do edifício, são sugeridas soluções técnicas de sombreamento das fachadas e das esquadrias mais expostas ao poente. Para projetar fachadas protegidas da insolação direta, são recomendados brises ou uso de outro elemento de proteção das paredes externas que permitam insolações indiretas e o resfriamento necessário dos elementos construtivos de vedações externas. Nos espaços vazados entre as vedações interna e externa, é aplicado o revestimento final da fachada. Neles podem ser previstas instalações, ou seja, a parede pode ser uma “Parede Shaft”. Nas fachadas ventiladas, podem ser otimizados os espaços vazados para isolamentos termo acústicos, colchões de ar e instalações (Figura 16).

Conceito da Fachada Ventilada

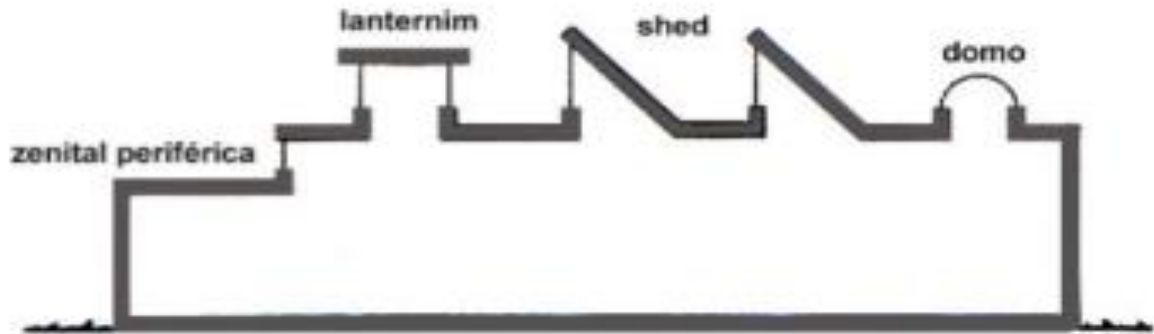


Fonte: Disponível em: < m.portuguese.terracottafacadepanels.com > Acesso: 03/2019.

Sistemas Zenitais na Arquitetura, incluindo como tipologias que promovem iluminações naturais diretas e difusas a partir de coberturas, gerando economia de energia, evitando e reduzindo o uso diurno de iluminações artificiais na edificação. Na Figura 17 estão ilustradas as tipologias: “Zenital Periférica” (Janela de cobertura), o “Lanternim” (elemento com pelo menos 2 faces opostas e iluminantes), “Shed” ou Cobertura dente de serra, formado por uma série de aberturas verticais ou inclinadas, em um dos lados que permite a entrada de luz zenital e Teto de dupla inclinação, Domo, Claraboia e Cúpula, muito utilizados em edificações escolares, galerias, museus, mosteiros, igrejas, espaços de lazer e cultura. Estes elementos podem ser projetados para funcionarem de modo retrátil, associados à automação programada

conforme condição climática de cada mês para que as aberturas permitam a entrada de ar e luz natural nos meses mais quentes e úmidos do ano.

Tipologias de Iluminação Natural

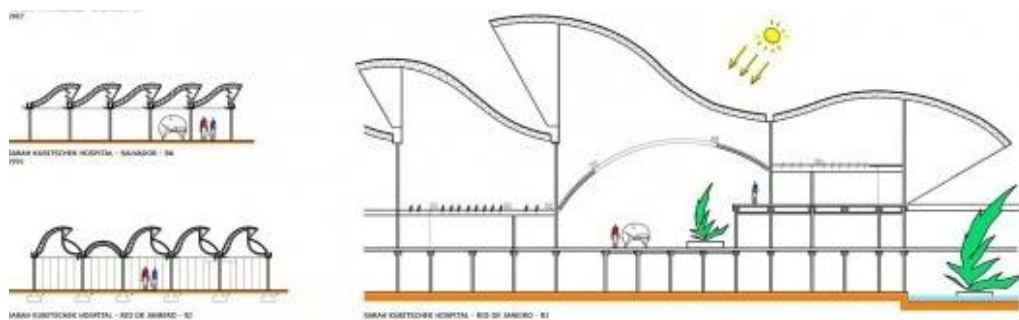


Fonte: PEREIRA, 2006, p. 35.

As tipologias bioclimáticas ilustradas na figura 41 também evitam ofuscamentos no interior dos ambientes e ganhos excessivos de calor na edificação, o que contribui para maior sensação de bem-estar e conforto humano, melhor capacidade cognitiva, maiores eficiência energética e economia na operação do edifício.

A figura 18 exemplifica estratégias bioclimáticas aplicadas pelo arquiteto João Filgueiras Lima (LELÉ) aplicáveis às edificações localizadas em Porto Seguro e em outras localidades que apresentem climas quentes, pois proporcionam um eficiente sistema de convecção de ar, a partir do átrio central que proporciona temperaturas internas agradáveis, dispensando o uso do ar condicionado em quase toda a edificação. Estes elementos de cobertura foram projetados pelo arquiteto como evolução dos “Sheds”, inspirados no modelo desenvolvido pelo arquiteto austríaco, Richard Neutra, registrados no seu livro: “Arquitetura Social em países de clima quente”.

Estratégias Bioclimáticas: Hospital Sarah Kubitscheck RJ



Fonte: João Filgueiras Lima (LELÉ, 1994).