



Programa Institucional de Bolsas
de Iniciação Científica

XIV Seminário Anual PIBIC V Seminário Anual PROBIC

5 e 6 de novembro de 2008



Livro de Resumos

2008





Comitê Gestor

Dr. José Carlos Bressiani - IPEN - Coordenador

Dra. Adriana S. Albuquerque - CDTN

Dr. Carlos Eduardo Bonacossa de Almeida - IRD

Dr. Celso Marcelo Franklin Lapa - IEN

Dr. Fernando Roberto de Andrade Lima - CRCN-NE

Dra. Martha Marques Ferreira Vieira - IPEN

Comissão Organizadora

Fernando J. F. Moreira - IPEN - Coordenador

Ana Maria P. Maiorino - IPEN

Calil Mohamed Farra Filho - IPEN

Élis de Oliveira Lima Filho - LAPOC

Emília Nakamura - IPEN

Gislene Madeira - IPEN

Ilze Cristina Puglia - IPEN

Joana Azambuja - IEN


Magali Barbieri Silva - IPEN

Maria Cristina de Abreu - IPEN

Romério L. Barbosa - IPEN

Rosane Simões - IRD

ÍNDICE

A Palavra do Coordenador	i
Homenagem	v
	03
	65
	91
	115
	203
	233
	237
	241
Índice de Autores	245



A Palavra do

Coordenador

A Palavra do

Coordenador

O Programa PIBIC – Programa Institucional de Iniciação Científica - foi criado pelo CNPq na década de 1980 para despertar a vocação científica e incentivar os novos talentos potenciais entre os estudantes de graduação. Para o estudante, esta é uma oportunidade de dar o primeiro passo na iniciação à pesquisa e ter contato com o dia-a-dia dos pesquisadores, nas mais diversas áreas de atuação. Esta atividade também contribui para a redução do tempo médio de formação dos estudantes na pós-graduação.

O Programa PIBIC foi implementado no IPEN em 1994 e, a partir de 2003, por iniciativa do Dr. Ailton F. Dias, essa participação foi estendida aos outros institutos da CNEN: CDTN, CRCN-NE, IEN e IRD. Nessa mesma oportunidade, foi instituído o Programa de Bolsas de Iniciação Científica da CNEN – PROBIC, financiado com recursos da própria Comissão. Desde então, os Seminários de Avaliação têm sido eventos de integração, com a participação de alunos vindos de Minas Gerais (CDTN), Rio de Janeiro (IEN e IRD) e Recife (CRCN-NE) e que têm propiciado um ambiente de troca de experiências muito salutar.

Nos cinco anos em que estive na Coordenação dos Programas de Iniciação Científica da CNEN, o Dr. Ailton conseguiu elevar a quota institucional de bolsas do CNPq, que era de 39 para o IPEN, em 2003, para 94 bolsas concedidas à CNEN, em 2008. Além disso, obtive a concessão de 45 bolsas de iniciação com verba da CNEN.

A iniciação científica tem um papel importante ao permitir que os estudantes se aproximem da ciência, tenham um primeiro contato com o mundo da pesquisa e decidam se é isso o que realmente querem. Além disso, possibilita um melhor desempenho daqueles que ingressam na pós-graduação.

Ao assumir a Coordenação dos Programas de Iniciação Científica da CNEN, reafirmo o compromisso de zelar por essa atividade, reconhecidamente importante para o sucesso dos Programas de Pós-graduação desenvolvidos nos vários institutos vinculados à CNEN.

Agradeço aos Coordenadores e integrantes dos Comitês Locais PIBIC/PROBIC e à Comissão Organizadora que contribuíram para o sucesso do evento e também aos bolsistas e orientadores pelo trabalho realizado.

José Carlos Bressiani

Coordenador dos Programas de Iniciação Científica da CNEN



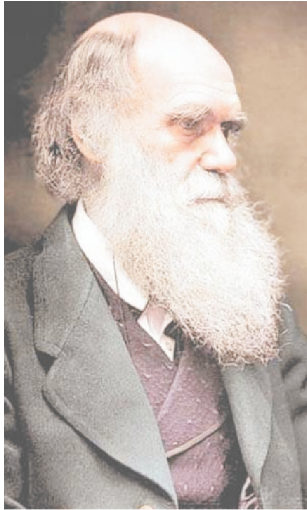
Homenagem

Charles Robert Darwin

Homenagem

Charles Robert Darwin

(1809 - 1882)



“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças”

Charles Robert Darwin, naturalista inglês, nasceu em 12 de fevereiro de 1809, em Shrewsbury. Robert Darwin, seu pai, era físico, filho de Erasmus Darwin, poeta, filósofo e naturalista. A mãe de Charles, Susannah Darwin morreu quando ele tinha oito anos de idade. Com dezesseis anos, Darwin deixou Shrewsbury para estudar medicina na Universidade de Edinburgo. Repelido pelas práticas cirúrgicas sem anestesia (ainda desconhecida na época), Darwin parte para a Universidade de Cambridge, com o objetivo (imposto pelo seu pai) de tornar-se clérigo da

Igreja da Inglaterra.

A vida religiosa não lhe agrada e em 31 de dezembro de 1831 ele aceita o convite para tornar-se membro de uma expedição científica a bordo do navio Beagle. Darwin experimentou e aprendeu vários aspectos da biologia e da vida durante a sua permanência no navio, mas, só quando chegou ao Arquipélago dos Galapagos, é que realmente se lhe "fez luz". Descobriu então que existiam inúmeras diferenças e semelhanças entre os animais das diversas ilhas e do continente. Recolheu exemplares e conduziu diversas experiências para análise e estudos futuros.

Darwin passa cinco anos (1831 a 1836) navegando pela costa do Pacífico e pela América do sul. Durante este período, o Beagle aportou em quase todos os continentes e ilhas maiores à medida que contornava o mundo, inclusive no Brasil. Darwin fora chamado para exercer as funções de geólogo, botânico, zoologista e homem de ciência. Esta viagem foi uma preparação fundamental para a sua vida subsequente de pesquisador e escritor.

Em todos os lugares por onde passava, Darwin reunia grandes coleções de rochas, plantas e animais (fósseis e vivos) que eram enviadas à sua pátria. Imediatamente, após seu regresso à Inglaterra, Darwin iniciou um caderno de notas sobre a evolução, reunindo dados sobre a variação das espécies, dando assim os primeiros passos para a



"Origem das Espécies". No começo, o grande enigma era explicar o aparecimento e o desaparecimento das espécies. Assim surgiram, em sua cabeça, várias questões: por que se originavam as espécies? Por que se modificavam com o passar dos tempos, diferenciavam-se em numerosos tipos e freqüentemente desapareciam do mundo por completo? A chave do mistério Darwin encontrou casualmente na leitura: "Ensaio sobre a População", de Malthus, que diz que é preciso controlar a natalidade para evitar epidemias, guerras e catástrofes geradas pelo excesso de população. Darwin percebeu que os seres vivos lutam pela sobrevivência e o vencedor é a espécie melhor adaptada ao ambiente. Os mais aptos e adaptados vivem por um período maior de tempo e geram mais filhos. Já os seres vivos menos aptos vivem menos e deixam número menor de descendentes. De forma gradual, aumenta a freqüência de mais aptos e diminui a de menos aptos, até que os menos aptos desaparecem e são substituídos pelos mais aptos.

Depois disso, nasceu a famosa doutrina darwinista da seleção natural, da luta pela sobrevivência ou da sobrevivência do mais apto - pedra fundamental da Origem das Espécies.

No livro "Origem das Espécies", publicado em 1859, Darwin defende duas teorias principais: a da evolução biológica - todas as espécies de plantas e animais que vivem hoje descendem de formas mais primitivas - e a de que esta evolução ocorre por "seleção natural". Os princípios básicos da teoria sobre a evolução de Charles Darwin, apresentados na Origem das Espécies, são quase que universalmente aceitos no mundo científico; embora existam controvérsias em torno deles.

Após a publicação de sua obra mais famosa, Darwin continua a escrever e publicar trabalhos na área da Biologia por toda a sua vida. Sofre de síndrome do pânico e mal-de-Chagas, o último adquirido durante sua viagem pela América do Sul. A morte chega em 19 de abril de 1882. Charles Darwin foi sepultado na Abadia de Westminster.

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

PIBIC - CNPq

Programa de Bolsas de Iniciação Científica

PROBIC - CNEN

XIV Seminário Anual PIBIC
V Seminário Anual PROBIC

5 e 6 de novembro de 2008





Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

CDTN



Filmes de cerâmicas magnéticas obtidas por sputtering

Aline dos Santos Bordoni e Adriana Silva de Albuquerque
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN

INTRODUÇÃO

Os materiais magnéticos nanoestruturados ocupam um lugar de destaque devido às suas diversas aplicações tecnológicas, como em dispositivos eletrônicos. As ferritas cúbicas, que são cerâmicas contendo Fe_2O_3 como componente básico e óxidos de metais bivalentes, são materiais magnéticos moles, ou seja, são facilmente magnetizados quando um campo magnético é aplicado, e desmagnetizados quando o campo magnético é retirado. Esta característica torna estes materiais vitais para dispositivos de alta frequência [1,2]. O estudo e desenvolvimento de dispositivos envolvendo filmes de ferritas é, então, de grande relevância tecnológica.

Um dos métodos utilizados para a obtenção de filmes de óxidos de ferro é o *sputtering* [3], que consiste no bombardeamento de íons, provenientes de um material inerte (geralmente argônio), na superfície de um material, denominado alvo. Os átomos do alvo são ejetados na forma de partículas e

depositados sob um substrato, originando o filme fino. Os alvos para *sputtering* podem ser adquiridos comercialmente, geralmente importados, sendo relativamente caros, e muitas vezes apresentam em sua composição resíduos de ligantes utilizados no processo de compactação. É interessante, portanto, o estudo do processamento e da caracterização de alvos, utilizando a tecnologia de compactação de pós, visando a obtenção, em laboratório, de produto de alta resistência mecânica e pureza.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo a síntese e a caracterização de pós de ferrita de Ni, Zn, Co ou Cu, preparação de alvos para *sputtering* a partir dos pós sintetizados, e a obtenção de filmes finos de ferritas.

METODOLOGIA

Os óxidos nanoestruturados são obtidos através do método de coprecipitação com posterior tratamento térmico entre 300 e 1200 °C, por 2h. As propriedades mecânicas das pastilhas de ferritas são influenciadas pelo tamanho da partícula, que é determinado pela temperatura de tratamento térmico. A caracterização do pó é feita utilizando-se as técnicas de difração de raios X (DRX), espectroscopia Mössbauer (EM) e medidas de área de superfície (BET). Os alvos são obtidos através da compactação e sinterização dos pós nanoestruturados sintetizados anteriormente, sendo caracterizados principalmente quanto à estrutura e às propriedades mecânicas. As dimensões

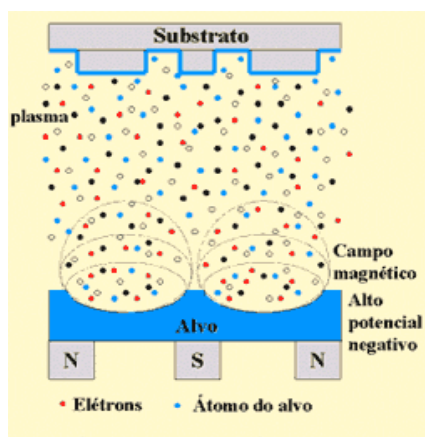


Figura 1 . Deposição por *sputtering*

dos alvos devem ser 5 cm de diâmetro e aproximadamente 8 mm de espessura. Os filmes de óxidos magnéticos serão obtidos utilizando-se um sistema *sputtering* recém instalado no Laboratório de Física Aplicada do CDTN.

RESULTADOS

Inicialmente, com o objetivo de dominar a síntese de ferritas pelo método de coprecipitação, submetidas à diferentes temperaturas de calcinação, foram preparadas amostras em pequenas quantidades (até 5 g). Após caracterização por difração de raios X e espectroscopia Mössbauer, verificou-se a obtenção de pós de ferritas de Ni e de Co na estequiometria desejada.

Foi feita uma tentativa de síntese de 40g de ferrita de Ni, quantidade necessária para a obtenção do alvo nas dimensões desejadas, através do mesmo método utilizado anteriormente. Tal síntese não obteve resultado satisfatório, sendo sua estequiometria prejudicada.

Foram feitos testes preliminares de obtenção de alvos utilizando-se pós de óxidos de Fe natural, Fe_2O_3 , material já bastante estudado no Laboratório de Física Aplicada. Para isto, inicialmente foi confeccionada uma matriz para amostras de 5 cm de diâmetro, que foi adaptada a uma prensa hidráulica manual, pressão máxima 100 t, da marca Nowak. Para preparar o pó para a prensagem, utilizou-se como agente aglutinante água ou álcool polivinílico (PVA). A pressão utilizada em todos os testes foi de 80 t. Após a prensagem, as pastilhas (alvos) foram sinterizadas a 1000°C, por 2h. Os alvos não apresentaram variação significativa de dimensão após a sinterização. O melhor resultado obtido foi aquele onde se utilizou PVA como agente aglutinante. A amostra obtida foi analisada visualmente apenas. Medidas de resistência mecânica serão realizadas futuramente.

CONCLUSÕES

Tendo em vista a necessidade de produção de grande quantidade de pó de ferritas para a obtenção dos alvos, é necessário o estudo de uma nova rota de síntese. Uma das alternativas apresentadas é a obtenção do material pelo método precursor de citrato, que parece apresentar resultados satisfatórios para maiores quantidades. Medidas de resistência mecânica e caracterização estrutural dos alvos serão realizadas para que estes sejam utilizados na preparação de filmes finos por *sputtering*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Matsushita, N.; CHONG, C.P.; MIZUTANI, T.; ABE, M. J. Appl. Phys. 91, 7376, 2002.

[2] Proceedings of the 8th International Conference on Ferrites, Kyoto, Japan, September, 2001.

[3] ww2.fc.unesp.br/lfs/meio_sputtering

APOIO FINANCEIRO

FAPEMIG E CDTN

Avaliação do efeito da rugosidade superficial na corrosão por pites do aço AISI 316 empregando-se técnica eletroquímica e perfilometria

Ana Letícia Bhering de Carvalho Costa
Mônica Maria de Abreu Mendonça Schwartzman
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN)

INTRODUÇÃO

Este trabalho descreve o estudo realizado sobre a influência da rugosidade superficial na corrosão por pites através da aplicação de ensaios de polarização potenciodinâmica anódica e análise perfilométrica. O material estudado é o aço AISI 316 com acabamentos superficiais de 600 mesh, 1200 mesh e 1 μm em solução aquosa de NaCl 3,5% (p/v), à temperatura de $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$

OBJETIVO

- Estabelecer metodologia para realização de ensaios eletroquímicos de polarização anódica potenciodinâmica.
- Estabelecer metodologia para a avaliação da influência da rugosidade na corrosão do aço AISI 316, tanto na técnica potenciodinâmica como na perfilométrica.
- Determinar a influência da rugosidade superficial na corrosão por pites do aço AISI 316.

METODOLOGIA

Os acabamentos superficiais estudados foram 600 mesh, 1200 mesh e 1 μm . Os ensaios de corrosão eletroquímica foram executados em solução de NaCl 3,5% (p/v) e à temperatura ambiente $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$. O aparelho utilizado foi um potenciostato AUTOLAB, modelo PGSTAT 20. Aplicou-se o método da polarização anódica potenciodinâmica. Empregou-se o eletrodo de Ag/AgCl 1,0mol/L como referência e o de platina como auxiliar. Após os ensaios

eletroquímicos, as amostras foram submetidas à análise perfilométrica utilizando-se o perfilômetro Hommel Tester T4000 da HOMMELWERKE. Foram obtidos histogramas das alturas referentes aos pites de corrosão. A área superficial e o volume dos pites foram calculados tendo em vista a área total da amostra corroída.

RESULTADOS

Foram realizados um total de 24 ensaios potenciodinâmicos. A Figura 1 apresenta as curvas dos ensaios potenciodinâmicos, e a Tabela 1 apresenta os valores médios dos potenciais de pite obtidos para os diferentes acabamentos estudados.

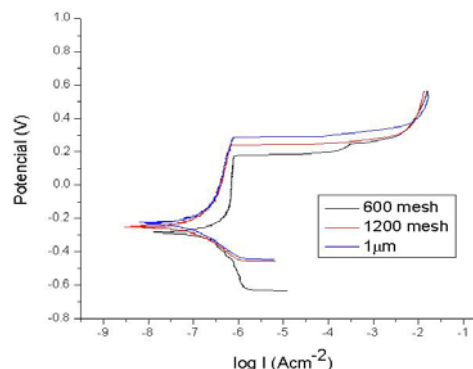


Figura 1: Ensaio potenciodinâmico do aço AISI 316 em NaCl 3,5% a 30°C .

Tabela 1: Valores dos potenciais de pite.

Acabamento	Epite(V)
600 mesh	0,18
1200 mesh	0,24
1 μm	0,25

Observou-se que o potencial de pite é menor para superfícies mais rugosas, que no caso é a de 600 mesh. Além disso, percebeu-se que a variação do potencial de pite dos acabamentos de 1200 mesh e 1 μm é muito pequena. Este resultado está de acordo com o trabalho de Sasaki e Burstein [1], que mostrou que à medida que se caminha para superfícies polidas, os potenciais de pite tornam-se mais próximos.

A Figura 2-a mostra os valores de área corroída nas amostras em diferentes texturas superficiais estudadas obtida na perfilometria. Estes resultados indicam uma maior percentagem de área corroída para a superfície lixada em 1200 mesh. As amostras lixadas com a lixa de 600 mesh e polida até 1 μm não apresentaram diferenças significativas. A Figura 2-b mostra os valores de volumes dos pites para as diferentes texturas superficiais. O maior volume foi obtido para a amostra lixada em 600 mesh, que é 14 vezes maior que o volume de 1 μm e 4 vezes maior que o volume de 1200 mesh.

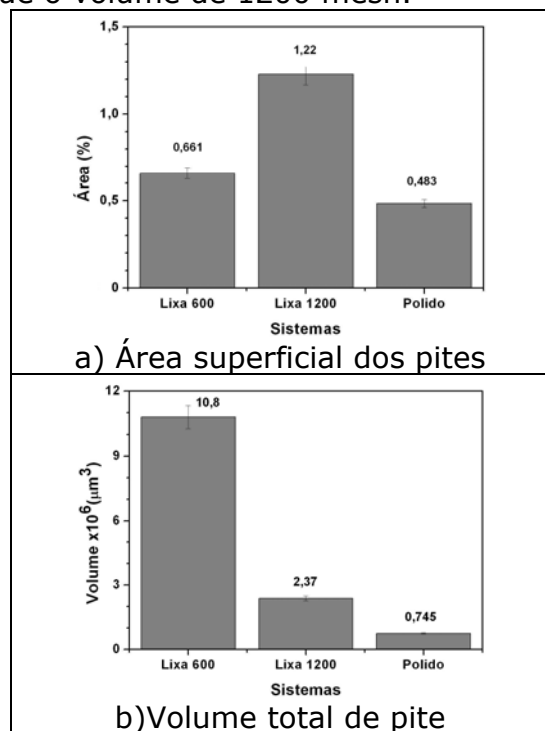


Figura 2: Resultados de área superficiais corroída e de volume de pites.

Além disso, notam-se maiores profundidades dos pites em superfícies de maior textura superficial (Tabela 2).

Tabela 2: Profundidade máxima média dos pites.

Acabamento	Profundidade Máxima Média (μm)
600 mesh	139
1200 mesh	17
1 μm	14

CONCLUSÕES

Através da técnica de polarização anódica potenciodinâmica, observou-se que o potencial de pite é menor para superfícies mais rugosas e os acabamentos de 1200 mesh e 1 μm apresentaram valores de potenciais próximos. As imagens topográficas obtidas permitiram a determinação quantitativa da área, do volume e da profundidade dos pites. Considerando a área dos pites, notou-se que uma maior percentagem de área corroída ocorreu para a superfície lixada em 1200 mesh. As amostras lixadas com a lixa de 600 mesh e polida até 1 μm não apresentaram diferença muito significativa. Em relação ao volume dos pites, a superfície de 600 mesh apresentou 14 vezes maior que o volume da superfície polida e de 4 vezes maior que o volume da superfície lixada em 1200 mesh. Da mesma forma, observou-se que as maiores profundidades dos pites encontraram-se em superfícies de maior textura superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]Sasaki, K.; Burstein, G. T. The generation of surface roughness during slurry erosion-corrosion and its effect on the pitting potential. Corrosion Science, v. 38, n. 12, p. 2111-2120, 1996.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

ESTUDO DA BIODISTRIBUIÇÃO DE NANOPARTICULAS DE ^{198}Au EM COBAIAS POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA

Ana Paula Alves e Andréa Vidal Ferreira
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear- CDTN

INTRODUÇÃO

As nanopartículas metálicas devido ao seu tamanho e suas propriedades físicas e químicas têm se mostrado muito promissoras no campo da saúde, particularmente no tratamento de tumores, como agente de diagnóstico, terapia ou contraste em imagens. Nanopartículas radioativas de Au, ^{198}Au e ^{199}Au , apresentam características interessantes que as tornam candidatas para aplicações radioterapêuticas:

^{198}Au ($\beta_{\text{max}}=0,96\text{MeV}$, $t_{1/2}=2,7\text{dias}$), ^{199}Au ($\beta_{\text{max}}=0,46\text{MeV}$, $t_{1/2}=3,14\text{dias}$). Além disto, apresentam emissão gama que pode ser utilizada em estudos de dosimetria interna e farmacocinética. Em radioterapia, as nanopartículas podem ser usadas para tratamento de tumores, agindo como agentes transportadores de radioatividade diretamente para o interior de células e estruturas celulares [1].

Neste trabalho, foram produzidas nanopartículas de Au radioativas, NPs- ^{198}Au , para estudos de biodistribuição e toxicologia, em cobaias, visando futuras aplicações no campo da saúde.

Parte deste trabalho é desenvolvido nas instalações do CDTN/CNEN, contando com a infra-estrutura do Laboratório do Reator TRIGA IPR-R1, do Laboratório de Análise por Ativação Neutrônica e do Laboratório de Radiobiologia. Outra parte, é realizada em colaboração com

pesquisadores do Departamento de Física e do Departamento de Engenharia Nuclear da UFMG.

OBJETIVOS

Este trabalho visa determinar a toxicologia e biodistribuição de NPs-Au em dispersão de PVP. Para isto são utilizadas camundongos fêmeas Swiss saudáveis para os estudos de toxicologia e camundongos fêmeas Swiss com tumor Erlish para os estudos de biodistribuição. Os experimentos são realizados de acordo com as normas do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está sintetizada abaixo:

- i. Síntese das nanopartículas de ouro, NPs-Au, através da redução da solução do ácido cloroáurico HAuCl_4 por citrato de sódio $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$;
- ii. Caracterização das nanopartículas de ouro através da Análise por Ativação Neutrônica AAN e pela Microscopia de Força Atômica MFA;
- iii. Produção de dispersões de NPs-Au em *polivinylpirrolidone* PVP;
- iv. Análise das dispersões de NPs-Au em PVP por AAN e MFA;
- v. Administração de NPs-Au-PVP em camundongos Swiss fêmeas

por via endovenosa para os estudos de toxicologia;

- vi. Coleta e preparo do material biológico (orgãos, tecidos, fezes, urina) extraído dos camundongos para análise dos efeitos toxicológicos das NPs-Au-PVP;
- vii. Implantação do tumor Erlich na pata esquerda de camundongos Swiss fêmeas para os estudos de biodistribuição das NPs-Au-PVP;
- viii. Irradiação no reator TRIGA-IPR-R1 das nanopartículas de ouro em PVP para produção de nanopartículas radiotivas de ^{198}Au ;
- ix. Injeção das nanopartículas de ouro radioativas nos camundongos com tumor Erlich na pata esquerda;
- x. Coleta e preparo do material biológico (orgãos, tecidos, fezes, urina) extraído dos camundongos para análise radioquímica em diferentes intervalos de tempo;
- xi. Análise por espectroscopia gama do material biológico contendo as nanopartículas de ouro radioativas;
- xii. Determinação da biodistribuição da NPs-Au a partir dos resultados da espectroscopia gama.

RESULTADOS

Nanopartículas de Au foram sintetizadas com sucesso como verificado pela AAN (grau de pureza química) e pela MFA (diâmetro das partículas). A Figura 1 apresenta a topografia das nanopartículas medida por MFA. Cada pico na figura

representa uma nanopartícula e seu diâmetro é determinado pela altura do pico. Foi obtido um diâmetro médio das partículas de $3\pm 1\text{nm}$.

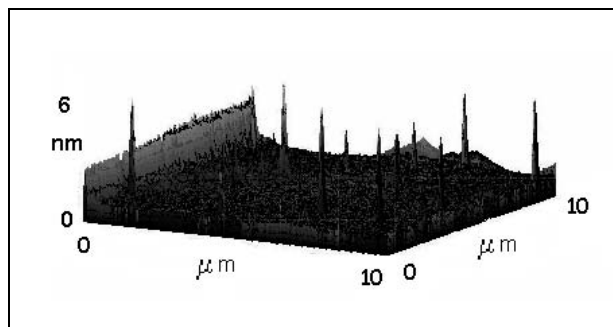


Figura 1 – Topografia da superfície onde foram depositados Nps-Au, medida por AFM.

Os estudos de toxicologia mostraram que as nanopartículas de Au em dispersões de PVP são biocompatíveis.

Os estudos de biodistribuição mostraram uma alta captação das partículas na pata esquerda (com tumor) quando comparadas à captação da pata direita (saudável).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que nanopartículas de ouro em dispersões de PVP são biocompatíveis e apresentam alta captação pelo tumor estudado. Tais conclusões abrem portas para o estudo do desenvolvimento de fármacos e radiofármacos baseados nas NPs-Au-PVP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Katti et al, Czechoslovak Journal of Physics, 56, D23-D34, 2006.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG, CDTN/CNEN

Metodologia para medição do dano causado por fadiga reversa utilizando as técnicas de extensimetria e de variação da resistência elétrica

André Luiz Nogueira e Tânius Rodrigues Mansur
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

Fadiga é o processo de degradação localizada, progressiva e permanente, que ocorre em um material sujeito a variações de tensões e deformações. A fadiga produz a nucleação de trincas ou a completa fratura depois de um número suficiente de ciclos.

É importante conhecer o comportamento dos materiais submetidos à fadiga para que seja feito o correto dimensionamento, ou ainda para escolher os melhores materiais a fim de se evitar falhas inesperadas.

Existem várias formas de avaliar o dano causado por fadiga, dentre eles o método da variação da resistência elétrica do material e mudança das características do material.

OBJETIVO

Medir o dano causado por fadiga utilizando extensimetria e variação da resistência elétrica.

METODOLOGIA

A fadiga é produzida por uma máquina de fadiga por flexão construída pelo CDTN. Esta máquina possui um motor de corrente alternada trifásico, alimentado por um inversor de frequência. A deformação aplicada nos corpos de prova é da forma senoidal.

Os ensaios de fadiga são realizados em corpos de prova obtidos de uma chapa de aço SAE1045 com três milímetros de espessura, trabalhada a quente e sem tratamento térmico.

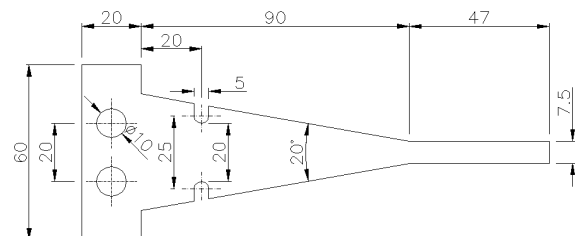


Figura 1. Dimensões do corpo de prova.

Os corpos de prova são decapados em solução de 50% de ácido clorídrico durante 10 minutos, lavados e em seguida neutralizados. Após a decapagem nos corpos de prova é realizado o lixamento na região onde o strain gauge é colado e onde são realizadas as medições da resistência elétrica do material. Como a rugosidade é um fator que fortemente influencia na fadiga, são executados ensaios de rugosidade e, caso os resultados de R_a sejam acima de $4\mu\text{m}$, os corpos de prova são novamente lixados. Após esta etapa, são feitas as medições da espessura, utilizando um micrômetro de pontas, e do entalhe, utilizando um projetor de perfil. Estas medidas servem para medir e corrigir valor da deformação aplicada.

Serão realizadas pausas nos ensaios de fadiga a cada cinquenta mil ciclos

para a execução das medidas até que sejam atingidos cinquenta mil ciclos. Após atingir quinhentos mil ciclos as pausas são a cada cem mil ciclos.

A medição da resistência elétrica dos extensômetros é efetuada através do equipamento Agilent 34970 Data Acquisition/Switch Unit e do software Agilent BenchLink Data Logger. Devem ser realizadas medições estáticas e dinâmicas.

Para medir a resistência elétrica dos corpos de prova é utilizada uma ponte de Kelvin, modelo QJ57E da marca Tinsley, um equipamento destinado a medir baixas resistências elétricas com pequenos erros.

Para evitar que óxidos interfiram nos resultados, as regiões onde ocorre o contato das pontas de prova com os corpos de prova são limpos. Após a execução da medição, estes pontos são protegidos com óleo. É executada uma medição em cada face, previamente identificada.

Como a resistência elétrica dos materiais é afetada pela mudança de temperatura, os ensaios são executados em um ambiente com temperatura controlada e a umidade relativa do ar monitorada. Para evitar maiores erros de medição, nenhuma medição é executada fora da faixa de temperatura de 18 a 22°C e umidade relativa do ar de 30 a 60%.

Os resultados obtidos nos corpos de prova com *strain gauge* são convertidos em deformação e, em seguida em dano, através de equações de viscoplasticidade.

Para transformar a variação da resistência elétrica do material em dano será utilizada a equação (1), desenvolvida por Suo e Guo, onde R

é a resistência final e R_0 é a resistência inicial.

$$D_M = 1 - \left(\frac{5 - R'/R_0}{2 \frac{R_0}{R'} + 2} \right) \frac{R_0}{R'} \quad (1)$$

RESULTADOS

De posse dos resultados, é esperado visualizar o progresso do dano, principalmente com baixas cargas, onde será possível distinguir as duas fases do avanço dano. A primeira fase é aquela que os danos no material aumentam lentamente até um número de ciclos. Após esta fase, o dano no material cresce mais rapidamente até que o material sofra o colapso.

Também será possível, utilizando os resultados obtidos nos corpos de prova com *strain gauge*, visualizar a histerese que o material sofre devido à fadiga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [2] ASTM E468; Standard Practice for Presentation of Constant Amplitude Test For Metallic Material. Seção 3 Volume 03.01 2005;
- [3] MANSUR, Tânius Rodrigues; GOMES, Paulo de Tarso Vida. Extensimetria. CNEN/CDTN, 2002;
- [4] SUN, Binxiang; GUO, Yimu, International Journal of Fatigue, 2003;
- [5] COLLINS, J. A., Failure of Material in Mechanical Design. Segunda Edição, John Wiley & Sons, USA;

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os participantes do projeto agradecem ao CNPq, à CNEN e ao CDTN.

Sistema Híbrido MCM-41- P(*N*-iPAAm) – Efeito do polímero no comportamento de liberação de fármacos

Bernardo Furquim Werneck Marinho, Edésia Martins Barros de Sousa
e Ricardo Geraldo de Sousa

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Sistemas de liberação controlada de medicamentos apresentam inúmeras vantagens em relação aos dispositivos convencionais, uma vez que a liberação contínua, sob condições apropriadas, permite a manutenção da concentração terapêutica do fármaco, reduzindo possíveis efeitos colaterais bem como o tempo de tratamento. Vários materiais têm se mostrado adequados para essa aplicação, dentre eles as sílicas mesoporosas estruturalmente ordenadas, os hidrogéis poliméricos sensíveis e os híbridos orgânico-inorgânicos desses materiais [1]. A sílica mesoporosa possui características estruturais bem definidas, o que confere ao processo de difusão de partículas no interior de seus poros um caráter seletivo. No caso dos hidrogéis poliméricos termossensíveis como o P-(*N*-iPAAm), o processo de liberação pode ser controlado pela temperatura. Os materiais estudados nesse trabalho são a sílica mesoporosa MCM-41 e o híbrido [MCM-41/P-(*N*-iPAAm)]. O presente trabalho trata da síntese e caracterização desses materiais quanto da aplicação e estudo comparativo do comportamento dos mesmos na cinética de liberação de um fármaco modelo.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a síntese e caracterização do MCM-41 e do híbrido [MCM-41/P(*N*-iPAAm)], bem como a avaliação do efeito do polímero P(*N*-iPAAm) no mecanismo de liberação de um fármaco modelo.

METODOLOGIA

O material mesoporoso MCM-41 foi sintetizado via processo Sol-Gel. Nesse processo, micelas formadas a partir da dissolução do surfactante (CTAB) em água atuam como direcionadores de estrutura para os átomos de silício provenientes do precursor inorgânico (TEOS). Essas micelas são posteriormente removidas por um processo de calcinação. O P-(*N*-iPAAm) foi sintetizado na matriz cerâmica, a partir do monômero P(*N*-iPAAm), do agente de ligação cruzada MBAA e dos iniciadores PA e MS. Os materiais foram caracterizados por FTIR, TG, MEV, BET e SAXS. A droga modelo utilizada para o processo de liberação foi o atenolol. A concentração do fármaco durante a liberação foi monitorada por espectroscopia UV-Vis.

RESULTADOS

A presença do polímero no material mesoporoso foi identificada no espectro FTIR (Figura 1A) pela banda em 1554 cm^{-1} . A curva TG do híbrido (Figura 1B) apresenta um evento de perda de massa entre 200°C e 300°C, que pode estar relacionado com a degradação das cadeias poliméricas.

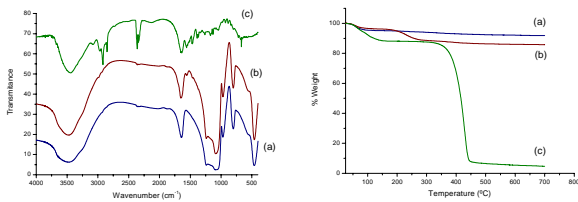


Figura 1 – (A) FTIR e (B) Curvas TG de (a) MCM-41, (b) [MCM-41/P(NiPAAm)], e (c) P-(NiPAAm).

Imagens de MEV (Figura 2) indicam que a introdução do polímero provoca a formação de aglomerados em forma de placas na superfície do material.

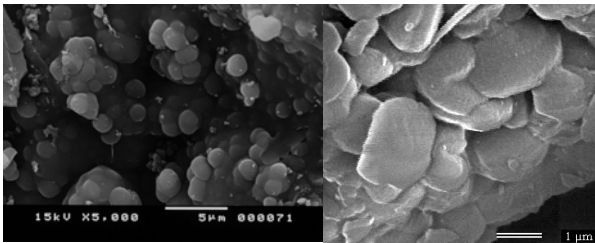


Figura 2 – Imagens de MEV de (A) MCM41 e (B) MCM-41/P-(NiPAAm).

As isotermas obtidas por adsorção de N₂ (Figura 3A) são do tipo IV, típicas de materiais mesoporosos. Resultados de BET comprovaram que o polímero de fato se formou no interior dos poros da sílica, resultando em uma redução de 37,5% de área superficial e 40,7% de volume de poros.

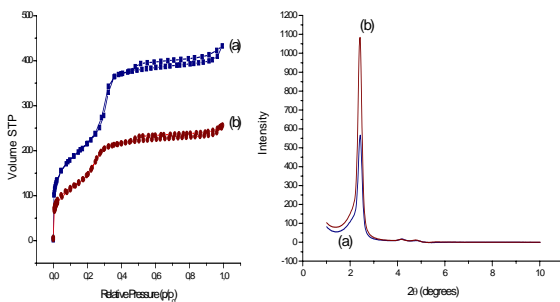


Figura 3 – (A) Isotermas de adsorção e (B) SAXS de (a) MCM-41 e (b) [MCM-41/P-(NiPAAm)].

Ambos os materiais apresentaram espectros de SAXS (Figura 3B) com menos três sinais de difração correspondentes aos planos (hkl) de (100), (110), e (200), indicadores de ordenamento hexagonal [2]. A Figura 4 apresenta o perfil de liberação dos dois sistemas estudados, onde pode-se perceber uma alteração significativa na cinética de liberação com a presença do polímero na rede da sílica.

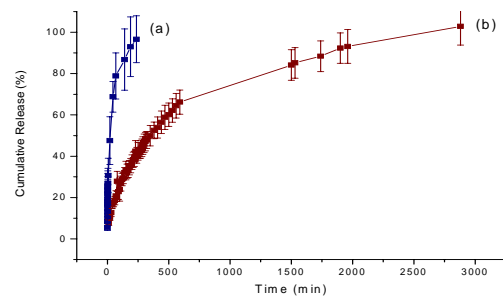


Figura 4 – Perfis de liberação de Atenolol para (a) MCM41 e (b) MCM41-P-(NiPAAm).

CONCLUSÕES

Híbrido de [MCM-41/P(NiPAAm)] foi sintetizado e foi detectada a do polímero na matriz cerâmica. Este material apresenta uma diminuição nos valores de área superficial e volume de poros, alterando assim o perfil de liberação do atenolol. Desta forma, um maior controle no processo de liberação pode ser alcançado com a presença da rede polimérica nos poros da sílica mesoporosa.

REFERENCIAS

[1] - Shin, Y. K., Exarhos, G. J. (2001), J. Controlled Release, 73, 1-6

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG

Construção de uma máquina para preparação de pré-trinca por fadiga em corpo-de-prova Charpy

Carlos Eduardo Leitão, Nirlando Antônio Rocha e Jefferson José Vilela
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas no acompanhamento da integridade de componentes mecânicos é a possibilidade de ocorrência de uma fratura frágil e repentina, mesmo quando o componente está submetido a condições normais de operação [1]. Este processo pode ser agravado na presença de concentradores de tensão, tais como uma trinca, que modificam o carregamento na estrutura e podem levá-la à falha.

Ensaio de tenacidade à fratura com carregamento rápido são realizados para a determinação do comportamento de um material sob condições dinâmicas na presença de uma pré-trinca. Esta é obtida geralmente por fadiga e essencial para a determinação de parâmetros da Mecânica da Fratura e deve apresentar o mínimo de deformação plástica em sua ponta.

Atualmente o Laboratório de Ensaio Mecânicos do CDTN utiliza uma máquina servo-hidráulica Instron 8802 para a confecção de pré-trincas em corpos-de-prova Charpy. Porém, este equipamento possui uma grande demanda e um elevado custo de operação. Além disso, a sensibilidade não é adequada para cargas baixas, ocasionando perda de corpos-de-prova, o que inviabiliza a utilização do equipamento.

Portanto, é importante a construção de uma máquina de baixo custo e de fácil montagem, operação e manutenção. Este projeto é uma continuação do trabalho de Moura et al [2], abrange

desde o cálculo da carga aplicada até o detalhamento dos aspectos mecânicos do equipamento e sua construção.

OBJETIVO

Desenvolver e aperfeiçoar uma máquina de preparação de pré-trincas em corpos-de-prova Charpy para a determinação dos parâmetros da mecânica da fratura sob condições dinâmicas.

METODOLOGIA

A máquina de pré-trinca foi projetada sobre uma estrutura de uma afiadora, cuja matriz de ferro fundido apresenta boa rigidez, robustez e absorção da vibração em temperatura ambiente. Além disso, a estrutura apresenta uma mesa móvel com precisão de décimos de milímetros cuja função é o posicionamento do corpo-de-prova. O princípio de funcionamento da máquina consiste no movimento de um eixo, acionado por um motor elétrico, cuja extremidade é ligada a um excêntrico que, como num mecanismo came-seguidor, transmite movimento a um punção. Este impôs a carga ao corpo-de-prova entalhado, apoiado sobre dois roletes. Dessa maneira, os movimentos alternados produziram esforços concentrados, gerando uma trinca por fadiga [3]. O cálculo da carga de pré-trinca por fadiga foi feito conforme a norma ASTM E23 [4] para corpos-de-prova com flexão sobre três pontos, de modo a não exceder um máximo fator de intensidade de tensão baseado no limite de escoamento do material e em sua geometria.

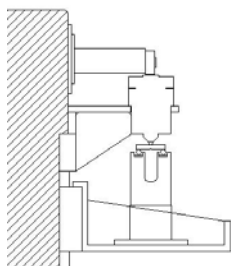


Figura 1. Desenho esquemático da máquina

Definido o carregamento, o excêntrico do eixo em aço AISI 8640 foi determinado considerando-se para o CP o deslocamento de uma viga retangular simplesmente apoiada [5]. Uma vez que a carga e o momento de inércia variam com o tamanho da trinca, o valor do excêntrico deve se adequar a toda faixa de propagação. O valor do excêntrico obtido pelos cálculos foi de 35 μm , medida de difícil usinagem. Após levantamento bibliográfico [3], optou-se por um valor de 200 μm , mais comum em equipamentos utilizados para este fim e que possibilitaria sua fabricação e compensaria as folgas do sistema.

RESULTADOS

Uma trinca uniforme em ambos os lados foi aberta com pouca deformação plástica em sua ponta, o que foi visualizado através de ensaio não-destrutivo de líquido penetrante.

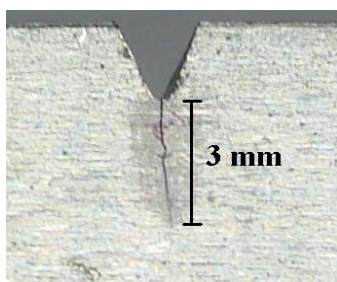


Figura 2 – Corpo-de-prova pré-trincado

A próxima etapa será desenvolver uma célula de carga para controlar mais efetivamente a preparação da pré-trinca. O passo seguinte será a automatização da máquina por meio de um *clip gauge* de modo que ela cesse

seu funcionamento quando atingido um tamanho de trinca pré-determinado.

CONCLUSÕES

A máquina funcionou adequadamente e está apta a produzir pré-trincas que atendam aos requisitos da norma ASTM E23. O equipamento, produzido a baixo custo, torna-se uma opção viável para laboratórios com poucos recursos efetuarem pesquisas na área da Mecânica da Fratura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [6] Guimarães, V.A.; Hein, L.R.O.; Zangrandi Filho, J., *Materials Research*, V. 4, n. 3, 205-209, 2001.
- [7] Moura, M.C.; Rocha, N.A.; Vilela, J.J., *International Nuclear Atlantic Conference*, 2007; Santos, SP.
- [8] Cañizales, J.P.; Toro, A.J.; Jaramillo, H. E.; Sánchez, N.A., *18th International Congress Of Mechanical Engineering*, Ouro Preto, MG.
- [9] ASTM E 23-05, *Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials*. West Conshohocken, USA.
- [10] RIBBELER, R.C.; *Resistência dos Materiais*; Pearson Prentice Hall; 2006

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais.

Moagem de alta intensidade da turmalina preta

Fabrcio Assis Barros e Fernando Soares Lameiras
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

A turmalina preta da srie schorlita-dravita é utilizada na fabricao de cosméticos, tintas, tecidos e purificadores de água. Estudos teóricos [1] indicam que a turmalina preta deve ser moída até abaixo da escala micrométrica. A moagem convencional de baixa energia pode produzir pó de turmalina na faixa de 400 Mesh. Entretanto, pós de 12000 Mesh a 32000 Mesh são requeridos para uso industrial. A literatura sobre a moagem da turmalina é muito rara. Em alguns casos ela é moída junto com outro mineral e separada como um subproduto [2]. Algumas empresas chinesas oferecem pó de turmalina, mas o modo de processamento não é revelado.

OBJETIVO

Estudar a obtenção de pó submicrométrico de turmalina preta com o uso de um moinho de alta energia do tipo planetário.

METODOLOGIA

Foi utilizado um moinho de alta intensidade do tipo planetário com as seguintes características: diâmetro de translação = 21,0 cm; diâmetro dos copos de moagem (4 copos cilíndricos) = 6,5 cm; velocidade angular da translação de 600 a 1000rpm; velocidade de rotação dos copos de -1200 a -2000 rpm. Os cilindros foram carregados com a mesma quantidade de pó de turmalina com 325 Mesh e água. Diferentes configurações, quanto ao diâmetro, de bolas de alumina foram estudados. O pH do meio de moagem ficou em torno de 8. A aceleração

normal à parede do copo oscilou de 52g e a mais de 100g (g é a aceleração da gravidade). A aceleração tangencial oscilou entre ± 42 g. Os tempos de moagem foram de 60 a 480 minutos. A distribuio de tamanho das partículas do pó foi medida com um granulômetro a laser. A morfologia das partículas do pó foi observada ao microscópio eletrônico de varredura. O potencial zeta de um filme de partículas do pó obtido foi medido com um disco rotativo mergulhado em água deionizada [3].

RESULTADOS

A Figura 1 mostra que há três estágios na moagem. No primeiro estágio, a taxa de moagem é mais baixa (predominância de impacto). No segundo estágio há um aumento da taxa de moagem (predominância de compressão). No terceiro estágio observa-se uma diminuio da taxa de moagem (predominância de fricção). A microscopia revelou que há uma grande quantidade de partículas muito pequenas em todos os estágios da moagem.

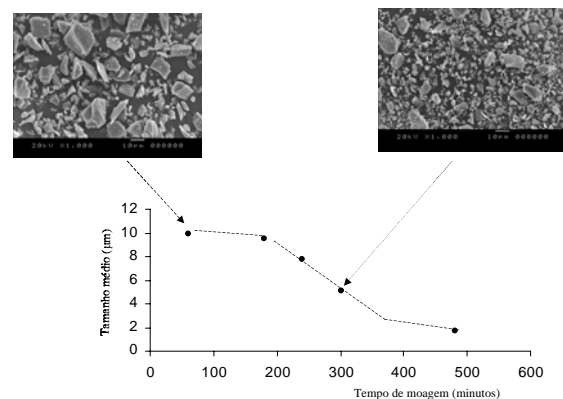


Figura 1 – Estágios da moagem de alta intensidade da turmalina preta.

A Figura 2 mostra as distribuições de tamanhos das partículas nos diferentes estágios de moagem. A mudança do regime de moagem fica evidenciada pelo aparecimento de novos modos na distribuição de tamanho de grão, especialmente no segundo estágio em relação ao primeiro estágio.

A Figura 3 mostra o resultado da medida do potencial zeta. Observa-se que para pH igual ou maior que 8 é possível evitar a aglomeração das partículas (potencial zeta < - 30 mV). Esse fato é comprovado pela formação de uma suspensão estável de partículas de turmalina em meio aquoso (Figura 4). A formação de aglomerados de partículas prejudica a eficiência da moagem.

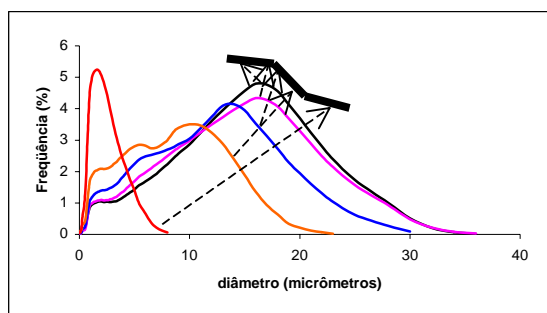


Figura 2 – Distribuições de tamanhos das partículas do pó de turmalina nos diferentes estágios da moagem.

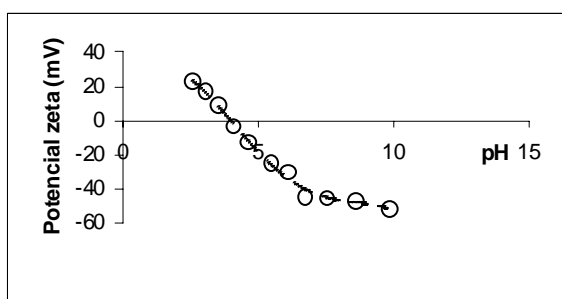


Figura 3 – Potencial zeta de um filme de partículas de turmalina em água deionizada.

CONCLUSÕES

É possível obter pó submicrométrico de turmalina preta num moinho de bolas do tipo planetário de alta intensidade com aceleração tangencial de $\pm 42g$ e aceleração normal entre 52 e 95 g para um tempo de moagem de 480 minutos, mantendo o pH do meio de moagem igual ou maior que 8.



Figura 4 – Suspensão aquosa estável de partículas de turmalina (pH = 8).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lameiras, F. S. ; Melo, V. A. R. ; Leal, J. M.. Rem: Revista Escola de Minas, Ouro Preto - MG, v. 58, n. 2, p. 175-179, 2005.
- [2] Rouchin, M. R., Colloids and Surfaces, 19(1986) 67-82.
- [3] Sides, P. J.; Newman, J.; Hoggard, J. D.; Prieve, D. C. Langmuir 2006, 22, 9765-9769.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq; CAPES e Lamil Lage Minérios

Avaliação da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte

Gabriel Barros de Oliveira e Vanusa Maria Feliciano Jacomino
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental decorrente da emissão de poluentes atmosféricos tem aumentado de forma significativa nos últimos anos devido à expansão populacional e industrial atingindo, principalmente, os grandes centros urbanos e/ou industriais, onde a qualidade do ar apresenta-se inadequada, em especial, nos períodos de estiagem e inverno.

A motivação para o controle de poluição atmosférica é baseada em três princípios importantes: proteção, prevenção e motivação ética.

OBJETIVO

Avaliar a qualidade do ar por monitoramento na região metropolitana de Belo Horizonte por meio da determinação da concentração do particulado fino (partículas com diâmetro aerodinâmico $< 2,5 \mu\text{m}$), grosso (partículas com diâmetro aerodinâmico $< 10 \mu\text{m}$), SO_2 e NO_2 na atmosfera.

METODOLOGIA

Amostragem de Material Particulado

As amostragens de material particulado atmosférico são realizadas por meio da análise do material coletado isocineticamente com um amostrador Dicotômico $\text{MP}_{10/2.5}$ Partisol Modelo 2000-D. Um Impactor Virtual possui dois controladores de fluxo que separa o fluxo de partículas em moda fina e

moda grossa. Os filtros para coleta de $\text{PM}_{2.5}$ (moda fina) são de Teflon®, enquanto para PM_{10} (moda grossa) são de fibra de quartzo.

Amostragem de SO_2 e NO_2

A amostragem dos gases é realizada utilizando-se um amostrador TRIGÁS, o qual é utilizado para medir dióxido de enxofre (SO_2) pelo método do peróxido de hidrogênio (NBR 12979), e, dióxido de nitrogênio (NO_2) pelo método do arsenito de sódio. (EQN-1277-026)

Gravimetria

A gravimetria é o método utilizado para determinação da concentração de material particulado contido nos filtros. Para tanto, a massa do filtro é medida antes e após a amostragem; a diferença entre elas é a massa do material depositado. Conhecendo-se a massa e sabendo-se o volume de ar amostrado, pode-se determinar a concentração do material particulado coletado.

Preparo das Soluções para Análise das Concentrações de SO_2 e NO_2

Para determinação da concentração de SO_2 utiliza-se um reagente específico (solução de peróxido de hidrogênio) que é colocado em um frasco absorvedor no interior do amostrador e nesse, um fluxo conhecido de ar atmosférico borbulha em seu interior. Com isso, após certo tempo de amostragem, o frasco é recolhido e, em uma análise laboratorial, a solução resultante é titulada com uma outra solução para se obter a concentração do gás SO_2 .

O gás NO_2 é medido utilizando um mesmo frasco absorvedor que é preenchido com uma solução específica capaz de reter de NO_2 atmosférico (solução de arsenito de sódio e hidróxido de sódio).

Para obtenção da curva de calibração foram preparadas seis soluções com concentrações distintas a partir da diluição de uma solução padrão de nitrito de sódio. Essas soluções foram analisadas em um espectrofotômetro em 540 nm. e partir daí, foi construída uma curva de calibração (concentração de NO_2 por absorbância).

RESULTADOS

Material Particulado

Após um período de amostragem de 39 dias, as concentrações de $\text{PM}_{2.5}$ e PM_{10} na Estação Petrovale (Betim, MG) (vide Figura 1). Os resultados obtidos para esse período são mostrados na Figura 1.

Gases NO_2 e SO_2

Para a medição dos gases SO_2 e NO_2 , o amostrador TRIGÁS foi instalado e calibrado e as amostragens estão em andamento juntamente com os ensaios laboratoriais. Para a determinação da concentração de NO_2 , a curva de calibração foi feita pelo método espectrofotométrico e essa foi obtida com sucesso. O coeficiente de correlação (R) da curva foi de 0,997 e o coeficiente angular 0,464 que são valores semelhantes aos recomendados na literatura

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento indicam que uma quantidade significativa de material particulado é lançada na atmosfera da região metropolitana de Belo Horizonte. Os valores de concentração estão acima

dos valores recomendados (FEAM, 2004).

Os testes para determinação da concentração de NO_2 e de SO_2 na atmosfera foram satisfatórios.

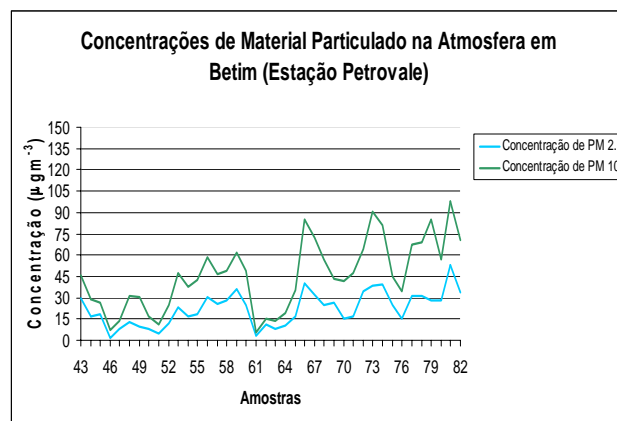


Figura 1. Concentração de material particulado

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SODIUM ARSENITE METHOD FOR THE DETERMINATION OF NITROGEN IN THE ATMOSPHERE. EPA Designated Equivalent Method No. EQN-1277-026

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12979 (1993) Atmosfera - Determinação da concentração de dióxido de enxofre pelo método do peróxido de hidrogênio - Método de ensaio.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). "Qualidade do Ar" 2004. Disponível em <<http://www.feam.br/principal/home.asp>>. Pesquisa realizada em 05/09/2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação Estadual de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais.

Caracterização eletroquímica de soldas dissimilares dos aços ASTM A-508 e AISI 316L

Gabriela Márcia Ribeiro e Marco Antônio Dutra Quinan
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

As soldas entre dois metais diferentes, denominadas soldas dissimilares, são utilizadas nas usinas nucleares. Os materiais de adição mais utilizados neste tipo de solda são as ligas de níquel 82 e 182.

Essa solda apresenta suscetibilidade ao processo de corrosão sob tensão em ambiente de circuito primário de usinas nucleares do tipo PWR, denominada PWSCC (Primary Water Stress Corrosion Crack). Este trabalho consistiu na soldagem dissimilar entre aço ASTM A-508 e aço AISI 316L, utilizando a liga 182 como material de adição e na posterior caracterização eletroquímica das diversas regiões da junta soldada.

OBJETIVO

Avaliar o comportamento eletroquímico da solda dissimilar entre aço carbono ASTM A 508 e aço inoxidável AISI 316.

METODOLOGIA

A soldagem da peça de teste foi realizada unindo aço ASTM A-508 ao aço inoxidável AISI 316L com eletrodo da liga 182. Antes da soldagem, no lado do aço carbono ASTM A-508, foi aplicada uma camada de amanteigamento (*buttering*) utilizando a liga de níquel 82 como metal de adição. A Figura 1 mostra a macrografia da junta soldada.

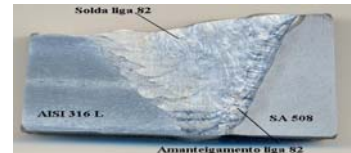


Figura 1 – Macrografia da Junta Soldada.

Após a operação de soldagem, a peça foi cortada e preparada para análise eletroquímica e microestrutural. As amostras foram atacadas para a análise micrográfica baseada no Metals Handbook e otimizadas em testes de laboratório com reagentes e tempos de ataque compatíveis para identificação da microestrutura contornos de grão, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Condições de Ataque Metalográfico para Revelar Contornos de Grão e Precipitação de Carbonetos.

Amostra	Condições de Ataque
Aço Carbono – ASTM A508	Nital 2% - 20 segundos (Imersão)
Amanteigamento – Liga 182	Nital 2% - 20 segundos (Imersão)
Aço Inoxidável – AISI 316	Ácido fluorídrico 10% -1A, 2V, 60 segundos (Ataque Eletrolítico)
Cordão de Solda – Liga 182	Ácido oxálico 10% - 1A, 2V, 30 segundos (Ataque Eletrolítico)

Para a realização dos ensaios eletroquímicos, os corpos-de-prova foram lixados até a lixa #600. Os ensaios foram conduzidos em uma célula eletroquímica com montagem de três eletrodos, utilizado-se Ag/AgCl, com concentração de 1mol/l, como eletrodo de referência e um fio de

platina (Pt) como eletrodo auxiliar e em solução aquosa de 0,5M H₂SO₄ + 0,0001 M KSCN, realizados por meio de um potenciostato/galvanostato Autolab PGSTAT 20 pela técnica eletroquímica de reativação potenciocinética de duplo loop (DL-EPR).

RESULTADOS

A Figura 2 (A) apresenta a micrografia do amanteigamento da liga 82 e a Figura 2 (B) do cordão de solda da liga de níquel 182, sendo a microestrutura dendrítica, com contornos de dendrita crescendo na direção da solidificação da poça de fusão.

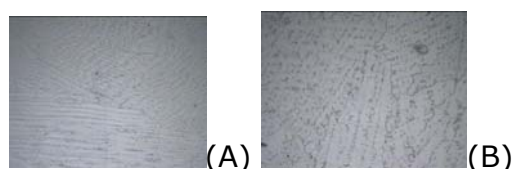


Figura 2. Microestrutura do Amanteigamento (A) e do Cordão de Solda (182) (B). Aumento 200X.

Nos ensaios eletroquímicos a amostra do aço ASTM A-508 apresentou um comportamento de menor resistência à corrosão em comparação com as demais amostras. Da mesma forma o aço inoxidável AISI 316 apresentou um comportamento típico deste material no meio (0,5M H₂SO₄). A liga de níquel 182 apresentou um comportamento eletroquímico superior ao aço AISI 316, com potencial de corrosão maior e uma menor corrente de passivação indicando um maior grau de passivação, o que demonstra a sua alta resistência à corrosão. Com relação a amostra na região do *buttering*, apesar de ser liga de níquel 82, apresentou um comportamento eletroquímico inferior ao da região de solda. Este comportamento pode ser justificado pela diluição dos elementos de liga do aço ASTM A-508, principalmente o carbono.

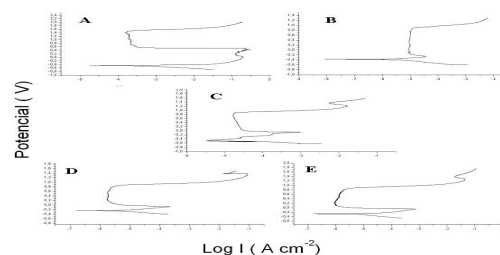


Figura 3 - Ensaios de Polarização Potenciodinâmica Anódica para os Materiais: (A) Aço ASTM A-508; (B) Aço AISI 316, (C) Liga de Níquel 182 - Região de *Buttering*; (D) Liga de Níquel 182 - Região inferior da solda; (E) Liga de Níquel 182 - Região superior da solda

CONCLUSÕES

A liga de níquel 182 demonstrou por meio da micrografia e dos ensaios de polarização anódica potenciodinâmica ter uma resistência à corrosão elevada no meio estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [11] Jang, C., Lee, J. S., Jin, T. E., Mechanical property variation within Inconel 82/182 dissimilar metal weld between low alloy steel and 316 stainless steel. Int. J. of Press. Vessels and Piping, vol. 85, iss. 9, p. 635-646, 2008.
- [12] ASME - American Society of Mechanical Engineers - Boiler and Pressure Vessel Code - Seção IX, Welding and Brazing Qualification, 2004.
- [13] GENTIL, V. Corrosão, Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- [14] ASM - American Society for Metals - Metals Handbook 8º ed - In: Metallographic Technique for Specific Metals and Alloys, v. 8, p. 101, 1973.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG e FINEP.

Influência da taxa de dose com raios gama na formação da cor no Quartzo Natural

Geraldo Corrêa Machado e Fernando Soares Lameiras
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

A irradiação com raios gama provenientes de uma fonte de ^{60}Co é um processo rotineiro para coloração do quartzo natural incolor. As cores do quartzo são devidas à presença de centros de cores, que se formam a partir das impurezas presentes, da exposição à radiação ionizante e ao calor. Há uma discussão entre pedristas e irradiadores sobre a influência da taxa de dose na formação da cor do quartzo. Em geral, os irradiadores não controlam a taxa de dose e garantem somente a dose final aplicada ao material.

Do ponto de vista teórico, a formação da cor no quartzo envolve um processo de difusão dos íons compensadores de carga [1]. Porém, essa difusão só é significativa em temperaturas mais altas que $180\text{ }^\circ\text{C}$, que são bem mais alta que as temperaturas durante a irradiação.

OBJETIVO

Estudar a influência da taxa de dose de irradiação sobre a formação da cor no quartzo natural incolor.

METODOLOGIA

Foram escolhidas amostras de quartzo incolor de um mesmo lote. Elas foram submetidas à espectroscopia na região do infravermelho. Depois elas foram divididas em dois grupos (A e B). As amostras do grupo A foram submetidas a irradiação no Laboratório de Irradiação Gama do CDTN – LIG a uma taxa de dose de 10 kGy/h até alcançarem doses de 65 kGy (grupo A1)

e 400 kGy (grupo A2). As amostras do grupo B foram submetidas à irradiação no LIG a uma taxa de dose de 20 kGy/h até alcançarem doses de 65 kGy (grupo B1) e 400 kGy (grupo B2). As amostras irradiadas, que ficaram pretas, foram submetidas à espectroscopia na região do infravermelho. Todas as amostras foram aquecidas em temperaturas de $\sim 330\text{ }^\circ\text{C}$ até se tornarem amarelas. As amostras amarelas foram submetidas à espectroscopia na região do infravermelho.

RESULTADOS

As amostras incolores apresentam no seu espectro de absorção na região do infravermelho uma banda em 3483 cm^{-1} . Essa banda corresponde à presença de alumínio em substituição ao silício compensado por lítio [2]. Ela é precursora do centro de cor responsável pelas cores amarelo-esverdeada, amarela e marrom do quartzo. Os espectros das amostras irradiadas estão mostrados nas Figuras 1 e 2 para as taxas de dose e doses aplicadas. Nota-se o desaparecimento da banda em 3483 cm^{-1} . Há um aumento de intensidade das bandas em 3386 cm^{-1} e

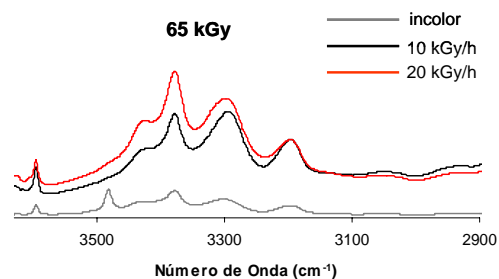


Figura 1 – Espectro de absorção na região do infravermelho das amostras de quartzo natural irradiadas (dose: 65 kGy).

3309 cm^{-1} , que parece mais pronunciado para a taxa de dose de 20 kGy/h. Essas bandas estão relacionadas com a presença de alumínio em substituição ao silício, compensado por hidrogênio.

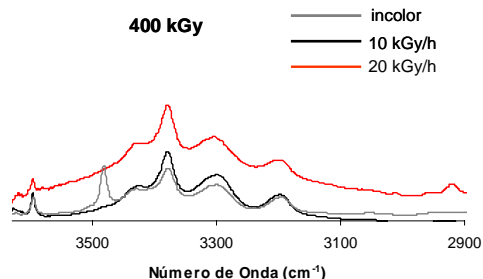


Figura 2 – Espectro de absorção na região do infravermelho das amostras de quartzo natural irradiadas (dose: 400 kGy).

Nas amostras coloridas observa-se uma recuperação parcial da banda em 3483 cm^{-1} e o aparecimento de uma pequena banda em 3542 cm^{-1} . Entretanto, não se observa uma clara diferença em função das taxas de dose (Figuras 3 e 4).

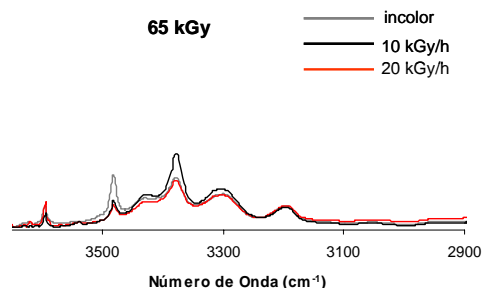


Figura 3 – Espectro de absorção na região do infravermelho das amostras de quartzo coloridas (dose: 65 kGy).

Também foram realizadas medidas com espectroscopia a baixa temperatura na região do infravermelho e análises das derivadas dos espectros. Não se observam diferenças visuais nas cores das amostras coloridas em função da taxa de dose.

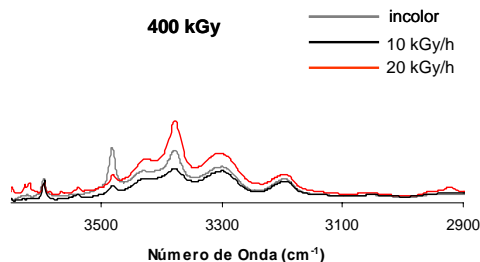


Figura 4 – Espectro de absorção na região do infravermelho das amostras de quartzo coloridas (dose: 400 kGy).

CONCLUSÕES

A taxa de dose tem uma influência sobre os espectros de absorção na região do infravermelho das amostras irradiadas. A maior taxa de dose resultou em bandas mais intensas relacionadas com a presença de alumínio em substituição ao silício compensado por hidrogênio. Porém, não se observaram diferenças significativas nas cores das amostras coloridas.

Análises de espectroscopia a baixa temperatura na região do infravermelho e da derivada dos espectros obtidos verificaram que há diferenças entre as amostras irradiadas a taxas de dose de 10 kGy/h e 20 kGy/h. Porém, não foram observadas diferenças significativas nas cores das amostras coloridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Nunes, E. H. M.; Lameiras, F. S. *Materials Research*, São Paulo - SP, v. 8, n. 4, p. 305-308, 2005.
- [2] Lameiras, F. S.; NuneS, E. H. M.; Melo, V. A. R.; Liz, O. R., *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto - MG, v. 59, n. 1, p. 129-133, 2006.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG e CNPq.

Determinação de tensões residuais pelo efeito Barkhausen em materiais ferromagnéticos

Geraldo Homero Ribeiro Neto e Silvério Ferreira da Silva Júnior
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

A presença de tensões residuais nos materiais utilizados para a fabricação de componentes estruturais pode contribuir para aumentar ou diminuir a vida útil destes componentes. Torna-se necessário então, conhecer a sua natureza, orientação e intensidade. As tensões residuais podem ser avaliadas por meio da análise do ruído magnético Barkhausen para os materiais ferromagnéticos.

O ruído magnético Barkhausen é gerado nos materiais ferromagnéticos durante o processo de magnetização. Ele é afetado por alterações na microestrutura do material e pela presença de tensões no mesmo, sejam devidas a carregamentos externos ou tensões residuais.

Para a utilização deste método de ensaio para a avaliação de tensões é necessária uma cuidadosa calibração do sistema de ensaio. Neste processo, um corpo de prova retirado do material em estudo é submetido a uma série de carregamentos, gerando diferentes estados de tensão, e o valor RMS do ruído magnético Barkhausen é medido para cada carregamento, possibilitando a obtenção de uma curva relacionando o valor do ruído magnético com o estado de tensões presente no material em um determinado instante.

Para o estudo de um determinado material, é necessária uma caracterização inicial, para conhecer as características de sua microestrutura. As informações obtidas serão utilizadas para planejar a calibração do sistema de

ensaio, de forma a maximizar o efeito das variações de tensão no corpo de prova e minimizar o efeito da microestrutura durante a calibração. A caracterização consiste basicamente no estudo das características básicas da microestrutura como as fases presentes, o tamanho de grão e a determinação das propriedades mecânicas.

OBJETIVO

Avaliação de tensões mecânicas em amostras de aços USI SAC 50, ASTM A515 e ASTM A36 pela análise do ruído magnético Barkhausen.

METODOLOGIA

Para a preparação de corpos de provas, caracterização da microestrutura do material e determinação do tamanho de grão, foi feito um estudo das técnicas mais utilizadas [1,2]. Foram adotados os procedimentos recomendados pela ASTM E3-01 [3]. Para a obtenção do tamanho de grão, foram utilizados os softwares Sabiá e Quantikov [4].

Os procedimentos recomendados pela ASTM E92-82 [5], foram adotados para a obtenção da dureza, exceto que o valor da dureza foi obtido a partir da tabela da máquina após se obter a média das diagonais do penetrador de diamante. Foi utilizado uma carga de 1kp.

Para o ensaio de tração, os procedimentos recomendados pela ASTM E8M-04 [6] foram utilizados.

Para alívio de tensões residuais, os corpos de prova para ensaio do ruído magnético Barkhausen foram aquecidos a 600°C durante 1 hora.

No estágio atual, estão sendo colados extensômetros para medir a deformação em condições de carregamento variadas. Em seguida, será determinado como as características, dureza e tamanho de grão, afetam as tensões mecânicas, utilizando a máquina de teste Stresstech Barkhausen Analyser comparando com os resultados obtidos dos extensômetros.

RESULTADOS

Os resultados das micrografias foram obtidos e tratados pelo programa Quantikov. A dureza e a resistência a tração foram medidas, e foram calculados seus valores médios e precisões. Após isto, todos os dados foram agrupados em um único banco de dados do programa Microsoft Access® para futuras referências.

CONCLUSÕES

Após a obtenção dos dados da máquina Stresstech Barksausen Analyser e seu tratamento, espera-se que, juntamente com o banco de dados dos parâmetros, dureza, tamanho de grão e tensões do ensaio de tração, possa-se chegar ao resultado, que é a avaliação de tensões mecânicas nos materiais analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[15] Silva, Ubirajara Marques de Carvalho, "Técnicas e procedimentos de metalografia prática: preparação de corpos de prova para exames metalográficos", Editora Ivan Rossi. São Bernardo do Campo, SP, 1978.

[16] Colpaert, Hubertus, "Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns", Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1974.

[17] American Society for Testing and Material, ASTM E3-01, "Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens", p.1-11, 2001.

[18]Pinto, L.C.M., "Quantikov - Um analisador microestrutural para o ambiente windows". USP, 1996.

[19]American Society for Testing and Material, ASTM E92-82, "Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials", p.1-9,1997.

[20]American Society for Testing and Material, ASTM E8M-04, "Standart Test for Tension Testing of Metallic Materials [metric]", 1997. p.86-109.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

Comportamento eletroquímico da liga de níquel 600 em alta temperatura

Guilherme Correa Menezes e Célia de Figueiredo Cordeiro Neves
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

A corrosão pode ser definida como a destruição ou deterioração de materiais por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos [1]. O monitoramento e estudo da corrosão podem ser realizados por meio de técnicas eletroquímicas como a espectroscopia de impedância eletroquímica, que é uma técnica utilizada na análise de processos eletroquímicos que ocorrem na interface eletrodo/solução eletrolítica [2]. Para a realização dos ensaios é necessário o uso de uma célula eletroquímica e um potenciostato. Neste projeto está sendo avaliado o efeito de parâmetros eletroquímicos relevantes sobre o comportamento da liga de níquel 600 em relação à corrosão sob tensão. A liga 600 (Inconel® 600) é utilizada em componentes do circuito primário de reatores nucleares PWR (Pressured Water Reactor), ambiente de água hidrogenada a elevadas temperaturas.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo estudar o comportamento da liga inconel 600 em meio PWR (Pressured Water Reactor), frente à corrosão.

METODOLOGIA

Foram realizados ensaios de espectroscopia de impedância à temperatura de 30°C adotando-se procedimentos adaptados da Norma ASTM G5-94³ e ensaios à temperatura de 315 °C. Os ensaios a alta temperatura são realizados no interior

de uma autoclave. A montagem da amostra A (inconel 600), do eletrodo de referência B, e do contra eletrodo C é ilustrada na Figura 1.



Figura 1. Montagem para realização de ensaios eletroquímicos a alta temperatura.

O espectro de impedância de uma amostra de inconel 600 em uma solução "PWR" (2,0 ppm de Lítio e 1000 ppm de Boro) à temperatura de 30°C e sob pressão atmosférica local (gráfico da Figura 2) revela que o sistema é simples e que o principal fenômeno observado consiste na transferência de carga. Sistemas como o apresentado pela amostra de inconel 600 são equivalentes a circuitos do tipo RC, portanto, apresentam a forma de um semicírculo em um gráfico de impedância. A partir do gráfico da Figura 2, que foi obtido em uma faixa de frequência de 1000 Hz a 5 mHz, pode-se determinar entre outras coisas

a capacitância do sistema, a resistência à polarização e a resistência da solução.

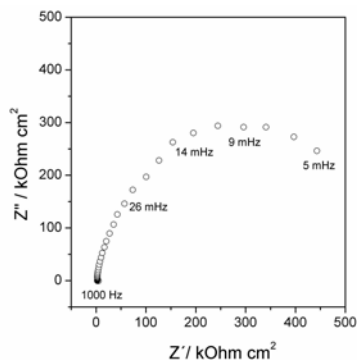


Figura 2. Dados de impedância no plano Nyquist para uma amostra de inonel 600 ($A = 3,380 \text{ cm}^2$) em uma solução "PWR" a 30°C e pressão atmosférica.

O espectro de impedância para o inonel 600 em uma solução "PWR" à temperatura de 325°C e sob a pressão de 11 MPa é apresentado na Figura 3. A faixa de frequência analisada é de 1000 Hz a 10 mHz. O gráfico da Figura 3 revela um comportamento diferente. Para a mesma faixa de frequências não foi observado o semicírculo característico e os valores de impedância foram significativamente menores, revelando algum problema na montagem da célula eletroquímica dentro da autoclave, que está sendo avaliado.

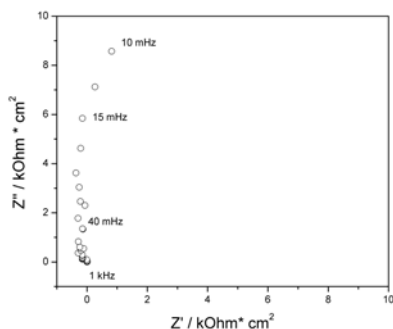


Figura 3. Dados de impedância no plano Nyquist para uma amostra de inonel 600 ($A = 1,90 \text{ cm}^2$) em uma solução "PWR" a 325°C e sob a pressão de 11 Mpa.

CONCLUSÕES

O espectro de impedância obtido à temperatura 315°C revela que a montagem pode ser utilizada para a realização de ensaios eletroquímicos à alta temperatura, no entanto, a montagem deve ser aperfeiçoada para a obtenção de dados mais confiáveis.

O acompanhamento e a realização de ensaios eletroquímicos à temperatura ambiente permitiram o treinamento na montagem da célula e a compreensão dos processos eletroquímicos, auxiliando na montagem da célula dentro da autoclave.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gentil, V. Corrosão. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A. 1982. 453.
- [2] Capela, J. M. V., Capela, M. V., Magnani, R. Eclética Química, Vol. 28, No. 1, 2006.
- [3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G5-94: Standard reference test method for making potentiostatic and potentiodynamic anodic polarization measurements. In: __. Annual book of ASTM standards. West Conshohocken: ASTM, 1996. v. 0302, p. 48-62.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq (Bolsa) e FAPEMIG (Projeto).

Avaliação de tratamentos térmicos pós-soldagem na caracterização de juntas soldadas dissimilares – Aço Inoxidável Austenítico AISI 316L soldado com adição de Inconel 182

Gustavo Alves Moreira e Wagner Reis da Costa Campos
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

As ligas à base de níquel possuem alta resistência à corrosão, sendo assim muito utilizadas como metal de adição em soldagens entre metais dissimilares (DMW - Dissimilar Metal Weld). Essas soldas são empregadas em usinas de geração de energia, indústrias química e petroquímica. Nas usinas nucleares, soldagens entre metais dissimilares são usadas em reatores PWR (Pressurized Water Reactors) ou BWR (Boiling Water Reactor). DMWs são produzidas para padrões de alta qualidade. Contudo, alguns casos de defeitos e falhas de operação com ligas de níquel têm ocorrido.

Em algumas destas plantas existem bocais compostos de tubulações de aço inoxidável (AISI 304 ou 316) ou ligas de níquel (600 ou 690) soldadas. A manutenção da integridade estrutural destes bocais, que são normalmente partes do sistema de pressão, é essencial a uma operação segura e continuada das plantas, impedindo a liberação de água, vapor, produtos químicos e produtos de fissão em usinas nucleares.

Alguns destes bocais passam por tratamentos térmicos pós-soldagem para alívio das tensões provenientes do processo de soldagem. Estes tratamentos térmicos, apesar de aliviarem tensões prejudiciais à junta, podem causar degradação na sua microestrutura e está relacionada com a temperatura e tempo do tratamento térmico. Vários trabalhos publicados têm mostrado que a ocorrência de

trincas por corrosão sob tensão, envolvendo materiais dissimilares, está fortemente relacionada com a microestrutura na Zona Termicamente Afetada do metal de base, e com os contornos de dendrita do metal de solda. Assim, a análise da Zona Termicamente Afetada e da região dendrítica de soldas dissimilares, utilizando ligas de níquel como metal de adição, vem se tornando o foco de intensos estudos, principalmente na área nuclear e petroquímica.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é caracterizar microestrutural e mecanicamente uma junta soldada dissimilar, aço inoxidável AISI 316L com adição de Inconel 182, com e sem tratamento térmico pós-soldagem.

METODOLOGIA

Foi produzido um conjunto soldado, pelo processo SMAW, sendo utilizado 2 chapas de aço inoxidável AISI 316L com dimensões 300x100x13mm, com chanfro em V e arames de adição de Inconel 182 com diâmetros de 2,5mm no passe de raiz e 3,2mm nos passes de enchimento.

Do conjunto soldado foram retiradas amostras para análise metalográfica e de dureza, com e sem tratamento térmico pós soldagem para alívio de tensões.

Os tratamentos térmicos foram realizados a 700°C por 3 horas, com resfriamento no forno e ao ar.

Para a análise dos corpos de prova serão utilizadas microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura, EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) e microdureza Vickers.

RESULTADOS

Os perfis de microdureza Vickers, com carga de 100g, são mostrados na Figura 1, para as amostras com e sem tratamento térmico. Na amostra sem tratamento térmico a microdureza foi maior, provavelmente devido à tensão residual durante a soldagem. Nas amostras com tratamento térmico a microdureza diminuiu, provavelmente devido à redução da tensão residual.

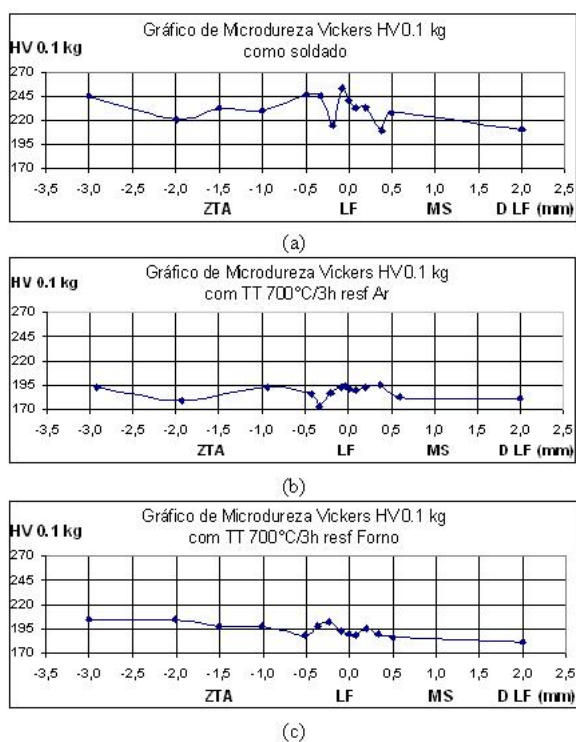


Figura 1 - Gráficos de microdureza Vickers, com carga de 100g, das amostras, (a) sem tratamento térmico (TT), (b) com tratamento térmico e resfriamento ao ar e (c) com tratamento térmico e resfriamento no forno.

Na amostra com tratamento térmico para alívio de tensões com resfriamento no forno os valores de microdureza foi maior que com resfriamento ao ar, provavelmente devido a precipitação de carbonetos da região da solda.

Os resultados das análises microestruturais ainda não foram finalizados.

CONCLUSÕES

O tratamento térmico foi eficaz para diminuir a microdureza próximo à linha de fusão(LF), logo se faz necessário, uma vez que a tensão residual próximo à LF é um agravante de trincas por corrosão sob tensão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [21] Miteva, R. and Taylor, N. G.. "General Review of Dissimilar Metal Welds in Piping Systems of Pressurized Water Reactors, Including WWER Designs". NESCE. IE Institute for Energy. EUR22469E, 2006.
- [22] Nelson, T. W. et al., WRS. Welding Journal, pp. 329s-337s, 1999.
- [23] Nelson, T. W. et al., WRS. Welding Journal. pp. 267s-277s, 2000.
- [24] Qian, M. et al. 2003, WRS. Welding Journal. pp. 145s-150s.
- [25] Kim, Y. H. et al.. ISIJ International, V. 46, N. 5, pp. 698-704, 2006.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG / CNEN

Cromatografia por Troca Iônica – Otimização de metodologia para separação e quantificação de espécies de arsênio

João Gabriel Camargos de Paula e Lucia Maria Laboissière de A. Auler
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Diversos estudos (Brazil Gold'91, 1991; Stoeppler, M., 1992) têm sido desenvolvidos revelando que a exploração mineral e atividades correlatas são as principais fontes de contaminação por arsênio dos rios, sedimentos, plantas e peixes [1,2]. Assim, esse elemento tem sido alvo de pesquisas, sendo que no CDTN foram desenvolvidos projetos relacionados com o Quadrilátero Ferrífero [3,4] tais como:

- Iron Quadrangle, Brazil: assessment of health impact caused by mining pollutants through chain food applying nuclear and related techniques- BRA 11920
- "Distribuição, especiação e transporte de Hg, As e Sb em sedimentos, água e biota liberados para o meio ambiente por processos naturais e antropogênicos", tese de Doutorado, já concluída, de Helena Eugênia Leonhardt Palmieri – CDTN/UFOP.

Ao longo do desenvolvimento destes projetos verificou-se a presença de arsênio em amostras de sedimento com 1% de As, solo 0,07%, planta ornamental com 0,03% e planta comestível com 5.0 mg.L⁻¹, todas as amostras provenientes do Quadrilátero Ferrífero. Os resultados já obtidos mostram a necessidade de desenvolver novos estudos de absorção de arsênio por vegetações próximas a região citada.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é disponibilizar ao CDTN/CNEN uma

metodologia para a determinação de espécies de arsênio, especificamente arsenito - As(III) e arsenato - As(V) em amostras de águas naturais e vegetais para estudos de fitoremediação. Como ferramenta analítica para a especiação de arsênio, utilizou-se a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE), com ênfase na cromatografia por troca iônica.

METODOLOGIA

Para otimização da metodologia foi realizada inicialmente uma varredura espectrofotométrica na região do UV/Visível, na faixa de 190 a 600 nm, de um padrão misto contendo As(III) e As(V), objetivando-se identificar em qual comprimento de onda as duas espécies associadas apresentam valores de absorbâncias máximas. O comprimento de onda selecionado foi 193 nm.

As separações cromatográficas foram realizadas em um sistema de CLAE, modelo LC-10 da Shimadzu Corp, com detector UV/Visível de comprimento de onda fixo. A coluna utilizada foi de troca aniônica 100 x 3,9 mm, recheada com uma fase estacionária de metacrilato contendo grupos funcionais do tipo amônio quaternário, com tamanho de partícula de 10 µm. A fase móvel usada após a otimização da metodologia foi uma solução tampão em pH 8,2 de K₂HPO₄.3H₂O 2,79 mmol.L⁻¹ / KH₂PO₄ 0,14 mmol.L⁻¹, em uma vazão de 1,0 ml.min⁻¹ e volume de injeção dos padrões de 20 µL. A temperatura do forno de coluna foi mantida em 40 °C [4].

RESULTADOS

A varredura espectrofotométrica realizada para verificação do comprimento de onda demonstrou que a associação de arsenito e arsenato apresentava absorvância máxima para o As(III) em 193 nm. Devido a uma menor detectabilidade deste analito foi definido este comprimento de onda para a otimização das separações cromatográficas. Sob as condições experimentais verificadas (Figura 1) esta metodologia foi escolhida por apresentar melhor resolução entre os picos, tempos de retenção de 3,02 min para As(III) e 8,08 min para As(V). O volume de injeção e a vazão selecionados foram 20 μL e 1,0 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente. O cromatograma é apresentado na Figura 1. A resolução entre os picos mede a qualidade da separação entre eles: quanto mais distantes, melhor a separação e mais segura é a quantificação. O valor de resolução entre os picos de As(III) e As(V) foi de 4,9, indicando separação eficaz entre os mesmos (Figura 1).

O fator de assimetria obtido foi de 1,38 para As(III); e 1,16 para As(V), apresentando, portanto, valores inferiores a 1,5, descrito na literatura como aceitável para amostras de interesse.

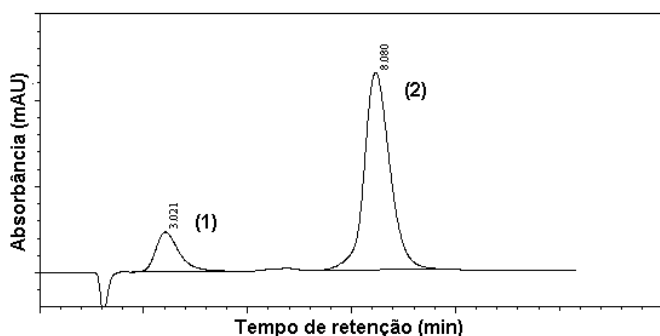


Figura 1- Separação de As(III) 20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (pico 1) e As(V) 1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (pico 2).

Condições cromatográficas: FM: $\text{K}_2\text{HPO}_4\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 2,79 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ / KH_2PO_4 0,14 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$; Vazão: 1,0 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$. Volume de injeção: 20 μL . Detecção: Ultravioleta-visível.

CONCLUSÕES

Muitas variáveis foram testadas para a escolha dos parâmetros metodológicos: o mais importante foi definir uma fase móvel tampão com um pH intermediário de forma a separar as duas espécies de arsênio e minimizar os picos do sistema. Também foi selecionada uma vazão maior, diminuindo o tempo de retenção dos analitos. Nessa vazão, foi obtida uma melhor linha de base no cromatograma. Os resultados obtidos indicam que o tampão de fosfato escolhido como eluente é bastante eficiente e seletivo para a separação das espécies de arsênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Matschullat J.; Borba R. P.; Deschamps; E.; Figueiredo, B. R.; Gabrio, T.; Schwenk, M., *Applied Geochemistry*, v.115, p.181-190, 2000.
- [2] Daus, B.; Wennrich, R. ; Morgenstern, P. ; Weiss, H.; Palmieri, H. E. L.; Nalini, H. A. Jr. ; Leonel, L. V. ; Monteiro, R. P. G ; Moreira, R. M. *Microchimica Acta*, v. 151, p. 175-180, 2005.
- [3] Menezes, M. Â. B. C.; Palmieri, H. E. L. ; Leonel, L. V.; Nalini JÚNIOR, H. A.; JACIMOVIC, R. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 270, n. 1, p. 117-121, 2006.

[4] Auler, L. M. L. De A., *Desenvolvimento de uma Nova Fase Estacionária para Cromatografia por troca Iônica*, tese de doutorado, Campinas, São Paulo. 2006.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem ao CNEN/CDTN e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Desenvolvimento de Gerador de Índio

Jussara Brant de Carvalho e Rubens Martins Moreira
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

Os geradores de radioisótopos são equipamentos nos quais se tem um radionuclídeo (pai) adsorvido em uma coluna (de troca iônica polimérica ou cerâmica), que ao decair gera outro radionuclídeo (filho) de meia vida consideravelmente menor, de forma tal que a atividade do filho rapidamente atinge o equilíbrio secular com o pai. O pai deve possuir meia-vida suficientemente longa (alguns meses a alguns anos) de forma tal que o gerador tenha uma vida útil razoável. O filho deve ser facilmente eluído da coluna de material adsorvente por um eluente que não desloque o pai; além disto, deve emitir radiações de natureza e energia tais que o tornem utilizáveis para traçar sistemas industriais, biológicos ou ambientais.

Este trabalho é a fase inicial de uma pesquisa que está ligada ao projeto *“Evaluation and validation of radioisotopes generators-based radiotracer for industrial applications”*, financiado pela Agência Internacional de Energia Atômica. O programa propõe a produção de geradores de radioisótopos em diversos países com o objetivo de contribuir com o desenvolvimento da tecnologia de traçadores radioativos e sua transferência aos países em desenvolvimento. Ao Brasil, coube desenvolver um gerador de Índio.

Os isótopos de índio ^{111}In , ^{113}In e ^{115}In são amplamente utilizados. Destes, ^{113}In e ^{115}In podem ser gerados utilizando-se os pares $^{113}\text{Sn}/^{113\text{m}}\text{In}$ e $^{115\text{m}}\text{Cd}/^{115\text{m}}\text{In}$ com auxílio de um reator nuclear. Este trabalho descreve o processo de escolha do nuclídeo pai, o

estudo das condições de irradiação e condições de eluição do filho por diferentes materiais adsorventes.

OBJETIVO

O presente trabalho visa o estudo das condições de obtenção, decaimento e separação de núclídeos pai e filho para desenvolver um gerador de radioisótopo de Índio. Visa-se aplicações industriais, como um estágio inicial, para posteriores aplicações em medicina.

METODOLOGIA

Escolha do Nuclídeo Pai: Os pares $^{113}\text{Sn}/^{113\text{m}}\text{In}$ e $\text{Cd}^{115\text{m}}/^{115\text{m}}\text{In}$ podem ser empregados na produção de radioisótopos de índio através de geradores. Embora a meia vida do $^{115\text{m}}\text{Cd}$ (44,8 d) seja menor do que a do ^{113}Sn (115,1 d), a sua utilização como radioisótopo pai tem a vantagem de ser viável produzi-lo em reatores nucleares de pesquisa de pequeno porte a partir do isotopicamente enriquecido. O que se perde na vida útil de cada carga pode ser compensado com vantagem por se prescindir da disponibilidade de um reator de maior porte. O uso de alvo de ^{114}Cd enriquecido se deve a que a abundância isotópica deste nuclídeo ser apenas 28,8%, sendo este produto disponível no mercado. Dessa forma, o sistema $^{115\text{m}}\text{Cd}/^{115\text{m}}\text{In}$ foi escolhido para o desenvolvimento do trabalho.

Condições de irradiação: As condições de irradiação foram definidas levando-se em consideração a atividade das soluções citadas e trabalhos estudados durante a revisão bibliográfica, além da potência do

gerador disponível para o desenvolvimento do projeto e a conseqüente massa de ^{114}Cd necessária para os testes em laboratório. Para os cálculos, foi utilizada a equação (1) abaixo, uma técnica para estimação de atividade descrita por Routti [2]. A equação fornece a razão com a qual o radioisótopo produzido pela irradiação de um elemento natural é desintegrado.

$$A = \frac{mfNo\phi f}{100M} [(1 - \exp(-\ln 2 \times ti / T1/2)) \exp(-\ln 2 \times td / T1/2)]$$

(1)

De acordo com a equação acima, $3,6 \times 10^3$ Bq (aproximadamente $0,1 \mu\text{Ci}$) de ^{115}Cd pode ser obtida por irradiação de $0,010$ g de Cd isotopicamente enriquecido a 98% em ^{114}Cd , sob um fluxo de nêutrons $6,6 \times 10^{11}$ n/cm².s, durante cinco horas. Rodrigues [1] descreve, sem muitos detalhes, o procedimento de testes cromatográficos onde foi utilizada solução de cloreto de cádmio a uma atividade de $3,7 \times 10^3$ ($0,1 \mu\text{Ci}$). Tendo essa informação como ponto de partida, foi estudado o enriquecimento isotópico do Cd, a massa do precursor bem como o tempo de irradiação necessário para alcançar essa atividade.

Testes cromatográficos: Dois diferentes complexos de cádmio serão sintetizados em duas séries de experimentos: CdI_4^{2-} e CdCl_4^{2-} , sendo CdI_4^{2-} o mais estável quimicamente entre os dois. As sínteses serão feitas pelo método utilizado por Mirza [3] (método semelhante utilizado por Rdriguês [1]), e Ehrhardt [4]. Pretende-se testar o desempenho de quatro diferentes fases estacionárias, todas elas utilizadas nos artigos estudados. São elas sulfato de zircônio, sílica gel, alumina G e a resina aniônica dowex 1x8 na forma de Cl^- . Ácido clorídrico foi escolhido como a fase móvel, por ser este o eluente utilizado em todas as metodologias encontradas na literatura. Por último, o pH da solução de HCl será otimizado para uma maior eficiência da

separação física. Todos os parâmetros especificados acima foram escolhidos com base em estudos teóricos feitos até o momento. Todos eles terão seu efeito no resultado final estudado em laboratório, podendo ser alterados, se preciso for, para a obtenção de uma melhor resposta.

CONCLUSÕES

Os estudos preliminares apontam ser possível a construção do gerador sem a disponibilidade de um gerador de grande porte. A tecnologia poderá beneficiar comunidades distantes dessa ferramenta.

O CdO, enriquecido a 98% em ^{114}Cd , a ser utilizado nesta pesquisa, não é disponível no Brasil, sua importação foi feita de uma empresa situada em Paris. Devido à distância, à peculiaridade do material e à trâmites burocráticos, o CdO ainda não foi entregue. Assim que for efetuada a entrega do material, o trabalho em laboratório será iniciado, visto que este projeto ainda não foi concluído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Rodriguês, E. R. Utilização de Cádmio como matriz para produção de geradores de radioisótopos de meia vida curta sistemas: $^{115}\text{Cd}/^{115\text{m}}\text{In}$ e $^{115\text{m}}\text{Cd}/^{115\text{m}}\text{In}$. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.
- [2] Routti, J. T. Analytical Chemistry, vol. 40 (3), p. 593-602, 1968.
- [3] Mirza, M. Y. Radiochimica Acta, vol. 14, p. 63-65, 1970.
- [4] Ehrhardt, G. J.; Volkert, W.; Goeckeler, W. F.; Kapsch, D. N. Journal of Nuclear Medicine, vol. 24, p. 349-352, 1983.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA.

Síntese de catalisadores à base de ferro e molibdênio suportados em óxido de magnésio para a síntese de nanotubos de carbono por CVD.

Leandro Assis Magalhães e Adelina Pinheiro Santos
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear- CDTN

INTRODUÇÃO

Nanotubos de carbono (NCs) são nanoestruturas de grande importância tecnológica, devido a um conjunto de propriedades ópticas, térmicas, mecânicas e químicas [1]. Um dos métodos empregados para a síntese de NCs é a deposição química da fase vapor (CVD), a qual consiste na decomposição térmica de moléculas contendo carbono, como hidrocarbonetos e CO, sobre um sistema catalisador nanoparticulado [1]. Nanopartículas de metais de transição como Fe, Co e Ni, suportadas em matrizes cerâmicas têm sido bastante utilizadas como catalisadores, entretanto, o processo de crescimento dos NCs nestes sistemas ainda não é totalmente compreendido. Alguns estudos mostraram que a interação das partículas do metal de transição com a matriz cerâmica tem influência no rendimento e nas classes de carbonos formados. Visando contribuir neste tema, temos desenvolvido um estudo sobre catalisadores bimetálicos à base de Fe e Mo suportados em óxido de magnésio, visando entender o papel do Mo na estrutura do catalisador e na síntese de NCs. Neste trabalho, apresentamos a síntese e a caracterização de sistemas catalisadores Fe-Mo/MgO com várias concentrações de Mo.

OBJETIVO

Estudo da influência da concentração de molibdênio no rendimento da síntese de nanotubos de carbono através do

método CVD com catalisadores metálicos de ferro e molibdênio suportados em óxido de magnésio.

METODOLOGIA

Os catalisadores foram preparados pelo método de co-precipitação de hidróxidos a partir de sais solúveis dos metais, nas seguintes proporções molares de Fe:Mo:MgO 1:0:11,5 1:0,05:11,5, 1:0,1:11,5, 1:0,2:11,5, 1:0,35:11,5 e 1:0,5:11,5. Os precipitados formados foram posteriormente calcinados a 500°C/1h e os materiais obtidos, caracterizados por microanálise por EDS (microsonda eletrônica), termogravimetria (TG/DTG), espectrofotometria de absorção atômica e difração de raios X (DRX).

RESULTADOS

Os resultados de DRX (Figura 1) indicam que, diferentemente da amostra contendo apenas Fe, ocorre a formação de hidróxidos duplos lamelares em todas as amostras contendo Mo, com reflexões nas posições $2\theta = 11,32$ e $22,06^\circ$ [2] (triângulos vermelhos). Os picos marcados com círculos azuis na Figura 1 representam reflexões típicas da fase hexagonal do hidróxido de magnésio. As amostras recém calcinadas apresentam os picos da fase cúbica do óxido de magnésio e picos referentes a uma fase óxido de Fe que podem ser atribuídos à magnetita ou ferrita de Mg. Observa-se que na presença de Mo, os picos estão mais alargados, menos intensos e

deslocados em relação àqueles do MgO puro, o que evidencia uma desorganização na estrutura do óxido, com provável substituição do Mg^{2+} por íons Mo^{x+} .

Os espectros de EDS indicaram a presença esperada de Fe, Mg, O e Mo, bem como de Si, provavelmente devido à contaminação pela vidraria utilizada. Observou-se pelas curvas TG/DTG que a temperatura de decomposição dos hidróxidos diminui com o aumento do teor de Mo, indicando substituição e desorganização da estrutura.

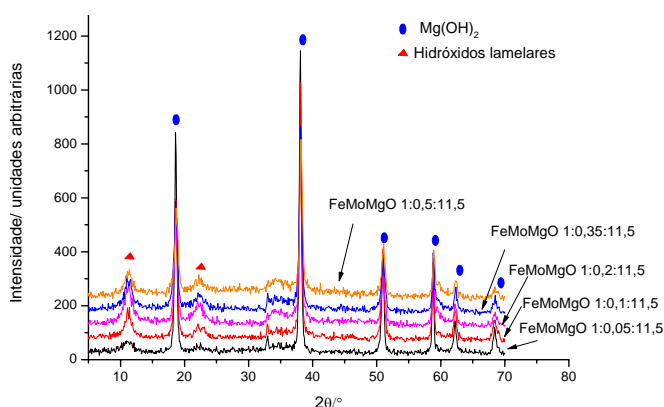


Figura 1. Difratogramas dos catalisadores Fe-Mo/MgO não calcinados. Radiação: $CuK\alpha$.

CONCLUSÕES

O método de síntese dos catalisadores foi eficiente para a formação de materiais homogêneos. As análises por DRX indicam a formação de hidrotalcitas nos hidróxidos contendo Mo sintetizados pelo método de coprecipitação. Os materiais calcinados apresentaram diferenças estruturais dependentes do teor de Mo. Os dados aqui observados serão posteriormente correlacionados aos tipos de NCs e outros carbonos formados na síntese CVD usando etileno como fonte de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Dresselhaus M. S., Dresselhaus G., Avouris Ph. Carbon Nanotubes:

Synthesis, Structure, Properties and Applications Springer-Verlag, Berlin, 2001.

[2] Conceição. L, S. B. C. Pergher, C. C. Moro, L. C. A. Oliveira, *Química Nova*, vol. 30, no. 5, 1077-1081, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Estudos hidrológicos com a técnica de traçadores na bacia representativa de Juatuba

Lígia Santana de Faria e Marcos Machado Drumond
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Considerando a carência de pesquisas em recursos hídricos no país, o CDTN criou um programa de pesquisas para aplicar a técnica de traçadores em estudos hidrológicos na Bacia de Juatuba que, por ter características fisiográficas semelhantes às das bacias situadas na região central do Estado, foi escolhida pelo Governo Brasileiro para representá-las. Dentro desse programa, desenvolvem-se projetos envolvendo Estudos de Enchentes, Determinação das Taxas de Infiltração e Evapotranspiração, Estudos sobre a Formação de Escoamentos, dentre outros [1 e 2].

OBJETIVO

Os principais objetivos do projeto onde foram desenvolvidas as atividades da bolsa eram determinar as taxas de infiltração e evapotranspiração, utilizando o trítio artificial como traçador, e estabelecer um balanço hídrico em um trecho da Bacia Juatuba situado nas nascentes do ribeirão Serra Azul.

METODOLOGIA

Em novembro de 2006, fez-se o lançamento do traçador (água tritiada) em seis lotes com dimensões de 3m x 6m, escolhidos previamente, de forma a representar as características fisiográficas da bacia. Visando monitorar a evolução da nuvem de trítio no solo e, ao mesmo tempo, quantificar o volume de água existente na camada de solo acima da nuvem de traçador, foram

coletadas amostras de solo nos seis lotes, em camadas de 15cm, dois dias após lançamento e nos meses de fevereiro, maio, novembro de 2007 e maio de 2008. Uma parcela de cada amostra foi processada em linha de extração de umidade, visando à determinação posterior das concentrações de trítio. Outra parcela foi colocada em estufa para secagem e posterior determinação do teor de umidade existente nas camadas de solo acima da nuvem de trítio.

RESULTADOS

Com base nos resultados dessas análises foram determinadas as alturas infiltradas no solo e calculado, considerando-se os tipos de solo e de cobertura vegetal, o valor médio para a bacia como um todo, para o período 2006-2007.

A altura infiltrada encontrada foi de 245mm, que corresponde a cerca de 20% do total precipitado. Este resultado foi utilizado, juntamente com as alturas de chuva e de escoamento superficial do período, para estabelecer-se um balanço hídrico e estimar-se a altura de evapotranspiração, que foi cerca de 75% do total precipitado na bacia.

CONCLUSÃO

O método que utiliza o trítio como traçador mostrou-se bastante eficaz para determinar a taxa de infiltração, permitindo estabelecer-se um balanço hídrico bem mais preciso que o usual no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DRUMOND, M. M., A Técnica de Traçadores e seu Potencial para ampliar o Conhecimento Hidrológico sobre as Bacias Brasileiras: um Estudo aplicado à Bacia Representativa de Juatuba-MG – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG, 2004, Belo Horizonte – MG.

[2] DRUMOND, M. M. Projeto de Pesquisa Aplicação da Técnica de Traçadores ao Estudo de Hidrogramas de Cheia na Bacia Representativa de Juatuba-MG - Relatório Final para a FAPEMIG, CDTN/CNEN 2001, Belo Horizonte – MG.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FINEP – Financiador de Estudos e Projetos

Competição do veneno de *Tityus breweri* com a toxina TsVII do veneno de *Tityus serrulatus* pelos canais de sódio presentes nas membranas cérebro corticais de rato

Luíza de Oliveira Hudson e Raquel Gouvêa dos Santos
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

No Brasil o escorpionismo é um problema sério de saúde pública. As toxinas responsáveis pelos efeitos nocivos são proteínas que interagem com sítios específicos dos canais iônicos presentes nas membranas celulares. Com base em estudos existentes sobre o escorpião *Tityus serrulatus* buscou-se maiores elucidações sobre o veneno do escorpião venezuelano *Tityus breweri*. Testes feitos anteriormente por nosso grupo, demonstraram a reatividade cruzada entre anticorpos surgidos contra o veneno total e TsVII de *T. serrulatus* e o veneno de *T. breweri*. Tal fato permite inferir a existência de similaridade molecular entre componentes tóxicos presentes no veneno dessas duas espécies e a possibilidade de se gerar uma vacina comum para tratamento de vítimas de acidentes com escorpiões brasileiros e venezuelanos.

OBJETIVO

Avaliar a capacidade do veneno de *T. breweri*, um escorpião venezuelano, competir pela ligação específica da toxina TsVII, principal componente tóxico isolado do veneno de *T. serrulatus*, em canais de sódio presentes na membrana de cérebro de rato.

METODOLOGIA

Radioiodação da toxina TsVII com NaI¹²⁵ [1].

Preparação sinaptosomal de cérebro cortical de rato foi realizada de acordo com protocolo descrito por Gray e Whittaker [2].

Dosagem de proteína das preparações sinaptosomais [3].

Ensaio de competição da interação de 125I-TsVII com canais de sódio presentes em membranas sinaptosomais de cérebro de rato: Membranas sinaptosomais foram incubadas em tampão de incubação (Tris-HCl 50mM, BSA 0,1%, pH7,4) com 125I-TsVII na presença ou ausência de um excesso de TsVII nativa ou veneno de *T. breweri*. A radioatividade ligada ao tecido foi medida por espectrometria gama [4].

RESULTADOS

Nosso grupo demonstrou que anticorpos contra o veneno de escorpião *T. serrulatus* e contra a toxina TsVII possuem reatividade cruzada com venenos do escorpião de *T. breweri*. Através dos ensaios de competição da interação de 125I-TsVII com canais de sódio, demonstramos que o veneno de *T. breweri* é capaz de competir fortemente com a ligação de TsVII em canais de sódio cerebrais. IC₅₀ de *T. breweri* foi igual a 2,0x10⁻¹¹g/ml Este fato sugere que no veneno de *T. breweri* existem componentes TsVII-like. Fez-se também a competição do veneno de *T. breweri* em várias concentrações com a toxina radiomarcada.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que o veneno do escorpião venezuelano *T. breweri* compete especificamente com a toxina TsVII conhecida toxina ligante do sítio 4 do canal de sódio tanto de mamíferos quanto de insetos. Estes dados indicam a presença de componente TsVII-like no veneno de *T. breweri*. O resultados apontam para a potencial aplicação de uma vacina para tratamento de picadas de escorpião venezuelano baseada no componente TsVII-like.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[26]Thorell J.L & Johansson B.G. Enzymatic iodination of polypeptides with I125 to high specific activity. Biochim. Biophys. Acta. 251:363,1971.

[27]Gray, E.G., Whittaker, V.P.. The isolation of never endings from brain: an electron microscope study of cell fragments derived by homogenization of centrifugation. J. Anat. 96, 79-87, 1962.

[28] Lowry O.H. Rosenbrough N.I. Faar A.L Randall R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193 265-275, 1951.

[29]Hulme E.C. Receptor-ligand interactions - A practical approach, 1992.

[30] Rochat H. Bernard P. Couraud. F. Radioiodination of scorpion and snake toxins. Analytical Biochemistry. 82, 532-548, 1977,

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, CDTN/CNEN

Modelagem da propagação de trinca por fadiga de juntas do aço ABNT 1016 soldadas por processo gmaw

Mariana Pimenta Alves e Jefferson José Vilela
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um produto possui várias fases que devem ser bem planejadas de modo que a transição das etapas ocorra de maneira eficaz e segura. Na indústria automobilística, testes em campo são realizados através da "fase mula", etapa que antecede a construção de protótipos. Para a fabricação da estrutura de sustentação de sistemas mecânicos tais como suspensão, descarga e tubulações, emprega-se a soldagem GMAW.

As condições de operação desta estrutura, fabricada a partir do aço ABNT 1016 laminado a quente, envolvem cargas cíclicas que podem levar à falha por fadiga. Por se tratar de um conjunto soldado, a propagação da trinca deve ser estudada nas regiões definidas pela macroestrutura de soldas por fusão: metal de base, zonas fundida e termicamente afetada, Empregou-se os modelos de Paris [1] e Bergner [2].

OBJETIVO

Obter as expressões matemáticas para a evolução da taxa de propagação de trinca por fadiga (da/dN) *versus* faixa de fator de intensidade de tensão (σ/K) para o aço ABNT 1016 laminado a quente na direção TL, nas zonas fundida e termicamente afetada obtidas por soldagem GMAW segundo os modelos propostos e comparar os mecanismos de propagação nas regiões.

METODOLOGIA

Para a soldagem, utilizou-se um dispositivo automatizado para a padronização. A união foi realizada na posição plana/horizontal, com metal de adição ER70S-G, arame tubular, gás de proteção composto por uma mistura de 15% de CO_2 e 85% de Ar, corrente contínua com polaridade positiva, passe único com chanfros 1V e $\frac{1}{2}V$ com folga de 2,5 mm e ângulos de abertura da junta de 90° e 45° , respectivamente.

Os ensaios de propagação de trinca por fadiga foram realizados utilizando corpos-de-prova pré-trincados do tipo C(T), sob amplitude constante de carga, em condições ambientes, com frequência de 40 Hz, razão de carga $R=0,1$, espessura de 12 mm e $W=60$ mm, conforme a norma ASTM E647 [3]. Utilizou-se uma máquina servo-hidráulica universal Instron, modelo 8802. A medição do tamanho de trinca foi realizada através de um *clip-gauge* Instron, modelo 2670-116. Os CPs do metal de base foram confeccionados segundo a direção TL, enquanto que, para a análise da zona fundida e da zona termicamente afetada, a direção da trinca acompanhava os chanfros 1V e $\frac{1}{2}V$, respectivamente.

Realizou-se análise metalográfica e ensaio de microdureza na raiz e no topo da solda. A amostra foi lixada, polida e submetida a ataque por solução Nital 2,5%. Utilizou-se um microscópio óptico marca Leitz, modelo Ortholux para visualizar as microestruturas. Um perfil de microdureza Vickers foi realizado por um microdurômetro marca Leitz, modelo Durimet, com carga de 100 g.

RESULTADOS

As curvas de propagação de trinca por fadiga foram obtidas para o metal de base e para a zona fundida. Durante os ensaios da ZTA a trinca se desviou em direção ao metal de base, o que impossibilitou a conclusão de sua modelagem (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros da modelagem

METAL DE BASE					
Paris	C	$8,39 \times 10^{-9}$	Bergner	C	$2,318 \times 10^{-4}$
	m	2,863		m	2,863
	r^2	0,883		ΔK_0	39,03
			r^2	0,851	
ZONA FUNDIDA					
Paris	C	$3,26 \times 10^{-13}$	Bergner	C	$2,571 \times 10^{-7}$
	m	$5,631 \pm 0,128$		m	5,631
	r^2	0,793		ΔK_0	13,37
			r^2	0,711	

A análise metalúrgica revelou que o MB apresenta uma granulometria mais fina do que a ZTA (Figura 1), o que poderia dificultar a propagação da trinca nessa direção. Porém, a ZF apresenta uma dureza mais elevada do que o MB. A maior resistência mecânica na ZF pode ter forçado o desvio da trinca para o outro lado (Figura 2).

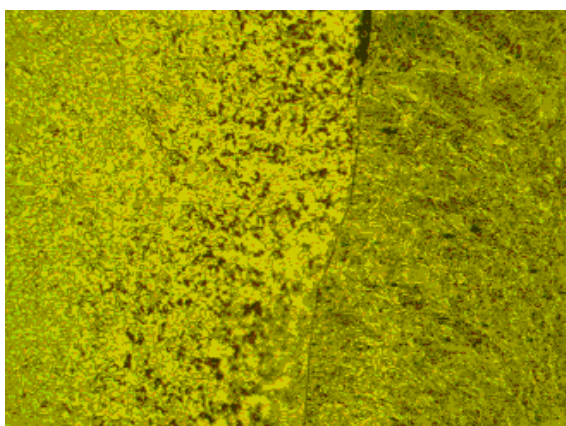


Figura 1 – Micrografia da ZTA. Ampliação de 50X.

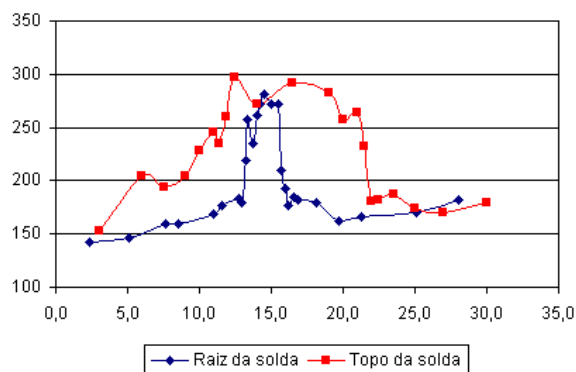


Figura 2 – Perfis de microdureza da ZTA.

CONCLUSÕES

Tanto o modelo de Paris & Erdogan quanto o modelo de Bergner & Zouhar mostraram que a propagação de trinca por fadiga para a zona fundida foi mais rápida quando comparada ao metal de base. O entalhe $\frac{1}{2}V$ não garantiu que a trinca se propagasse somente na ZTA em razão da sua baixa espessura, conforme resultados de microdureza. Ela desviou sua trajetória atravessando vários tipos de microestrutura o que impossibilitou a modelagem da propagação. A diferença de dureza entre o metal de base e zonas termicamente afetada e fundida pode ter provocado o desvio da trinca de sua trajetória original.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Paris, P.C., Erdogan, F. A Critical Analysis of Crack Propagation Laws, Journal of Basic Engineering 85, 528-534, 1963.
- [2] Bergner, F., Zouhar, G. A New Approach to the Correlation Between the Coefficient and the Exponent in the Power Law Equation of Fatigue Crack Growth. International Journal of Fatigue, 22, n. 3, 229-239, 2000.
- [3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. E647: Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates. ASTM, 628-670, 2000.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

A equipe agradece ao CNPq, FAPEMIG, FIAT Automóveis e PUC Minas.

Interação da água com partículas de turmalina preta

Matheus Neves Lana e Ana Maria Matildes dos Santos
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Há muito tempo se conhecem as propriedades piroelétricas e piezoelétricas da turmalina. Porém, ainda há poucos trabalhos científicos que fundamentam as suas aplicações industriais. Somente nos dois últimos anos passou a figurar na Web of Science um maior número de trabalhos sobre esse assunto.

A turmalina é encontrada em dois tipos principais de ambientes geológicos: rochas ígneas, em particular o granito e pegmatitos graníticos e nas rochas metamórficas, como o xisto e o mármore.

Especula-se que a turmalina interage com a água alterando as suas propriedades físico-químicas, porém ainda não se sabe quais as causas das alterações e isso tem sido alvo de estudo. Há indícios de que o campo magnético altere permanentemente as propriedades físico-químicas da água [1].

Nos últimos dois anos foram feitos estudos sobre as propriedades da turmalina, mas ainda não há consenso sobre a interação de partículas de turmalina com a água.

Neste trabalho busca-se constatar se a turmalina aumenta a temperatura da água e se esse aquecimento é grande o suficiente tal que possa ser utilizado na prática. Como, também, verificar se a interação entre turmalina e água altera o tamanho dos aglomerados de moléculas da água ou a taxa de condensação da água.

OBJETIVO

Abordar questões referentes à interação de partículas de turmalina com a água.

METODOLOGIA

A metodologia consistiu em inicialmente utilizar um desumidificador de ar para verificar a taxa de condensação da água no meio ambiente. Como não foi possível fazer a medição da interação da turmalina com a água com o uso de uma tinta, o uso do desumidificador foi abandonado.

Foi, então, desenvolvida uma montagem para medir a taxa de condensação da água e influência da turmalina sobre essa taxa. Nesta montagem utilizou-se nitrogênio líquido para manter a água congelada dentro de um recipiente.

Foram realizadas medidas de FTIR (Infravermelho com Transformada de Fourier) em névoa de água.

Além disso, foram feitas medidas espectrométricas na região do infravermelho da água deionizada com e sem partículas de turmalina, para verificar a interação das bandas de absorção da água com a turmalina, utilizando-se o dispositivo de reflectância atenuada (ATR). Essas medidas foram baseadas no método citado por Y Raichlin et al. [2].

RESULTADOS

A utilização do desumidificador de ar se tornou inviável, pois não foi possível pintar o seu interior com uma tinta

enriquecida com partículas de turmalina preta, para que fosse medida a taxa de condensação da água na tinta com e sem turmalina. Para a medida da taxa de condensação foi feita uma montagem, cujo projeto está na Figura 1, a montagem está em fase de teste.

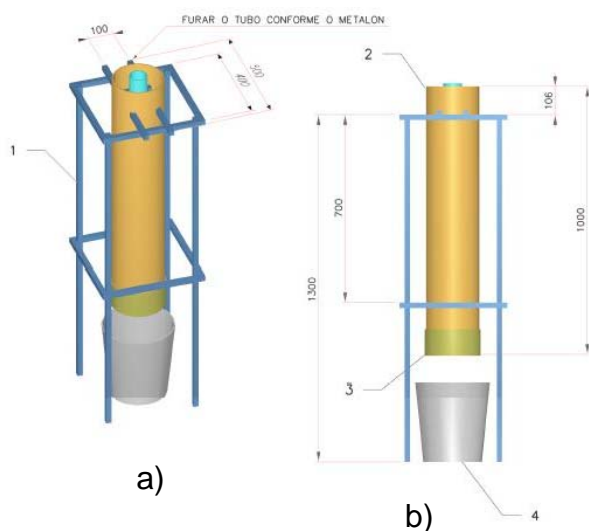


Figura 1: Projeto da montagem para medição da taxa de condensação da água. a) Vista panorâmica, b) vista frontal.

Para a medida do infravermelho foram feitas medidas FTIR da água deionizada utilizando janelas de CaF_2 , e da água em névoa. Porém os espectros utilizando janelas de CaF_2 fornecem pouca informação devido ao fato das janelas absorverem números de onda menores que 1000cm^{-1} , e o espectro obtido utilizando o dispositivo de ATR fornece mais informações do que o espectro obtido da água em névoa.

A Figura 2 mostra o espectro de absorção obtido da água deionizada e da água deionizada com partículas de turmalina com uma concentração de 3 g/L, utilizando-se FTIR/ATR.

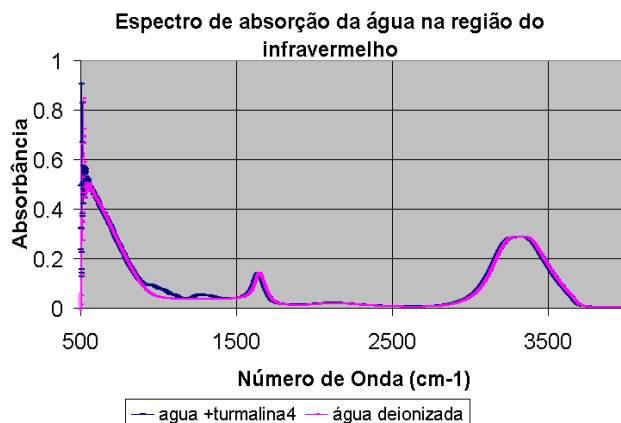


Figura 2: Espectro de absorção da água deionizada na região do infravermelho

Os dados obtidos até o momento não são conclusivos para indicar interação da água com partículas de turmalina preta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[31]Tese de doutorado: Alterações de propriedades da água por processos físicos e químicos. Maria Eugênia Garcia Porto. Campinas, SP.

[32]Y Raichlin, A. Millo, A Katzir Investigations of the Structure of Water Using Mid-Ir Fiberoptic Evanescent Wave Spectroscopy. Physical Review Letters. V. 93, n.18, Oct 2004 .

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Síntese de compósito Ferrita de Cobalto - Titanato de Bário

Mônica Guimarães Vieira e Juliana Batista da Silva
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN

INTRODUÇÃO

Materiais multi-ferróicos são aqueles que apresentam pelo menos duas das três propriedades ferróicas: magnetismo, ferroelasticidade e ferroelasticidade [1]. Os multi-ferróicos mais interessantes são os ferrimagnéticos-ferroelétricos, os quais têm despertado grande interesse da comunidade científica, porque além da coexistência destas propriedades no mesmo material também existe a possibilidade de interação entre elas, o chamado efeito magneto-elétrico [2]. Para que o efeito seja observado é necessário um bom acoplamento mecânico e homogeneidade das fases. Estes materiais podem ser utilizados em elementos de memória de múltiplos estados, no controle elétrico de dispositivos de ressonância magnética e em transdutores com piezoelectricidade modulada magneticamente [3].

OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo obter o compósito constituído de fase ferroelétrica (BaTiO_3) e fase ferrimagnética (CoFe_2O_4).

METODOLOGIA

A CoFe_2O_4 foi preparada por co-precipitação, liofilizada e então misturada à solução sol-gel precursora de BaTiO_3 . Após secagem, o pó escuro obtido foi calcinado e caracterizado por DRX. Uma pastilha do pó prensado e sinterizado foi analisada por microsonda eletrônica. Medidas de magnetização da ferrita e do compósito

na forma de pós foram feitas usando um magnetômetro portátil.

RESULTADOS

As fases cristalinas CoFe_2O_4 e BaTiO_3 foram observadas a partir da temperatura de calcinação de 900°C , com tamanho de partícula de 33 e 39 nm, respectivamente, estimados pela equação de Scherer (Figura 1).

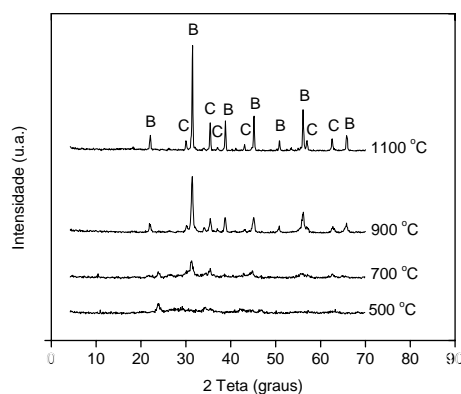


Figura 1. DRX do pó compósito calcinado (B= BaTiO_3 ; C= CoFe_2O_4)

A análise por microsonda eletrônica (EDS) da pastilha prensada e sinterizada a 1200°C (4h) revelou homogeneidade de composição química, pelo menos em escala micrométrica. A fase mais escura mostrou-se mais rica em Fe e Co, e foi identificada como CoFe_2O_4 . A fase mais clara foi identificada como BaTiO_3 . A densidade geométrica da pastilha sinterizada corresponde a apenas 67% da densidade teórica do compósito.

Medidas de magnetização indicaram que a CoFe_2O_4 manteve suas propriedades magnéticas quando dispersa na matriz

BaTiO₃. A magnetização obtida foi de 60mu/g tanto para a CoFe₂O₄ pura quanto para a CoFeO₄ dispersa.

CONCLUSÕES

Um compósito BaTiO₃ - CoFe₂O₄ com alta concentração da fase magnética (48%) foi preparado com sucesso. A DRX revelou cristalinidade das fases a partir de 900° C com tamanhos de partícula menores que 40nm para ambos os constituintes, não sendo detectada a presença de outras fases. A dispersão das fases constituintes na pastilha sinterizada ocorreu em escala micrométrica. A baixa densidade provavelmente resultou de sinterização insuficiente. As propriedades magnéticas da CoFe₂O₄ foram preservadas no compósito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Schmid, H., *Ferroelectric*, 162, 665-685, 1994.
- [2] Suryanarayana, S. V., *Bulletin of Materials Science*, 17, 1259-1270, 1994.
- [3] Cheong, S., Mostovoy, M., *Nature Materials* 6, 13-20, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Apoio financeiro do CNPq .

Cromatografia por troca iônica – avaliação de alguns parâmetros cromatográficos na separação de As (III) e As(V)

PAÏLLA CHRYSTINE PINHEIRO PATRÍCIO E
MARIA ÂNGELA DE BARROS CORREIA MENEZES
Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

A região do Quadrilátero Ferrífero localizado em Minas Gerais, Brasil, é rica em minerais, apresentando extensa atividade mineradora. Diversos trabalhos indicam que a exploração mineral e atividades correlatas são as principais fontes de contaminação por arsênio dos rios, sedimentos, plantas e peixes [1,2,3]. Com objetivo de se avaliar a influência de elementos liberados nessa atividade nos diversos componentes da cadeia alimentar, principalmente em alimentos produzidos na região, foram desenvolvidos diversos projetos no CDTN [2,3], como:

- Iron Quadrangle, Brazil: assessment of health impact caused by mining pollutants through chain food applying nuclear and related techniques- IAEA - BRA 11920;
- “Distribuição, especiação e transporte de Hg, As e Sb em sedimentos, água e biota liberados para o meio ambiente por processos naturais e antropogênicos”, tese de Doutorado, já concluída, de Helena Eugênia Leonhardt Palmieri – CDTN/UFOP.

Ao longo do desenvolvimento destes projetos, verificou-se a presença de arsênio em amostras de sedimentos com 1% de As, solo 0,07%, planta ornamental com 0,03% e planta comestível com 5,0 mg.L⁻¹. Assim, os resultados indicam a necessidade de serem desenvolvidos estudos de absorção de arsênio por plantas.

OBJETIVO

Estabelecer um método para a determinação de arsênio em águas e

plantas por HPLC, visando futuros estudos de especiação. Determinar alguns parâmetros de validação do método (limite de detecção e quantificação, linearidade, exatidão, precisão). As concentrações totais de arsênio determinadas serão comparadas aos resultados obtidos por ativação neutrônica, técnica estabelecida no CDTN/CNEN utilizando Reator TRIGA MARK I IPR-R1.

METODOLOGIA

As separações cromatográficas foram realizadas em um sistema de CLAE modelo LC-10 da Shimadzu Corp., com detector ultravioleta-visível de comprimento de onda fixo. O método de separação desenvolvido, capaz de quantificar as duas espécies de Arsênio, As(III) e As(V), foi alcançado com um sistema de eluição isocrático. A coluna de troca aniônica utilizada mede 100 x 3,9 mm, recheada com uma fase estacionária de metacrilato contendo grupos funcionais do tipo amônio quaternário, com tamanho de partícula de 10 µm. A fase móvel usada foi uma solução tampão em pH 8,2 de K₂HPO₄.3H₂O 2,79 mmol.L⁻¹ / KH₂PO₄ 0,14 mmol.L⁻¹ em uma vazão de 1,0 mL.min⁻¹. O volume de injeção dos padrões foi 20 µL e o comprimento de onda selecionado foi 193 nm. A temperatura da célula de detecção foi mantida em 40 °C. Para a construção da curva analítica, foram preparadas diluições de As(III) e As(V) em concentrações variando de 0,005 mg.L⁻¹ a 75 mg.L⁻¹ a partir de suas respectivas soluções padrão estoque. Estes padrões foram injetados separadamente para

otimização das condições de trabalho assim como definir o tempo de análise e verificar a melhor separação entre os analitos de interesse.

RESULTADOS

Para preparar a curva analítica, os resultados foram obtidos pelo cálculo de regressão linear, pelo método dos mínimos quadrados. Para determinar os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) dos ânions, injetaram-se padrões cobrindo uma faixa de 0,5 mg.L⁻¹ a 75 mg.L⁻¹ para As(III) e 0,005 mg.L⁻¹ a 20 mg.L⁻¹ para As(V), considerando, para efeito de cálculo na regressão, a média das concentrações de três injeções. Utilizou-se o método visual de tal modo que se pudesse distinguir entre o ruído e o sinal analítico estabelecendo-se a menor concentração detectável (TABELA 1).

TABELA 1 – LIMITES DE DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO PARA ESPÉCIES DE ARSÊNIO.

	As(III)	As(V)
LD	0,5 mg.L ⁻¹	0,005 mg.L ⁻¹
LQ	5 mg.L ⁻¹	0,05 mg.L ⁻¹

A resolução entre os picos mede a qualidade da separação entre eles: quanto mais distantes, melhor a separação e mais segura é a quantificação. O valor de resolução entre os picos de As(III) e As(V) foi de 4,9, indicando separação eficaz entre os mesmos. O fator de assimetria obtido foi de 1,38 para As(III) e 1,16 para As(V) apresentando, portanto, valores inferiores a 1,5, descrito na literatura como aceitável para amostras de interesse. O cromatograma é apresentado na Figura 1.

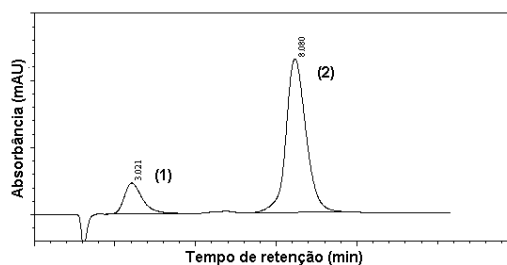


Figura 1- Cromatograma da separação de uma mistura de padrões contendo 20 mg.L⁻¹ de As(III) (1) e 1 mg.L⁻¹ de As(V) (2). Condições cromatográficas: FM: K₂HPO₄.3H₂O 2,79 mmol.L⁻¹ / KH₂PO₄ 0,14 mmol.L⁻¹; Vazão: 1,0 mL.min⁻¹; Volume de injeção: 20 µL; Detecção: Ultravioleta-Visível.

CONCLUSÕES

A metodologia foi otimizada e os parâmetros iniciais estudados apresentaram ótimos resultados mostrando-se este método adequado às necessidades analíticas do que está sendo proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Matschullat J.; Borba R. P.; Deschamps; E.; Figueiredo, B. R.; Gabrio, T.; Schwenk, M. Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil. *Applied Geochemistry*, v.115, p.181-190, 2000.
- [2] Daus, B.; Wennrich, R. ; Morgenstern, P.; Weiss, H.; Palmieri, H. E. L.; Nalini, H. A. Jr.; Leonel, L. V. ; Monteiro, R. P. G ; Moreira, R. M. Arsenic speciation in plant samples from the Iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil. *Microchimica Acta*, v. 151, p. 175-180, 2005.
- [3] Menezes, M. Â. B. C.; Palmieri, H. E. L. ; Leonel, L. V.; Nalini Júnior, H. A.; Jacimovic, R. Iron Quadrangle, Brazil: elemental concentration determined by k⁰-instrumental neutron activation analysis, Part II: Kale samples. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 270, n. 1, p. 117-121, 2006.
- [4] Auler, L. M. L. A., Desenvolvimento de uma Nova Fase Estacionária para Cromatografia por troca Iônica, tese de doutorado, Campinas, São Paulo, 2006.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem ao CNEN/CDTN e à FAPEMIG.

Desenvolvimento do sistema de controle de um dispositivo de carregamento para análise do ruído magnético Barkhausen

Rafael de Souza Almeida e Silvério Ferreira da Silva Júnior
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Para a determinação de tensões residuais em componentes estruturais pela análise do ruído magnético Barkhausen (RMB) é necessário que se faça uma calibração cuidadosa do sistema de ensaio, para a obtenção de medidas com a precisão e repetibilidade necessárias. A calibração consiste em se gerar estados biaxiais de tensões conhecidos em corpos de prova do material que se deseja estudar e verificar os níveis do ruído magnético Barkhausen gerados no material para cada estado de tensões. Um dispositivo automatizado de carregamento está sendo desenvolvido no Laboratório de Ensaio Não Destrutivos do CDTN, para possibilitar a aplicação de carregamentos em corpos de prova cruciformes dos materiais de interesse, substituindo o dispositivo de carregamento manual existente no laboratório. O desenvolvimento realizado consiste no projeto e fabricação das partes mecânicas do dispositivo e no desenvolvimento de um sistema de controle para possibilitar a obtenção de deformações controladas nos corpos de prova utilizados. O uso desse equipamento possibilitará uma redução acentuada no tempo necessário para a calibração do sistema de ensaio, assim como um maior controle dos esforços aplicados aos corpos de prova durante a calibração. Como o dispositivo encontra-se em fase de fabricação, o desenvolvimento do sistema de controle está sendo feito utilizando-se montagens que simulam as condições de operação do Dispositivo

Automatizado de Carregamento (DAC), basicamente, vigas de isoflexão instrumentadas com extensômetros elétricos resistivos. Este tipo de montagem, apesar de simples, possibilitará o teste das principais funções implementadas no sistema de controle do dispositivo.

OBJETIVO

Desenvolvimento de algoritmos para configuração, aquisição e processamento de dados relativos ao Dispositivo Automatizado de Carregamento, de ensaios de tração e compressão em materiais. Este irá possibilitar a obtenção de estados de tensões conhecidos em corpos de prova cruciformes para a calibração do sistema de ensaio pela análise do ruído magnético Barkhausen.

METODOLOGIA

Utilizando-se extensômetros elétricos fixados em materiais utilizados como elementos estruturais, é possível determinar o estado de tensões presentes nos mesmos pois as deformações sofridas pelo material são transferidas ao extensômetro, produzindo variações em sua resistência. Para a simulação das condições de operação do DAC uma viga de isoflexão de aço ASTM A 36 foi instrumentada com uma roseta de três elementos KYOWA KFG-5-120-D17-11. Cada extensômetro da roseta teve seus terminais conectados a uma ponte de Wheatstone, cuja saída foi amplificada para ser posteriormente conectada a um dispositivo de aquisição de dados

NI-USB-6009. Através do software LabView 8.2[®] foram implementadas as informações referentes à roseta, às propriedades mecânicas do material do corpo de prova, disposição da roseta, características do carregamento e equações da resistência dos materiais para a determinação das tensões principais. A seguir, foram realizados diferentes carregamentos nas vigas e as tensões principais determinadas para cada condição de carregamento. Para fins de validação, as tensões principais foram determinadas analiticamente e os resultados comparados aos obtidos pelo software desenvolvido. A montagem experimental utilizada pode ser observada na Figura 1.



Figura 1. Dispositivo utilizado para medição de tensões.

RESULTADOS

Os resultados mostrados na Figura 2 se referem à introdução de uma carga conhecida na extremidade da viga mostrada na figura 1.

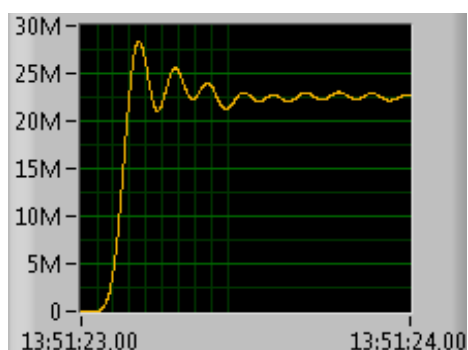


Figura 2. Tensão principal máxima (Pa) X Tempo.

A tela para acompanhamento dos parâmetros de controle pode ser observada na Figura 3.



Figura 3. Tela do software desenvolvido.

CONCLUSÕES

As tensões principais obtidas nos ensaios de tração dos materiais analisados aproximaram-se dos valores calculados teoricamente. As oscilações presentes nas respostas surgem devido ao ripple de tensão elétrica introduzido pela fonte de alimentação das pontes de Wheatstone. Como a oscilação da resposta é controlada, o software desenvolvido neste trabalho poderá ser usado no posterior controle de tração e compressão, pois a interface entre o ensaio e o processamento computacional permite que comandos diretos sejam aplicados à peça ensaiada, atuando assim no acionamento de motores de passo aliados ao dispositivo mecânico para aplicação de carga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Hoffmann K., An Introduction to Measurements using Strain Gages, HBM, 1989.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Avaliação da influência do zinco na iniciação de trincas por corrosão sob tensão da liga de níquel 600 em ambiente similar ao do reator PWR

Raphael Gomes de Paula e Célia de Figueiredo Cordeiro Neves
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

A Corrosão sob Tensão (CST) é um dos mecanismos de degradação responsáveis pela iniciação e propagação de trincas, as quais podem causar falhas estruturais normalmente súbitas e imprevisíveis [1]. A liga de níquel 600 Tabela 1 é usada na construção de alguns componentes metálicos de reatores nucleares do tipo PWR (Pressurized Water Reactor) [2]. Após anos de operação esta liga se mostrou suscetível à CST no circuito primário destes reatores [3]. A literatura indica que a presença de zinco incorporada nos filmes óxidos existentes na superfície da liga retarda o surgimento de trincas [4, 5].

Tabela 1. Composição química do Inconel 600 (%peso).

Ni	75,05	Cr	15,61	Fe	8,81
Mn	0,22	Al	0,08	Si	0,18
Ti	0,20	Co	0,10	Nb	0,20

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência do zinco na iniciação de trincas utilizando corpos-de-prova (CP's) do tipo dobramento em U em meio similar ao do circuito primário de reatores do tipo PWR. A Tabela 2 mostra a composição do meio utilizado.

Tabela 2. Composição do meio PWR

<i>Meio PWR</i>	
Boro	1200 ppm
Lítio	2,2 ppm
Oxigênio	< 5 ppb
Pressão	140 atm
Temperatura	325 °C

METODOLOGIA

Para a preparação dos CP's e para realização dos ensaios de corrosão sob tensão em corpos-de-prova com dobramento em U foi seguida a norma ASTM G 30 - 97 [6]. A barra de Inconel 600 foi cortada em lâminas de 100 x 9 x 3 mm. Após o corte, as lâminas de Inconel 600 foram lixadas e polidas até o acabamento superficial de 1 µm. Concluído o polimento os (CP's) foram tencionados em uma prensa hidráulica e fixados com parafusos de aço inoxidável Figura 1. Anéis de zircalloy oxidados foram utilizados para isolar os CP's dos parafusos evitando assim a formação de um par galvânico quando imersos no meio PWR.



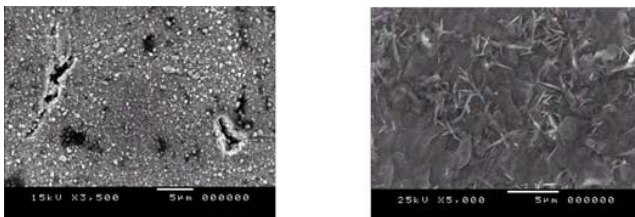
Figura 1. Corpo-de-prova (U-bend) utilizado para os ensaios no meio PWR.

RESULTADOS

Para o primeiro ensaio foram utilizados cinco CP's submetidos ao meio PWR sem adição de zinco durante um tempo de 1.272h . O segundo ensaio em meio PWR com adição de zinco, os CP's permaneceram durante 1296h. Após o tempo de exposição, os CP's foram retirados da autoclave e analisados de acordo com a seguinte metodologia:

- Observação das amostras no microscópio ótico;

- Determinação das prováveis regiões com trinca;
- Observação no microscópio eletrônico de varredura (MEV) da morfologia dos filmes óxidos formados (Figura 2);
- Determinação do tamanho médio das trincas.
- Realização de ensaio eletroquímico para caracterização dos óxidos (Figura 3).



(a) Sem Zinco (b) Com Zinco

Figura 2. Morfologia dos filmes óxidos formados nos CP's.

Na Figura 2(a) podem ser observadas micro-trincas iniciadas por CST, que não foram observadas nos ensaios realizados na presença de zinco (Figura 2(b)). A Figura 3 avalia a influência do zinco por meio de ensaios de impedância eletroquímica. Os maiores valores de impedância observados na presença de zinco indicam um aumento na resistência à corrosão da amostra.

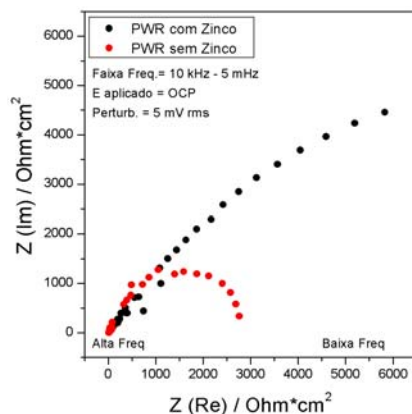


Figura 3. Gráfico de espectroscopia de impedância no plano Nyquist para CPs oxidados em meio PWR, com e sem zinco.

CONCLUSÕES

Os resultados preliminares obtidos mostram que o zinco adicionado à água do circuito primário dos reatores PWR pode ter papel fundamental na proteção da liga de níquel 600 com relação à CST. Foram observadas diferentes morfologias na formação dos óxidos provocadas pela adição do zinco. O óxido formado com adição de zinco mostrou-se menos poroso e mais resistente a transferência de carga dificultando a formação de trincas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gentil, Vicente, Corrosão, LTC Editora, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
- [2] Rebak, R. B.; Sklarska-Smialowska, Z. The mechanism of stress corrosion cracking of alloy 600 in High Temperature Water. Corrosion Science, v. 38, n. 6, p. 971-988, 1996.
- [3] Markus, O.; Magdowski, R. Stress corrosion cracking growth in alloy 600 exposed to PWR and BWR environments. CD Corrosion 2000.
- [4] Danko, J. C. (Ch.) Corrosion in the nuclear power industry. In: Metals Handbook, Ohio: ASTM International, 9th ed., v. 13, p. 927, 1987.
- [5] NACE - National association of corrosion Engineers. Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking at Ambient Temperatures TM01177-86, Houston: TX, 1986.
- [6] ASTM G 30 -97 - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard practice for making and Using U-bend Stress-Corrosion Test Specimens. In: ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS, Philadelphia: ASTM, 1997.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPEMIG.

Instalação e operação do sistema de controle computacional de um Microscópio de Varredura por Tunelamento

Renan M. Magalhães e Maximiliano D. Martins
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

Microscopia de Varredura por Tunelamento, desenvolvida originalmente por Binnig e Rohrer [1] no início dos anos 80, é uma técnica poderosa de microscopia de varredura por sonda que tem a habilidade de produzir imagens de superfícies com grande resolução espacial, chegando em muitos casos à resolução atômica.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi instalar e operar o sistema de controle computacional do Microscópio de Varredura por Tunelamento (STM) em construção no Laboratório de Física Aplicada (LFA-EC1).

METODOLOGIA

O sistema de controle computacional utilizado é o GXSM (*Gnome X Scanning Microscopy*) [2]. Trata-se de um software open-source, (software de código aberto, qualquer usuário pode alterar e reformular o software da maneira que lhe for conveniente) desenvolvido para o sistema operacional Linux.

A distribuição do sistema operacional Linux utilizada foi a Ubuntu 8.04. Em princípio uma versão mais antiga foi utilizada, contudo o software apresentou incompatibilidades. A solução encontrada foi atualizar todos os componentes, para a versão mais recente disponível.

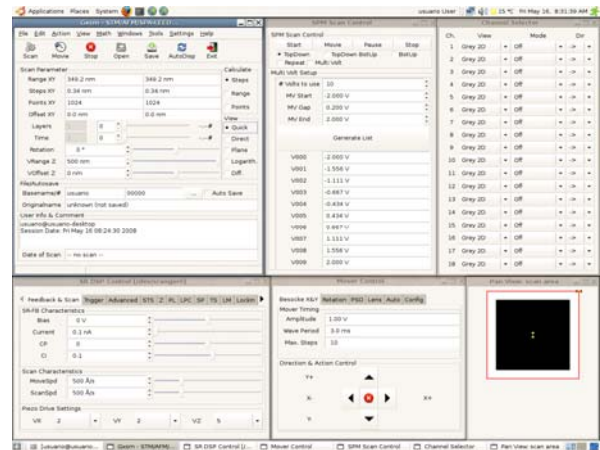


Figura 1 – Principais janelas de operação do software GXSM.

A comunicação entre o Microscópio STM e o software se dá através da interface DSP (*Signal Ranger SP2*). [3]



Figura 2 – Placa SRanger SP2

Após a instalação do software, o próximo passo foi compreender seu funcionamento e aprender a utilizar seus recursos [4], e realizar testes em superfícies de amostras de HOPG.

HOPG (*Highly Ordered Pyrolytic Graphite*) foi escolhida por apresentar uma grande regularidade na organização de seus átomos.

RESULTADOS

A Figura 3 é uma imagem de microscopia STM com resolução nanométrica (degraus e padrões de Moiré) da superfície de Grafite (HOPG) obtidas no protótipo operado em condições atmosféricas.

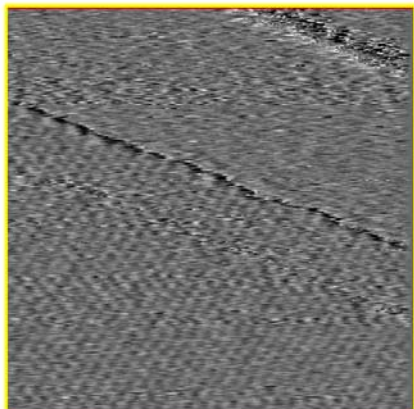


Figura 3 – Imagem de microscopia STM da superfície de Grafite (HOPG).

CONCLUSÕES

A primeira parte do projeto foi realizada com sucesso, o software foi implementado e apresentou bom funcionamento, além de atender a todas as necessidades do processo de microscopia por varredura por tunelamento.

Os resultados obtidos mostram com clareza que o sistema construído é eficiente, porém dado a presença de interferências e ruídos elétricos, ainda pode-se obter resultados melhores quando esses problemas forem eliminados.

A próxima etapa do projeto é exatamente a construção de uma câmara de ultra-alto vácuo que possibilitará a eliminação de praticamente todos os ruídos e também a aplicação das técnicas de STM em ultra-alto vácuo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Binnig, H. Rohrer, Ch. Gerber. E. Weibel. Phys. Rev. Lett. 49, 57 (1982).
- [2] [HTTP://gxsm.sourceforge.net/](http://gxsm.sourceforge.net/)
- [3] [HTTP://sranger.sourceforge.net/](http://sranger.sourceforge.net/)
- [4] The GXSM manual – Andreas Klust, Percy Zahl and Stephan Schröder. (September 18, 2007)

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPEMIG, CNPq e CNEN.

Acúmulo de arsênio em espécies de Salicaceae

Rosana Jobski Andrade e George Uemura
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

O arsênio (As) é um elemento que tem sido o foco de atenções por seu potencial tóxico e carcinogênico [1-2], agravado pela sua extensa distribuição na crosta terrestre. A literatura tem reportado vários casos de contaminação de diversas matrizes na natureza por ocorrência natural de As, como a dramática situação de contaminação da água em Bangladesh [1].

A exposição crônica ao arsênio pode afetar o trato digestivo, aparelhos respiratório e urinário, pele, fígado, os sistemas cardio-vascular, nervoso e hematopoiético dos seres humanos [3]. No Brasil, um exemplo de ocorrência natural de As é o Quadrilátero Ferrífero [4-5], localizado no Estado de Minas Gerais, e que é uma das mais ricas referências minerais no mundo.

Diversos estudos sobre esta região [4-5] foram desenvolvidos revelando que, além das causas antropogênicas, a ocorrência natural de arsênio é fonte de contaminação de rios, sedimento, plantas e peixes.

Em áreas contaminadas, pode-se utilizar a fitorremediação, que é uma tecnologia para tratamento de solos, águas e sedimentos contaminados, que utiliza plantas como agentes remediadores.

O vegetal absorve o contaminante e armazena-o em seus tecidos ou o metaboliza, podendo, em alguns casos, transformá-lo em produtos menos tóxicos [6].

Essa área de estudos necessita de ferramentas analíticas precisas, como a Ativação Neutrônica, método k_0 , a qual presta-se muito bem à determinação de traços de elementos em diversas

matrizes, como por exemplo, o As. Essa técnica de análise é rotineira no CDTN [7-8].

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é verificar a capacidade de acúmulo de arsênio em espécies de Salicaceae (*Salix sp.*, *S. babylonica* e *S. viminalis*).

METODOLOGIA

Os espécimens de *Salix sp.* e *S. babylonica* foram obtidos por estaquia, a partir de matrizes existentes no Campus da UFMG; no caso de *S. viminalis*, a partir de material comprado no mercado local.

As estacas foram colocadas em vermiculita e regadas com água de torneira três vezes por semana. Após a observação do enraizamento das mudas, estas passaram a ser regadas com solução basal de sais Murashige & Skoog, diluída a um quarto ($\frac{1}{4}$ M&S), três vezes por semana.

Indivíduos com aspecto saudável de *Salix sp.*, foram divididos em grupos controle (6 espécimens) e tratado (12 espécimens).

O grupo controle continuou sendo regado com $\frac{1}{4}$ M&S e o tratado com $\frac{1}{4}$ M&S com $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ de ácido arsênico durante 56 dias. Após este tempo, um membro de cada grupo foi selecionado; pesado, liofilizado e moído. Foram moídas apenas as folhas para compor as amostras, que foram irradiadas no reator TRIGA MARK I IPR-R1, CDTN.

A análise foi por ativação neutrônica, método k_0 .

RESULTADOS

<i>Salix sp.</i>	Concentração de As ($\mu\text{g}/\text{Kg}$ massa seca)
controle	< 1,49
tratado	302,7780 +/- 0,10

CONCLUSÕES

O exemplar de *Salix sp.* se mostrou capaz de acumular As, mostrando que esta espécie poderá ser utilizada para a remediação de áreas contaminadas por este metalóide. A identificação precisa do material estudado está em andamento.

Os estudos com as outras espécies de Salicaceae também estão em andamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Water related Diseases - Arsenicosis, http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/arsenicosis/en/print.html (2001)
- [2] Stoeppler, M. Hazardous metals in the environment. Amsterdam: Elsevier, (Techniques and instrumentation in analytical chemistry, 12), 541 p., 1992.
- [3] Manda, K. B. & Suzuki K. T. Arsenic round the world: a review. Talanta 58, 201-235, 2002.
- [4] Costa, A.T., H.A. Nalini Jr., J.C. Lena. Water quality parameters in iron mine regions, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais state, Brazil. In: 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Abstract Volume, CD version. 2000.
- [5] Menezes, M. Â. B. C., Palmieri, H. E. L., Júnior Nalini, H. A., Viana, L. L. Jacimovic, R. From the soil to a vegetable: elemental determination by k_0 -instrumental neutron activation analysis. In: 8th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences, Rio de Janeiro, Book of Abstract, p. 27 , 2005.
- [6] Anselmo A. L. F., Jones C. M., Fitorremediação de Solos Contaminados

- O Estado da Arte, XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out a 01 de nov de 2005

[7] Menezes, M. Â. B. C., Palmieri, H. E. L., Júnior Nalini, H. A., Viana, L. L. Jacimovic, R. From the soil to a vegetable: elemental determination by k_0 -instrumental neutron activation analysis. In: 8th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences, Rio de Janeiro, Book of Abstract, p. 27 , 2005.

[8] Ehmann, W., Vance, D. E. Radiochemistry and nuclear methods of analysis. New York: John Wiley, 531 p., (Chemical Analysis, 116), 1991.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa de Bolsas Institucionais de Iniciação Científica e Tecnológica da FAPEMIG.

Construção de um equipamento para fabricação de pontas de STM

Sofia de Oliveira Parreiras e Maximiliano Delany Martins
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

A microscopia de varredura por tunelamento (STM) é baseada na corrente de tunelamento entre uma ponta fina e a superfície de uma amostra condutora ou semicondutora. Por isso, um dos fatores que afetam a resolução da imagem obtida é a ponta utilizada. Daí vem a importância de um método eficaz para a sua fabricação.

As pontas são fabricadas com fios metálicos de tungstênio (W), platina-irídio (Pt-Ir), ou ouro (Au). Existe uma grande variedade de métodos de fabricação como, por exemplo, corte por fio ou lâmina, quebra controlada, emissão/evaporação por campo, desgaste por ion, fratura e polimento/corrosão eletroquímica. Neste projeto foram utilizadas pontas de tungstênio produzidas por corrosão eletroquímica [1].

OBJETIVO

Construir um equipamento para a fabricação de pontas de STM por corrosão eletroquímica.

METODOLOGIA

O processo de fabricação de pontas de STM por corrosão eletroquímica consiste na corrosão de um fio de tungstênio em uma solução de NaOH [1]. Para a montagem do aparato é utilizado um béquer contendo uma solução de NaOH no qual são submergidos um anel de aço inox e um fio de tungstênio. O anel e o fio são ligados a um circuito que gera uma corrente elétrica entre eles, o

que leva a um processo de corrosão do fio.

A parte do fio que está em contato com o menisco da solução sofre uma maior corrosão. Com isso, o fio fica cada vez mais fino nessa região até quebrar devido ao seu próprio peso, resultando em uma ponta bastante fina.

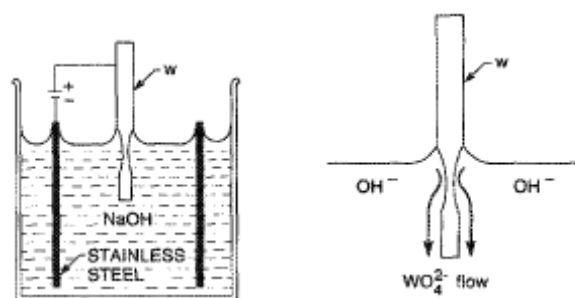


Figura 1- Desenho esquemático do processo de corrosão.

A ponta obtida depende de vários fatores, como a concentração de NaOH, o comprimento do fio submerso e o tempo de corte da corrente. Se a corrente demorar a ser cortada após o rompimento do fio, a corrosão continuará e a ponta não será suficientemente fina. Por isso é necessário um circuito elétrico que corte a corrente imediatamente após o rompimento.

O equipamento para fabricação das pontas consiste em duas partes: o conjunto de corrosão e o circuito elétrico. O conjunto de corrosão consiste em peças fabricadas em acrílico transparente que servem de suporte, um béquer de 100 ml, uma peça em teflon que fica dentro do béquer para

coletar a ponta que cai, um fio de aço inox de 0,25 mm de diâmetro em forma de espiral. O circuito elétrico é alimentado por uma fonte regulável e a corrente é inicialmente regulada em cerca de 90 mA. Com a corrosão do fio a corrente decresce até chegar a cerca de 20 mA imediatamente antes do fio se romper. Um eliminador de pilhas de 12V alimenta o circuito responsável por controlar a corrente de corrosão e interrompê-la quando esta atinge o valor de 20 mA.

A fonte regulável está ligada em série com um potenciômetro que trata a corrente de corrosão como tensão. Essa tensão é então comparada por um amplificador operacional CA3140E com a tensão de referência que pode ser ajustada por outro potenciômetro. Quando a tensão de referência fica menor do que a tensão de controle o amplificador passa a conduzir alimentando um transistor BC549C. Esse transistor aciona um relé que interrompe a corrente de corrosão. Com isso um LED acende indicando o fim do processo.

RESULTADOS

As peças de acrílico são quatro e foram desenhadas no AutoCad. A primeira serve de suporte para o fio de inox em forma de L invertido, ela possui um orifício horizontal onde é colocado o fio e dois orifícios verticais onde são colocados dois parafusos que prendem o fio, sendo que um deles é utilizado também como contato elétrico. A segunda peça é parecida com a primeira e serve de suporte para o fio de tungstênio. Além dos mesmos orifícios que a primeira, ela possui um terceiro orifício vertical por onde o fio passa. A terceira peça consiste em um anel com diâmetro interno um pouco maior que o do béquer. A quarta peça é uma base quadrada onde são parafusadas as outras três. A Figura 2 mostra as três peças já parafusadas na base.

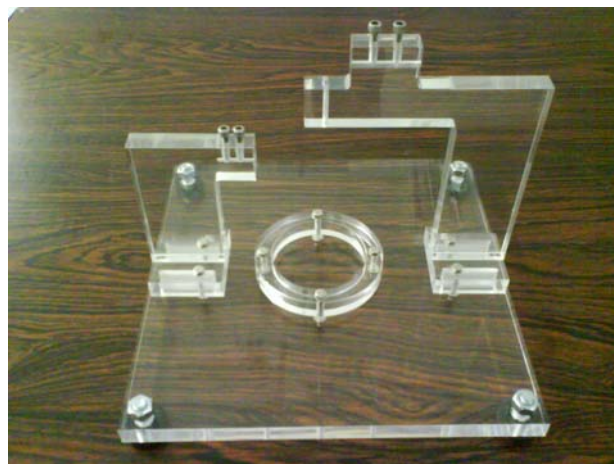


Figura 2 – Foto da montagem do suporte da célula eletroquímica.

CONCLUSÕES

Como a fonte não ficou pronta, não foi possível produzir nenhuma ponta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J.P. Ibe, P.P. Bey, Jr., S.L. Brandow, R.A. Brizzolara, N.A. Burnham, D.P. DiLella, K.P. Lee, C.R.K. Marrian, and R.J. Colton, *J. Vac. Sci. Technol. A* **8**(4), (1990) 3570-3575.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Obtenção de compósitos poliméricos aplicados á braquiterapia

Thiago Xavier dos Santos e Wilmar Barbosa Ferraz
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem sido observado um relevante crescimento na aplicação dos materiais compósitos em geral, em substituição aos materiais convencionais, como por exemplo, os metais, plásticos, etc.

No caso dos compósitos poliméricos, pode-se dizer que eles são de grande importância, pois pertencem a uma classe de materiais que possuem requisitos sempre considerados em projetos, como redução de peso, resistência química, elevada resistência mecânica e rigidez.

Desenvolvimentos importantes de compósitos com polímeros na área médica têm sido feitos abrangendo aplicações como agentes de liberação de drogas, de substituição ou recomposição óssea, membranas para a hemodiálise, sementes de braquiterapia, etc.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a obtenção e caracterização de compósitos poliméricos com aplicação na braquiterapia.

METODOLOGIA

A metodologia de obtenção dos compósitos é a prensagem a frio da mistura mecânica entre o polímero fluoreto de polivinilideno (PVDF) e os óxidos de titânio ou zircônio.

Para a obtenção do compósito é realizada a prensagem da mistura dos materiais polímero e óxido, ambos na forma de pó, após homogeneização, utilizando-se uma prensa hidráulica

(CIOLA, modelo AC10). Após a prensagem o compósito foi colocado numa estufa para tratamento térmico nas temperaturas de 100, 130, 160 ou 180° C.

Para verificar efeitos da radiação nos compósitos, algumas amostras foram submetidas a radiação γ , no irradiador Gamacell, com doses de 301,7 e 1262,2Gy.

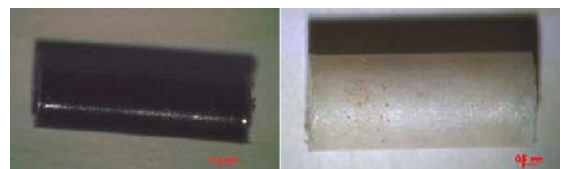
Os compósitos foram submetidos ainda ao teste com solução fisiológica simuladora do fluido do corpo humano (SBF) durante 7 dias.

A caracterização dos compósitos foi realizada utilizando-se técnicas de espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), calorimetria diferencial por varredura (DSC), análise microestrutural e inspeção visual.

Para análise microestrutural, amostras foram preparadas ceramograficamente ou seja, embutidas, lixadas com carbetto de silício e polidas com pastas de diamante.

RESULTADOS

Os compósitos obtidos se mostraram íntegras com ótima resistência mecânica, sem a ocorrência de trincas e bolhas (Figura.1).



a) óxido de titânio b) óxido de zircônio
Figura 1 – Compósitos de polímero.

Análises com microscopia eletrônica mostraram que as partículas de óxido ficaram homoganeamente distribuídas nos compósitos.

Os compósitos após os testes com SBF, obtidos na faixa de temperatura estudada, continuaram íntegros. Uma comparação dos compósitos antes e após contato com a solução foi feita através de imagens obtidas com microscopia eletrônica de varredura. Na Figura 2 são mostradas, como exemplo típico, micrografias de amostras com 10% em peso de óxido de titânio antes e após 7 dias na solução. Não foram observadas alterações significativas na microestrutura dos compósitos.

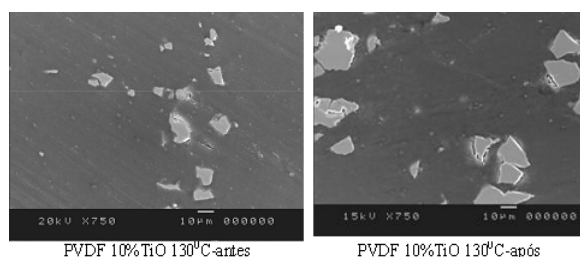


Figura 2 – Micrografias de compósitos.

Através de análises com FTIR em compósitos não irradiados e irradiados, observou-se que não ocorreram mudanças significativas com as doses de radiação utilizadas, conforme mostrado na Figura 3.

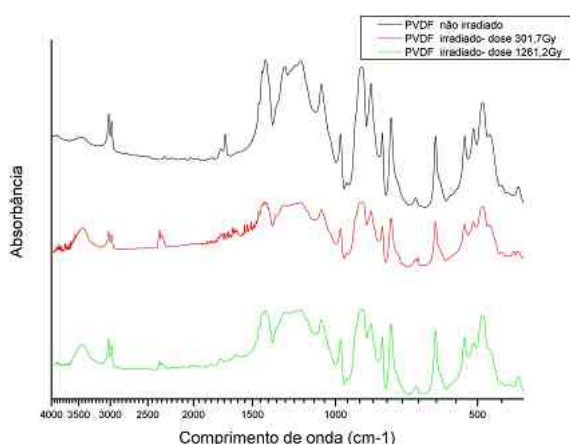


Figura 3 – FTIR antes e após irradiação γ .

A partir dos termogramas obtidos com DSC, identificou-se os picos

endotérmicos que representam os valores de temperatura de fusão dos compósitos, conforme mostrado na Tabela I. Como pode ser observado, os óxidos, nas frações em peso estudadas, não alteraram significativamente a temperatura de fusão do polímero fluorado.

Tabela I – Temperaturas de fusão.

Amostras	Tratamento Térmico			
	1100°C	130°C	160°C	180°C
PVDF+0%TiO	173,8°C	173,9°C	171,8°C	172,3°C
PVDF+1% TiO	172,5°C	174,8°C	174,2°C	175,1°C
PVDF+10% TiO	171,6°C	172,4°C	172,4°C	174,7°C
PVDF+30% TiO	172,9°C	173,9°C	173,2°C	173,8°C
PVDF+10% ZrO ₂	172,5°C	174,8°C	174,2°C	175,1°C

CONCLUSÕES

Os compósitos que tem como base o PVDF (PVDF com óxido de titânio e PVDF com óxido de zircônio) ficaram íntegros e com excelente resistência mecânica ao manuseio. Não foram observadas variações significativas após testes com solução SBF e de irradiação γ . Os compósitos mostram-se, portanto, promissores no que diz respeito ao uso em braquiterapia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]Jin-Wong Kim et al. Colloid Polym. Sci. V.280, p.584-588, 2002.
- [2] B. D. Ratner; A S. Hoffman; F.J.Schoen; J.E. Lemons. Biomaterials Science, 2^a Ed., Elsevier Academic Press, 2004.
- [3] CANEVAROLO JR, S. V. Ciência dos Polímeros. São Carlos: Artliber, 2002.
- [4]H. Yoshida, Journal of Thermal Analysis, Vol 49 (1997) 101-105.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Caracterização de soldas dissimilares - aço Inoxidável austenítico AISI 304 com Inconel 625

Tiago Nísio Gonçalves e Wagner Reis da Costa Campos
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN

INTRODUÇÃO

As ligas à base de níquel possuem alta resistência à corrosão, sendo assim muito utilizadas como metal de adição em soldagens entre metais dissimilares (DMW- Dissimilar Metal Weld). Nas usinas nucleares são usadas soldagens entre metais dissimilares em reatores PWR (Pressurized Water Reactors) ou BWR (Boiling Water Reactor). DMWs são geralmente desenvolvidas e produzidas para padrões de alta qualidade, contudo, alguns casos de defeitos e falhas de operação com ligas de níquel têm ocorrido.

OBJETIVO

Analisar e avaliar a região de solda de chapas de aço AISI 304 soldadas com adição de Inconel 625 pelo processo GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), como soldado e após tratamento térmico para alívio de tensões.

METODOLOGIA

Foram soldados dois conjuntos utilizando quatro chapas de aço AISI 304 (300x100x5 mm), com chanfro em V, com adição de Inconel 625 com 0,8 mm de diâmetro. A soldagem foi feita manualmente em quatro passes com tratamento térmico pós soldagem (PWHT) a 800°C por 3h em um dos conjuntos. Foram preparados corpos de prova para ensaios metalográficos, e observados por meio de microscopia óptica e eletrônica de varredura. Foram realizados ensaios de microdureza Vickers, de tração e dobramento na raiz

até 180° para avaliar as propriedades mecânicas das juntas soldadas.

RESULTADOS

Inclusões de Nb e carbonetos de Nb e Ti foram localizados no metal de solda e nos contornos das dendritas, Figura 1 (a). Próximo à linha de fusão, no metal de base, ocorreu uma zona não misturada na qual o metal base fundiu e re-solidificou sem se misturar com o metal de adição (b). Na ZTA, da amostra sem PWHT, há evidências de engrossamento dos contornos de grão causado pela liquação no contorno de grão (c). Na amostra com PWHT aparece um contorno de fusão do tipo II [3] (d).

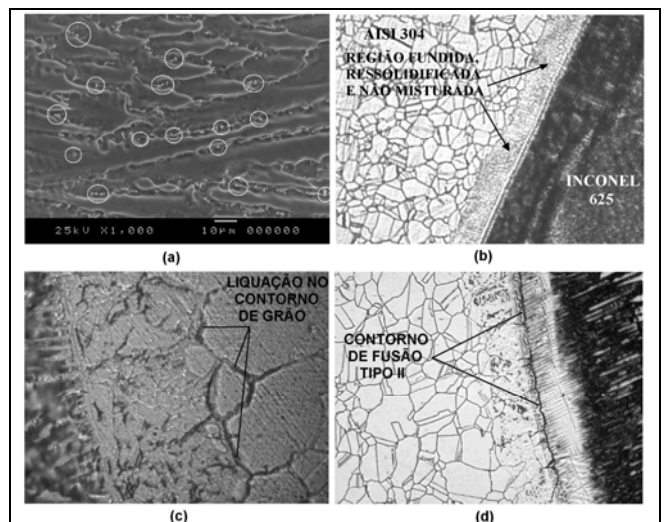


Figura 1- Precipitados de Ti e Nb nos contornos das dendritas, círculos (a), zona fundida e não misturada (b), liquação da ZTA nos contornos de grão próximo à linha de fusão sem PWHT (c) e contorno de fusão do tipo II com PWHT (d).

A Figura 2 mostra os perfis de microdureza Vickers, na ZTA e no metal de solda, próximo à linha de fusão, das amostras sem e com PWHT. A microdureza, sem PWHT foi maior, provavelmente, devido à tensão residual da solda e na amostra com PWHT, a microdureza diminuiu, provavelmente, devido à redução da tensão residual, e da migração de Cr da matriz para os contornos de grão na ZTA.

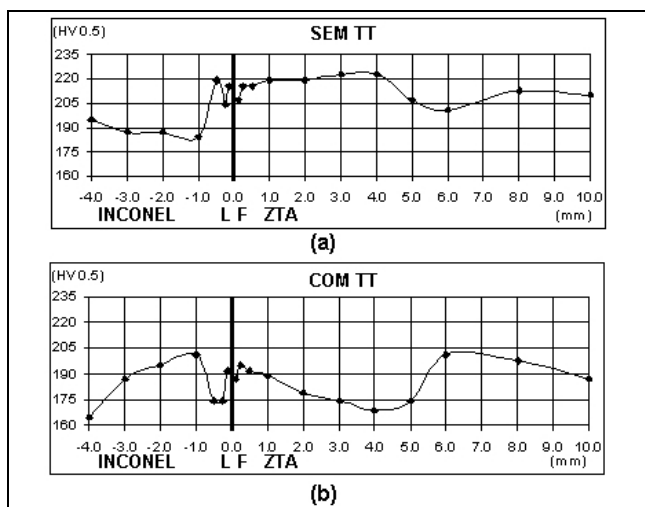


Figura 2 - Perfis de microdureza Vickers, com carga de 500 gramas, das amostras, (a) sem PWHT e (b) com PWHT.

A Tabela 1 apresenta valores dos ensaio de tração. Verificou-se o rompimento dos corpos de prova na região central da solda. Os resultados de limite de escoamento (σ_e), limite de ruptura (σ_U) e alongamento (Δl) avaliados mostraram uma redução no σ_e acompanhado por um aumento no Δl na amostra com PWHT, provavelmente devido a redução da dureza no metal de solda.

Tabela 1-Resultados ensaios de tração para amostras sem e com PWHT.

Amostra	σ_e (Kgf/mm ²)	σ_U (Kgf/mm ²)	Δl (%)	PWHT
1	34,98	60,35	11,7	Não
2	22,57	60,00	17,3	Sim

CONCLUSÕES

A soldagem aumentou a microdureza próximo à linha de fusão na ZTA. Nos contornos de grão da ZTA do AISI 304, próximo à linha de fusão, ocorreu precipitação de carboneto de Cr e a liquação dos contornos de grão.

O PWHT foi um meio efetivo de se reduzir a microdureza próximo à linha de fusão. Logo, é necessário o PWHT, uma vez a tensão residual na linha de fusão e na ZTA pode ser um problema quanto às trincas por corrosão sob tensão.

Os ensaios de tração revelaram uma redução no σ_e e um aumento no Δl na mostra com PWHT. O rompimento dos corpos de prova ocorreu na região de solda.

REFERÊNCIAS

- [1] Miteva, R. and Taylor, N. G. 2006. "General Review of Dissimilar Metal Welds in Piping Systems of Pressurized Water Reactors, Including WWR Designs". NESC - Network for Evaluating Structural Components. IE Institute for Energy. EUR22469E.
- [2] Howell, S. W. and Acoff; V. A. Mar. 12-16, 2006 "An Investigation of Liquation Formation in the Heat-Affected Zone of Inconel 718 and Inconel 625 Subjected to GTAW". TMS 2006, 135th Annual Meeting & Exhibition. San Antonio, Texas, USA
- [3] Howell, S. W. and Acoff; V. A. Mar. 12-16, 2006 "An Investigation of Liquation Formation in the Heat-Affected Zone of Inconel 718 and Inconel 625 Subjected to GTAW". TMS 2006, 135th Annual Meeting & Exhibition. San Antonio, Texas, USA.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/CNEN - FAPEMIG

Síntese e estudo das propriedades estruturais e catalíticas da ferrita $\text{Co}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$

Wellington Gonçalves Barcelos e Adriana Silva de Albuquerque
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

INTRODUÇÃO

As ferritas, óxidos de ferro do tipo espinélio, são de grande importância tecnológica devido a suas propriedades estruturais, eletrônicas, magnéticas e catalíticas [1]. Materiais a base de ferro, utilizados como catalisadores em novos Processos Avançados de Oxidação (PAOs) heterogêneos, têm-se mostrado altamente ativos e de grande potencial na área de descontaminação de efluentes. Nestes processos, contaminantes orgânicos em água são destruídos pela oxidação com O_2 , H_2O_2 ou O_3 , promovida pelo óxido de ferro [2]. As propriedades catalíticas das ferritas são altamente sensíveis à distribuição de cátions nos sítios tetraédricos e octaédricos, tratamentos térmicos e químicos, tamanho de partículas e área superficial. Estudos anteriores aplicando as ferritas puras de Co, de Ni e de Cu e as ferritas mistas de CoCu, CoNi e NiCu, indicaram que a ferrita CoCu apresenta melhor desempenho na decomposição do azul de metileno [3], sendo esta portanto, material de investigação neste trabalho.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estudar as propriedades estruturais e catalíticas de pós nanométricos da ferrita $\text{Co}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Fe}_2\text{O}_4$, obtidos por coprecipitação e tratados em temperaturas diferentes, variando de 200 a 600° C. Especificamente, será investigada a contribuição do tamanho de partículas e da área superficial das amostras de ferrita na eficiência da decomposição do azul de metileno.

METODOLOGIA

As amostras de ferrita CoCu foram obtidas pelo processo de coprecipitação, utilizando-se nitratos de Fe, Co e Cu como precursores e hidróxido de sódio como agente precipitante. Após a precipitação, filtração e secagem do material, foi feito tratamento térmico dos pós a 200°C, 400°C e 600°C. As três diferentes amostras obtidas foram caracterizadas por difração de raios X para acompanhar a evolução estrutural das amostras durante o processo de preparação e para determinar o tamanho médio das partículas. A eficiência catalítica da amostra foi avaliada pela decomposição de uma solução aquosa ($6,065 \times 10^{-4}$ mol/L) de azul de metileno, utilizando-se a técnica de espectrofotometria ultravioleta-visível.

RESULTADOS

Os difratogramas de raios X das três amostras são apresentados na Figura 1. Observa-se no difratograma da ferrita calcinada a 200°C que os picos são largos e poucos definidos, indicando baixa cristalinidade da amostra. Nos difratogramas que correspondem as ferritas calcinadas a 400°C e 600°C, observam-se picos bem definidos, referentes à ferrita de CoCu, indicando maior cristalinidade da estrutura. O tamanho médio das partículas de ferrita foi obtido aplicando-se a equação de Scherrer [4], sendo obtidos os seguintes valores: 4 nm, 6 nm e 21 nm para as amostras calcinadas a 200°C, 400° C e 600°C, respectivamente.

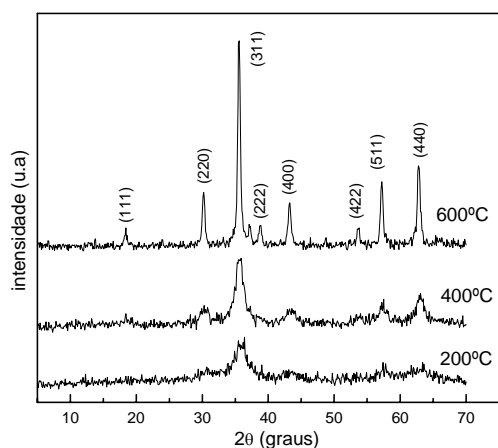


Figura 1 – Difractogramas de raios X das diferentes amostras de ferrita de CoCu.

Na decomposição do azul de metileno, verificou-se que a ferrita calcinada a 400°C apresenta melhor desempenho para a descoloração, como pode ser observado na Figura 2. Este resultado provavelmente se deve ao menor tamanho de partículas comparado ao da ferrita tratada a 600°C, pois maior área superficial (menor tamanho de partícula) favorece as reações de catálise. Em função do menor tamanho de partículas, esperava-se melhor desempenho da amostra calcinada a 200°C, porém a presença de impurezas na sua estrutura pode explicar a baixa eficiência. Para comprovar os resultados obtidos até agora, serão investigadas amostras preparadas em temperaturas intermediárias (300 e 500°C) e realizadas análises térmicas das amostras.

CONCLUSÕES

Amostras de ferrita de Co e Cu com tamanho de partículas variando de 4 a 21 nm foram obtidas através do método de coprecipitação. A amostra calcinada a 400°C apresentou melhor desempenho para a decomposição do azul de metileno. Análises mais detalhadas estão sendo realizadas, para

a comprovação da influência do tamanho de partículas do material estudado na eficiência catalítica.

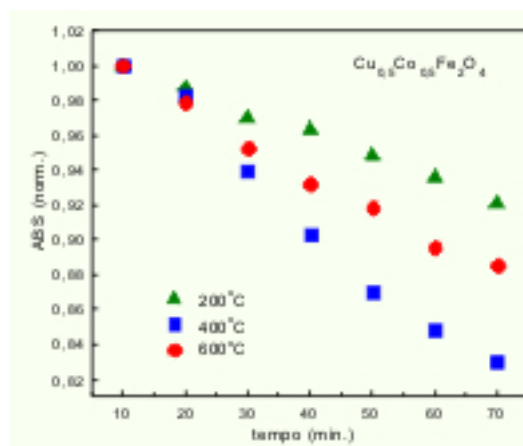


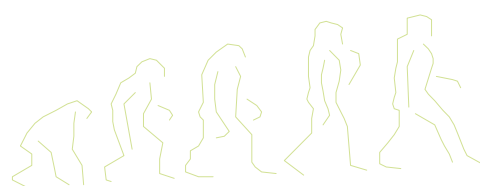
Figura 2 – Decomposição do azul de metileno em função do tempo, para cada ferrita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Magalhães, F.; Pereira, M.C.; Botrel S.E.C.; Fabris, J.D.; Macedo, W.A.A; Mendonça, R.; Lago, R.M.; Oliveira, L.C.A., *Applied Catalysis A: General*, 332, 115-123, 2007.
- [2] Costa, R. C. C.; Lelis, F.; Oliveira, L. C. A.; Fabris J.D., Ardisson J.D., Rios R.R.A., Silva, C.N.; Lago, R.M., *Catal. Communications*, 4, 525-529, 2003.
- [3] Tolentino M.V.C., Albuquerque, A.S., Mendonça, R.; Ardisson, J.D.; Macedo, W.A.A., VI Brazilian MRS Meeting, 2007, Natal. VI Encontro da SBPMat, 2007.
- [4] B. D. Cullity. *Elements of X-Ray Diffraction*. London: Adison-Wesley Publ., 1967.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, CNEN e CDTN.



Centro Regional de Ciências Nucleares

CRCN-NE



Melhoramento de Imagens Digitais nos Domínios Espacial e de Freqüências para Construção de Fantomas de Voxels Utilizados em Dosimetria Numérica

Alex Cristóvão H. de Oliveira, Fernando Roberto de Andrade Lima e
José Wilson Vieira
Centro Regional de Ciências Nucleares - CRCN-NE

INTRODUÇÃO

O Grupo de Pesquisa em Dosimetria Numérica (GDN/CNPq) e o Núcleo de Pesquisa em Dosimetria Computacional (NPDC/CEFET-PE) têm desenvolvidos ferramentas para construção de fantomas tomográficos, mas ainda não estão independentes do uso de outros softwares, principalmente para visualizações 3D e processamento de imagens nos domínios espacial e de freqüências.

Algumas ferramentas de processamento de imagens digitais já foram implementadas e este projeto em si é responsável pelos itens relacionados com melhoramentos de imagens digitais 2D e 3D no domínio de freqüências. Mais especificamente, transformar imagem real em imagem espectral de Fourier. O algoritmo fundamental para realizar essas transformações é chamado Transformada Rápida de Fourier (FFT - Fast Fourier Transform).

Em processamento de imagens digitais a transformada de Fourier é a ferramenta matemática que permite a mudança do domínio espacial (x) para o de freqüências (u), e vice-versa. Como imagens são sinais discretos, faz-se essa mudança através da forma discreta da transformada de Fourier (DFT - Discrete Fourier Transform). A DFT de N pontos de uma seqüência de N pontos $f(x)$ são, respectivamente,

$$F(u) = \sum_{x=0}^{N-1} f(x)e^{-j2\pi ux/N} \quad (1)$$

No cálculo da DFT através de métodos diretos é necessário um número proporcional a N^2 de multiplicações e adições complexas. O algoritmo FFT calcula a DFT com um número de multiplicações e adições proporcional a $N \log_2 N$, o que representa uma economia significativa no esforço computacional [1].

A transformação de uma imagem para sua forma espectral, através da FFT, permite identificar componentes de freqüências características da imagem, como por exemplo, picos de freqüência de ruídos periódicos. Pode-se, então, eliminar ou manter esses picos e depois transformar a imagem novamente para o domínio espacial [2] através da transformada rápida de Fourier inversa (IFFT - Inverse Fast Fourier Transform).

OBJETIVO

Aprender programação C/C++ padrão [3] e gerenciado no ambiente Windows usando a tecnologia .NET [4]. Estudar a teoria da Transformada de Fourier. Implementar os algoritmos FFT e IFFT para processamento de imagens 2D e 3D. Acoplar os códigos gerados ao software DIP [5].

METODOLOGIA

Para realizar a FFT de imagens digitais 2D e 3D foram implementadas as funções FFT2D e FFT3D, que utilizam a função FFT1D. Este algoritmo é a FFT de raiz 2 e decimação em freqüência. A versão original da FFT1D utilizada neste trabalho, foi desenvolvida em C++ por Embree e Danielli em 1999. Foi feita

uma adaptação para C++ gerenciado (.NET).

A implementação da FFT2D foi baseada no método chamado de Linha-Coluna [6], que consiste em calcular a FFT1D em todas as linhas e depois em todas as colunas (ou vice-versa) da matriz que contém os valores da imagem a serem transformados. Depois, os valores da matriz transformada são deslocados para que a origem da transformada de Fourier (componente DC) esteja no centro. Para visualizar uma imagem no domínio de frequências calcula-se o seu espectro de Fourier através da equação:

$$|F(u,v)| = \sqrt{R^2(u,v) + I^2(u,v)} \quad (2)$$

Para implementação da FFT3D precisa-se aumentar sua eficiência, visto agora tratar-se de uma pilha de imagens. Utiliza-se, então, o método da recombinação trigonométrica [7] que aceita qualquer seqüência unidimensional real e a transforma usando uma FFT com metade do tamanho normalmente requerido para uma seqüência complexa. Através desse método e da Eq.(2) obtém-se metade do espectro de Fourier de uma imagem 3D que é centralizada e completada respeitando a simetria conjugada, $F(u,v,w) = F^*(-u, -v, -w)$, em relação ao centro da imagem.

RESULTADOS

Em princípio, a análise do espectro de Fourier 3D de uma pilha de imagens com artefatos (ou ruídos) que se repetem na maioria das fatias (periódicos), sugere que as informações sobre estes artefatos tendem a serem mais intensas no centro da pilha, na fatia que contém o componente DC.

CONCLUSÕES

Os padrões encontrados no espectro de Fourier 3D de uma pilha de imagens com artefatos (ou ruídos) periódicos sugerem, em princípio, uma técnica específica de filtragem no domínio de frequências. Um dos focos atuais do GDN e do NPDC consiste em desenvolver essas hipotéticas e potenciais técnicas em implementá-las para solução de problemas práticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HAYES, M. H. Teoria e Problemas de Processamento Digital de Sinais. Tradução de Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- [2] GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing. 2ª ed. New Jersey, USA: Prentice Hall, 2001.
- [3] HUBBARD, J. R. Teoria e Problemas de Programação em C++. Tradução de Edson Furmankiewicz. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- [4] TEMPLEMAN, J.; OLSEN, A. Microsoft Visual C++ .NET Step by Step, version 2003. USA: Microsoft Press, 2003.
- [5] VIEIRA, J. W.; LIMA, F. R. A.; SANTOS, A. M.; LEAL NETO, V.; LIMA, V. J. M. DIP – Um Software Para Processamento De Imagens Digitais. II CONNEPI 2007, João Pessoa – PB, 2007.
- [6] PITAS, I. Digital Image Processing Algorithms and Applications. EUA: Wiley-Interscience Publication, 2000.
- [7] EMBREE, P. M.; DANIELI, D. C++ Algorithms for Digital Signal Processing. 2ª ed. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1999.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/PIBIC, CNPq

Testes Preliminares para Instalação de uma Câmara de Calibração de Detectores de Radônio no CRCN-NE

Emerson E. G. de Farias; Clovis A. Hazin; Eliane V. Honorato
Centro Regional de Ciências Nucleares - CRCN-NE

INTRODUÇÃO

O ^{222}Rn é um emissor alfa de meia-vida curta (3,82 dias) formado a partir do decaimento do ^{226}Ra , um elemento radioativo de meia-vida longa (1600 anos) pertencente à série natural de decaimento do ^{238}U , que está presente em todos os solos e rochas do planeta [1]. Como o radônio é um gás, nos ambientes construídos por materiais como, cerâmicas, revestimentos de pedra, granito, argamassa, concreto e gesso, vai ocorrer o fenômeno da "emanação" deste gás radioativo, o qual, juntamente com seus produtos de decaimento, pode ser inalado. A dose depositada nos pulmões em decorrência da inalação de radônio e de seus descendentes corresponde a cerca de 80 % da dose total recebida pelo homem devido à radioatividade natural, sendo que esta última contribui com 60 a 70 % da exposição total do homem à radiação ionizante [2]. Dessa forma, torna-se necessário uma monitoração dos níveis de radônio para que se possa fazer um controle do nível de radiação no ambiente. Para isso, são utilizados detectores específicos para radiação alfa. A calibração desses detectores para a determinação das concentrações de ^{222}Rn é de crucial relevância na aquisição de dados, pois através dessa calibração, a exatidão dos resultados é garantida.

OBJETIVO

Esse trabalho objetiva a determinação de parâmetros pré-operacionais com vistas à instalação de uma câmara de calibração de detectores de radônio que está sendo construída para ser instalada

no CRCN-NE. Nesta etapa, foi determinado o nível de radônio no ar no ambiente onde será instalada a câmara. Além disso, foi feita uma simulação para se determinar a faixa de variação das concentrações de radônio que podem ser geradas pela fonte de rádio que será utilizada no experimento.

METODOLOGIA

Para a determinação da concentração de ^{222}Rn no ar do laboratório antes da instalação da fonte de ^{226}Ra foi utilizado um detector de radônio RAD7 modelo 711 (DURRIDGE Co. Inc, EUA), que tem como sensor um detector semiconductor de Si (silício) do tipo barreira de superfície. O período da análise foi de 12 doze horas, com ciclos de contagem de três horas, com um total de quatro ciclos. O cálculo das concentrações de radônio no ar a ser injetado na câmara foi feito considerando-se uma fonte de ^{226}Ra (radionuclídeo pai do ^{222}Rn) de fluxo contínuo (Pylon Modelo RN-1025-100, Pylon Electronics, Canadá) com atividade de 100 kBq. A concentração de radônio no interior da câmara em função do fluxo de ar que passa pela fonte e do tempo foi calculada pela expressão:

$$C_{\text{Rn}}(t) = \frac{\lambda_{\text{Rn}} \times A_{\text{Ra}}}{\lambda_e \times V} [1 - e^{-\lambda_e t}] \quad (1)$$

onde,

λ_{Rn} = constante de decaimento do ^{222}Rn ;

A_{Ra} = Atividade da fonte de ^{226}Ra ;

V = Volume da câmara ($0,9 \text{ m}^3$);

O parâmetro λ_e , que representa uma constante efetiva de transformação, levando em conta o ingresso e a saída do ar contendo radônio, é dado por:

$$\lambda_e = \lambda_{Rn} + \frac{F}{V} \quad (2)$$

onde F é o fluxo de ar que passa através da fonte.

RESULTADOS

As concentrações de ^{222}Rn ar do laboratório, na condição pré-operacional, variaram entre 23,6 e 72,4 Bq.m^{-3} , com um valor médio de $43,6 \pm 20,6 \text{ Bq.m}^{-3}$. A simulação das condições de operação da câmara, utilizando o modelo expresso pela equação 1, é apresentada nas Figuras 1 e 2.

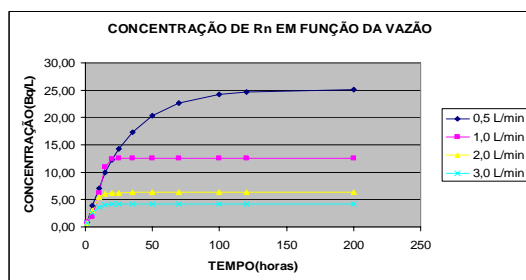


Figura 1: Variação da concentração de Rn para vazões entre 0,5 e 3,0 L/min.

Nestas simulações, é possível prever o comportamento da concentração de radônio na câmara, quando se injeta ar com diferentes concentrações de radônio. O parâmetro utilizado para variar a concentração de radônio no ar que sai da fonte foi o fluxo de ar, que variou entre 0,5 L/min e 10,0 L/min.

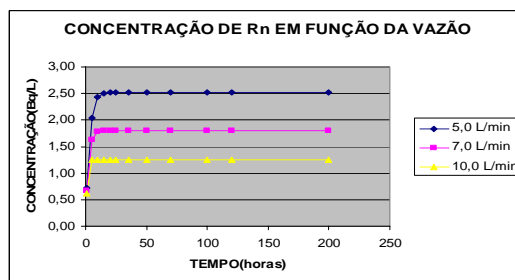


Figura 2: Variação da concentração de Rn para vazões entre 5,0 e 10,0 L/min.

CONCLUSÕES

A simulação das condições de operação mostra que a concentração de radônio no interior da câmara pode ser controlada, regulando-se o fluxo de ar que passa pela fonte. Este parâmetro é o principal fator para determinar o tempo necessário para se atingir a concentração de equilíbrio na câmara, bem como, a magnitude dessa concentração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RAMOLA, R.C.; CHOUBEY, V.M.; NEGI, M.S., PRASAD, Y.; PRASAD, G.; Radon occurrence in soil-gas and groundwater around an active landslide. Radiation Measurements; vol.43; pág. 98-101; 2008.
- [2] TAUHATA, L.; SALATI, I.P.A.; PRINZIO, R.Di, PRINZIO, M.A.R.R.Di.; Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos; Rio de Janeiro – IRD/CNEN; p. 40-42, 5ª revisão agosto/2003.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBIC/UFPE; CNPq; CRCN

Influência dos Meios de Cultura no Crescimento de Linfócitos do Sangue Periférico Humano

Felipe Semente Lima e Fabiana Farias de Lima Guimarães
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A radiação ionizante constitui um potente agente na indução de danos ao material genético. A dosimetria biológica é uma ferramenta importante para mensurar o dano, estabelecer medidas e doses adequadas para evitar efeitos estocásticos provocados por esta radiação. A detecção e quantificação de alterações cromossômicas causadas pelo efeito ionizante estão diretamente relacionadas com a transmissão linear de energia e a dose absorvida por sistemas biológicos [1]. Para que este estudo seja possível, é indicada a observação de aberrações cromossômicas obtidas através da pesquisa de núcleos metafásicos em cultura de linfócitos, uma vez que estes são facilmente coletados, altamente radiosensíveis e seu comportamento in vitro é semelhante ao comportamento in vivo [1,3].

Existem diversos meios de cultura celular disponíveis no mercado, entretanto, é sabido que diferem quanto à composição e as taxas de multiplicação celular variam empiricamente [4,5]. Portanto, faz-se necessária a determinação de um meio de cultura adequado aos objetivos de cada instituição, para que os resultados obtidos nos experimentos sejam otimizados através da utilização de um meio de cultura que forneça um crescimento celular ótimo.

OBJETIVO

Este trabalho visa avaliar a eficiência de diferentes meios de cultura para utilização no laboratório de dosimetria biológica em implantação no CRCN.

METODOLOGIA

Foram selecionado 2 indivíduos, dos quais foram coletadas amostras de sangue periférico (1 ml) por punção venosa, em seringas estéreis descartáveis contendo heparina sódica na concentração de 5000 U/mL, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Vale ressaltar que foi realizada anamnese, através de questionário, para verificar se os voluntários eram saudáveis e não-fumantes, se foram expostos à radiação terapêutica, raio-X diagnóstico, vacinação viral ou consumiram drogas ilícitas nos seis meses anteriores à coleta[5].

As preparações citológicas para as análises cromossômicas foram obtidas a partir de cultura de linfócitos. Para todas as amostras, a cultura de linfócitos foi realizada seguindo o mesmo protocolo. Foi adicionado 0,5ml de sangue total em cada meio de cultura, um contendo 4ml de meio RPMI 1640 -SIGMA- suplementado com 2ml de soro bovino -SIGMA- fetal e 0,2ml de fitohemaglutinina -CULTILAB- (aqui referido como meio suplementado) e outro, em meio completo para cariótipo CULTILAB também suplementado com 0,2ml de fitohemaglutinina (aqui referido como meio completo).

Em seguida, os meios de cultura foram mantidos na estufa a 37°C, por 46 horas, sendo adicionado 0,1 ml de colchicina 0,0016% (CULTILAB) e continuando na estufa por mais duas horas. O material foi centrifugado por 6 minutos a 1800 rpm, o sobrenadante desprezado e adicionado 8ml de KCL previamente aquecido a 37°C, para que ocorra o choque hipotônico. Após a

hipotonia, os tubos foram colocados em banho-maria a 37°C por 15 minutos. Os tubos foram novamente centrifugados por 6 minutos a 1800 rpm, o sobrenadante retirado e foi adicionado o fixador metanol:ácido acético (3:1) até completar 8 ml. Foram realizadas 4 lavagens e trocas de fixador para que o conteúdo da cultura ficasse transparente.

RESULTADOS

Foram contadas 170 metáfases em 25 lâminas obtidas a partir do meio suplementado e, em apenas 4 lâminas provenientes do meio completo foram observadas 196 metáfases.

Os resultados iniciais mostram que a diferença entre as taxas de crescimento observadas diverge da literatura [5]. Esta divergência pode estar associada a diversos fatores como composição dos meios, diluição do material, técnica de gotejamento sobre a lâmina e fixação do material.

CONCLUSÕES

Até o momento, a cultura realizada com o meio completo para cariótipo fabricado pela CUTLAB apresenta-se mais eficiente. Entretanto, diante da acentuada discrepância observa-se a necessidade de refinamento do método utilizado. Da mesma forma, como o trabalho está no início, além de uma reavaliação desses valores, haverá a inclusão de outros meios de cultura para melhor avaliar a eficiência dos mesmos e definir qual será o padrão do referido laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ROONEY, D.E., Human cytogenetics constitutional analysis, practical approach 3^o edition, Cap. 2. Oxford Universit.
- [2] ZAHA, A.; FERREIRA, H.B.; PASSAGLIA, L.M.B. *Biologia Molecular*

Básica. Editora Mercado Aberto, 3^a ed, Porto alegre, 2003

[3] KASAHARA, S. *Práticas de Citogenética*. Universidade estadual Paulista, Ro Claro. 69P, 2001.

[4] GAJENDIRAN, N., TANAKA, K., KUMARAVEL, T.S., KAMADA, N. Neutron-Induced Adaptive Response in Go Human Lymphocytes Using the Comet Assay. *Journal of Radiation Research*, v.42, p. 91-101, 2001.

[5] PURROT, R.J., VULPIS, N., LLOYD, D.C. Chromosome Dosimetry: The Influence of Culture Media on the Proliferation of Irradiated and Unirradiated Human Lymphocytes. *Radiation Protection Dosimetry* 1:203-208 1981.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/CRCN-NE, PIBIC/CNPq

Determinação das Concentrações de ^{210}Po e ^{226}Ra , presentes em Amostras de Águas Subterrâneas no CRCN/NE

Fernanda Pessoa de Carvalho Santos , Eliane Valentim Honorato e
Ana Cláudia de Paiva
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste - CRCN-NE

INTRODUÇÃO

Um Programa de Monitoração Radiológica Ambiental (PMRA) deve ser dirigido para avaliar o impacto resultante da implementação de várias atividades desenvolvidas em um centro de pesquisa na área radiológica e nuclear e, através de medições e metodologias, avaliar os resultados obtidos. A realização de medidas na fase pré-operacional é um requisito essencial para o estabelecimento de um programa de monitoração ambiental e é indispensável à liberação de licença de funcionamento para produção de atividades como produção de radiofármacos entre outras. Desde março de 2005 foi implantado na cidade do Recife, o CRCN/CNEN que tem por uma de suas principais finalidades a contribuição na produção de radiofármacos para a região Norte e Nordeste, através da instalação de um cíclotron em meados de 2009. Portanto, torna-se importante a elaboração de um programa de monitoração pré-operacional do Centro a fim de cumprir os requisitos exigidos pela CNEN e pelo órgão ambiental responsável pela liberação da licença para funcionamento do setor de produção de radiofármacos.

OBJETIVO

Determinar as concentrações de ^{226}Ra e ^{210}Po em amostras de águas subterrâneas dentro do CRCN, a fim de estabelecer níveis de referência para subsidiar o PMA pré-operacional e de rotina do Centro. Além disso, será realizada também a implementação da metodologia de análises de águas por

medida alfa/beta total para complementação do PMA.

METODOLOGIA

Para realização das análises, foram coletadas amostras de água subterrânea em seis poços distribuídos na área circunvizinha ao CRCN.

^{226}Ra - A determinação das concentrações de ^{226}Ra foi realizada através do método de emissão do ^{222}Rn no Departamento de Energia Nuclear (DEN/UFPE). O ^{222}Rn , produzido pelo decaimento do ^{226}Ra presente na amostra foi extraído e armazenado em uma célula de Lucas para a medida de sua atividade alfa total em detector [1,2].

^{210}Po - O ^{210}Po foi determinado pela técnica de deposição espontânea em disco de cobre e suas medidas realizadas no detector de barreira de superfície do SECARQ/DITAN [3].

Alfa/beta total - Foi adotado o método de evaporação para determinação da concentração alfa/beta total em águas. Este método consiste na evaporação de uma alíquota da amostra em um disco de aço com adição de HNO_3 para ajuste de pH. O disco então é levado ao detector proporcional de fluxo gasoso para medida alfa/beta total (APHA, 1998).

RESULTADOS

Os resultados obtidos nas análises de águas apresentaram concentrações de atividade variando de $10,8 \pm 4,0$ a $21,0 \pm 1,8$ mBq/L e $11,6 \pm 3,5$ a $18,8 \pm 8,7$ mBq/L para ^{210}Po e ^{226}Ra , respectivamente. Este valores

encontram-se dentro dos limites observados em outros estudos [2,3,4]. Os resultados preliminares obtidos com o método de evaporação para medida alfa/beta total em águas apresentaram a formação de grande quantidade de resíduo no disco, decorrente da concentração de sais presentes na amostra. Será então necessário posteriormente determinar previamente a quantidade de sais de cada amostra e o coeficiente de atenuação, a fim de se definir o volume exato a ser evaporado de modo a evitar problemas de auto-absorção durante as medidas.

CONCLUSÕES

Os valores obtidos no presente trabalho apresentam compatibilidade com valores encontrados na literatura para amostras ambientais de águas subterrâneas. Portanto, o estabelecimento de uma periodicidade trimestral entre as coletas de amostras de água, similar ao adotado no PMA do CDTN/CNEN atende aos requisitos exigidos pelos órgãos ambientais e CNEN para estabelecimento do PMA pré e operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] APHA - American Public Health Association. Standard Methods for Determinations of water and Wastewater. 20th Ed. New York. 1998.
- [2] LIMA, R.A., PECEQUILO, B. S., KHOURY, H.J. Determinação da concentração de urânio natural e ^{226}Ra em águas subterrâneas da região fosfática do Nordeste do Brasil. In: IV CONGRESSO GERAL DE ENERGIA NUCLEAR, Anais. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Energia Nuclear, 1992. v. 2, p. 795-798
- [3] SILVA, E.V. Chumbo-210 e polônio-210 em águas subterrâneas da região fosfática de Pernambuco. 1995, 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

- [4] PEIXOTO, C.M. JACOMINO, V.M.F. Relatório de avaliação dos resultados analíticos do programa de monitoração ambiental do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, outubro de 2004 a março de 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/CNPq pelo financiamento da bolsa de PIBIC/PROBIC.

Caracterização de Qualidades de Feixes de Raios-x para uso em Radiologia Odontológica

Maria da Conceição de F. Fragoso, Mércia L. Oliveira,
Marcus Aurélio P. dos Santos
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

As qualidades de radiação X têm sido uma ferramenta importante para o estabelecimento de características, aspectos e propriedades de equipamentos utilizados em laboratórios de metrologia das radiações ionizantes.

A expressão mais significativa da qualidade de um feixe de raios-X é a sua distribuição espectral. Em radiologia, o conhecimento do espectro de raios-X é necessário para se entender os vários estágios da produção de uma imagem diagnóstica, com o objetivo de reduzir a dose para o paciente e otimizar a qualidade da imagem [1].

Conjuntos de qualidades de feixes raios-X têm sido caracterizados e padronizados, por laboratórios primários, em diversos campos de aplicação da radiação ionizante, porém, pouca ênfase foi dada à radiologia odontológica.

O desenvolvimento deste projeto irá preencher uma lacuna existente na padronização dos feixes de radiação na área odontológica e contribuirá para um controle das características metrológicas dos equipamentos, estas que afetam diretamente na qualidade do procedimento e, conseqüentemente, no produto final.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é caracterizar qualidades de feixes de raios-X para utilização no campo da radiologia odontológica.

METODOLOGIA

Os equipamentos de raios-X utilizados neste projeto foram:

- Odontológico com corrente e tensão aplicada ao tubo variáveis desenvolvido no CRCN-NE;
- Odontológicos disponíveis comercialmente (Tabela 1).

Tabela 1 – Equipamentos odontológicos comerciais

Código	Marca	kV
A	Dabi Espectro II - A	50
B	Dabi Espectro II - B	50
C	Gnatus XR6010	60
D	Rhos - A	60
E	Rhos - B	60
F	Pro dental PRO70 INTRA	70
G	Dabi Espectro 70X	70

A medida do tamanho de campo para o equipamento de raios-X odontológico variável foi realizada por dois métodos:

- 1) Utilizando o sistema de medidas da Radcal constituído por uma câmara de ionização cilíndrica, não selada, com 6 cm³ de volume sensível, modelo 10X5-6, um conversor (pré-amplificador), modelo 9060 e um eletrômetro, modelo 9015;
- 2) Imagem radiográfica realizada no plano perpendicular ao feixe de radiação. A 1ª e a 2ª CSR do equipamento de raios-X odontológico variável e dos equipamentos de raios-X odontológicos comerciais foram obtidas com a câmara de ionização posicionada a uma distância foco-câmara de 100 cm e com a distância foco-filtro de 50 cm. A filtração inerente do sistema odontológico variável foi obtida a partir de medidas de CSR, sem filtração adicional, conforme descrito na literatura [2].

A filtração adicional dos equipamentos de raios-X odontológicos comerciais foi obtida utilizando o micrômetro digital, modelo 293-721-30, com resolução de 0,001 mm.

A verificação da tensão dos equipamentos de raios-X odontológicos comerciais foi determinada por meio um medidor de kVp não-invasivo Fluke, modelo Victoreen 4000+, de leitura direta, posicionado a uma distância foco-filme de 20 cm.

Para a realização da espectrometria no equipamento de raios-X variável e nos equipamentos odontológicos comerciais foi utilizado um sistema espectrométrico da Amptek constituído de um detector de CdTe, modelo XR-100T, de dimensões 3x3x1 mm³, um amplificador e fonte, modelo PX2T, um analisador multicanal, modelo MCA8000A com software de aquisição de dados e pinhole de chumbo. Os espectros foram obtidos a uma distância foco-detector de 2,5 m com filtração adicional de 2,5 mmAl.

Foi realizada uma comparação entre os espectros dos equipamentos para determinar o valor máximo da tensão aplicada ao tubo.

RESULTADOS

- Equipamento de raios-X odontológico variável:

O tamanho de campo obtido nos dois métodos foi de 18 cm, apresentando boa concordância.

O valor de CSR encontrado foi de 1,32 mA; a filtração inerente encontrada para este sistema foi de 1,21 mmAl.

Foram obtidos espectros para as tensões nominais dos equipamentos de raios-X odontológicos comerciais (50, 60 e 70 kV), estabelecendo, desta forma, a faixa de tensão na qual serão obtidas as qualidades.

- Equipamentos de raios-X odontológicos comerciais:

Os valores de kVp obtidos por meio do medidor de kVp podem ser visualizados na Tabela 2.

Os valores determinados das CSRs, variaram entre 1,16 e 1,46 mmAl para a 1ª CSR e entre 2,60 e 3,47 mmAl para a 2ª CSR.

A filtração adicional e filtração total foram respectivamente (mmAl): A= 0,72 e 2,80; B= 0,70 e 2,80; C= 1,50 e 3,81; D=1,01 e 2,50; E= 1,02 e 2,50; F=1,02 e 2,50; G= 1,31 e 2,58.

Os espectros obtidos foram separados em grupos de espectros com energia máxima

de 50, 60 e 70 keV para comparação com o espectro do equipamento de raios-X odontológico variável.

Por meio da espectrometria também foi possível determinar o kVp de cada equipamento odontológico comercial, podendo assim compará-los com os valores obtidos no medidor de kVp não-invasivo (Tabela 2).

Tabela 2 – Medidas dos kVp dos equipamentos odontológicos comerciais

Equipamento	kVp nominal	kVp médio Fluke	kVp máximo Fluke	kVp espectro -metro
A	50	41,86	49,91	48,0
B	50	42,69	49,71	45,5
C	60	55,23	58,32	53,0
D	80	56,66	73,13	52,0
E	80	56,26	72,47	52,0
F	70	65,08	70,28	66,0
G	70	55,23	58,32	61,0

CONCLUSÕES

Embora exista uma diferença entre o valor nominal do kVp dos aparelhos comerciais e os valores medidos, os valores obtidas das CSRs indicam que eles possuem poder de penetração semelhantes.

Quando separados por grupos, os espectros apresentaram razoável concordância, mostrando que os espectros iniciais encontrados para o sistema odontológico variável possuem consistência e que poderão servir de base para uma padronização de feixes. Após as correções desses espectros, poderão ser encontradas a energia média e resolução espectral necessários para tal padronização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Potiens, M. P. A. Metodologia dosimétrica e sistema de referência para radiação X nível diagnóstico. Tese (Doutoramento)-IPEN/USP, SãoPaulo, 1999.

[2] Taylor, L. S. Physical Foundations of Radiology, 2nd Edition, Chapter XII, Table 7, pp 227-57, 1959.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/ PCI

DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS COM INFORMAÇÕES ANATÔMICAS E FISIOLÓGICAS SOBRE MODELOS ANTROPOMÓRFICOS PARA USO EM AVALIAÇÕES DOSIMÉTRICAS

Mariana Elisa Aguiar Prado Pereira, Fernando Roberto Andrade Lima e José Wilson Vieira
Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A tarefa mais importante na área de Radioproteção é o cálculo das doses equivalentes em órgãos e tecidos sensíveis à radiação. Para evitar o uso de valores limites diferentes para cada órgão ou tecido em risco, a Comissão Internacional de Radioproteção (International Commission on Radiological Protection, ICRP) criou um novo tipo de dose equivalente no corpo inteiro, a dose efetiva (E), que é definida por [ICRP 60, 1991],

$$E = \sum_T w_T H_T \quad (1)$$

onde, H_T é a dose equivalente no órgão ou tecido T e w_T é o fator de peso.

As grandezas E e H_T não podem ser medidas diretamente. Para transformar a leitura de grandezas mensuráveis (ex.: KERMA, Kinetic Energy Released in Matter, em um ponto ou em uma área do ar) em um valor de H_T ou de E, torna-se necessário multiplicar essa leitura por um coeficiente de conversão, que é a razão entre a grandeza de proteção procurada e a grandeza mensurável e, evidentemente, é uma função das condições da exposição.

O cálculo desses coeficientes de conversão para E e H_T , e para condições de exposição típicas das várias áreas de Radioproteção pode ser feito com um modelo de exposição, que consiste de dois componentes essenciais: Um modelo antropomórfico do corpo humano, chamado fantoma (neologismo

da palavra inglesa phantom), acoplado a um código computacional Monte Carlo que permita estimar doses equivalentes nos órgãos e tecidos desse fantoma.

OBJETIVO

Construir um banco de dados com informações anatômicas e fisiológicas sobre modelos antropomórficos para servir como dados de entrada para a construção de fantasmas de voxels com gênero e idade personalizados, o qual será desenvolvido no subprojeto de Resende Filho [2].

METODOLOGIA

Coleta de dados primários

Os dados primários foram transpostos segundo [3] e [4] e arquivados no Microsoft Excel em planilhas, separando-os de acordo com idade e gênero. Os dados coletados foram: massa [3] e densidade de cada órgão [4].

Obtenção do volume e do número de voxel de cada órgão

No cálculo do volume e do número de voxel dos órgãos foram usadas as massas fornecidas pela ICRP 89, as densidades fornecidas pela ICRU 44 e o voxel cúbico de aresta 0,36 cm. Esses valores foram inseridos na planilha anteriormente descrita.

Estudo dos métodos de interpolação do software MatLab

Para a obtenção de novos modelos serão feitas interpolações entre volumes conhecidos. Três métodos estão sendo estudados: linear, spline e cúbica.

Estudo do banco de dados Microsoft Access utilizando o ADO.NET

Os dados coletados e interpolados foram organizados em um banco de dados que posteriormente vai ser compilado no Microsoft Visual Studio utilizando um projeto ADO.NET.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra alguns dos resultados obtidos na coleta de dados primários e os cálculos do volume e do número de voxel para alguns órgãos radiosensíveis do corpo humano. A Tabela 2 mostra os volumes interpolados para alguns órgãos nos três métodos estudados no MatLab. A Tabela 3 mostra o banco de dados Microsoft Access já com suas consultas implantadas.

TABELA 1 – Características de alguns órgãos relativos a uma mulher adulta

1	Órgão/tecido	massa(g)	densidade (g/cm³)	volume(cm³)	nº de voxel (resolução 0,36² cm)
2				$v=m/d$	$n= v/0,36^2$
3	Gordura	19000	0,95	20000	428669
4	Fígado	1400	1,05	1333	28578
5	Pulmões	950	0,26	3654	78315
6	Pele	2300	1,09	2110	45227

TABELA 2 – Volumes interpolados para uma criança de 3 anos, utilizando como base os volumes das idades 1 ano e 5 anos

10	Órgão/tecido	Volume 1 ano	Volume 5 anos	Volume interpolado linear - 3 anos	Volume interpolado spline - 3 anos	Volume interpolado cúbico - 3 anos
11	Músculo	1.810	5.333	3.571	3.645	3.585
12	Fígado	314	543	428	504	451
13	Pulmões	577	1.154	865	977	902
14	Pele	321	523	422	484	440

TABELA 3 – Banco de dados Access, com as consultas já implantadas.

Orgao_tecido	Massa_g	Densidade_g_por_cm3	Volume_cm3	Num_Voxel
Rins	310	1,05	295	6.323
Bexiga Urinária - parede	50	1,05	48	1.029
Testiculos	35	1,05	33	707
Próstata	17	1,05	16	343

CONCLUSÕES

Foram obtidos os volumes e os números de voxels para todos os órgãos a partir da ICRP 89 [3] e da ICRU 44 [4]. Também foi realizada a interpolação dos volumes, utilizando os três métodos do software MatLab (linear, spline e cúbica) para diversas idades e gêneros. O banco de dados já está sendo construído e a perspectiva é que haja a integração do Access com o MatLab. Essas informações serão usadas como dados de entrada para o software que vem sendo desenvolvido por Resende Filho [2].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[8] ICRP 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford, 1991.

[9] RESENDE FILHO, T. A, Desenvolvimento do Voxellphantom: Software para Leitura, Interpolação e Inferência Sobre Informações Anatômicas e Fisiológicas para Modelos Antropomórficos em Uso para Avaliações Dosimétricas, CRCN / NE, Recife, 2008.

[10] ICRP 89, Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values, International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford, 2003.

[11] ICRU 44, Tissue Substitutes in Radiation Dosimetry and Measurement, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1989.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Intercomparação de Materiais Termoluminescentes Comercialmente Disponíveis em Feixes Padrões de Radiação Ionizante

Natalia Cássia do Espírito Santo Nascimento e Clóvis Abrahaão Hazin
Centro Regional de Energia Nuclear – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A termoluminescência (TL) é um fenômeno físico que corresponde à propriedade de certos materiais que, após serem expostos à radiação ionizante, emitem luz, quando aquecidos [1]. A quantidade de luz emitida será proporcional à energia de radiação absorvida. Na natureza existem diferentes materiais TL, mas para finalidades práticas, o material deve atender a alguns requisitos, como a linearidade, intervalo de dose, resposta com a energia, estabilidade e resposta aos efeitos ambientais.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo comparar o desempenho de três materiais termoluminescentes comercialmente disponíveis ($\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, LiF100 e LiF100H) como dosímetros em feixes padronizados de radiação, investigando possíveis limitações e indicações para uso de cada material.

METODOLOGIA

No presente estudo foram utilizados três tipos de materiais TL: LiF100, LiF100H e $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$. Estes foram irradiados em feixes padrão de radiação gama e X, a uma faixa de dose de 0,5 a 10mGy. Três fontes foram utilizadas: fonte padrão de césio 137, marca JLShepherd & Associates, fonte padrão de cobalto 60, marca IPEN, modelo 616, e sistema de radiação X da marca Pantak, modelo HF 320, onde foram implantadas qualidades de radiação X, níveis radioproteção e radiodiagnóstico.

RESULTADOS

Foram avaliadas as seguintes características dosimétricas dos materiais: reprodutibilidade, sensibilidade, curvas de calibração e dependência energética. Com relação à reprodutibilidade, foi selecionado um lote de trabalho com variação na resposta inferior a 3%. As amostras foram irradiadas com 10mGy, no ar (^{137}Cs), para determinação de sua sensibilidade; o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ mostrou-se o material mais sensível. As curvas de calibração foram obtidas para as radiações gama e X. Todos os materiais apresentaram respostas lineares no intervalo estudado. A variação das respostas TL foi estudada em função da energia média do feixe de radiação; o LiF100 apresentou menor variação da resposta TL.

CONCLUSÕES

Os resultados preliminares mostram a viabilidade da utilização do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, do LiF100 e do LiF100H, embora o primeiro tenha mostrado elevada dependência energética no intervalo de energia estudado. A dependência energética deve ser levada em conta, sobretudo em avaliações de dose-paciente, pois, nestes casos, em geral, a energia média do feixe de radiação é desconhecida, o que pode levar a resultados sub ou super-estimados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] L.L. Campos, "Termoluminescência de materiais e sua aplicação em dosimetria da radiação", *Cerâmica*, 44 (1998).

[2] F. L. Godoy "Síntese e caracterização de LiF: Mg,Ti como material termoluminescente

[3] C.C. Viegas, "Dosimetria In Vivo com uso de detectores semicondutores e termoluminescentes aplicada ao tratamento de câncer de cabeça e pescoço", Dissertação de Mestrado, UFRJ, RJ (2003).

[4] M.L. Oliveira, "Desenvolvimento de um sistema de referência e de uma metodologia para calibração de aplicadores oftálmicos utilizados em braquiterapia", Tese de Doutorado, IPEN, SP (2005).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Efeito do tratamento térmico pré-irradiação na reprodutibilidade de pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$

Ricardo Braz Ferreira da Silva, Mércia Liane de Oliveira e Clovis A Hazin
Centro Regional de Energia Nuclear – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

O crescente uso das radiações ionizantes nas áreas médica e industrial ressalta a necessidade de monitorar os indivíduos expostos a fim de minimizar os riscos inerentes à exposição à radiação. Uma das técnicas mais utilizadas na dosimetria in vivo é a dosimetria termoluminescente [1]. Essa técnica consiste na propriedade que alguns materiais cerâmicos, previamente expostos à radiação, apresentam em emitir luz ao serem aquecidos. A quantidade de luz emitida é proporcional à exposição [2]. Os dosímetros termoluminescentes (TLD) são bastante utilizados em procedimentos médicos para indicar a exposição ou dose a que os pacientes foram submetidos em tratamentos radioterapêuticos [1] ou procedimentos diagnósticos.

O $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ (sulfato de cálcio dopado com disprósio), produzido no Instituto de Pesquisas Nucleares e Energéticas - IPEN, é um dos materiais termoluminescentes mais utilizados no Brasil. Este material possui excelentes propriedades dosimétricas e é um dos materiais TL mais sensíveis já avaliados. Devido a essa sensibilidade, esse detector é utilizado em diversas práticas envolvendo radiação ionizante, como por exemplo, a dosimetria pessoal.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é avaliar a influência do tempo de tratamento térmico e do processo de resfriamento na reprodutibilidade de pastilhas de

$\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ expostas à radiação gama de uma fonte de ^{137}Cs .

METODOLOGIA

Utilizou-se 15 pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ fabricadas no IPEN/CNEN, que foram expostas a uma fonte de radiação gama, com um valor de kerma no ar igual a 5 mGy.

Para a irradiação dos dosímetros foi utilizada a fonte padrão de cério 137 (^{137}Cs), marca JLShepherd & Associates, modelo 28-8A, série 10354, com atividade de 12 Ci (444 GBq) em 13.05.03 e energia de 662 keV.

O sistema leitor TL utilizado foi da Harshaw Nuclear Systems, modelo 5500 e número de série 9705139. Após a leitura, foram feitos tratamentos térmicos, no forno, a 300°C por 15, 30 e 60 minutos para cada grupo de cinco pastilhas. Após o tratamento térmico, as pastilhas sofreram resfriamento lento até a temperatura ambiente.

Foi realizado o teste de reprodutibilidade da resposta TL, sendo obtidos resultados após sete ciclos de tratamentos térmicos seguidos de irradiação e leitura.

RESULTADOS

Após sete ciclos completos de tratamento térmico, irradiação e leitura, os valores médios obtidos para cada pastilha de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ testada são apresentados na Tabela 1. Nesta tabela, são apresentados ainda os valores dos desvios padrões obtidos e os desvios padrões percentuais para cada processo de tratamento térmico testado.

Tabela 1: Valores médios obtidos para as pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, desvios padrões e desvios padrões percentuais após sete ciclos completos de tratamento térmico, irradiação e leitura

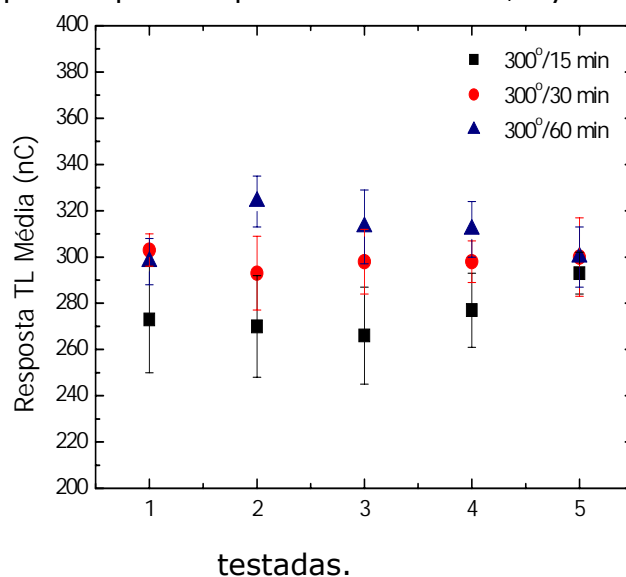
Observa-se que os resultados obtidos

Tratamento Térmico	Número PASTILHA	Média (nC)	Desvio Padrão (nC)	Desvio Padrão Percentual (%)
300°/15min	1	269	20	7,6
	3	265	18	6,8
	4	260	15	5,7
	5	273	12	4,4
	6	291	8	2,7
	300°/30min	7	303	7
8		291	16	5,7
10		297	15	5,1
11		297	9	3,1
13		300	18	6,1
300°/60min		14	297	10
	17	326	9	2,7
	20	314	17	5,4
	22	313	13	4,0
	23	299	14	4,6

para os tratamentos térmicos a 300° por 30 ou 60 minutos são bastante semelhantes em termos de variação da resposta TL. Já para o tratamento térmico mais curto (300° por 15 minutos), a reprodutibilidade das pastilhas é pior, o que é indicado pelos desvios padrões percentuais obtidos. As exceções são as pastilhas de números 6, 8 e 13, que apresentaram comportamentos diferentes em relação às demais pastilhas do grupo.

Com relação à variação de sensibilidade das pastilhas, percebe-se que o grupo de pastilhas tratadas termicamente a 300° por 60 minutos apresentou resposta TL ligeiramente superior às demais, indicando que o tempo de tratamento pode estar influenciando a sensibilidade das mesmas. Este fato pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Resposta TL média e desvio padrão para as pastilhas de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$



CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que há uma forte influência do processo de tratamento térmico na resposta de amostras TL de $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$. Com relação à reprodutibilidade, o grupo de pastilhas tratadas termicamente a 300° por 30 ou 60 minutos apresentaram resultados melhores que o grupo tratado a 300° por 15 minutos. Outro fato relevante observado foi o aparente aumento da sensibilidade das amostras tratadas em intervalos maiores (60 minutos).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Barsanelli, C. Metodologia de calibração de dosímetros termoluminescentes. Instrumento para o ensino. Campinas (2003).
- [2] CAMPOS, L.L. Termoluminescência de materiais e sua aplicação em dosimetria de radiação. Revista Cerâmica, 44: 26-28 (1998).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Avaliação das Metodologias utilizadas para Determinação de ^{210}Pb e ^{226}Ra em Amostras de Águas Subterrâneas no CRCN/NE

Romero Barbosa de Assis e Eliane Valentim Honorato
Centro Regional de Energia Nuclear – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A implementação do Programa de Monitoração Radiológica Ambiental (PMRA) do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste – (CRCN - NE) teve início em 2006. Nesta primeira etapa vem sendo realizado o PMRA pré-operacional a partir do levantamento das concentrações de alguns radionuclídeos da série do ^{238}U e ^{232}Th em amostras de águas e solo coletadas na área circunvizinha ao CRCN. Um Programa de Monitoração Radiológica Ambiental (PMRA) deve ser dirigido para avaliar o impacto resultante da implementação de várias atividades desenvolvidas em um centro de pesquisa na área radiológica e nuclear e, através de medições e metodologias, avaliarem os resultados obtidos. Um dos objetivos principais de um PMA é implantar e avaliar a adequação dos métodos analíticos e radiométricos usados nos laboratórios. Este estudo visa avaliar os métodos utilizados no SECARQ/CRCN para determinação de ^{226}Ra e ^{210}Pb em águas de modo a estabelecer os procedimentos analíticos adequados a serem utilizados no PMA para monitoração do Centro.

OBJETIVO

-Determinação das concentrações ^{226}Ra , ^{228}Ra em amostras de águas pelo método de precipitação e emanção do Rn;

-Determinação das concentrações de ^{210}Pb em amostras de águas, pelo método de determinação simultânea de

Pb e Ra e pelo método da resina de troca iônica.

METODOLOGIA

^{226}Ra e ^{210}Pb – por precipitação: Este método consistiu na determinação dos isótopos do Ra e o ^{210}Pb , simultaneamente, por precipitação gravimétrica, após várias etapas radioquímicas, obtendo-se o precipitado final de Sulfato de Bário, co-precipitando os isótopos de rádio nesta forma, enquanto que o ^{210}Pb foi precipitado como PbCrO_4 . Os precipitados foram então levados ao detector proporcional de fluxo de gás, para a medida da atividade alfa e beta total dos radionuclídeos em estudo [1,2].

^{226}Ra – emanção do Rn: A determinação das concentrações de ^{226}Ra foi realizada através do método de emanção do ^{222}Rn no Departamento de Energia Nuclear (DEN/UFPE). O ^{222}Rn , produzido pelo decaimento do ^{226}Ra presente na amostra foi extraído e armazenado em uma célula de Lucas para a medida de sua atividade alfa total em detector [1,3].

^{210}Pb – Método da resina de troca iônica: Este método envolve a separação química do elemento por meio de troca de íons aniônicos, obtendo-se também o precipitado final de PbCrO_4 e a medida da radiação beta do ^{210}Bi .

Em ambos os métodos foram utilizados o detector proporcional de fluxo gasoso para medida da radiação beta do ^{210}Bi .

RESULTADOS

Nesta primeira fase do trabalho foram determinados os rendimentos químicos dos métodos de determinação de ^{226}Ra e ^{210}Pb por precipitação. Os rendimentos obtidos para as análises foram superiores a 65% para o ^{210}Pb e 90% para o método de precipitação dos isótopos dos rádios. Por outro lado, o método de emanção não permite a determinação de um parâmetro de eficiência durante a análise a fim de estimar o percentual de Rn emanado. A determinação de ^{210}Pb utilizando-se a resina de troca iônica encontra-se em fase de processamento até o fechamento deste trabalho.

CONCLUSÕES

Os resultados preliminares obtidos durante o período de um mês de análise podem indicar que o método de determinação de rádio por precipitação fornece resultados mais satisfatórios em termos de eficiência do que o método de emanção de Rn. Será necessário, no entanto aguardar as medidas de ^{226}Ra no detector proporcional de fluxo gás a fim de se finalizar qualquer conclusão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] APHA – American Public Health Association. Standard Methods for Determinations of water and Wastewater. 20th Ed. New York. 1998.
- [2] SILVA, E.V. Chumbo-210 e polônio-210 em águas subterrâneas da região fosfática de Pernambuco. 1995, 47f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- [3] LIMA, R.A., PECEQUILO, B. S., KHOURY, H.J. Determinação da concentração de urânio natural e ^{226}Ra em águas subterrâneas da região

fosfática do Nordeste do Brasil. In: IV CONGRESSO GERAL DE ENERGIA NUCLEAR, Anais. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Energia Nuclear, 1992. v. 2, p. 795-798.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/CNPq pelo financiamento da bolsa de PIBIC/PROBIC.

Desenvolvimento do Voxellphantom: Software para Leitura, Interpolação e Inferência sobre Informações Anatômicas e Fisiológicas para Modelos Antropomórficos em uso para Avaliações Dosimétricas

Tennyson Accetti Resende Filho, Fernando Roberto Andrade Lima e
José Wilson Vieira
Centro Regional de Energia Nuclear – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A tarefa mais importante na área de Radioproteção é o cálculo das doses equivalentes em órgãos e tecidos sensíveis à radiação. Para evitar o uso de valores limites diferentes para cada órgão ou tecido em risco, a Comissão Internacional de Radioproteção (International Commission on Radiological Protection, ICRP) criou um novo tipo de dose equivalente no corpo inteiro, a dose efetiva (E), que é definida por [ICRP 60, 1991]:

$$E = \sum_T w_T H_T, \quad (1)$$

onde HT é a dose equivalente no órgão ou tecido T e wT é o fator de peso.

As grandezas E e HT não podem ser medidas diretamente. Para transformar a leitura de grandezas mensuráveis (ex.: KERMA, Kinetic Energy Released in Matter, em um ponto ou em uma área do ar) em um valor de HT ou de E, torna-se necessário multiplicar essa leitura por um coeficiente de conversão, que é a razão entre a grandeza de proteção procurada e a grandeza mensurável e, evidentemente, é uma função das condições da exposição.

O cálculo desses coeficientes de conversão para E e HT, e para condições de exposição típicas das várias áreas de Radioproteção pode ser feito com um modelo de exposição, que consiste de dois componentes essenciais: Um

modelo realístico do corpo humano, chamado fantoma (neologismo da palavra inglesa phantom), acoplado a um código computacional Monte Carlo que permita estimar doses equivalentes nos órgãos e tecidos desse fantoma.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GERAIS

Construir uma aplicação computacional que permita dar informações anatômicas e fisiológicas sobre modelos antropomórficos em fantasmas de voxels com gênero e idade personalizadas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

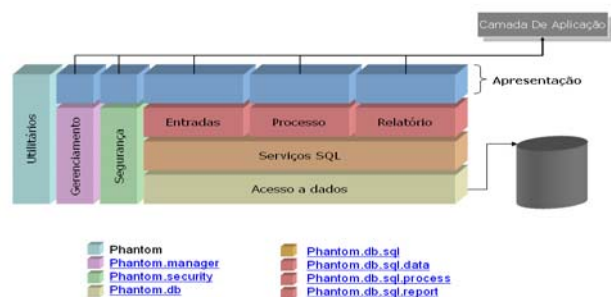
Desenvolver o software VOXPHANTOM para leitura, interpolação e visualização de uma família de fantasmas de voxels através de bibliotecas gráficas de manipulação.

Este software deverá manter um banco de dados históricos com informações anatômicas e fisiológicas sobre modelos antropomórficos para servir à construção de fantasmas de voxels com gênero e idade personalizadas mediante o processo de Interpolação tridimensional. [4] GONZALEZ R. C et. Al.

METODOLOGIA

Codificação em Visual studio 2008 [3]
HELLER, Steve

Leitura do Banco de dados , Planilhas ,
Interfaceamento com o Matlab [5]
VIEIRA J. W et al.
Aplicação de métodos de interpolação
[2] STARK, Peter A



RESULTADOS ESPERADOS

Um software em Windows que permita a leitura, edição e escrita arquivos binários contendo fantasmas de voxels, bem como o desenvolvimento destes modelos antropomórficos a partir de informações externas, e por tomadas de decisão geradas pelo próprio modelo. Esta ferramenta será desenvolvida neste projeto.

CONCLUSÕES

Foram obtidos os volumes e os números de voxels para todos os órgãos a partir da ICRP 89 [3] e da ICRU 44 [4]. Também foi realizada a importação dos volumes, informações oriundas do trabalho de Prado Pereira [6].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ICRP 89, Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values, International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford, (2003).
[2] SSTARCK, Peter A., Cálculo Numérico, Aspectos Teóricos e Computacionais. São Paulo, Ed. McGraw-Hill, 1988
[3] HHELLER , Steve , C++ A Dialog Programming with the C++ Standard Library. Prentice Hall ,2002

[4] GGONZALEZ R. C., WOODS R. E. and EDDINS S. L., Digital Image Processing using MATLAB, Prentice-Hall, USA, 2004.

[5] VIEIRA J. W., STOSIC B., LIMA F. R. A., KRAMER R., SANTOS A. M. e LIMA V. J. M., Um Software para Editar Fantasmas de Voxels e Calcular Coeficientes de Conversão para a Proteção Radiológica, 1º Congresso Brasileiro de Proteção Radiológica, Rio de Janeiro, 02 a 05 de Novembro de 2005.

[6] PRADO PEREIRA, M. E, Desenvolvimento de um banco de dados com informações anatômicas e fisiológicas de modelos antropomórficos para uso em avaliações dosimétricas, IV Seminário de Iniciação Científica - SEMIC, CRCN / NE, Recife, 2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ

Determinação das Concentrações de 226 e ^{228}Ra , ^7Be e ^{40}K , presentes em Amostras de Solo e Particulados no Ar na Área do CRCN/NE

Thiago Oliveira dos Santos, Eliane Valentim Honorato e
Emerson E. Gualberto de Farias
Centro Regional de Energia Nuclear – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

O Centro Regional de Ciências Nucleares (CRCN/CNEN) tem por uma de suas principais finalidades a contribuição na produção de radiofármacos para a região Norte e Nordeste, através da instalação de um ciclotron em meados de 2009. Portanto, torna-se importante a elaboração de um programa de monitoração ambiental (PMA) pré-operacional do Centro a fim de cumprir os requisitos exigidos pela CNEN e pelo órgão ambiental responsável pela liberação da licença para funcionamento do setor de produção de radiofármacos [1].

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar um levantamento das condições radiológicas primárias do local a partir da determinação das concentrações de ^{40}K , ^{226}Ra e ^{228}Ra , no solo e em amostras de particulados no ar dentro do CRCN, a fim de estabelecer níveis de referência para estabelecimento de um PMA de rotina [1].

METODOLOGIA

Solo: As amostras de solo foram coletadas em seis pontos após a retirada dos vegetais rasteiros presentes na superfície. Em seguida, as amostras foram secas, peneiradas e armazenadas.

Partículas em suspensão: Foi realizada amostragem em quatro pontos na área

do CRCN/NE, utilizando-se um amostrador de ar por um período de 48 horas.

O papel filtro com o particulado foi dobrado e selado em um recipiente plástico e em seguida foi armazenado por 30 dias. Espectrometria gama: As medidas de espectrometria gama foram realizadas no HPGe do SECARQ/DITAN. Para calibração do sistema, utilizou-se uma matriz de solo dopada com ^{152}Eu para análise de solo e para análise das amostras das partículas em suspensão no ar o ^{152}Eu foi gotejado no papel filtro e seco em estufa, dobrado e selado. As amostras de partículas em suspensão no ar e de solo foram medidas por 72 horas e 4 horas, respectivamente.

RESULTADOS

A concentração de atividade nas amostras de solo do ^{226}Ra foi determinada indiretamente a partir da energia de 609keV do ^{214}Bi ; para o ^{228}Ra , utilizou-se a energia de 911 keV do ^{228}Ac . Por outro lado, o ^{40}K foi medido diretamente na energia de 1460keV. A concentração de atividade das amostras de partículas em suspensão no ar tanto para o ^7Be ($T_{1/2}$:53,3 dias) quanto para o ^{40}K ($T_{1/2}$:1,26x10⁹ anos) foi determinada diretamente pela energia de 477keV e 1460keV respectivamente. Para a análise dos espectros obtidos para cada matriz estudada foi utilizado o programa IDF [2] e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Concentração de Atividade em amostras de solo.

Solo	²²⁶ Ra (Bq/kg)	²²⁸ Ra (Bq/kg)	⁴⁰ K (Bq/kg)
1	8,7 (0,7)	38,7 (3,7)	119,9 (8,1)
2	11,5 (1,1)	28,7 (2,9)	89,3 (8,1)
3	15,1 (1,4)	37,3 (2,8)	93,5 (8,4)
4	22,3 (1,1)	42,4 (2,7)	88,7 (6,8)
5	24,5 (1,3)	40,6 (2,6)	233,4 (9,3)
6	17,5 (1,1)	37,4 (2,7)	136,4 (8,1)

Os resultados obtidos para solo situam-se dentro da faixa de valores encontrados em outros locais em estudo. Segundo Hiromoto (2003), foram encontrados no Estado de São Paulo, solos com variação de 1,0 a 61,8 Bq/kg, 3,3 a 97,6 Bq/kg e 15,3 a 516 Bq/kg, para o ²²⁶Ra, ²²⁸Ra e ⁴⁰K, respectivamente [3]. Os resultados obtidos para particulados apresentaram concentrações variando de 2,85 a 5,26 mBq/m³ e 0,18 e 0,33 mBq/m³ para o ⁷Be e ⁴⁰K, respectivamente. O ⁷Be é um radionuclídeo de origem cosmogênica de meia vida curta que geralmente é encontrado em amostra de partículas em suspensão. Os resultados obtidos para este radionuclídeo são similares aos resultados observados em outros estudos [4,5]. Por outro lado, os valores de ⁴⁰K foram dez vezes superiores aos observados em outros estudos [5]. Esta variação pode ter sido consequência da existência de obras de construção no terreno do Centro, o que pode ter aumentado o número de particulados no ar durante o período de coleta.

CONCLUSÕES

Os valores obtidos no presente trabalho apresentam compatibilidade com valores encontrados na literatura para amostras ambientais tanto de solo como de partículas no ar em áreas não impactadas. Portanto, o estabelecimento de uma periodicidade anual entre as coletas de amostras de

solo, e mensal para as amostras de particulados no ar como adotado pelo CDTN, é suficiente para compor o PMRA operacional do Centro no que diz respeito a essas matrizes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PEIXOTO, C.M. JACOMINO, V.M.F. Relatório de avaliação dos resultados analíticos do programa de monitoração ambiental do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, outubro de 2004 a março de 2005.
- [2] GOUFFON, P. Manual do programa IDEFIX, Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1983.
- [3] HIROMOTO, G., PERES, A.C., TADEI, M.H., SOARES, M.R., ALLEONI, L.R.F. Radioactive soil characterization of the state of São Paulo Brazil, Annual International Conference on Soil, Sediments and Water, 2003.
- [4] DAISH, S.R., DALE, A.A., C.J. DALE, C.J.; R. MAY, R., ROWE, J.E. The temporal variations of ⁷Be, ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po in air in England, Journal of Environmental Radioactivity 84 (2005) 457-467.
- [5] GRABOWSKA, S. JERZY W. MIETELSKI, W.J., KRZYSZTOF, K., PAWEŁ G. Gamma Emitters on Micro-Becquerel Activity Level in Air at Kraków (Poland), Journal of Atmospheric Chemistry 46: 103-116, 2003.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/CNPq pelo financiamento da bolsa PIBIC/PROBIC.

Análise do Grau de Pureza Radionuclídica em Amostras de Eluatos de Geradores de $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$

Wellington Gomes de Andrade e Fabiana Farias de Lima
Centro Regional de Energia Nuclear – CRCN-NE

INTRODUÇÃO

A Medicina Nuclear é a modalidade médica que utiliza materiais radioativos para fins diagnósticos e terapêuticos. Dentre os vários radionuclídeos disponíveis para diagnóstico destaca-se o $^{99\text{m}}\text{Tc}$, cuja produção nos serviços de medicina nuclear é realizada por meio de geradores de $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$. Esse gerador consiste de molibdato de sódio imobilizado numa coluna de vidro que contém alumina (Al_2O_3), na qual o ^{99}Mo , em sua forma química, possui uma grande afinidade, possibilitando a sua separação do $^{99\text{m}}\text{Tc}$, produzido pelo decaimento do mesmo, que é arrastado da coluna no momento da eluição [1]. Há, durante este processo, a possibilidade da presença de falhas ou canais na coluna, resultando na diminuição da adsorção do ^{99}Mo na alumina, tornando-o o contaminante radionuclídico mais comum nos eluatos. A quantidade de ^{99}Mo no eluato é sujeita a limites estipulados pela Nuclear Regulatory Commission (NRC) e deve ser testada em cada eluição[1]. O limite permitido é de 0,15kBq (0,15 μCi) de ^{99}Mo para cada 1MBq (1mCi) de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (ou seja, 0,015% de impureza radionuclídica) pela Farmacopéia Americana (USP) e de 1kBq (1 μCi) de ^{99}Mo para cada 1MBq (1mCi) de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (ou seja, 0,1% de impureza radionuclídica) pela Farmacopéia Européia (EP) na atividade administrada ao paciente[1], sendo equivalente às recomendações estabelecidas pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). A presença deste contaminante acarreta aumento

desnecessário da dose absorvida pelo paciente, proveniente do decaimento beta do ^{99}Mo , além de provocar degradação de imagem[3]. No Brasil, não há normas referentes ao controle de qualidade nos radiofármacos com relação à pureza radionuclídica.

OBJETIVO

Este trabalho objetiva avaliar os níveis de molibidênio (^{99}Mo) em eluatos de geradores de $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ em clínica de Recife.

METODOLOGIA

Para a estimativa do teor de ^{99}Mo presente nos eluatos foram efetuadas medidas em 17 geradores com atividade 55,5GBq (1.500mCi) em uma clínica de medicina nuclear na cidade de Recife. Para tanto, amostras de $^{99\text{m}}\text{Tc}$, que em sua maioria possuíam atividades em torno de 1,85GBq (50mCi), foram retiradas na 1^a, 3^a, 5^a, 7^a e 9^a eluição realizada com cada gerador.

As alíquotas foram acondicionadas em recipientes de vidro selados e o volume completado para 5 ml com solução de NaCl a 0,9%. As medidas foram realizadas imediatamente após a eluição com o activímetro da própria clínica, fabricado pela Capintec, modelo CRC-127R.

O método utilizado para realizar tais medidas foi o método da atenuação, onde, inicialmente, foram efetuadas as medidas das atividades da amostra e da radiação de fundo, ajustando o activímetro para o canal do $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Em seguida, com o activímetro ajustado para o canal de ^{99}Mo e utilizando um cilindro de chumbo de 6mm de

espessura (atenua quase 100% da radiação do ^{99m}Tc e em torno de 50% da radiação do ^{99}Mo), foram efetuadas as medidas da radiação de fundo e da atividade da amostra posicionada dentro deste cilindro. A partir dessas medidas, se tornou possível determinar a pureza da solução, através da determinação do valor de MBT (molybdenum break through) [3]:

$$MBT = \frac{2 \times A(^{99}\text{Mo})_{liq}}{A(^{99m}\text{Tc})_{liq}} \quad (1)$$

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta os valores do percentual de impureza de ^{99}Mo das amostras analisadas.

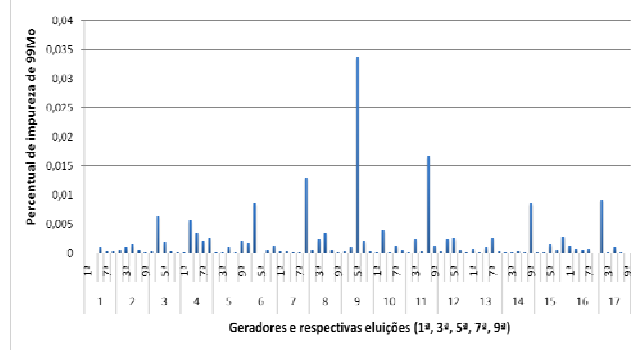


Figura 1. Valores do percentual de impureza de ^{99}Mo em eluatos provenientes de diversas eluições em 17 diferentes geradores de ^{99}Mo - ^{99m}Tc .

Observa-se que nenhuma das amostras ultrapassou o limite da Farmacopéia Européia (EP), que é de 0,1%, entretanto uma delas chegou próximo ao limite estabelecido pela Farmacopéia Americana (USP), 0,015%, e duas apresentaram valores acima (Tabela I).

Tabela I. Valores de atividade de ^{99}Mo por atividade de ^{99m}Tc (MBT) obtidos através do método da atenuação.

Gerador	Nº da eluição	% de impureza de ^{99}Mo
7	9ª	0,013
9	5ª	0,034
11	7ª	0,017

Vale ressaltar que essas amostras apresentavam uma atividade de ^{99m}Tc muito baixa, o que provavelmente favoreceu a observação da contaminação de ^{99}Mo , uma vez que foi observada em apenas uma amostra dos referidos geradores. Como a meia-vida de ^{99}Mo é maior que a ^{99m}Tc , a razão aumenta com o tempo. Isto raramente se constitui um problema, mas se a leitura inicial mostrar valores de ^{99}Mo próximos ao limite máximo permitido, a dose a ser administrada ao paciente deve ser repensada.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento demonstram a possibilidade de se encontrar ^{99}Mo nas soluções eluídas, o que reforça a necessidade de se implantar o teste de controle do teor de molibdênio, em todas as eluições, nos programas de controle de qualidade dos serviços de medicina nuclear.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Thrall JH, Ziessman HA: Medicina Nuclear. Guanabara Koogan, 2ª ed. P. 51-64, 2003.
- [2] Henki RE; Boles MA, Dillehay GL, Halama JR, Karesh SM, Wagner RH, Zimmer AM: Nuclear Medicine. Missouri, Mosby, 2ª ed., Vol. 1, p.334-349, 1996.
- [3] Robalinho, BCSD, Alves, CEGR, Dantas, BM, Aspectos Dosimétricos da Ocorrência de Impurezas Radionuclídicas de ^{99}Mo em Eluatos de ^{99m}Tc . INAC 2005 Proceedings, Santos, Brazil, 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq



Instituto de Energía Nuclear

IEN



ANÁLISE DE TÉCNICAS ULTRA-SÔNICAS PARA DETERMINAÇÃO DE POROSIDADE DE PASTILHAS DE ALUMINA

Anderson Johnson Medeiros Miron e Marcelo Siqueira Queiroz Bittencourt
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

Em geral as pastilhas combustíveis do reator nuclear são fabricadas através da sinterização de pó de dióxido de Urânio (UO_2), ou um óxido misto, prensado a altas temperaturas. Nestas pastilhas, uma baixa porosidade é desejada para maximizar a condutividade térmica, melhorando o fluxo de calor nas mesmas. Porém, um certo grau de porosidade é necessário para acomodar os gases de fissão produzidos nas reações nucleares, evitando pressões internas que podem ocasionar fissuras e deformações nas pastilhas [1], o que pode levar até mesmo a uma parada no funcionamento da usina. Assim, o grau de porosidade do combustível nuclear deve ser muito bem controlado para o perfeito funcionamento e eficiência dos reatores.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é comparar a técnica ultra-sônica que utiliza o domínio do tempo [2-3], com a técnica ultra-sônica que utiliza o domínio da frequência [4], ambas para medida de porosidade. Para isso serão utilizadas pastilhas cerâmicas de Alumina (Al_2O_3), com porosidades variando entre 0,70% a 4,25%, que cobrem a faixa de porosidade das pastilhas de dióxido de urânio.

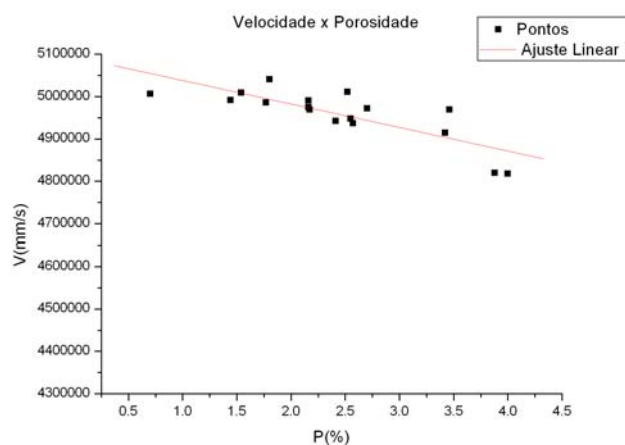
METODOLOGIA

A técnica que utiliza o domínio do tempo consiste em medir o tempo de percurso do pulso ultra-sônico e calcular a velocidade de propagação do mesmo, criando uma correlação entre a velocidade da onda e a porosidade do

meio em que se propaga [2-3]. A Outra técnica recentemente desenvolvida em nosso laboratório utiliza o domínio da frequência e analisa a forma do espectro do pulso ultra-sônico em função da porosidade do meio em que se propaga [4], para isto utiliza uma rede neural artificial MLP [5-7] para fazer a associação da forma do espectro de frequência à porosidade do corpo em que o espectro foi medido.

RESULTADOS

O gráfico mostra os resultados obtidos pela técnica que utiliza o domínio do tempo



O ajuste linear obtido é dado pela equação $Y = A + Bx$, onde:

$$A = 5.09337E6$$

$$B = -55459.13285$$

Com coeficiente de correlação (r): -0.8047

Já os resultados utilizando a técnica da frequência fornecidos pela rede neural utilizada neste experimento (MLP) foram:

Erro médio absoluto	0.03
Mínimo erro absoluto	0.00
Erro máximo absoluto	0.24
Coeficiente de correlação (r)	0.9988
Percentual com erro inferior a 5%	94.5%
Percentual com erro entre 5% e 10%	4.5%
Percentual com erro entre 10% e 20%	0.0%
Percentual com erro entre 20% e 30%	1.0%
Percentual com erro superior a 30%	0.0%

Excluiu-se da etapa de treinamento o padrão de sinal relacionado à pastilha de porosidade 3,88% para se testar a capacidade interpoladora da rede, obtendo novos resultados:

Erro médio absoluto	0.03
Mínimo erro absoluto	0.00
Erro máximo absoluto	0.26
Coeficiente de correlação (r)	0.9985
Percentual com erro inferior a 5%	93.5%
Percentual com erro entre 5% e 10%	5.0%
Percentual com erro entre 10% e 20%	0.5%
Percentual com erro entre 20% e 30%	1.0%
Percentual com erro superior a 30%	0.0%

Isto significa que a rede mesmo não conhecendo o padrão ultra-sônico da pastilha de 3,88% de porosidade, após examinar esta amostra define para ela uma porosidade de 3,96%, o que significa um erro de 0,08% na porosidade. O que demonstra sucesso na interpolação.

CONCLUSÕES

Verificou-se que os resultados da técnica ultra-sônica que utiliza o domínio do tempo apresentaram-se inferiores aos obtidos pela técnica que utiliza o domínio da frequência.

Neste trabalho foi possível analisar também os resultados fornecidos por dois tipos de redes neurais com características distintas, uma rede GRNN (comumente utilizada neste caso) e uma rede MLP convencional com

treinamento Backpropagation, que no caso ofereceu melhores resultados na determinação de porosidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ROQUE V., CROS B., BARON D.; DEHAUDT P., "Effects of the porosity in uranium dioxide on microacoustic and elastic properties", J. Nucl. Mat. 277, p. 211-216, 2000.
- (2) SANTOS, J. G.; OLIVEIRA E. E. M.; BITTENCOURT, M. S. Q.; LAMY, C. A. "Estudo Preliminar de Caracterização de Alumina através de Ondas Ultra-sônicas." Anais do 42 Congresso Brasileiro da Associação Brasileira de Cerâmica, v. 1. p. 1-10, 1998.
- (3) PANAKKAL J. P., GHOS J. K., "Ultrasonic velocity in sintered uranium dioxide pellets" J. Mat. Sci. Lett. 3, p. 835-836, 1984.
- (4) BARONI, Douglas Brandão, "Desenvolvimento de técnica ultra-sônica para medida de porosidade em pastilhas de UO_2 ". Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear – Engenharia de Reatores) Rio de Janeiro IEN/CNEN, 2008.
- (5) ASTION, M; WILDING, P. "The application of backpropagation neural networks to problems in pathology" Arch. Pathol. Lab. Med. 116, 995–1001, 1992.
- (6) ROUSH W.B.; KIRBY Y.K.; CRAVENER T.L.; WIDEMAN R.F. "Artificial neural network prediction of ascites in broilers". Poultry Science, v. 75, p. 1479-1487, 1996.
- (7) FREEMAN, J. A. ; SKAPURA, D. M. - **Neural networks: algorithms, applications, and programing techniques**. New York: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1992.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ – PIBIC/PROBIC

CINÉTICA ESPACIAL QUASE ESTÁTICA EM REATORES NUCLEARES UTILIZANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Daniel Scal e Reinaldo Jaques Jospin
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

O estudo de perturbações nos núcleos dos reatores, provocadas por inserções ou retiradas das barras de controle, por variações nas seções de choque devido às variações da temperatura ou mesmo pela inserção de amostras para irradiação, é uma preocupação constante para o projetista do reator já que estas perturbações provocam variações de reatividade e em consequência variações na potência e na temperatura do reator. Vários autores propõem soluções para este tipo de problema utilizando o método das diferenças finitas e uma solução passo a passo das equações da cinética espacial. Neste trabalho, utiliza-se uma aproximação espacial pelo método dos elementos finitos e uma aproximação temporal pelo método da cinética pontual.

OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo simular a variação da reatividade e em consequência a variação da potência e da temperatura de um reator constituído por um núcleo de grandes dimensões para os quais a equação da cinética pontual não reproduz adequadamente o comportamento espacial-temporal. Para isto, propõe-se aqui, utilizar um método quase-estático aproximado para o cálculo da população de nêutrons (ou potência do reator). Este método supõe que a solução possa ser separada em duas componentes: a solução da equação de difusão neutrônica (espacial) e a solução da cinética pontual (temporal). A solução

da equação de difusão, em cada passo de tempo, tem por objetivo o cálculo da reatividade do reator a partir das variações das propriedades materiais do núcleo. A solução da equação da cinética pontual é utilizada para se calcular a evolução temporal da população de nêutrons (ou potência do reator).

METODOLOGIA

A utilização do Método dos Elementos Finitos, na formulação integral da equação de difusão neutrônica [1], permite se obter um sistema de equações do tipo autovalor que é resolvido pelo método das Potências baseado no método do gradiente conjugado. Para a solução temporal da população de nêutrons no interior do núcleo do reator utiliza-se a equação da cinética pontual cuja solução numérica desta equação diferencial não-homogênea é baseada no método de Cranck-Nickolson. Para a inversão de matrizes utiliza-se o método de Nóbrega [2].

RESULTADOS

Alguns exemplos são apresentados utilizando a equação de difusão estática, a equação da cinética pontual e finalmente um exemplo da cinética espacial pelo método quase-estático implementado no programa MEF[3]. Entre os resultados da difusão neutrônica estática são apresentados o cálculo do fluxo de nêutrons e do coeficiente de criticalidade de um reator fictício denominado LRA-2D e LRA-3D [4] que serve de "benchmark" numérico

para certificar programas de simulação numérica. Posteriormente, apresentam-se os cálculos da cinética pontual do reator de pesquisa denominado Argonauta [5]. No primeiro exemplo supõem-se que o reator está sujeito a uma variação degrau na sua reatividade. No segundo exemplo, supõem-se que o reator seja submetido a inserção e retirada de uma fonte de nêutrons e finalmente o último exemplo supõem-se que o reator esteja sujeito a um acidente postulado provocado pelo levantamento descontrolado das barras de controle e com circulação de água bloqueada. Por último, apresenta-se um cálculo de cinética espacial quase-estática de um núcleo de um reator onde uma variação senoidal das seções de choque é impostas em duas regiões pré-determinadas do núcleo.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados para o coeficiente de criticalidade, o fluxo de nêutrons e a potência do reator mostram boa concordância com a literatura. Os resultados obtidos através da cinética pontual já haviam sido certificados para o reator Argonauta mediante ensaios experimentais.

No caso do método aproximado para a cinética espacial ainda não foram feitas comparações com a literatura embora, a evolução da criticalidade, da reatividade e da potência do reator, devido as variações das seções de choque impostas, mostram boa concordância com o esperado para esta perturbação. Pode-se ainda supor que a utilização de malhas adaptativa, no programa MEF, permita melhor representar o efeito localizado da variação da seção de choque no núcleo do reator e por conseqüência melhorar o cálculo da variação de reatividade.

Este método aproximado quase estático, citado acima, utiliza o método de

difusão neutrônica e cinética pontual e supõe que os efeitos de curta duração não possam ser simulados. Para se levar em consideração estes efeitos, é necessário se proceder a uma integração direta da equação da cinética espacial, tarefa a ser realizada futuramente.

A utilização da solução de um sistema de equações pelo método do gradiente conjugado permitiu abordar problemas com um grande número de variáveis e mostrou ser muito útil principalmente no caso da solução de problemas 3D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R.J. Jospin, L.O.B. Aghina, P.A.B. de Sampaio, Neutron Diffusion Equation Solution using Finite Element Method, Relatório Técnico RT-IEN-02/2006, IEN-CNEN, Brasil, 2006.
- [2] J.A.W. da Nóbrega, A new solution of the point kinetics equation, Nuclear Science and Engineering, 46:366-375, 1971.
- [3] D. Scal, Finite Element Formulation on Reactor Kinetics Problem, Relatório Técnico RT-IEN-03/2008, IEN-CNEN, Brasil, 2008.
- [4] D.A. Botelho, Multidimensional Finite Element Code, Phd thesis, M.I.T., U.S.A, 1976.
- [5] L.O.B. Aghina, Programa cinetemp para Matlab 5.0/5.1, Cadernos do reator Argonauta CRA006-M, laghina@ien.gov.br, <http://ien.gov.br>, Brasil, 1:1-9, 1997.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto foi financiado pelo Programa de bolsas de iniciação científica PROBIC da CNEN.

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS COMPUTADORIZADOS PARA O SIMULADOR DO LABIHS

DIEGO SALOMONE BRUNO E MAURO VITOR DE OLIVEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

Os procedimentos de operação fornecem instruções para guiar os operadores na monitoração, tomada de decisão e controle de uma planta industrial. Historicamente, os procedimentos de operação das plantas tem sido baseados/utilizados em papel (PBPs) e não são considerados como parte da interface homem/sistema (IHS). Contudo, em virtude da tendência mundial de se usar sistemas computadorizados em plantas industriais é natural e potencialmente vantajoso instalar procedimentos na forma computadorizada (PBCs). Além disso, após o acidente de *Three Mile Island* (TMI) a indústria de plantas nucleares de potência reconheceu a importância de se usar tecnologias sonora e de procedimentos de fácil utilização para lidar com os principais distúrbios da planta. Apesar disso, deve-se tomar cuidados antes de instalá-los na sala de controle de uma planta para garantir que o sistema de procedimento computadorizado seja útil para o operador. Quando se instala um sistema de procedimento computadorizado onde já existem procedimentos em papel e uma interface de operação homem/sistema, deve-se considerar vários fatores antes da utilização do sistema, dentre os quais podemos citar: o re-treinamento dos operadores com o novo sistema e a integração e consistência do sistema com os sistemas já existentes.

OBJETIVO

Este trabalho faz parte de uma das linhas de pesquisa do Laboratório de Interfaces Homem-Sistema (LABIHS), que tem como principal objetivo desenvolver sistemas de auxílio à

operação de plantas industriais. Neste caso são estudados, desenvolvidos e avaliados sistemas de procedimentos computadorizados.

METODOLOGIA

Como ponto inicial da pesquisa foram estudados diversos PBCs desenvolvidos desde meados da década de 90, dentre os quais podemos citar: COMPRO, COPMA, ImPRO e SimCBP. Antes de iniciar a construção de um sistema PBC próprio para o simulador do LABIHS, optou-se em verificar o impacto sobre a equipe de operação do simulador com a mudança de PBPs para PBCs. Para tal foi utilizado como referência o sistema ImPRO^[1], pois, por facilidade, este sistema está disponibilizado para *download* na Internet. O procedimento de operação implementado no ImPRO foi o procedimento de operação em emergências PO-E0, do simulador do LABIHS. Para tal foi utilizado um editor de XML, linguagem na qual os procedimentos são escritos para serem lidos pelo sistema. Para a avaliação do impacto dos PBCs sobre a equipe de operação, simulou-se uma falha no simulador através do console do instrutor e através da seqüência de passos e decisões mostrados nas telas do ImPRO, os operadores dos sistemas primário e secundário da planta tentaram detectar a falha.

RESULTADOS

A figura 1 apresenta uma vista geral do LABIHS com os consoles de operação da planta nuclear dos operadores do reator, turbina e supervisor juntamente com a tela de visão geral do processo. Normalmente, a operação do simulador é feita através dos manuais de operação escritos em papel. Neste caso, os PBPs

são lidos pelo supervisor para os operadores, que realizam as devidas leituras de variáveis e ações descritas nos procedimentos nas telas de operação do simulador.

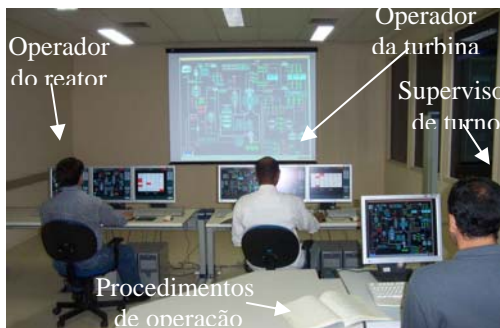


Figura 1 – Vista geral do LABIHS com os PBP.

A figura 2 apresenta uma vista geral do LABIHS com a adição de uma nova tela, uma para cada operador, onde foi implementado o PO-E0 no ImPRO. Neste caso, o procedimento de operação da planta em situações de emergência PO-E0 é percorrido diretamente pelos os operadores do primário e secundário, que realizam as leituras de variáveis diretamente na tela do procedimento e executam as devidas ações nas telas de operação do simulador.



Figura 2 – Vista geral do LABIHS com o PBC.

A figura 3 apresenta detalhes do procedimento implementado no ImPRO onde pode-se ver: na janela da esquerda o fluxograma com todos os passos do procedimento; na janela superior direita a lógica realizada em cada ação ou verificação do procedimento; na janela central direita os botões de navegação no

procedimento onde o usuário pode ir/retornar para a próxima/anterior ação ou verificação e selecionar o caminho a ser seguido (verdadeiro ou falso) e; na janela inferior direita informações, em tempo real, sobre a condição de componentes e de valores de variáveis da planta.

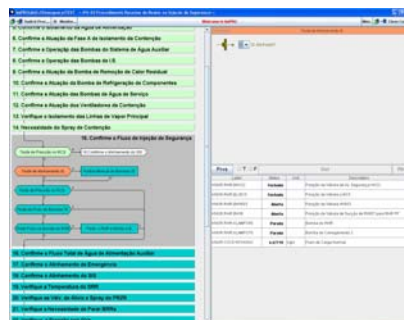


Figura 3 – Passo 15 do PO-E0 no ImPRO

CONCLUSÕES

Como ponto inicial para pesquisa, desenvolvimento e construção de um sistema de PBC próprio foi implementado o procedimento de operação em emergência PO-E0, do simulador do LABIHS, utilizando o sistema ImPRO. A utilização do PBC mostrou-se vantajosa quando comparada com a operação pelo PBP por permitir a leitura imediata de informações da planta na própria tela de operação do sistema implementado, liberando os operadores de recorrer às telas do simulador para ler o valor de uma variável. A avaliação detalhada deste sistema proporcionará informação e idéias para implementação de um sistema PBC próprio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] JUNG, Y., SEONG, P., KIM, M., 2004, *A Model for Computerized Procedures Based on Flowcharts and Success Logic Trees*, Reliability Engineering and System Safety, ELSEVIER, vol. 26, pg. 351-362.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto faz parte de uma das linhas de pesquisa do LABIHS e recebe recursos da CNEN (bolsa PROBIC).

Avaliação da Desinfecção Solar de Água de Consumo Humano: Efeitos da Temperatura e Radiação

Felipe Costa Roza e Jorge Gomes Santos
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

A água contaminada é a maior causa de enfermidades nos países do terceiro mundo principalmente em áreas rurais. A utilização de energia solar como forma de desinfecção de águas, além de ser uma fonte natural disponível é perfeitamente aplicável em regiões menos favorecidas em infra-estrutura e recursos financeiros, uma vez que não há necessidade da dosagem de produtos químicos e não há custo.

Nessas situações, o emprego de tecnologias simples e de baixo custo traria a possibilidade de viabilizar o reuso de efluentes e minimizar os impactos sobre os recursos hídricos do ponto de vista qualitativo e quantitativo. Sendo assim, o uso da energia solar para desinfecção de águas (SODIS) vem sendo proposta para utilização por exemplo nas áreas rurais de países em desenvolvimento, possibilitando a desinfecção de águas captadas em poços ou mananciais superficiais cujas características físicas e químicas são adequadas ao consumo humano, mas biologicamente não.

OBJETIVO

Explorar as potencialidades do uso da energia solar para purificação de águas de consumo humano para comunidades rurais sem oferta de água segura como método alternativo simples, confiável e de baixo custo e avaliar o processo de desinfecção solar catalisada com dióxido de titânio suportado como uma opção ao processo de desinfecção solar simples.

METODOLOGIA

Avalia-se a qualidade da água em diferentes situações de exposição outdoor. Em garrafas pet com metade da face pintada de preto para absorver e reter mais o calor e uso de concentrador solar. Garrafas pet contendo TiO_2 imobilizado em argila também foram testadas visando acelerar o processo de inativação dos microorganismos presentes e também impedir o seu recrescimento.

Laboratorialmente, avalia-se a presença de patogênicos em águas expostas aos efeitos de temperatura e radiação ultravioleta (Uva e UVb) isoladamente ou não, sendo esses dois fatores os responsáveis pela mortandade das bactérias. Para acompanhar os efeitos da temperatura foram feitos ensaios em banhos d'água e para os efeitos da radiação usou-se lâmpadas imersas em recipientes fechados com controle de temperatura.

Para avaliação da água faz-se uso do Kit Colilert verificando a existência de bactérias, *Escherichia Coli* e Coliforme Fecal, tudo feito dentro de padrões microbiológicos de segurança pré-estabelecidos.

RESULTADOS

Foram feitas diversas análises para verificar a potabilidade da água que previamente havia sido infectada com concentração definida de bactérias depois de sofrer os efeitos gerados da ação de temperatura e radiação UV.

Basicamente, foi constatado que o fator principal para potabilizar as águas testadas foi a temperatura.

CONCLUSÕES

A partir de 50°C com período de exposição de 2 horas alcança-se a completa inativação das bactérias indicadoras de contaminação. Essa temperatura é facilmente atingida com exposição ao sol em um dia de céu aberto, conforme verificado pela equipe. Verificamos também que os efeitos da radiação Uva e UVb são pequenos com a exposição exclusiva, isto é, sem efeitos da temperatura, sendo a UVb mais degradante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sommer, B., et al. SODIS-an emerging water treatment process. *J Water SRT-Aqua*, 1997, **46**, No. 3, 127-137 (1997).

[2] Aristanti, Ch., Wegelin, M. Solar Water Disinfection. Water Treatment With Solar Energy. <http://www.sodis.ch> (1998).

[3] Santos, J. G. ; Correa, R. J. "Processo de Incorporação de Materiais Semicondutores em Minerais Industriais" (PI 0503729-8) (2005).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem o apoio financeiro da FAPERJ e a Bolsa de Iniciação Científica concedida pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento(CNPq).

CÁLCULOS TERMOIDRÁULICOS NA MODELAGEM MULTICANAL PARA ANÁLISE DINÂMICA DE REATORES

Fillipe Machado de Jesus e Rubens Souza dos Santos
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

As análises dinâmicas dos atuais reatores em funcionamento são baseadas no chamado modelo da Cinética Pontual. Esse modelo, derivado da Teoria da Difusão de Nêutrons, assume que a densidade de Nêutrons, e, indiretamente, a potência do reator variam somente com a amplitude. A dependência espacial é assumida, de modo a permanecer invariável, a qualquer tempo do transiente. Ou seja, o fluxo é fatorado numa função forma, com pouca ou nenhuma dependência temporal, e uma função amplitude dependente apenas do tempo. Com isto, deixamos de resolver um conjunto de equações diferenciais parciais com dependência em espaço, energia e tempo, na formulação multigrupo, fortemente dependente das propriedades do meio, para resolver um sistema de equações ordinárias somente com dependência temporal, cuja maior dificuldade reside numa variável chamada reatividade, que apresenta uma dependência que pode tornar o sistema não-linear.

Para tratar de problemas com essa dependência espacial, temos que utilizar o Modelo da Difusão Multigrupo, ao invés de usar os Modelos da Cinética Espacial. Sendo assim, precisamos levar em conta não os cálculos de realimentação de temperaturas (feedback) da reatividade, mas sim essas realimentações nas propriedades macroscópicas, especialmente os efeitos de temperatura no combustível e no moderador.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a implementação computacional em linguagem FORTRAN, de um algoritmo para cálculos numéricos das equações termoidráulicas para o estado estacionário de um núcleo do tipo PWR na formulação multicanal, tomando por base o Código COBRA IIIC, para ser incorporado ao Código BARCA, e utilizado para análise de transientes em núcleos de PWRs.

METODOLOGIA

1. MODELAGEM DA ANÁLISE

Os arranjos dos elementos combustíveis que formam os núcleos, sempre apresentam um contorno irregular definido pelos arranjos exteriores. O trabalho da referência [1] alerta para a existência de singularidades na equação da difusão devida à presença dos pontos situados nos cantos dos arranjos do contorno do núcleo. Esse fato é reforçado pela inconsistência na condição de contorno derivada da equação de transporte que estabelece: não é admitida a reentrância de partículas no sistema [2]. Ora nos contornos de um núcleo real, formado por arranjos quadrados, é possível a saída de nêutrons e sua subsequente entrada no núcleo novamente, devido a existência dos cantos externos.

2. MODELAGEM MATEMÁTICA DOS TRANSIENTES

Em ambos os transientes considera-se que o acidente é protegido, isto é, os sistemas de segurança atuam antes que ocorra um evento que comprometa a integridade física do núcleo. Nesse

sentido, considera-se que a vazão no núcleo não se altera, a não ser pelo efeito da variação das temperaturas no núcleo, e que a constante de tempo do sistema é definida pelas propriedades térmicas do núcleo. Consideramos que os canais de refrigeração não são acoplados do ponto de vista termoidráulico durante transiente, contudo, acoplando-se neutronicamente, via seções de choque dos materiais.

3. MODELAGEM DAS CONSTANTES MACROSCÓPICAS

As constantes macroscópicas de grupo (coeficientes com dependência em energia) podem ter, também, dependência implícita do tempo, devida aos efeitos de realimentação das temperaturas, ou mesmo de forma explícita, como aquelas advindas dos movimentos das barras de controle. Para o tipo de modelo que adotamos é necessário que façamos as seguintes simplificações, tendo a preocupação com a representação dos fenômenos físicos nessa modelagem:

- i) Considera-se o efeito Doppler devido à elevação da temperatura no combustível. Esse efeito é o principal limitador da excursão de potência nos transientes de partida à baixa potência. Nessa análise estaremos associando esse efeito com a captura gama na ressonância, localizada próximo da energia de 6.67 eV do U238.
- ii) A variação da densidade da água com a temperatura do refrigerante altera também o valor da seção de choque de espalhamento do moderador. Com isso, a atenção fica centrada a esse efeito, nos transientes em potência, haja vista que nesse estado a transferência de calor do

combustível para o refrigerante melhora a plena potência.

RESULTADOS

Não houve resultados ainda.

CONCLUSÕES

Sem conclusões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[6] I. Babuska and R. B. Kellogg, "Numerical Solution of the Neutron Diffusion Equation in the Presence of Corners and Interfaces," Numerical Reactor Calculations, IAEA, Vienna, 1972.

[7] G. I. Bell and S. Glasstone, "Nuclear Reactor Theory," Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1970.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa PIBIC/CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Remoção do Urânio do Colofanito via Extração por Solventes

Jadiel Barbosa da Silva e Gloria Regina S Wildhagen
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

As substâncias e produtos que fornecem aos vegetais os nutrientes imprescindíveis ao seu crescimento e à sua produtividade são chamados de fertilizantes.

O fósforo é um elemento essencial para a nutrição de plantas e animais. Faz parte do grupo de macronutrientes primários: Nitrogênio, Fósforo e Potássio. Não existe substituto para o fósforo na agricultura, sendo as rochas fosfáticas a única fonte para sua obtenção.^[1]

Todas as rochas fosfáticas existentes no mundo contêm um certo teor de elementos radioativos, mas geralmente em baixos valores. Os principais são urânio, tório e radônio. Quando a rocha fosfática contém um alto teor de urânio, o elemento pode ser recuperado como um sub-produto durante a produção de ácido fosfórico, geralmente por um processo de extração por solvente.^{[2].[3]}

As reservas brasileiras de rochas fosfáticas somam um montante de 406 milhões de toneladas de P_2O_5 representando 1% do total da reserva mundial. A jazida de Itataia, localizada no centro-norte do estado do Ceará, município de Santa Quitéria, é de natureza fósforo-uranífera, ocorrendo sob a forma de colofanito uranífero. Este colofanito contém cerca de 1800 ppm de U_3O_8 e 140 ppm de ThO_2 , sendo que as reservas são de 13,8 milhões de toneladas de P_2O_5 e 142.000 toneladas de U_3O_8 , o que corresponde à 3,4 e 47% das reservas do Brasil, respectivamente.^[4]

Embora a jazida de Itataia seja a maior reserva de urânio brasileira, sua

viabilidade econômica é dependente da exploração do fosfato associado. Isso significa que a extração de urânio está condicionada à produção de ácido fosfórico – insumo utilizado na produção de fertilizantes.^[5]

OBJETIVO

O objetivo é o desenvolvimento de um processo de separação e obtenção de urânio de grau nuclear e de ácido fosfórico de grau técnico e alimentar por extração líquido - líquido em circuito fechado, a partir do colofanito avaliando o emprego de possíveis extratantes, e as combinações entre eles, para a recuperação do urânio contido no minério Colofanito

METODOLOGIA

A lixívia do colofanito da jazida de Itataia/CE foi fornecido pela INB (Indústrias Nucleares do Brasil) detentora dos direitos de exploração e mineração da jazida. Esta é preparada através do processo por via úmida pelo ataque do ácido sulfúrico (H_2SO_4) ao concentrado-fosfático. A lixívia, proveniente deste processamento contém as seguintes concentrações médias: $[H_3PO_4] = 60 \text{ mol.L}^{-1}$; $[HF] = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$; $[U] = 2,0 \text{ L}^{-1}$; $[Th] = 150 \text{ pm}$; $[Fe] = 12,00^{-1}$; e outros metais em menor quantidade como Mn, Sr, Y e Zr.

Os ensaios foram feitos empregando-se os seguintes solventes: DEHPA, EHPA, CYANEX e TOPO em querosene e sistemas de solventes envolvendo misturas entre eles. A extração foi feita utilizando-se várias razões de fases sob agitação mecânica. Os parâmetros estudados foram: pH, acidez livre, tempo de separação das fases,

distribuição das espécies nos diferentes solventes, seletividade de reextração, recuperação dos reextratantes, recuperação dos solventes. Os teores de urânio e ferro e tório foram determinados por fluorescência de Raio-X e o ácido fosfórico por titulação potenciométrica. Os coeficientes de distribuição de cada espécie foram determinados segundo a equação:

$$D_y = \frac{C_{raf} V_{raf} - C_{aq} V_{aq}}{V_{org} C_{aq}} \quad (1)$$

onde: C = concentração; V = volume; raf = refinado (lixívia); aq. = aquosa; org. = orgânica e y = a espécie de análise em questão.

RESULTADOS

Após extração, separação e análise das espécies envolvidas na FA, o D foi calculado e o resultado obtido pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1. Valores de D para cada espécie nos sistemas de solventes testados.

Solvente	D _U	D _{Th}	D _{Fe}	D _{H₃PO₄}
EHPA 40%	4,582	-0,156	-0,041	0,015
CYANEX 40%	0,756	-0,171	0,030	0,031
DEHPA 40%	3,868	-0,161	0,008	0,077
TOPO 10%	0,004	-0,127	-0,056	0,037
TOPO 20%	0,069	-0,161	-0,066	0,088
TOPO 40%	0,185	-0,361	0,054	0,206
DE4040	24,44 9	-0,210	0,334	0,062
DTO4010	28,60 3	-0,151	0,130	0,023
DTO4040	16,32 2	0,032	0,184	0,099

CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos, os sistemas de solventes DE4040 e DTO4010 foram os que obtiveram melhores resultados com alto valor de D para urânio e baixo para o restante das espécies, indicando serem bons sistemas de extratantes para o metal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Portal www.chemicaland21.com, acessado em novembro/2005
- [2] Zapata, F.; Roy, R.N. – *Use of Phosphate Rocks of Sustainable Agriculture – Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13 – Food and Agriculture Organization of the United States*, Rome, 2004.
- [3] Bruno, J.B.; Santos, A.T., Benedetto, J.S. – *Estudo de concentração física de uma rocha fosfática/feldspática contendo urânio – VII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios*, Recife, Novembro 1980.
- [4] Fukuma, H.T.; Fernandes, E.A. De Nadai; Quinelato, A.L. – *Natural radionuclide-free phosphoric acid production – Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 257, nº1, 2003, p.117-121.
- [5] Portal www.inb.gov.br, acessado em outubro/2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto tem o apoio financeiro da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e das Indústrias Nucleares do Brasil (INB).

Resiliência no Sistema Offshore de Transporte por Helicópteros: Identificação de Constrangimentos no Trabalho de Pilotos através de Análise Lingüística Quantitativa

Juliana Salles Farias e Paulo Victor Rodrigues de Carvalho
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

A Bacia de Campos tem uma produção de petróleo é de 1,25 milhões de barris, o que equivale a 80% da produção nacional. Sua produção de gás representa 42% da produção brasileira. A principal empresa exploradora de petróleo e gás contrata companhias de transporte aéreo para transportar 40.000 funcionários em cerca de 6.300 vôos de helicóptero por mês. O transporte offshore por helicópteros é um dos maiores riscos no setor de exploração petrolífera offshore. Algumas plataformas estão localizadas a uma grande distância da costa e o transporte de funcionários até essas plataformas tem resultado em alguns acidentes que causaram dezenas de mortes nos últimos anos. É importante que as organizações, busquem a prevenção ao invés melhorar a segurança a partir do que aprendem com grandes tragédias. Muitas vezes os membros das organizações complexas não são capazes de ver que as estratégias que desenvolvem para manter operações ou lidar com pequenos constrangimentos podem contribuir para um possível fracasso. Um sistema de gestão de segurança resiliente deve contribuir para o monitoramento e reflexão sobre as estratégias utilizadas, a fim de perceber previamente as ameaças à segurança e reportá-las aos membros da organização envolvidos para que seja feita a prevenção.

OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é mapear os constrangimentos aos quais está sujeito o trabalho dos pilotos e co-pilotos em suas atividades diárias através de

análise lingüística de suas falas em entrevistas, com base no referencial teórico da análise do discurso, para que se possa comprovar que é possível criar um sistema seguro de acordo com os conceitos da Engenharia de Resiliência, ou seja, uma organização que é capaz de antecipar e prevenir possíveis falhas e acidentes.

METODOLOGIA

Foram realizadas entrevistas com pilotos, co-pilotos, administradores e funcionários de recursos humanos de algumas das maiores empresas do setor. Estas entrevistas foram gravadas e transcritas minuciosamente para facilitar a análise dos dados. Dentre as horas gravadas cerca de 5h foram selecionadas para compor esta análise. Foram escolhidos os trechos em que as entrevistas eram individuais ou com no máximo dois entrevistados nas quais se pudesse distinguir claramente as suas falas e os trechos em que as entrevistas eram feitas com pilotos ou co-pilotos de acordo com perfis indicados abaixo:

- Pilotos (comandantes) experientes de origem militar;
- Piloto jovem de origem civil;
- Co- pilotos (com menor experiência) de origem militar ou civil.

As entrevistas selecionadas foram analisadas lingüisticamente e de forma quantitativa com a ajuda do software AntConc. AntConc é um programa de concordância que pode processar textos de quase todas as línguas gerando listas de palavras e palavras chaves, além de identificar agrupamentos e mostrar a frequência em que as palavras são utilizadas no texto. Esta pesquisa utiliza a engenharia de resiliência como base

metodológica e a ferramenta conhecida como Cognitive Task Analysis (CTA) [1] como técnica para analisar a complexidade do sistema de transporte por helicópteros.

RESULTADOS

Após análise das entrevistas com o software de concordância AntConc foram identificados os pontos suscitados com mais frequência ou pela maior parte dos entrevistados como os maiores constrangimentos que afetam a atividade de pilotos e co-pilotos do transporte por helicópteros na Bacia de Campos. Os resultados encontrados foram divididos pelas categorias listadas abaixo:

- 1- Más condições de tempo no local;
- 2- Problema de desconforto ambiental (altas temperaturas no interior da cabine da aeronave);
- 3- Distância entre os escritórios e as aeronaves;
- 4- Constrangimentos financeiros em tomadas de decisões;
- 5- Inadequação dos mapas da região fornecidos pela empresa;
- 6- Problemas relacionados à comunicação
- 7- Curto intervalo entre vôos;
- 8- Falta de identificação padronizada das plataformas e navios;
- 9- Operações em navios;
- 10- Mudanças repentinas no planejamento de vôo;
- 11- Relacionamento entre pilotos e co-pilotos;
- 12- Preocupação com o excesso de peso da aeronave.

CONCLUSÕES

Os constrangimentos identificados através da análise de entrevistas não podem ocasionar acidentes diretamente, mas são elementos que causam certo cansaço, estresse e desgaste o que pode vir a diminuir o rendimento dos profissionais. Dentre os constrangimentos identificados que demonstra maior conflito de interesses,

que afeta diretamente as decisões dos pilotos e o que abala de forma mais direta a segurança e a resiliência do sistema é o fator financeiro. O fato de que a empresa contratante paga a empresa aérea por horas de vôo vendidas, assim como os pilotos têm um salário composto majoritariamente por horas de vôo cria uma grande pressão para que se mantenham sempre os helicópteros voando a qualquer custo, o que contribui para que os pilotos hesitem em parar a aeronave para manutenção quando necessário, prejudicando a segurança.

A análise deste conflito revela uma difícil tomada de decisão que, no entanto, é parte do cotidiano destes profissionais. Este é um ponto de fraqueza neste sistema. As ações de pilotos e da manutenção são influenciadas por uma política de gestão em um ambiente de negócios competitivo. Um sistema seguro de acordo com os conceitos da engenharia de resiliência deve ser capaz de promover um equilíbrio entre segurança e alta produtividade. A segurança deve ser tratada como questão central. Para tanto todas as possibilidades de riscos e as decisões feitas pelos pilotos devem ser constantemente monitoradas.

Com esta pesquisa procuramos provar que há como promover a real segurança no sistema de transporte offshore na Bacia de Campos de acordo com o conceito de gestão de segurança proativa na engenharia de resiliência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Crandall B, Klein G, Hoffman R. *Working Minds: A Practitioner's Guide to Cognitive Task Analysis*. Cambridge: The MIT Press; 2006.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto tem o apoio da Comissão Nacional de Energia Nuclear e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Utilização de Núcleo de Jogos para Treinamento em Circulação em Áreas Sujeitas à Radiação

Pedro Mol Couto e Antônio Carlos de Abreu Mol
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

O homem pode se expor à radiação sem causar danos à saúde se seguir certas regras, como limite seguro de nível de radiação, proximidade da fonte radioativa, e tempo de exposição à fonte. A radiação está presente em níveis relevantes nas “áreas quentes” de instalações nucleares. Uma opção para o treinamento das atividades exercidas nas “áreas quentes” é reproduzi-las em ambientes virtuais [1], pois são livres de riscos e permitem planejamento, treinamento, estimativa de taxa de dose de radiação, etc.

OBJETIVO

Este trabalho visa continuar o desenvolvimento da ferramenta para construção e navegação de ambientes virtuais de modo a reproduzir uma instalação nuclear com suas respectivas áreas quentes, permitindo que o usuário navegue virtualmente nesta instalação, recebendo e contabilizando a dose de radiação, utilizando taxas de dose reais, atualizadas de forma *online* por monitores de área, dispostos na instalação real.

METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada no desenvolvimento desta tese será adaptar e utilizar núcleos de desenvolvimento de jogos para reproduzir virtualmente instalações nucleares, de modo a permitir estimar a taxa de dose recebida pelos operadores ao realizar suas atividades. A escolha de um núcleo de jogo comercial deve-se principalmente às seguintes características: (i) barato, se comparado com outras soluções de

simulação do mundo real, (ii) fácil modelagem de ambientes virtuais, pois vem com um programa direcionado para esta tarefa que é fácil para aprender e desenvolver. (iii) adaptável/modificável pelo usuário, podendo-se desenvolver para o ambiente de simulação novos componentes necessários para alcançar o objetivo (ex: fontes de radiação), (iv) realista, produzindo ambientes virtuais com realismo o suficiente para o objetivo (possui colisão entre sólidos, gravidade, etc.), (v) popular, o que torna mais fácil a obtenção do esclarecimento de dúvidas sobre as ferramentas.

Através de modificações no código-fonte do núcleo de jogo, novos componentes com funções específicas serão criados, de modo a reproduzir fielmente o comportamento de fontes radioativas e das áreas quentes produzidas por elas. Outro ponto importante a ser adicionado ao código-fonte do jogo é o contador de radiação, de modo a permitir contabilizar a dose recebida pelo avatar. Também será adaptado e reprogramado no código-fonte original do jogo a velocidade dos movimentos do personagem, que deve reproduzir fielmente o movimento humano.

Trabalhando em paralelo com as modificações do núcleo de jogo, serão desenvolvidas ferramentas para permitir a comunicação, através de rede, entre o servidor que mantém as informações das taxas de dose do reator Argonauta, com o núcleo de jogo, onde esse, atualizará os valores das áreas quentes para reproduzi-las fielmente, em tempo real.

Finalmente, para análise geral do comportamento do avatar do operador,

será extraído um relatório das atividades por ele executadas e todas as ações sofridas e realizadas.

RESULTADOS

Para avaliar o método, serão seguidos os seguintes passos:

- Modelar uma instalação nuclear, mais especificamente o reator nuclear de pesquisa Argonauta e sua sala, localizados no Instituto de Engenharia Nuclear, apresentada na figura 1;
- Efetuar a integração entre os servidores de monitoria do Argonauta e do servidor de jogo, como no esquema apresentado na figura 2;
- Definir as tarefas executadas rotineiramente pelos operadores da instalação e obter a taxa de dose de radiação acumulada pelos operadores durante tais tarefas;
- Simular virtualmente as mesmas tarefas executadas rotineiramente, através de avatares no ambiente virtual, obtendo a taxa de dose de radiação acumulada pelos avatares.



Figura 1 - Avatar ao lado da modelagem virtual do reator Argonauta

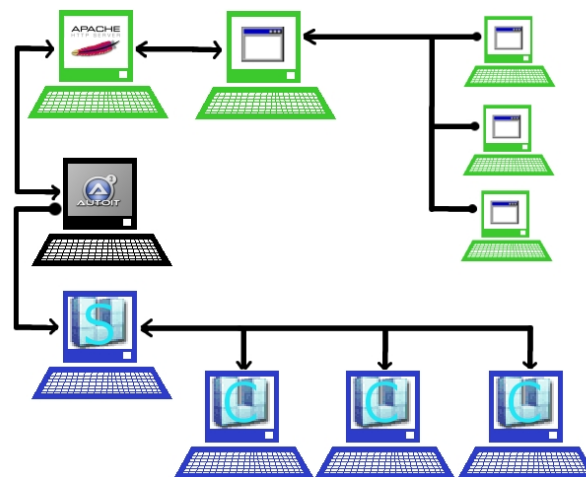


Figura 2 – Disposição dos servidores e clientes na rede integrada

CONCLUSÕES

Através deste sistema, procura-se estimar virtualmente a taxa de dose recebida pelos funcionários em diversos cenários de operação. Sendo assim, espera-se que a simulação gere medições próximas das reais, permitindo que o sistema possa ser adaptado para outras instalações nucleares, servindo como ferramenta útil para otimizar o trabalho e evitar acidentes e riscos à saúde dos operadores

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mól A. C. A., Grecco C.H. S., Carvalho P. V. R., Oliveira M. V., Santos I. J. A. L, Augusto S. C., Viana A. M. F., Implementation of the Immersive Virtual Reality Laboratory in Nuclear Engineering Institute, 2005 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2005, Santos, SP, Brazil, August 28 to September 2, 2005

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto tem o apoio financeiro da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Confiabilidade Humana Aplicada no Processo de Retirada de Emergência dos Trabalhadores: Avaliação de Ferramentas de Simulação

Rachel Cardoso Chicralla e Isaac José Antonio Luquetti dos Santos
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

Uma instalação industrial apresenta vários riscos em decorrência do tipo de processo a ser controlado, químico, termodinâmico, nuclear, e dos perigos associados a esses processos, fogo, explosão, vazamento radioativo e de gás. O plano de emergência constitui um conjunto de regras e procedimentos destinados a evitar ou minimizar os efeitos de acidentes, catástrofes em determinadas áreas, possibilitando o gerenciamento de forma otimizada dos recursos disponíveis. A identificação das melhores rotas de fugas e a estimativa do tempo necessário para a retirada dos trabalhadores do local de risco são itens importantes que devem ser considerados na confecção de um bom plano de retirada de emergência.

OBJETIVO

Este projeto tem o seguinte objetivo:

- Avaliar dois software de simulação, utilizados na determinação do tempo de retirada das pessoas do local de trabalho, em situações de emergência.

SOFTWARE UTILIZADOS

O software *Fire risk Management* realiza simulações da retirada de pessoas, considerando cenários de incêndio em prédios, modelando as dimensões da construção, número de andares, número de portas de emergências e algumas características da população, tais como, sexo e faixa etária.

O software *Emergency Evacuation Net* realiza simulações da retirada de pessoas, através da modelagem da construção utilizando uma rede formada de nós e arcos. Os nós representam componentes da construção, tais como, escadas, salas e quartos. Os arcos definem os corredores, acessos, ou seja, passagem entre os componentes da construção.

Os softwares fornecem informações relacionadas com o tempo necessário para retirada das pessoas com segurança.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada na avaliação dos softwares foi constituída das seguintes fases:

Fase 1: Estudo do software *Fire Risk Management*;

Fase 2: estudo do software *Emergency Evacuatio Net*;

Fase 3: modelagem das dependências da DICH utilizando o software *Fire Risk Management*;

Fase 4: modelagem das dependências da DICH utilizando o software *Emergency Evacuation*;

Fase 5: simulação e análise dos dados utilizando o software *Fire Risk Management*;

Fase 6: simulação e análise dos dados utilizando o software *Emergency Evacuation Net*;

Fase 7: simulado da retirada dos trabalhadores da SEESC/DICH do Instituto de Engenharia Nuclear;

Fase 8: comparação dos resultados.

RESULTADOS

As seguintes informações foram utilizadas nas simulações e no treinamento simulado:

- Número de pessoas na SEESC (Serviço de Engenharia de Salas de Controle): 5
- Procedimento: parar trabalho e deslocar até o refúgio temporário (ponto de encontro ao lado prédio DICH)
- Trajetória: sala da SEESC (segundo andar da DICH), corredor, escadas, saída porta principal DICH, ponto de encontro (ao lado do prédio da DICH)
- Software *Fire Risk Management*: cenário com fumaça no segundo andar e fogo a partir primeiro andar
- Software *Emergency Evacuation Net*: cenários sem fogo e sem fumaça

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 1. Resultados

SOFTWARE	LOCAL	TEMPO RETIRADA(SEG.)
<i>Fire risk management</i>	SEESC	200
<i>Emergency evacuation net</i>	SEESC	70
<i>Treinamento simulado</i>	SEESC	77

CONCLUSÕES

O plano de retirada de emergência é constituído das seguintes etapas: identificação das saídas; definição das possíveis rotas de fugas; planejamento da retirada: ordem de saída, escolha do responsável pela retirada dos trabalhadores; identificação dos pontos críticos das possíveis rotas de fugas e seleção do local de concentração. A severidade do evento iniciador de uma emergência e os fatores que afetam o desempenho humano influenciam o sucesso do processo de retirada dos

trabalhadores [1]. Para preservar a vida dos trabalhadores, os seguintes itens devem ser considerados: antecipação da necessidade de iniciar o processo de retirada, avaliação correta da melhor rota de fuga, fácil acesso a rota de fuga, estimativa do tempo necessário para a retirada dos trabalhadores e deslocamento eficiente até o refúgio temporário. Os dados obtidos possibilitam concluir que os softwares são ferramentas de simulação eficientes para obtenção do tempo necessário para a retirada de emergência dos trabalhadores. O software *fire risk management* comprovou que cenários de emergência com fogo localizado e fumaça influenciam o desempenho humano durante o processo de retirada de emergência. Esses fatores devem ser considerados no treinamento simulado de emergência. Os softwares forneceram uma base de dados importante a ser utilizada na melhoria do treinamento simulado, na obtenção da probabilidade de ocorrência de erros humanos, na identificação dos fatores que podem afetar o desempenho humano e aumentar o risco de perda de vidas humanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Embrey, D. E., Humphreys, P. C., Rosa, E. A., Kirwan, B., e Rea, K. SLIM-MAUD: an Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgment. NY, 1984.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto tem o apoio financeiro da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

Cálculo das Propriedades Macroscópicas de uma Célula Combustível

Renata Amaral da Silva e Rubens Souza dos Santos
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

O núcleo de um reator nuclear é um arranjo geométrico espacial para sustentar reações nucleares envolvendo nêutrons. Um tipo dessas reações seria a fissão nuclear que ocorre quando um nêutron, após interagir com um material, vem a ser absorvido e logo depois se transformando em dois outros núcleos menores gerando de dois a três nêutrons. Outro tipo de reação nuclear é a transmutação, que pode ocorrer quando um nêutron, em uma interação com um núcleo, é absorvido vindo a se transformar em outro nuclídeo. Um fator importante a ser determinado é o fluxo de nêutrons. O fluxo de nêutrons é influenciado pela interação dos nêutrons com materiais no reator com energia dos nêutrons. No caso dos PWRs, os chamados reatores térmicos, devemos considerar dois efeitos importantes, tanto do ponto de vista da operação quanto para o transiente. São eles os efeitos: temperatura no combustível (Efeito Doppler), e de densidade/temperatura no moderador. Um modelo usual para tratar da distribuição de nêutrons no reator é baseado na Teoria da Difusão Multigrupo, onde a energia total é discretizada em g grupos de energia. Em qualquer situação de sua aplicação, seja para problemas estáticos ou problemas transitórios, devemos considerar os parâmetros macroscópicos que dão forma ao conjunto de essas equações que descrevem o comportamento dos nêutrons, em função das suas constantes macroscópicas (seções de choque de captura, fissão, coeficiente de difusão, etc.)

OBJETIVO

A maioria dos códigos computacionais de transientes corrige os parâmetros macroscópicos a partir de uma busca em tabelas previamente geradas considerando valores estáticos, i.e., para cada estado de densidade e temperaturas dos materiais, são calculados esses parâmetros e alocados em tabelas. O objetivo desse trabalho é desenvolver uma sub-rotina para ser incorporada num código computacional em desenvolvimento no SETER/DIRE/IEN, para cálculos de transientes em núcleos de reatores, de maneiras a corrigir as propriedades durante os transientes.

METODOLOGIA

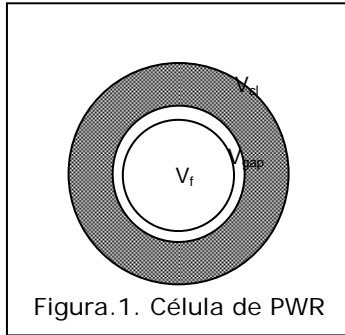
Conhecendo os parâmetros macroscópicos gerados por um código considerado exato, por exemplo, o código HAMMER [1], no estacionário $P_{Eg}(\vec{r},0)$, e calculando esses mesmos parâmetros por um modelo aproximado $P_{Ag}(\vec{r},0)$, definimos parâmetros $F_g(\vec{r})$, espacialmente distribuídos, que preservam as dependências no espectro de energia dos nêutrons, dados por:

$$F_g(\vec{r}) = \frac{P_{Eg}(\vec{r},0)}{P_{Ag}(\vec{r},0)} \quad (1)$$

de tal forma que durante o transiente, os parâmetros macroscópicos são corrigidos internamente como:

$$P_{Eg}(\vec{r},t) = F_g(\vec{r})P_{Ag}(\vec{r},t). \quad (2)$$

Uma célula típica de um PWR é mostrada na Figura 1,



Na figura, V_f representa o volume da região combustível, V_{cl} revestimento e V_λ o moderador/refrigerante, ζ um parâmetro que depende da razão dos fluxos térmicos no moderador e combustível.

Tendo isto em mente, os parâmetros macroscópicos da célula, para cada grupo de energia é dado por:

$$P_g(célula) = \frac{P_g(f) + P_g(\alpha) \cdot (V_\alpha/V_f) + P_g(\lambda) \cdot (V_\lambda/V_f) \cdot \zeta}{1 + V_\alpha/V_f + (V_\lambda/V_f) \cdot \zeta} \quad (3),$$

onde, $P_g(f)$, $P_g(c\lambda)$ e $P_g(\lambda)$ representam os parâmetros nas regiões da célula. No caso das seções de choques, esse parâmetro toma a forma:

$$P_g = \Sigma_g = N\sigma_g, \quad (4)$$

onde $N = \rho \frac{N_A}{M}$ representa a densidade isotópica, sendo ρ densidade e M peso atômico/molecular do material, e N_A o número de Avogadro, 6.02×10^{23} átomos ou moléculas/mol/cc.

RESULTADOS

Um programa em linguagem FORTRAN foi desenvolvido para cálculo das propriedades dadas pela Eq. 3, programa PRECIN. Tomou-se por base uma típica célula combustível de um PWR a 2.68% de enriquecimento. O fator ζ foi assumido como 1. A colapsoação em quatro grupos de energia foi obtidas a partir de uma tabela de 16 grupos finos da referência [2]. As constantes do hidrogênio foram

aproveitadas do código HAMMER [1]. A Tabela 1 mostra alguns resultados. Já a Tabela 2 mostra os resultados dados por HAMMER, para um típico PWR de mesmo enriquecimento.

Tabela 1: Cálculo aproximado de constantes, Eq.3.

g	$\Sigma_{ag} (cm^{-1})$	$\nu\Sigma_{fg} (cm^{-1})$	$D_g (cm)$
1	0.9368E-2	0.2327E-1	1.9570
2	0.2028E-2	0.4892E-4	0.9011
3	0.4957E-2	0.7063E-4	0.6914
4	0.1930E-1	0.1851E-3	0.4655

Tabela 2: Cálculos de constantes com HAMMER.

g	$\Sigma_{ag} (cm^{-1})$	$\nu\Sigma_{fg} (cm^{-1})$	$D_g (cm)$
1	0.4214E-2	0.8383E-2	2.3005
2	0.2353E-2	0.8157E-3	1.1619
3	0.2583E-1	0.1143E-1	0.9087
4	0.8638E-1	0.1433E00	0.3759

Notamos que os valores dos coeficientes de difusão poderia indicar uma aproximação razoável, pela aproximação dada por Eq. 1. No entanto, há uma brutal divergência nas seções de choques de fissão, principalmente nos grupos de baixa energia.

CONCLUSÕES

Os resultados preliminares indicam que o modelo pode funcionar para algumas constantes, mas necessita um levantamento minucioso das aproximações aqui propostas, para implementações num código de cinética de reatores, para cálculo de transientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Barhen, J. et al., 1978. The HAMMER Code System. Technion, EPRI-NP-565.
- [2] Yiftah, S. et al., Fast Reactor Cross Sections, Study Leading to 16 Group Set.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto tem o apoio financeiro da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Realidade Virtual e inteligência Artificial para a Identificação de Defeitos e Fraturas em Imagens Obtidas por Radiografia

Shaiene de Menezes Lopes e Cláudio Márcio do Nascimento Abreu Pereira
INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR – IEN

INTRODUÇÃO

Pesquisas vêm sendo realizadas com a aplicação de técnicas nucleares para análise não destrutiva de materiais, devido às características importantes do nêutron térmico para a investigação da matéria. Dentre as técnicas nucleares utilizadas, encontram-se as técnicas radiográficas com nêutrons, e a neutrografia. Ambas as técnicas envolvem a obtenção e análise de imagens, visando a identificação de defeitos, fraturas, texturas e de corpos estranhos no interior de objetos.

No Instituto de Engenharia Nuclear – IEN/CNEN, ambas as técnicas são dominadas e vêm sendo freqüentemente utilizadas [1][2][3].

Neste contexto, foi vislumbrada a possibilidade de aliar técnicas de realidade virtual e inteligência artificial às técnicas nucleares supracitadas, de modo a simplificar a obtenção e a análise das imagens de objetos. A proposta é realizar as análises a partir de duas imagens estéreo, ao invés do uso de um grande número de imagens, conforme ocorre atualmente.

OBJETIVO

*Utilização da técnica de estereoscopia na obtenção de imagens 3D de objetos, aliada às técnicas nucleares já em uso para a obtenção das imagens; com isto, será necessário obter apenas duas imagens por análise;

*Utilização de técnicas de realidade virtual para a visualização 3D e análise qualitativa dos objetos, a partir das imagens estéreo; técnicas passivas, através da separação das imagens para

cada olho por polarização ou cores; ou técnicas ativas, através de óculos com lentes de cristal líquido, com sincronismo;

*Análise quantitativa, com a realização de medidas na imagem 3D gerada, através de um cursor virtual, gerado através de programação;

METODOLOGIA

Foi ministrado para os alunos de iniciação científica um curso teórico/prático sobre Realidade Virtual a ser realizado no Laboratório de Realidade Virtual do Instituto de Engenharia Nuclear (LABRV/IEN).

Em seguida, foi feito um levantamento bibliográfico relativo ao tema.

Depois foram obtidas as imagens, durante os experimentos realizados no reator de pesquisas Argonauta, do IEN/CNEN.

Neste momento será desenvolvido um programa para visualização estéreo de imagens e medição virtual.

A próxima etapa corresponderá à análise das imagens 3D obtidas, com a realização de medidas virtuais dos corpos identificados no interior dos objetos. Com o cursor virtual, na imagem 3D estéreo, é possível avaliar a localização, incluindo a profundidade, e as dimensões destes corpos ocultos.

Por fim, realizada análise comparativa entre os resultados obtidos com o método proposto, onde aplica-se técnicas de realidade virtual às técnicas nucleares já em uso, com o método utilizado atualmente, através da combinação de múltiplas imagens, e técnicas de processamento de imagens.

RESULTADOS

*Desenvolvimento de um método alternativo de análise de imagens radiográficas e neutrográfica, através da utilização de técnicas de realidade virtual;

*Aperfeiçoamento das técnicas de análise de imagens radiográficas e neutrográfica, em relação aos métodos em curso atualmente, onde espera-se reduzir o tempo e complexidade da aquisição e análise;

Elaboração de um relatório técnico;

*Participação e apresentação de trabalho em congresso de visualização científica.

CONCLUSÕES

A Realidade Virtual (RV) é uma técnica avançada de interface que permite ao usuário interagir ou explorar um ambiente tridimensional através do computador, como se fizesse parte do mundo virtual. Esta tecnologia apresenta grande aplicabilidade nas mais diversas áreas do conhecimento humano. Sendo assim, este projeto visa aliar técnicas de Realidade Virtual e Inteligência Artificial às técnicas nucleares, no desenvolvimento de um sistema de medição e visualização tridimensional estéreo, para ser utilizado na análise não destrutiva de materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] WIKIPEDIA;
[HTTP://PT.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/INTELIG%C3%AANCIA_ARTIFICIAL](http://pt.wikipedia.org/wiki/Intelig%C3%Aancia_Artificial)
- [2] FÓRUM RUNTIME EDITION;
[HTTP://FORUMS.BEYONDUNREAL.COM/ARCHIVE/INDEX.PHP/T-164486.HTML](http://forums.beyondunreal.com/archive/index.php/t-164486.html)
- [3] UNREAL ENGINE 2;
[HTTP://UDN.EPICGAMES.COM/TWO/UNREALENGINE2RUNTIME.HTML](http://udn.epicgames.com/two/unrealengine2runtime.html)
- [4] UNREAL TECHNOLOGY;
[HTTP://WWW.UNREALTECHNOLOGY.COM/DEVELOPMENT-KIT.PHP?REF=UE2R](http://www.unrealtechnology.com/development-kit.php?ref=UE2R)

[5] Silvani, M. I., Almeida, G. L., Furieri, R. C. A. A., Lopes, R. T., Gonçalves, M. J., Thermal Neutron Computed Tomography at the Argonauta Reactor, Brazilian Journal of Physics, vol. 35, no 3B, 775-778, 2005.

[6] Almeida, G. L., Silvani, M. I., Furieri, R. C. A. A., Gonçalves, M. J., Lopes, R. T., Development of a Simulator for Tomographic Images Generated by Radiation Transmission, Brazilian Journal of Physics, vol. 34, no 3A, 767-772, 2004.

[7] Silvani, M. I., Lopes, R. T., Jesus, E. F. O., Almeida, G. L., Barbosa, A. F., Furieri, R. C. A. A., Comparison of Tomographic Systems for X-Ray and Thermal Neutrons, Brazilian Journal of Physics, vol. 33, no 2, 286-290, 2003.

[8] Mól, A. C. A., Grecco, C.H. S., Carvalho, P. V. R., Oliveira, M. V., Santos, I. J. A. L., Augusto, S. C., Viana, A. M. F., Implementation of the Immersive Virtual Reality Laboratory in Nuclear Engineering Institute, 2005 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2005, Santos, SP, Brazil, August 28 to September 2, 2005.

[9] BEGAULT, D.R. - 3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia, Academic Press, Cambridge, MA, 1994.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Este projeto tem o apoio financeiro da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).



Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

IPEN



Deposição de Filmes de $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ por Spin Coating

Alain Georges Bruha e Fabio Coral Fonseca
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A célula a combustível de óxido sólido (SOFC) de temperaturas intermediárias vem sendo bastante estudada por apresentar alta eficiência, variabilidade de combustível e baixas emissões de poluentes¹. Como parte do desenvolvimento da SOFC os cátodos formados pela estrutura perovskita do LaNiO_3 , dopada com vários elementos também vêm sendo desenvolvidos². Neste estudo foram sintetizados compostos LaNiO_3 dopados com ferro pela síntese do precursor polimérico. Esta técnica permite que estes materiais sejam conformados na forma de pastilhas e de filmes finos pela técnica de "spin coating"³⁻⁴.

OBJETIVOS

O objetivo do presente projeto é obter resinas poliméricas de compostos $\text{LaNi}(\text{Fe})\text{O}_3$ para a produção de camadas por spin coating sobre substratos de zircônia-ítria, visando o estudo das propriedades eletroquímicas.

METODOLOGIA

As resinas de $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$, com $x=0$; 0,1; 0,2 e 0,3, são preparadas pelo método dos precursores poliméricos ou Pechini⁵ utilizando ácido cítrico, nitratos de ferro, níquel e lantânio, e etileno glicol para reação de poliesterificação. As resinas são calcinadas em forno tubular para posterior caracterização por Difractometria de raios X (DRX). A viscosidade é medida através de viscosímetro de Ostwald e ajustada para otimização da deposição. A deposição é feita pela técnica de "spin coating" na qual as resinas são depositadas sobre pastilhas de ZrO_2 : 8 mol% Y_2O_3 (Tosoh,

Japan). A "meia-célula" obtida é seca em chapa elétrica e sinterizada no forno tubular a 800 C por 3 h ao ar. Este processo é repetido por diferentes vezes para se obter diferentes espessuras da camada depositada. Medidas de resistência elétrica superficial são usadas como indicador da qualidade das deposições em cada etapa.

RESULTADOS

As resinas de $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$, com $x=0$; 0,1; 0,2 e 0,3, foram analisadas por DRX. A Figura 1 mostra os padrões de difração medidos.

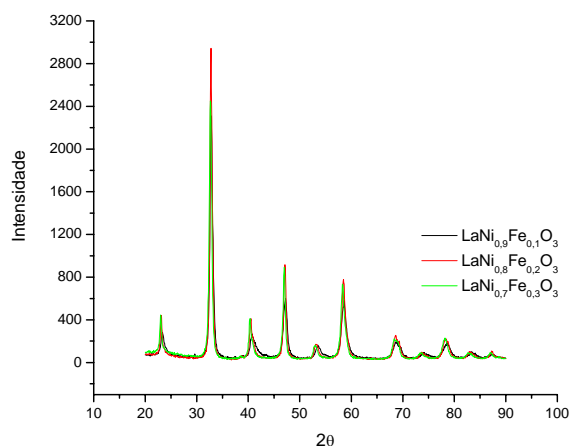


Figura 1. Padrões de difração de raios X das resinas calcinadas de $\text{LaNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$, com $x=0,1$; 0,2 e 0,3.

Os resultados de DRX indicaram que as resinas produziram pós com fase única para todas as composições investigadas. O deslocamento de algumas raias de difração, e a ausência de picos adicionais sugerem que o ferro substituiu os íons de Ni na estrutura perovskita do LaNiO_3 .

Os substratos de zircônia estabilizada foram produzidos e as deposições por "spin coating" da resina com $x=0$ já foram iniciadas.

CONCLUSÕES

A técnica dos precursores poliméricos se mostrou eficiente na produção de compostos da família LaNi(Fe)O_3 , resultando em materiais monofásicos, apropriados para as deposições de camadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]Y. D. Zhen, A. I. Tok, S. P. Jiang, F. Y. C. Boey. *J. Power Sources* 170 (2007) 61-66
- [2]Jesper Knudsen, Peter B. Friehling, Nikolaos Bonanos. *Solid State Ionics* 176 (2005) 1563-1569
- [3]X. Xu, C. Xia, S. Huang, D. Peng. *Ceramics International* 31 (2005) 1061
- [4]K. Chen, Z. Lü, N. Ai, X Huang, Y. Zhang, X. Xin, R. Zhu, W. Su, J. Power Sources 160 (2006) 436.
- [5]Neftalí L. Carreño, Geórgia C. L. Araújo; *Quim. Nova*, 25 (2002) 935

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC, CNPq, FINEP.

Caracterização da Quitosana Magnética

Andréia Sayuri Horita e Mitiko Yamaura
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O descarte sem tratamento adequado de águas residuárias contendo metais pesados e compostos orgânicos tóxicos gera potencial risco de contaminação ambiental. Uma opção versátil é o tratamento dessas águas com adsorventes magnéticos [1], que contêm sítios capazes de adsorver contaminantes e é facilmente separada da água pela aplicação de campo magnético. Certos resíduos de atividades antropogênicas, como por exemplo a quitosana [2], apresentam potencialidades adsorptivas, podendo ser utilizados para síntese de adsorventes magnéticos de forma sustentável e econômica. A quitosana é um biopolímero obtido da desacetilação da quitina (Figura 1), um resíduo do processamento de alimentos marinhos. O grupo amino é o sítio ativo responsável pelas propriedades adsorptivas pelos íons metálicos e compostos orgânicos.

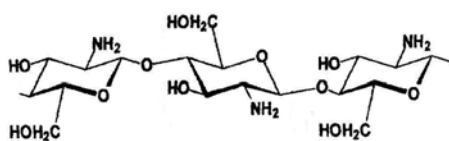


Figura 1 – Estrutura química de quitosana.

OBJETIVO

Preparar e caracterizar um adsorvente magnético composto de quitosana e partículas de magnetita.

METODOLOGIA

As partículas da magnetita foram obtidas por precipitação de íons de Fe^{2+} e Fe^{3+} com NaOH. A suspensão de partículas de magnetita foi adicionada

lentamente à uma solução de acetato de quitosana 10 g.L^{-1} em ácido acético 2%, sob agitação de 4h. Adicionou-se NaOH até a solução tornar básica. O produto foi lavado com água destilada. A fim de obter o pó de quitosana magnética submeteu-se o produto ao processo de secagem utilizando um sistema spray-dryer (210°C - 214°C). Caracterizações físicas foram realizadas em pós de magnetita, quitosana e de quitosana magnética por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de absorção na região do Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), curvas de magnetização e difratometria de raios-X.

RESULTADOS

Fotos de MEV mostraram que os pós de magnetita e quitosana magnética são aglomerados de minúsculos particulados de tamanhos variados.

As curvas de magnetização, Figura 2, mostraram que a magnetita e a quitosana magnética exibiram altos valores de magnetização de saturação e curvas sem histerese. As curvas apresentaram ausência de magnetização residual nos materiais após a retirada do campo magnético, comportamento conhecido como superparamagnetismo, peculiar em nanopartículas magnéticas. Verificou-se um pequeno decréscimo no valor de magnetização de saturação para a quitosana magnética em relação ao da magnetita, atribuído à camada não magnética de quitosana.

No espectro de FTIR da magnetita, Figura 3, há banda de absorção características em 634cm^{-1} e 560cm^{-1} , atribuídas às vibrações das ligações Fe-O.

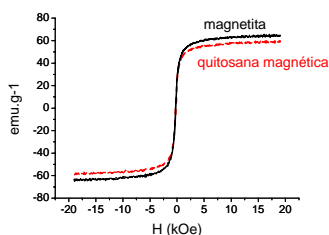


Figura 2 –Curva de magnetização dos pós de magnetita e quitosana magnética. Temperatura de 300K.

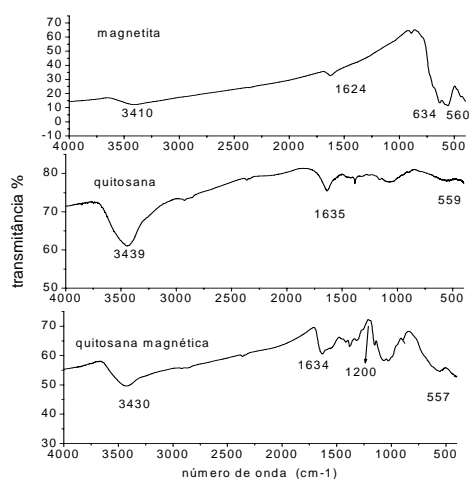


Figura 3. Espectros de FTIR dos pós de magnetita, quitosana e quitosana magnética.

No espectro de absorção da quitosana, bandas fortes e largas observadas em 3439cm^{-1} e 1635cm^{-1} são atribuídas as moléculas de água, grupos OH dos álcoois e N-H dos aminos presentes na estrutura química do biopolímero. No espectro de absorção da quitosana magnética, comprova-se incorporação de partículas de magnetita, pois há aumento da banda em 557cm^{-1} caracterizada pela ligação Fe-O e diminuição das bandas nas regiões de 3430cm^{-1} e 1640cm^{-1} a 1200cm^{-1} sugerindo uma redução nas vibrações de OH dos álcoois ou de N-H dos aminos que possivelmente poderiam reagir quimicamente com a magnetita.

Comparando-se com o padrão de referência de difração de raios-X

(JCPDS-ICDD), observaram-se no difratograma da magnetita (Figura 4) os principais picos característicos de fase magnetita e a fase maghemita como impureza. A maghemita possui os principais picos de difração muito próximos dos picos da magnetita tornando difícil a sua identificação. Entretanto, observaram-se dois picos secundários em $23,7^\circ$ e $26,3^\circ$ atribuídos somente a maghemita.

Figura 4- Difratograma de raios-X do pó de magnetita. Radiação incidente de CuK_α .

CONCLUSÕES

A quitosana magnética exibiu o comportamento superparamagnético e observou-se a presença de magnetita com impurezas de maghemita. O superparamagnetismo e a propriedade adsorptiva da quitosana conferem à quitosana magnética as características de um adsorvente magnético, uma tecnologia que combina as técnicas de adsorção e separação magnética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ngomsik, A., Bee, A., Draye, M., Cote, G., Cabuil, V., Comptes Rendus Chimie v. 8, p. 963-970, 2005.
- [2] Crini, G., Badot, P-M., Progress in Polymer Science v. 33, p. 399-447, 2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/Universal 2006

Fototerapia com Laser em Baixa Intensidade em Processos Infeciosos Agudos

Antonio José da Silva Santos e Martha Simões Ribeiro
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A fototerapia através do uso de lasers de baixa potência vem sendo utilizada em diversas áreas da Saúde. Alguns estudos mostram que esta modalidade terapêutica pode estimular a proliferação celular e liberação de mediadores quimiotáticos, modular o processo inflamatório e acelerar a cicatrização de feridas [1,2]. Entretanto, ainda existem poucos estudos sobre a ação da irradiação laser de baixa potência em processo infeccioso e resposta imunológica. Apesar de alguns trabalhos mostrarem aumento da proliferação bacteriana *in vitro* [3], estudos *in vivo* indicam que a terapia laser é capaz de fechar mais rápido uma lesão infectada [4].

OBJETIVO

Investigar o efeito da irradiação laser de baixa potência sobre processo infeccioso induzido por *Pseudomonas aeruginosa* em pata de camundongos.

METODOLOGIA

Foram utilizados dezesseis camundongos BALB/c adultos, machos, com massa corpórea de aproximadamente 30g, mantidos no biotério do IPEN-CNEN/SP. A anestesia geral foi obtida por meio da utilização de cloridrato de quetamina (0,8mL/Kg) e xilazina (0,2mL/Kg) por via intraperitoneal. Após anestesia, os animais foram divididos em dois grupos: GC (grupo controle) e GL (grupo laser). A pata esquerda de cada animal foi inoculada com 50µL de *Pseudomonas aeruginosa* (~5x10⁶ células) subplantar, enquanto que a

pata direita recebeu solução tampão na mesma quantidade. Após 6h (momento 0), GL recebeu uma única irradiação pontual ($\lambda = 660\text{nm}$, $P = 50\text{mW}$) com fluência de $3\text{J}/\text{cm}^2$ sobre a pata esquerda, enquanto GC não recebeu nenhum tratamento. Para avaliação do edema, os animais foram fotografados antes, 16h e 24h após a irradiação. As imagens obtidas foram digitalizadas e analisadas utilizando o *software* ImageJ. Os dados foram avaliados utilizando t-test com nível de significância de 0,05.

RESULTADOS

A figura 1 mostra uma fotografia obtida 6h após indução do edema. Observa-se a pata esquerda mais edemaciada do que a pata direita, que recebeu solução tampão, caracterizando o processo infeccioso.



Figura 1: Fotografia da pata de camundongo 6h após inoculação com *P. aeruginosa*.

A figura 2 mostra os valores de edema obtidos para os grupos laser e controle

durante o período experimental. Observa-se que para o grupo controle, o edema diminuiu após 24h do tratamento. No grupo laser, após 16h da irradiação, observa-se que o edema é significativamente menor que 0h. Vinte e quatro horas depois de instalado o edema, não foram observadas diferenças estatísticas comparando com 16h.

Comparando-se os grupos, observa-se que a terapia a laser é capaz de reduzir o processo infeccioso, já que o edema é significativamente menor comparado àquele do grupo controle 16h depois do tratamento.

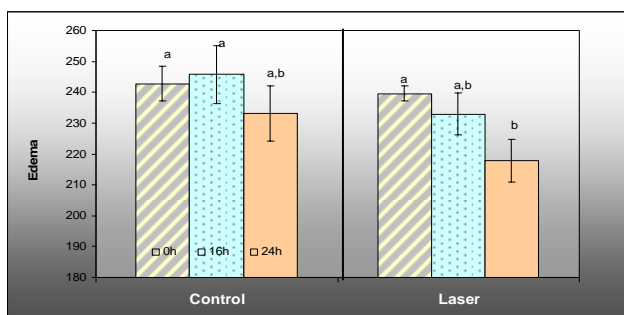


Figura 2: Valores médios do edema na pata posterior esquerda (\pm DP). Letras diferentes representam diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre os grupos.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, a fototerapia com laser de baixa potência, nas condições utilizadas neste estudo, não aumenta infecção bacteriana e pode reduzir edema em processo infeccioso agudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lopes-Martins RA, Marcos RL, Leonardo PS, Prianti AC Jr, Muscará MN, Aimbire F, Frigo L, Iversen VV, Bjordal JM. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *J Appl Physiol.* 2006;101(1):283-8.
- [2] Ribeiro MS, Silva DFT, Araújo CEM, Pellegrini CMR, Oliveira SF, Zorn TMT,

Zezell DM. Effects of low-intensity polarized visible laser radiation on skin burns. A light microscopy study. *J Clin Laser Med Surg* 2004; 22:59-66.

[3] Nussbaum, E. L., Lilge, L. et al. Effects of 630-, 660-, 810-, e 905 nm laser irradiation delivering radiant exposure of 1-50 J/cm² on three species of bacteria in vitro. *J. Clin. Laser Med. Surg.* v. 20, p. 325-33, 2002.

[4] Ferreira MC, Brito VN, Gameiro J, Costa MR, Vasconcellos EC, Cruz-Hofling MA, Verinaud L. Effects of HeNe laser irradiation on experimental paracoccidioidomycotic lesions. *J Photochem Photobiol B.* 2006 Aug 1;84(2):141-9.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Medida de Dose devido a Neutrões e Raios Gama em Instalação para Estudos em BNCT

Daniela Beatriz Benites e Paulo Rogério Pinto Coelho
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A técnica de Terapia por Captura de Nêutrons em Boro (BNCT) consiste, resumidamente, em injetar no local onde há células cancerígenas um composto especial contendo boro que é preferencialmente absorvido pelas células degeneradas. A irradiação com nêutrons térmicos no local do tumor induz reações dos nêutrons com o boro produzindo partículas alfa e íons de Li^7 , liberando 2,33 MeV (energia cinética das partículas e íons), que são de curto alcance (dimensões das células degeneradas) as quais destroem seletivamente as células cancerígenas. A pesquisa na área de BNCT para tumores cancerígenos de difícil tratamento por técnicas convencionais (cirurgia, quimioterapia ou radioterapia) tem apresentado grande ímpeto nos últimos anos devido aos resultados promissores obtidos. Já somam mais de 200 pacientes submetidos a essa terapia no Japão [1] e os primeiros experimentos foram realizados com seres humanos nos Estados Unidos [2] e na Europa [3]. Este panorama internacional tem motivado os pesquisadores do IPEN a envidar esforços neste campo de pesquisa. Foi construída [4] uma instalação junto ao reator IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP, para a realização de pesquisas neste campo. A construção desta instalação visa realizar pesquisas na área de Física das Radiações e Radiobiologia; permitirá caracterizar campos de radiação (nêutrons e gamas) adequados para a aplicação da técnica de BNCT, desenvolver estudos de filtros para aumentar a eficiência da técnica, estudos de níveis de dose utilizando

"phantoms" e estudos biológicos "in vitro" e "in vivo" (Fig.1).

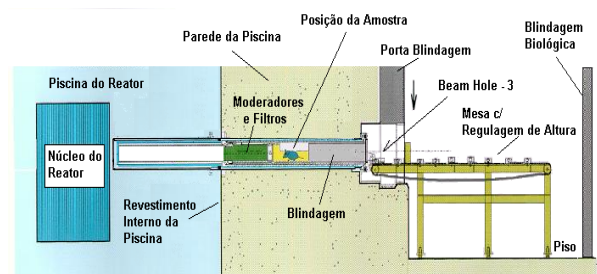


Figura 1. Esquema da instalação para estudos em BNCT

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a determinação de doses devido a nêutrons e gamas em campo misto destas radiações utilizando dosímetros termoluminescentes TLD-600 e TLD-700 [5], tendo como finalidade caracterizar estas doses na instalação de BNCT em diversas posições de seu interior.

METODOLOGIA

Para determinação de dose devido a nêutrons e gamas utilizando dosímetros termoluminescentes é necessário que seja feito o selecionamento desses cristais (separar as pastilhas mais reprodutíveis) e também a construção de curvas de calibração, para tanto contamos com cerca de 150 pastilhas de TLD-600 e 200 pastilhas de TLD-700 e também com uma leitora TL, modelo Victoreen 2800 M, onde serão obtidas as respostas termoluminescentes das pastilhas utilizadas. Após o término da fase de testes com a leitora será feito o selecionamento das pastilhas e,

posteriormente, a construção das curvas de calibração.

RESULTADOS

Até o momento foram realizados apenas testes para determinar os parâmetros da leitora que serão utilizados para a realização das futuras leituras dos TLDs. Através destas medidas foram definidas, por meio da razão sinal ruído (S/R), as faixas de tensões que serão utilizadas para construção das curvas de calibração.

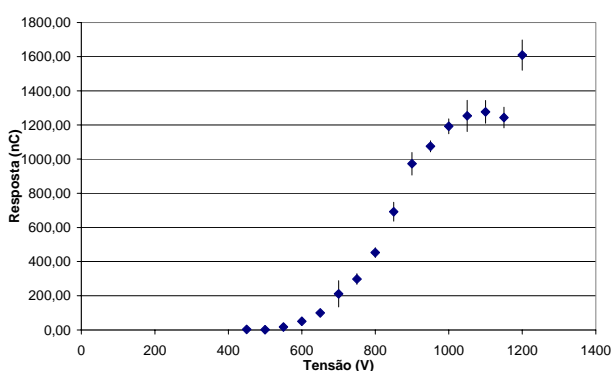


Figura2. Razão Sinal Ruído (S/R)

Foram selecionadas duas faixas de tensão, uma para altas doses (550 a 650V) e outra para doses baixas (1000 a 1100V). Para estimativas de doses no interior da instalação serão utilizadas faixas de tensões baixas, uma vez que as doses envolvidas serão altas, em contrapartida para avaliação de dose do lado de fora da instalação (estudos de blindagem, por exemplo) serão utilizadas altas tensões, visto que as doses obtidas serão mais baixas.

CONCLUSÕES

O fato de termos levantado os parâmetros da leitora e determinado em que faixas de tensões iremos trabalhar contribuiu de maneira significativa para o prosseguimento do nosso trabalho.

Atualmente, estamos iniciando uma nova fase deste trabalho; serão irradiados TLDs para testar se as faixas de tensão determinadas, realmente, são as ideais para o prosseguimento dos estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Kanda, K. Experience of boron neutron capture therapy in Japan. *Advances in Neutron Capture Therapy, Volume I, medicine and physics*, 71-76, 1997.
- [2] Rolf F. Barth, M. D, Albert H. Soloway and Robert M. Brugger, *Boron Neutron Capture Therapy of Brain Tumors: Past History, Current Status, and Future Potential (Clinical Science Reviews)*, *Cancer Investigation*, 14(6), 534-550(1996).
- [3] Wolfgang Sauerwein, Katalin Hideghéty, Detlef Gabel and Raymond L. Moss, *European Clinical Trials of Boron Neutron Capture Therapy for Glioblastoma*, *Nuclear News*, 54-56, February 1998.
- [4] Coelho, P. R. P.;Hernandes, A. C.; Siqueira, P. T. D. *Neutron Flux Calculation in a BNCT Research Facility Implemented in IEA-R1 Reactor; 10th International Congress on Neutron Capture Therapy*, 8-13 September 2002, Essen, Germany.
- [5] A. Triolo. M. Brai, M. Marrale, G. Gennaro, A Bartolotta. *Study of the Glow Curves of TLD Exposed to Thermal Neutrons. Radiation Protection Dosimetry Advanced Access*, Published online on May 13, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN, Ministério da Ciência e Tecnologia.

Avaliação da Toxicidade Aguda e Crônica das Águas Subterrâneas do IPEN, SP, para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*

Caio Roberto Picolomini Buongiorno e Maria Beatriz Bohrer-Morel
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A utilização de águas subterrâneas para o abastecimento humano vem crescendo, visto que a qualidade das águas superficiais está cada vez mais comprometida por ações antrópicas. Atualmente, aquíferos mais profundos e confinados são captados no Brasil para abastecimento público, industrial e agrícola principalmente [1]. Diante disso, a avaliação da qualidade de águas subterrâneas se torna imprescindível para seu uso posterior.

Ensaio ecotoxicológicos são importantes ferramentas para indicar a qualidade da água, podendo ser observados em ensaios agudos, efeitos letais (mortalidade) e em ensaios crônicos, efeitos sub-letais, como por exemplo, crescimento e reprodução.

Os organismos utilizados em ensaios ecotoxicológicos, denominados de organismos-testes, devem ser de fácil coleta e manutenção em laboratório, ter representatividade ecológica e sensibilidade a substâncias de referência conhecida, além de informações sobre seu ciclo de vida, sendo dada preferência à espécies autóctones [2].

Daphnia similis, *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*, são comumente utilizadas como organismos-teste em ensaios ecotoxicológicos em águas doces. O uso de espécies nativas para avaliação da toxicidade possibilita maior representatividade quando se extrapola os resultados dos ensaios em laboratório às condições de campo. Recentemente a espécie nativa *Ceriodaphnia silvestrii* foi padronizada como organismo-teste em ensaios

ecotoxicológicos pela NBR ABNT 13373 [3]. Os parâmetros biológicos e a sensibilidade a substâncias de referência de *C. silvestrii* são muito próximos aos de *Ceriodaphnia dubia* [4].

OBJETIVO

- Avaliar o efeito agudo das águas subterrâneas do IPEN para *Daphnia similis*.
- Avaliar o efeito crônico das águas subterrâneas do IPEN para *D. similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *C. silvestrii*.

METODOLOGIA

As amostras foram coletadas com coletor de água Niskin, em seis diferentes poços distribuídos dentro da área do IPEN, sendo devidamente identificadas e congeladas imediatamente. As variáveis físicas e químicas (oxigênio dissolvido, pH, condutividade e dureza) iniciais foram medidas antes do processo de congelamento. No teste agudo [5] com *D. similis*, de duração de 48 horas, cinco organismos por réplica (4) foram expostos às amostras por ponto e mantidos a temperatura de 20(±1)°C. Ao final do ensaio a mortalidade das neonatas, foi analisada.

O teste crônico [6] com *D. similis* teve duração de 14 dias, sendo realizada a renovação das amostras e a contagem do número de neonatas produzidos por fêmea a cada dois dias. Como alimento, forneceu-se a alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. Os organismos foram mantidos a temperatura de 20(±1)°C.

Os testes crônicos [3] com *Ceriodaphnia dubia* e com *C. silvestrii*, tiveram duração de 7 dias. Como alimento forneceu-se alga e alimento composto (Tetramin® e ração fermentada). Os organismos foram mantidos na temperatura de 25(±1)°C. As demais condições do ensaio formam as mesmas adotadas para *D. similis*. As análises estatísticas dos ensaios foram realizadas com o auxílio do programa computacional TOXSTAT 3.5. [7]

RESULTADOS

Os pontos 2, 5 e 6 apresentaram toxicidade aguda (mortalidade) para *D. similis*. A toxicidade crônica (reprodução) foi observada em todos os pontos amostrados para *D. similis*, *C. silvestrii* e *C. dubia*.

CONCLUSÕES

Todas as amostras de água subterrânea estudadas apresentaram toxicidade para os organismos testados, seja ela crônica ou aguda. As variáveis físicas e químicas iniciais e finais (oxigênio dissolvido e pH), obtidas nos ensaios de ecotoxicidade, encontram-se próximas as toleráveis para às espécies. Porém, condutividade e dureza encontraram-se no ponto 1 muito elevadas, provavelmente sendo responsáveis pelo efeito crônico, uma vez que ambas estão relacionadas com quantidades de sais, resultando no desequilíbrio osmótico. A toxicidade das águas subterrâneas dos demais locais provavelmente está relacionada com a presença de contaminantes provenientes de processos de lixiviação e/ou de efluentes orgânicos. Recomenda-se o biomonitoramento sazonal das águas subterrâneas associado às análises químicas de modo a identificar os contaminantes e a origem da contaminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Rebouças, A.C. A política nacional de recursos hídricos e as águas subterrâneas, Rev. Águas subterrâneas, nº16, Maio, 2002.
- [2] EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA-821-R-02-1: Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 5 ed. Washington. U.S.A. 2002.
- [3] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT-NBR – 13373: Ecotoxicologia aquática-Toxicidade Crônica- Método em ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro. Brasil. 2005.
- [4] Jaconetti, P.C.M. Validação de ensaios ecotoxicológicos com organismos autóctones - *Daphnia laevis* e *Ceriodaphnia silvestrii*. Dissertação de Mestrado. IPEN, 2005.
- [5] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT-NBR – 12713: Ecotoxicologia aquática-Toxicidade Aguda- Método em ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro. Brasil. 2004.
- [6] Lameira, V. Validação de *Daphnia laevis* como organismo-teste em ensaios de toxicidade aguda realizados no Laboratório de Ecotoxicologia do Centro de Química e Meio Ambiente – CQMA do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, sob escopo da NBR ISO/EIC 17025. Monografia. UNISA, 2005.
- [7] WEST, Inc. & GULLEY, D. Western Ecosystems Technology. TOXSTAT 3.5 Computer Program. 1994.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBIC-CNPQ

Avaliação do Processo de Adsorção de Íons de Ni e Zn pelo Bagaço de Cana-de-açúcar

Caroline Hastenreiter Costa e Mitiko Yamaura
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Metais pesados, como níquel e zinco, são freqüentemente encontrados em efluentes de galvanoplastias, metalurgias e indústrias de pilhas e baterias. Muitas vezes esse efluente é descartado inadequadamente em corpos hídricos sem prévio tratamento. Esses metais, em altas concentrações são potencialmente tóxicos e biocumulativos. O processo de adsorção apresenta-se como possível tratamento para remoção destes metais nos efluentes. Quando o fenômeno de adsorção é observado entre componentes de um fluido e a superfície de materiais biológicos denomina-se biossorção. O bagaço de cana-de-açúcar é um biossorvente abundante na natureza [1, 2, 3], renovável, biodegradável e de baixo custo, um subproduto da indústria sucroalcooleira.

OBJETIVO

Obter o tempo de contato necessário para a máxima adsorção dos íons Zn^{2+} e Ni^{2+} pelo biossorvente de bagaço de cana-de-açúcar, estudar as isotermas de adsorção e aplicar os modelos de Langmuir e Freundlich.

METODOLOGIA

O bagaço de cana utilizado foi recolhido em uma feira livre, lavado com água destilada, secado ao sol por 5 dias, triturado e peneirado entre 60 e 100 mesh. Para o estudo da influência do tempo de contato, foram preparadas soluções de Ni^{2+} e Zn^{2+} de concentração 20 $\mu\text{g/mL}$ e pH 5. Para o estudo da isoterma de equilíbrio, prepararam-se soluções de Ni^{2+} e Zn^{2+} nas seguintes concentrações: 1, 2, 5, 10, 20 e 30 $\mu\text{g/mL}$. Cada experimento foi realizado

colocando-se, separadamente, 3 mL das soluções em contato por 30 min com 50 mg de bagaço com agitação contínua. Em seguida centrifugou-se por 5 minutos e filtrou-se em papel faixa preta. Os experimentos foram realizados em duplicata e as amostras analisadas em ICP-OES para determinação das concentrações de Ni^{2+} e Zn^{2+} .

RESULTADOS

Os estudos da influência do tempo de contato para os íons Ni^{2+} revelaram que até 40 minutos de contato os valores de remoção foram constantes, após esse período constatou-se um decréscimo na remoção, como mostra a Figura 1. Para os íons Zn^{2+} observou-se que a adsorção tem uma cinética rápida e atinge o equilíbrio logo nos primeiros 10 minutos de contato, conforme mostra a Figura 1.

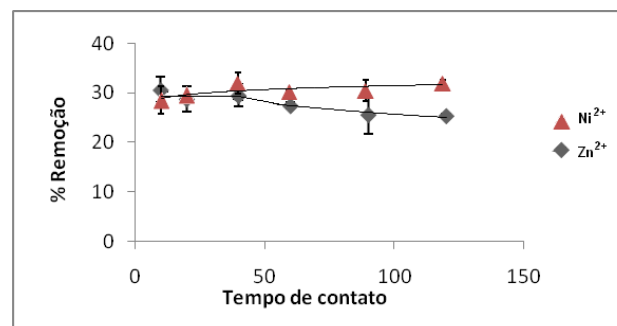


Figura 1. Influência do tempo de contato na remoção de íons Ni^{2+} e Zn^{2+} .

A partir do estudo da influência da concentração dos íons Ni^{2+} e Zn^{2+} obteve-se a isoterma de equilíbrio, como mostra a Figura 2.

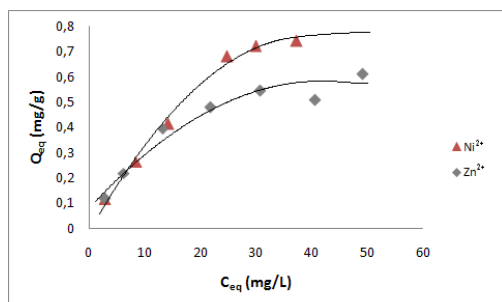


Figura 2. Isoterma de equilíbrio de adsorção dos íons Ni^{2+} e Zn^{2+} no bagaço de cana-de-açúcar, à temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

Aplicaram-se os modelos de isotermas de Langmuir (Figura 3) e de Freundlich (Figura 4) às isotermas da Figura 2. De acordo com a Tabela 1, para os íons Zn^{2+} observou-se pelo coeficiente de relação linear que o modelo mais adequado é o de Langmuir. Para os íons Ni^{2+} o melhor modelo foi o de Freundlich.

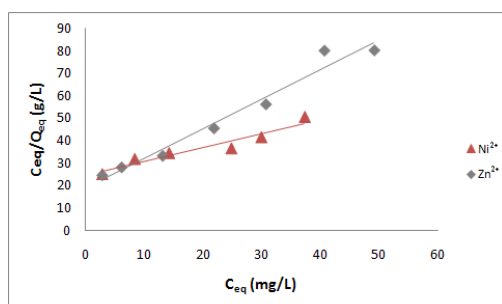


Figura 3. Modelos de isotermas de Langmuir para os íons Ni^{2+} e Zn^{2+} no bagaço de cana-de-açúcar.

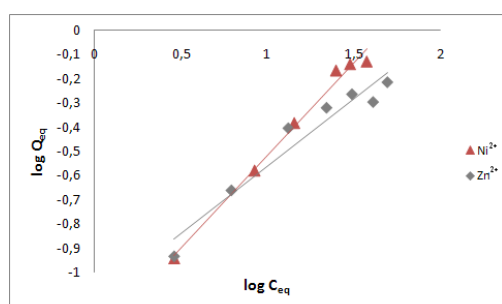


Figura 4. Modelos de isotermas de adsorção de Freundlich para os íons Ni^{2+} e Zn^{2+} no bagaço de cana-de-açúcar.

Tabela 1. Coeficientes de relação linear para os íons Ni^{2+} e Zn^{2+} nas isotermas de Langmuir e Freundlich.

r^2	Ni^{2+}	Zn^{2+}
Langmuir	0,922	0,969
Freundlich	0,989	0,941

CONCLUSÕES

Os estudos de adsorção para os íons Zn^{2+} e Ni^{2+} em bagaço de cana-de-açúcar revelaram-se promissores. Observou-se que a cinética de adsorção é extremamente rápida, atingindo valores máximos logo nos primeiros minutos de contato. Isso garante economia e agilidade no processo de adsorção, pois será utilizada menos energia na agitação e novas bateladas serão realizadas em períodos menores. Para os íons Zn^{2+} encontrou-se capacidade de adsorção máxima de 0,76 mg/g, a qual é inferior ao dos íons Ni^{2+} que tem valor calculado de 1,60 mg/g, segundo o modelo de adsorção de Langmuir. A adsorção dos íons Zn^{2+} correlacionou-se melhor à isoterma de Langmuir que supõe um número de sítios ativos limitado que se saturam com o aumento da concentração dos íons em solução. Para os íons Ni^{2+} , obtiveram-se valores que melhor se aplicavam na isoterma de Freundlich.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gupta, V K., Ali I., Journal of Colloid and Interface Science, 271, 321-328, 2004.
- [2] Gupta, V K. et al, Water Research, 37, 4038-4044, 2003.
- [3] Gupta, V K., Ali I., Separation and Purification Technology, 18, 131-140, 2000.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/PROBIC e CNPq/AGRO

Produção e Caracterização de Microesferas de Vidros contendo Íons de Ferro para Aplicações Terapêuticas

Cristiane Naomi Kamikawachi e José Roberto Martinelli
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Já está comprovado que microesferas de vidro cujas composições contendo radionuclídeos com atividade específica e meia-vida adequadas podem ser utilizadas com efeitos terapêuticos significativos para o tratamento radioterápico de cânceres como no fígado, estômago, pâncreas e colo uterino[1]. Outra possibilidade para a destruição do tecido canceroso é por meio do uso de hipertermia, na qual, um material com propriedades ferromagnéticas é injetado no tumor e temporariamente aquecido por meio da aplicação de um campo eletromagnético externo. Uma alternativa para tais técnicas é o uso de microesferas de vidros contendo íons de ferro, que não envolve o uso de radiações ionizantes. As propriedades magnéticas podem ser garantidas pela presença do íon Fe^{3+} em grupos estruturais.

OBJETIVO

O presente projeto tem como objetivos:

- Sintetizar microesferas de vidros a partir de partículas com formato irregular utilizando dois sistemas diferenciados.
- Demonstrar o potencial e a viabilidade desse material como alternativa para o tratamento de cânceres, através da avaliação das propriedades magnéticas para promover o aquecimento e conseqüente destruição do tecido celular canceroso.

Não estão previstos testes in vivo durante a execução deste projeto. Os resultados obtidos permitirão a proposição de um trabalho no futuro,

envolvendo o estudo dos efeitos biológicos das microesferas implantadas in vivo.

METODOLOGIA

Vidros com composição nominal $25SiO_2$, $32Fe_2O_3$, $25Al_2O_3$, $4TiO_2$, $6CaO$, $7Na_2O$, $0,5MnO$, $0,5P_2O_5$ (% em massa), foram produzidos por meio da fusão em forno elétrico de uma mistura homogênea dos compostos precursores, utilizando-se cadinhos de alta alumina. O material resultante foi moído e selecionado através de peneiras para se obter partículas com tamanho entre $38\mu m$ e $63\mu m$. Em todas as etapas o material apresentou propriedades ferromagnéticas observadas pela ação de um ímã externo.

Estas partículas, com formatos irregulares, foram transformadas em microesferas utilizando-se um processo que permite obter partículas esféricas na faixa entre $20\mu m$ e $150\mu m$ e consiste em refundir as partículas na região mais quente da chama produzida em um queimador de acetileno-oxigênio. Esta técnica para esferolização de pós de vidros já é conhecida e foi descrita em trabalhos anteriores [2].

Para a determinação da durabilidade química do vidro, foram realizados ensaios de lixiviação a $90^\circ C$ em água deionizada.

RESULTADOS

Utilizando-se um chama branda e pós previamente armazenados em estufa a $100^\circ C$, e com rápido pré-aquecimento das partículas, observou-se que quase todas as partículas eram esféricas. Todas as partículas (com formatos

irregulares e microesferas) respondiam a ação de um campo magnético externo.

Por meio dos difratogramas das partículas com formato irregular (material moído) e após esferolização, pode-se observar que tanto o pó como as microesferas apresentam fases amorfas, porém são observados picos de difração correspondentes a fases cristalinas. Por meio do catálogo das fases cristalinas (ISDD-PDF), os picos foram correlacionados à fase magnetita, que deve ser a fase ferromagnética responsável pela resposta ao campo magnético externo, mesmo após a moagem e o aquecimento para a formação das microesferas.

Tanto o material particulado como as microesferas foram observadas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV), como pode ser visto na Figura 1.

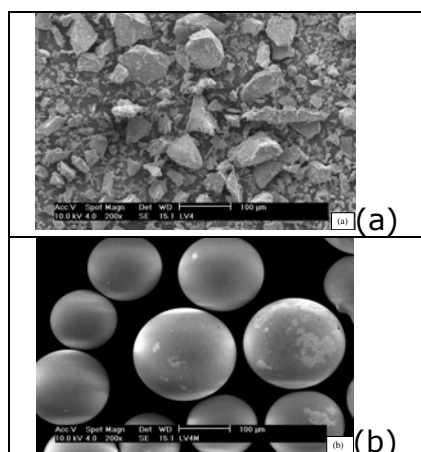


Figura 1 – (a) Imagem de Microscópio Eletrônico do Pó e (b) das Microesferas

Na tabela 1 é apresentada a variação de massa em função do tempo de imersão em água destilada à 90°C, a taxa de dissolução correspondente e o pH do meio.

Tabela 1 - Massa e pH da Amostra Durante Teste de Lixiviação

Dias	pH	Massa (g)	D_R (g/(cm ² .min))
0	6,4	0,34913	-
1	7,07	0,34903	$2,8 \cdot 10^{-8}$
3	7,32	0,34863	$4,6 \cdot 10^{-8}$
7	7,81	0,34804	$4,3 \cdot 10^{-8}$
14	-	0,34729	$3,7 \cdot 10^{-8}$

CONCLUSÕES

Foram obtidas microesferas com fase vítrea a partir da esferolização de partículas com formato irregular, e que apresentam uma fase cristalina correspondente à magnetita. Testes preliminares indicam que este material é ferromagnético e apresenta taxa de dissolução em água à 90°C de cerca de $3 \times 10^{-8} \text{ g.cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G.J. Ehrhardt, D.E. Day, Nucl. Med. Bio. 14 (1987) 233.
- [2] Huang W. et al: The Preparation and application of the micro-spheres containing Yttrium-90, J. Shanghai Inst. of Bldg. Mat. 4 (1992) 347.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq-Projeto Universal 475212/2007-0
 CNPq-Bolsa PIBIC
 CNPQ-Bolsa de apoio técnico

Aplicação da Análise por Ativação com Nêutrons Epitérmicos na Determinação de Urânio em Amostras de Mexilhões *Perna perna*

Daniele Seo, Mitiko Saiki e Marina Beatriz Agostini Vasconcellos
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a quantidade de substâncias tóxicas devido à poluição ambiental tem trazido grandes preocupações a nível global, principalmente nas regiões estuarinas que sofrem impacto decorrente de atividades antrópicas [1]. Neste contexto, a monitoração por meio de diferentes espécies de bivalves vem sendo utilizada para determinação das concentrações dessas substâncias tóxicas. O uso desses organismos apresenta vantagens como ampla distribuição geográfica, hábito sésil e habilidade de concentrar compostos químicos em até 10^5 vezes em relação às concentrações detectadas na água do mar [2]. Inúmeros episódios de contaminação de regiões costeiras, ocorridos no mundo todo levaram muitos países a estabelecer extensos programas de monitoração, com utilização de moluscos bivalves como biomonitores [3-4]. Neste sentido, julgou-se de grande interesse fazer um estudo sobre a avaliação do elemento urânio em mexilhões do litoral norte do estado de São Paulo. O urânio do resíduo industrial trazido pelos rios nos oceanos pode contribuir para o aumento da concentração deste elemento no mar do litoral paulista.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é avaliar a concentração de urânio em amostras de mexilhão *Perna perna* para investigar possível contaminação do litoral de São Paulo em consequência das atividades industriais de mineração, de exploração

de petróleo e da produção e uso de fertilizantes. Para determinação deste elemento nas amostras de mexilhão realizou-se irradiações longas por meio da técnica de análise por ativação com nêutrons epitérmicos (ENAA).

METODOLOGIA

O esquema da parte experimental deste trabalho é apresentado na Figura 1. As amostras de mexilhão *Perna perna* foram adquiridas em um cultivo situado na Praia da Cocanha (Caraguatatuba) e foram transplantadas nos seguintes pontos, a saber: Praia da Cocanha, São Sebastião, Ilhabela e Santos (Itaipu e Ilha das Palmas).

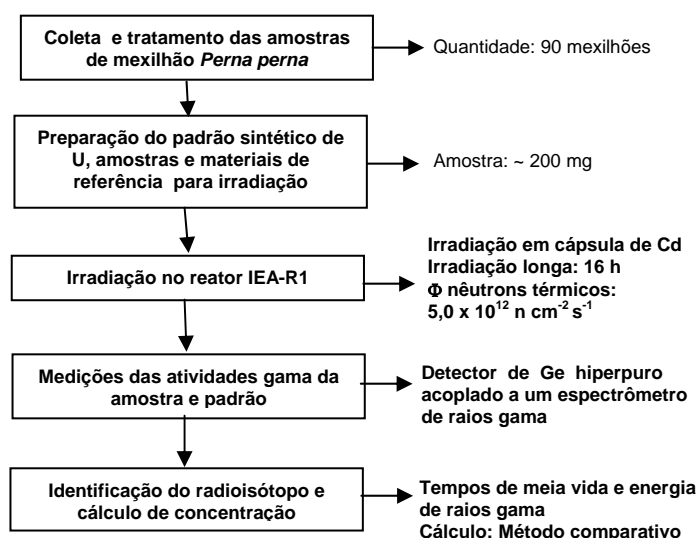


Figura 1. Esquema da metodologia aplicada.

RESULTADOS

Na Tabela 1, estão os resultados das concentrações de urânio obtidos na análise dos materiais de referência NIST 1566b *Oyster Tissue* e SRM NIST 1575

Pine Needles, juntamente com os valores dos certificados. Estes resultados também foram submetidos a um controle estatístico obtendo-se o índice z-score. Os valores obtidos de |z-

score| < 2 indicam que os resultados obtidos estão dentro da faixa dos valores do certificado a um nível de confiança de 95%.

Tabela 1. Concentrações de urânio, em $\mu\text{g kg}^{-1}$, nos materiais de referência certificados

Materiais de referência certificados	Este trabalho				Valores dos certificados
	Média \pm DP ^a	DPR ^b (%)	Er ^c (%)	z-score ^d	
NIST 1566b <i>Oyster Tissue</i>	260,7 \pm 5,6	2,2	2,2	1,95	255,0 \pm 1,4
NIST 1575 <i>Pine Needles</i>	20,3 \pm 0,7	3,3	1,3	0,05	20,0 \pm 4,0

^aDP = Desvio-padrão; ^bDPR = Desvio-padrão relativo; ^cEr = Erro relativo; ^dz-score = índice z-score.

Os resultados das análises dos mexilhões obtidos na base seca para diferentes períodos de exposição são apresentados na Figura 2.

amostras de mexilhão. Os limites de detecção na determinação de U nos mexilhões variaram de 11,5 a 23,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, indicando uma alta sensibilidade da ENAA.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o método de análise por ativação com nêutrons epitérmicos mostrou-se eficaz na determinação de urânio. Os resultados obtidos nos materiais de referência apresentaram uma boa exatidão e precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Kennish, M. J., *Ecology of estuaries: anthropogenic effects*, CRC Press, 1991.
- [2] Sunila, I., *Ann. Zoo. Fenn.*, v. 24, p.55-69, 1987.
- [3] Ostapczuk, P.; Burow, M.; May, K.; Mohl, C.; Froning, M.; Sübenbach, B.; Waidmann, E.; Emons, H., *Chemosphere*, v. 34, p. 2049-2058, 1997.
- [4] Yusof, A. M.; Yanta, N. F.; Wood, A. K. H., *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, v. 259, p. 119-127, 2004.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPESP e CNPq e bolsa PIBIC/CNPq.

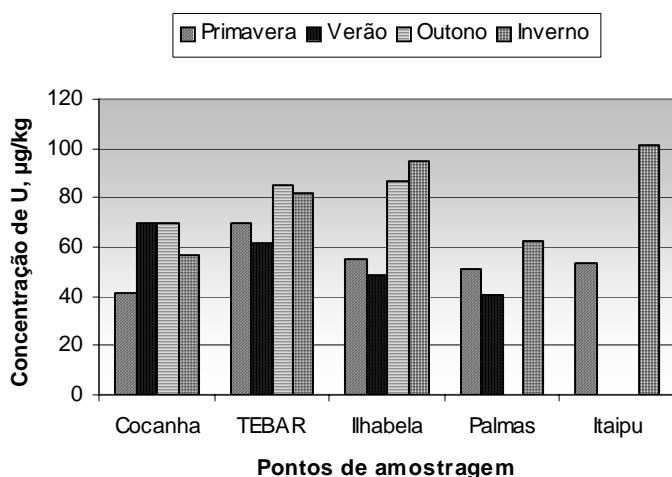


Figura 2. Concentrações de urânio nas amostras de mexilhão para diferentes períodos de exposição. A Figura 2 mostra que a concentração de urânio variou de 40,8 a 101,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (base seca) nas amostras de mexilhão analisadas. As concentrações de U obtidas nas análises dos mexilhões transplantados indicaram que em Santos, especificamente os pontos: Ponta de Itaipu e Ilha das Palmas apresentaram uma maior e menor concentração de U, respectivamente. Verificou-se também, que tal resultado depende do período de exposição das

Determinação Experimental de β_{eff} , $\beta_{\text{eff}}/\Lambda$, Λ e Reatividade Subcrítica Utilizando o Método das Densidades Espectrais

Djalma Rodrigues Filho e Ricardo Diniz
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A análise e controle de acidentes de um reator nuclear, assim como a conversão do período em reatividade, requerem um conhecimento apurado da fração efetiva de nêutrons atrasados β_{eff} e do tempo de geração de nêutrons prontos Λ , obtido neste trabalho como $(\beta_{\text{eff}})/(\beta_{\text{eff}}/\Lambda)$, sendo interpretado como o tempo necessário para que uma geração completa de nêutrons seja substituída no núcleo do reator nuclear. O parâmetro $\beta_{\text{eff}}/\Lambda$ é interpretado fisicamente como a constante de decaimento dos nêutrons prontos. Dentre as muitas técnicas experimentais "in pile" existentes para a determinação dos parâmetros nucleares β_{eff} e $\beta_{\text{eff}}/\Lambda$ utilizamos a técnica das densidades espectrais, pois possui a vantagem de não perturbar o sistema nuclear, não ocorrendo excitação de harmônicos ou multiplicação residual, com o reator operando sempre no estado crítico[1].

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho consiste na busca de um suporte experimental forte e de qualidade para os parâmetros efetivos de nêutrons atrasados, fazendo com que a utilização desse suporte seja tão alta quanto suportes relacionados a segurança de criticalidade e blindagem[2].

METODOLOGIA

A tomada de dados foi realizada após a familiarização com a instrumentação e sistemas de tomada de dados do reator, como Picoamperímetros, Filtros

Amplificadores e Analisador Dinâmico de Sinais, onde foram levantadas 50 CPSD's e suas respectivas coerências.

A obtenção das densidades espectrais APSD (Auto Power Spectral Density) e CPSD (Cross Power Spectral Density) no reator IPEN/MB-01 foi realizada utilizando dois detectores de nêutrons, do tipo Câmara de Ionização Compensada CC-80 de 38,4cm de comprimento, posicionados cerca de 15cm das primeiras varetas combustíveis, sendo dispostos na face Leste do núcleo do reator. Utilizando dois detectores obtemos a APSD de cada um deles e a CPSD correspondente ao cruzamento dos sinais dos dois detectores simultaneamente. As varetas combustíveis foram arranjadas na forma padrão de 28x26 elementos combustíveis. O reator atingiu a criticalidade a uma potência de 10W, mostrada na mesa de controle.

Os picoamperímetros Keithley modelo 6485 converteram os sinais de corrente, fornecidos pelos detectores, em sinais de tensão que eram enviados a dois filtros amplificadores (de fabricação própria do IPEN) cuja finalidade é a remoção da componente DC e amplificação da componente AC, ou das flutuações dos sinais de tensão. Os sinais AC amplificados eram enviados ao analisador dinâmico de sinais Agilent 35670A que realiza as operações matemáticas necessárias para transformá-los em densidades espectrais APS (Auto Power Spectrum) e CPS (Cross Power Spectrum), sendo armazenadas em um computador tipo PC. Os espectros foram obtidos com amostragem de 50 Hz, 200 linhas de

resolução, janelamento Hanning e 200 médias RMS.

RESULTADOS

Após obtermos as CPS's (Cross Power Spectrum) e suas respectivas coerências, normalizamos essas CPS's para 1Hz dividindo pela largura de banda 0,375, obtendo assim as CPSD's correspondentes. O erro percentual foi calculado no programa OriginLab através da seguinte equação[3]:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{\gamma_{kl} N}} \quad (1)$$

onde, gama é a média das 50 coerências e N é o número de médias que é igual a 200.

Utilizando 50 CPSD's de 2 a 40Hz (pois fora desse intervalo os dados não são bem representados pela teoria), calculamos $\beta_{\text{eff}}/\Lambda$ ajustando a equação teórica para CPSD[1]:

$$\Phi_{kl}(f) = \frac{A}{(2\pi f)^2 + B^2} \quad (2)$$

onde, A é uma constante e $B = \beta_{\text{eff}}/\Lambda$. A partir desses ajustes foi construído o gráfico a seguir:

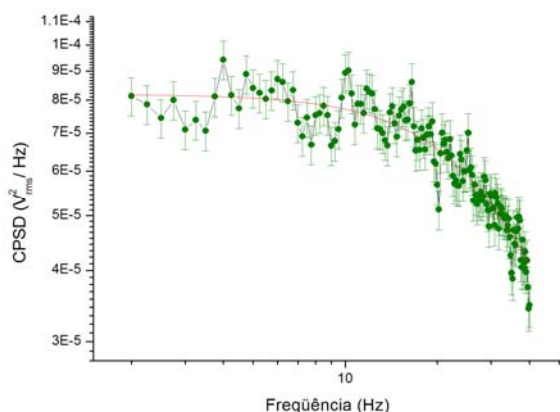


Figura 1: CPSD de 2 a 40Hz com a equação (2) ajustada.

Uma vez obtidos os 50 valores de $\beta_{\text{eff}}/\Lambda$, tiramos a média desses valores e encontramos $\beta_{\text{eff}}/\Lambda = 246,33 \pm 7,11 \text{s}^{-1}$.

CONCLUSÕES

O valor encontrado não é coerente com valores anteriormente obtidos, mas o problema que causou essa discrepância foi descoberto e ações foram tomadas para verificar se os dados anteriores estavam corretos ou não. Descobriu-se que os eletrômetros apresentaram algum problema relacionado com a frequência ao converter sinal de corrente em tensão. A solução neste caso seria a substituição dos eletrômetros para continuar experimentos de análise de ruído, utilizando detectores em modo corrente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DINIZ, R.; DOS SANTOS, A., "Experimental determination of the decay constants and abundances of delayed neutrons by means of reactor noise analysis", Nucl. Sci. Eng. 152 (2), 125-141, São Paulo (2006).
- [2] BRIGGIS, J.B., "International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments", September ed. Nuclear Energy Agency, NEA/NSC/DOC(95)03/1, Paris, (2004).
- [3] DINIZ, R.; "Obtenção das Constantes de Decaimento e Abundâncias Relativas de Nêutrons Atrasados Através da Análise de Ruído em Reatores de Potência Zero", Tese de Doutorado - IPEN 62-65, São Paulo (2005).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN e CNPq/PROBIC.

Avaliação da Durabilidade de Pasta de Cimento

Eduardo Gurzoni Alvares Ferreira e Roberto Vicente
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O Laboratório de Rejeitos Radioativos (LRR) do IPEN-CNEN/SP desenvolve um conceito de repositório para fontes radioativas seladas descartadas (FRSD), tipo poço tubular, cujo espaço anular entre o tubo de revestimento e a formação geológica é preenchido com pasta de cimento.

Para que o repositório atinja o desempenho desejado, é preciso que a pasta de cimento tenha alta durabilidade. A avaliação da durabilidade do cimento é feita por meio de ensaios acelerados [1] em que corpos de prova (cp's) são submetidos às condições ambientais do repositório, como ação de temperatura e pressão elevadas, ação corrosiva de compostos químicos presentes na água subterrânea e irradiação decorrente do campo de radiação gama e de nêutrons criado pelos rejeitos. O efeito é avaliado por resistência à compressão axial em corpos de prova cilíndricos. Medições preliminares mostraram uma variabilidade muito acima da esperada para cp's de mesma composição.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi estabelecer protocolos para preparação dos cp's de pasta de cimento e para os ensaios de ruptura, visando identificar as causas e reduzir a variabilidade dos resultados.

METODOLOGIA

Ensaio padronizados da ABNT [1] foram usados como referência para os testes de ruptura de cp's. Algumas causas prováveis para a grande variabilidade observada podem ser: erros na confecção dos cp's, má

qualidade do cimento utilizado, condições de cura inadequadas, recipiente de moldagem dos cp's inadequados e equipamento de ensaio com defeito ou descalibrado. Para avaliar a influência de cada uma dessas variáveis nos resultados, foram feitos os ensaios descritos a seguir: a) local de confecção dos cp's: LRR ou no laboratório de cimento do IPT; b) origem do cimento: marca adquirida pelo LRR ou amostra fornecida pelo IPT; c) modo de cura: conforme norma da ABNT, realizada no IPT ou cura selada, realizada no LRR; d) equipamento de ensaio: prensa do LRR ou prensa do IPT; e) recipiente de moldagem: moldes de plástico ou moldes de ferro da norma ABNT.

A confecção de cada um dos lotes de cp's seguiu as condições indicadas na tabela 1.

Tabela 1 – Número de lote e variáveis.

Lote	Confecção	Origem	Cura	Ruptura	Molde
A	IPT	IPT	IPT	IPT	Plástico
B	IPT	IPT	IPT	IPT	Ferro
C	IPT	IPT	IPT	LRR	Plástico
D	IPT	IPT	IPT	LRR	Ferro
E	IPT	LRR	IPT	IPT	Plástico
F	IPT	LRR	IPT	IPT	Ferro
G	IPT	LRR	IPT	LRR	Plástico
H	IPT	LRR	IPT	LRR	Ferro
I	LRR	LRR	LRR	IPT	Plástico
J	LRR	LRR	LRR	IPT	Ferro
K	LRR	LRR	LRR	LRR	Plástico
L	LRR	LRR	LRR	LRR	Ferro

RESULTADOS

Os resultados da pressão de ruptura dos cp's estão mostrados nas tabelas de 2 a 4.

Tabela 2 – Pressão - lotes A, B, C, D.

Lote A		Lote B		Lote C		Lote D	
c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)
1	32,37	1	35,50	1	31,4	1	42,5
2	19,37	2	42,48	2	38,2	2	40,5
3	19,35	3	45,88	3	33,4	3	35,8
4	25,22	4	46,57	4	13,0	4	40,4
5	31,90	5	23,19	5	34,0	5	40,0
Méd	25,64	Méd	38,72	Méd	30,0	Méd	39,8
D.P.	6,39	D.P.	9,73	D.P.	9,8	D.P.	2,5

Tabela 3 – Pressão - lotes E F, G e H.

Lote E		Lote F		Lote G		Lote H	
c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)
1	15,02	1	52,41	1	24,6	1	37,1
2	24,03	2	40,90	2	23,0	2	41,9
3	15,53	3	38,52	3	28,9	3	43,6
4	29,44	4	23,89	4	21,4	4	42,6
5	35,29	5	39,03	5	30,7	5	40,2
Méd	23,86	Méd	38,95	Méd	25,7	Méd	41,1
D.P.	8,8	D.P.	10,1	D.P.	4,0	D.P.	2,5

Tabela 4 – Pressão - lotes I, J, K e L.

Lote I		Lote J		Lote K		Lote L	
c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)	c.p. n ^o	P (MPa)
1	34,27	1	12,40	1	26,1	1	39,4
2	16,08	2	35,98	2	34,3	2	41,0
3	13,77	3	35,03	3	30,5	3	38,0
4	35,15	4	40,11	4	33,2	4	24,8
5	36,05	5	36,92	5	36,3	5	38,9
Méd	27,06	Méd	32,09	Méd	32,1	Méd	36,4
D.P.	11,13	D.P.	11,17	D.P.	4,0	D.P.	6,6

Esses resultados estão apresentados nos gráficos 1 e 2, para os lotes indicados. As barras verticais indicam os valores máximo, mínimo e médio de cada lote.

O agrupamento dos lotes em cada gráfico, permite observar que todas as variáveis testadas foram incapazes de explicar a variabilidade observada.

CONCLUSÕES

Nota-se uma dispersão menor nos corpos de prova confeccionados em moldes de ferro do que em moldes de plástico. As demais variáveis indicam que uma variância elevada parece ser

intrínseca à pressão de ruptura da pasta de cimento.

Mais ensaios serão realizados para elucidar a causa desse fenômeno e para contornar essa dificuldade nos ensaios acelerados de degradação da pasta de cimento visando avaliar a durabilidade desse material.

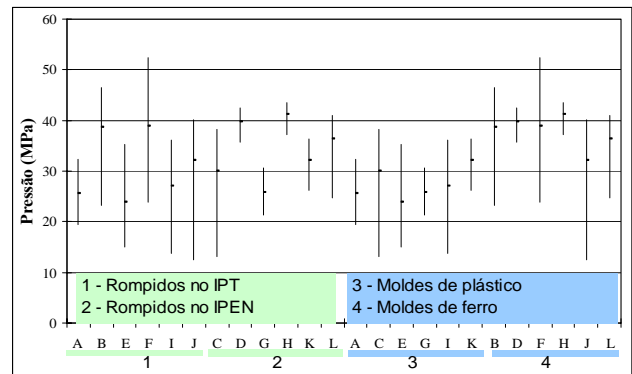


Figura 1: Comparação dos resultados (a)

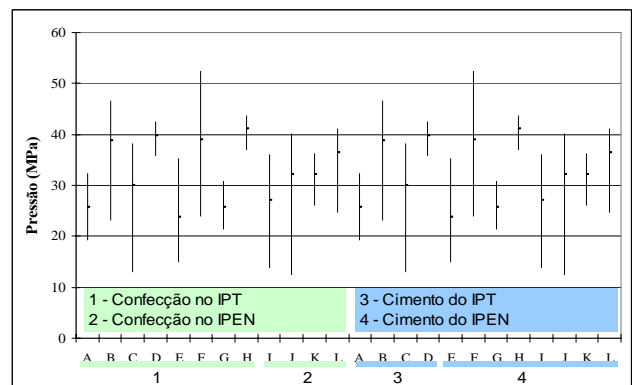


Figura 2: Comparação dos resultados (b)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Philipose, K.E., 500 year concrete for a radioactive waste repository., '88 Waste Management Conference. Tucson Arizona, Feb. 28 – Mar. 3, 1988 (AECL-9721)
- [2] ABNT. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Dez., 2003 (NBR 5738)

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agência Internacional de Energia Atômica. Contrato RC-14206-R0

Estudo do Comportamento Elétrico de Materiais para Células a Combustível

Eliel dos Santos e Reginaldo Muccillo
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos vêm sendo desenvolvidos trabalhos de pesquisa em eletrólitos sólidos cerâmicos condutores iônicos e, mais recentemente, em condutores protônicos, envolvendo desde a síntese de compostos até a montagem de dispositivos, caracterização física, química, elétrica e microestrutural desses materiais [1,2]. Todo o processo de fabricação desses dispositivos até serem transferidos para o setor produtivo envolve um amplo trabalho de laboratório. A análise dos pós por meio de várias técnicas de caracterização e o estudo sistemático dos processos de sinterização são etapas a serem cumpridas para o desenvolvimento de materiais cerâmicos com comportamento elétrico adequado para o uso em dispositivos.

OBJETIVO

Síntese e caracterização de compactos cerâmicos, condutores protônicos, do tipo $BaCe_{0,8}Gd_{0,2}O_{3-\delta}$.

METODOLOGIA

Foram preparadas composições policristalinas de $BaCe_{0,8}Gd_{0,2}O_{3-\delta}$ por mistura de óxidos meio de:

- Secagem a 40 °C/20 min, pesagem e homogeneizados mecânica dos materiais de partida $BaCO_3$, CeO_2 e Gd_2O_3 . Moagem de uma parte em meio alcoólico com esferas de zircônia.
- Homogeneização e calcinação a 1400°C/10h.
- Mistura do óxido de manganês (MnO_2), com a parte de $BaCe_{0,8}Gd_{0,2}O_{3-\delta}$ que não passou por moagem.

- Compactação em formato cilíndrico.
- Sinterização ao ar a 1550 °C/10h.

A seguir foram feitas análises de:

- Difração de raios X nos cilindros a fim de confirmar a presença da fase $BaCe_{0,8}Gd_{0,2}O_{3-\delta}$.
- Determinação de densidade aparente geométrica e pelo método de Arquimedes.
- Espectroscopia de impedância após a deposição de prata nas faces paralelas dos cilindros.
- Montagem e teste de célula do tipo Pt/ $BaCe_{0,8}Gd_{0,2}O_{3-\delta}$ /Pt.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os valores de densidade.

Tabela 1: Densidade aparente (g/cm³) de $BaCe_{0,8}Gd_{0,2}O_{3-\delta}$ e a porcentagem da densidade teórica ($\rho_{teo}=6,383$ g/cm³).

X%MnO ₂	ρ_{geo}	ρ_{teo}	ρ_{Arqui}	% ρ_{teo}
0%MnO ₂ + Moagem	6,18	96,8	6,01	94,1
0,2%MnO ₂	5,98	93,8	6,06	94,1
0,6%MnO ₂	6,54	1,02	5,94	93,0
1%MnO ₂	6,06	94,9	5,98	93,7

A Figura 1 mostra diagramas de impedância a 200 °C de amostras de $BaCe_{0,8}Gd_{0,2}O_{3-\delta}$ com diferentes teores de MnO_2 .

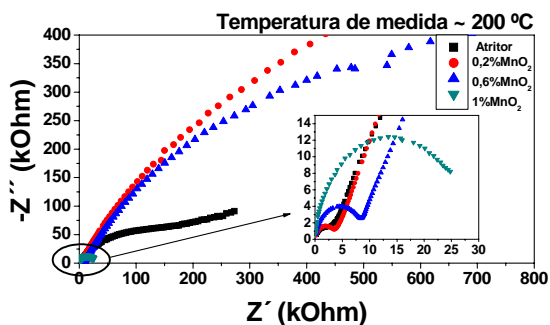


Figura 1: Diagramas de impedância a aproximadamente 200 °C.

Nas Figuras 2 e 3 são mostrados os difratogramas de raios X das amostras e do arquivo JCPDS, respectivamente, do $\text{BaCe}_{0,8}\text{Gd}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$.

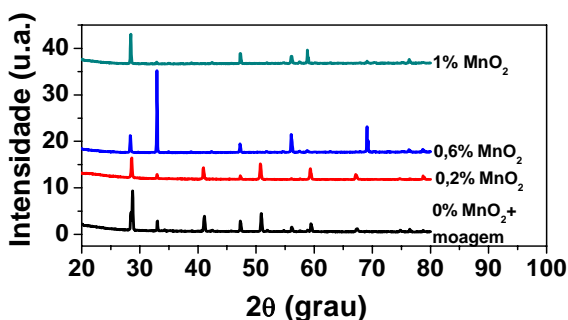


Figura 2: Difratogramas de raios X de $\text{BaCe}_{0,8}\text{Gd}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$, com vários teores de MnO_2 .

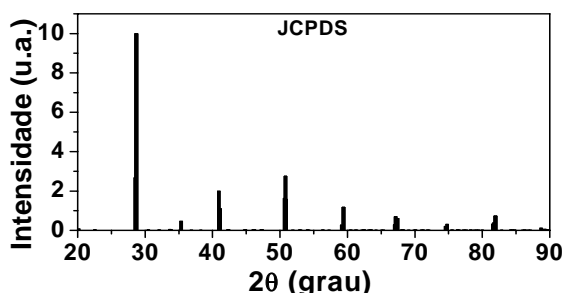


Figura 3: Difratograma de raios X, arquivo JCPDS.

Na Figura 4 é mostrado o resultado de testes de uma célula a combustível montada com uma amostra sem

aditivos cujo pó foi submetido a moagem, com dois combustíveis: CH_4 e mistura de H_2 e N_2 .

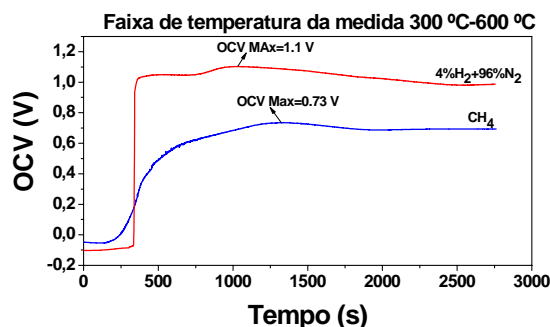


Figura 4: Valores de potencial elétrico em função do tempo obtidos no teste da célula $\text{Pt}/\text{BaCe}_{0,8}\text{Gd}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}/\text{Pt}$.

CONCLUSÕES

Foram obtidos compactos densos de $\text{BaCe}_{0,8}\text{Gd}_{0,2}\text{O}_{3-\delta}$. O uso de MnO_2 como aditivo não promoveu aumento na densificação. Foram montadas células a combustível com condutores protônicos usando eletrodos de platina. A célula teve melhor desempenho operando com hidrogênio, tendo um rendimento de 33% maior que operando com metano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Z. de Florio, F. C. Fonseca, E. N. S. Muccillo, R. Muccillo, "Materiais cerâmicos para células a combustível", *Cerâmica* 50, 316 (2004) 275-290.
- [2] J. Molenda, K. Swierczek, W. Zajac, "Functional materials for the IT-SOFC", *J. Power Sources* 173 (2007) 657-670.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq.

Estudo da Mudança de Valência do Nióbio e os Efeitos Causados na Absorção Óptica em Vidros Niobofosfatos

Eraldo Cordeiro Barros Filho e José Roberto Martinelli
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Vidros fosfatos são utilizados em aplicações ópticas específicas. Vidros niobofosfatos apresentam boa durabilidade química e transparência óptica na região do visível. Estes vidros geralmente apresentam cor amarelada quando obtidos em ar, porém, após tratamentos térmicos em atmosfera redutora passam a apresentar uma coloração azul escuro, ou quando realizados em atmosfera oxidante, passam a ser incolores. Propõe-se que este efeito esteja relacionado à difusão de átomos de hidrogênio ou oxigênio, respectivamente, na estrutura do vidro, ocasionando a alteração da valência do nióbio. No presente trabalho são estudados vidros niobofosfatos com composição nominal $(23K_2O.40Nb_2O_5.37P_2O_5)$. Análises espectroscópicas foram feitas a fim de se determinar a absorvância destes vidros antes e após tratamentos térmicos com a finalidade de investigar o coeficiente de absorção óptica α dado pela fórmula de Beer-Lambert:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

Onde:

I intensidade transmitida do feixe de luz

I_0 intensidade inicial do feixe

α coeficiente de absorção

x espessura do material

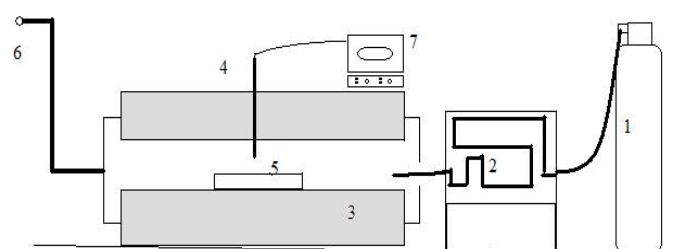
OBJETIVO

Estudar a mudança de coloração de vidros niobofosfatos tratados termicamente com atmosferas redutoras e oxidantes e propor uma

explicação para este fenômeno. Determinar o coeficiente de absorção antes e após tratamentos de oxidação a partir de análises espectroscópicas.

METODOLOGIA

Foram produzidos vidros niobofosfatos na forma de blocos $10 \times 10 \times 50 \text{ mm}^3$ a partir da fusão de matérias primas inorgânicas e lingotamento em moldes de alumínio. Amostras foram cortadas e polidas para serem analisadas por espectroscopia de absorção óptica em um equipamento chamado Carey na faixa de 300nm à 800nm a fim de se estudar o coeficiente de absorção. A Figura 1 mostra um diagrama esquemático do aparato experimental utilizado para o tratamento de vidros em atmosfera oxidadora.



- 1- Cilindro de gás
- 2- Misturador de gases
- 3- Forno elétrico tubular
- 4- Termopar
- 5- amostra
- 6- Sistema de exaustão
- 7- Controlador do forno

Figura1- Diagrama esquemático do aparato experimental

A Figura 2 mostra o coeficiente de absorção óptica em função do comprimento de onda para um vidro obtido em ar.

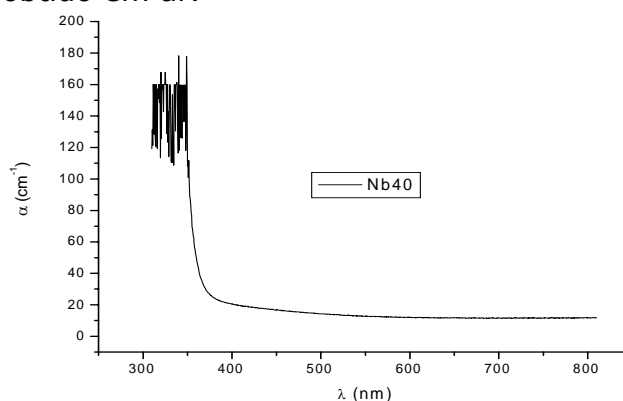


Figura 2- Coeficiente de absorção óptica para um vidro obtido em ar.

Em seguida as amostras foram tratadas termicamente em atmosfera redutora e obteve-se a mudança de coloração do vidro passando à azul escuro. Após o tratamento em atmosfera redutora obteve-se o espectro mostrado na Figura 3. Com esses dados preliminares notamos que não há uma mudança significativa do coeficiente de absorção, porém medidas mais precisas estão em progresso para melhor avaliar este fenômeno. Propõe-se a realização de tratamentos térmicos de vidros niobofosfato em atmosfera oxidante para avaliação da mudança de coloração.

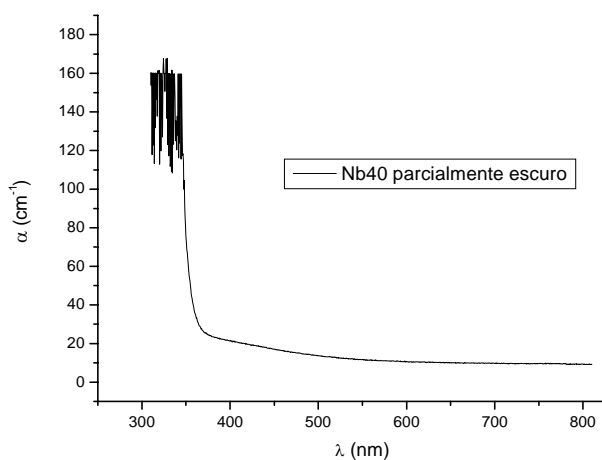


Figura 3- Coeficiente de absorção óptica de vidro após tratamento térmico em atmosfera redutora

Os resultados preliminares indicam que o coeficiente de absorção não varia após o tratamento térmico em atmosfera redutora porém, medidas com maior confiabilidade serão realizadas e apresentadas posteriormente. Também será estudada a mudança de coloração destes vidros após tratamento térmico em atmosfera oxidante e relacionada com a mudança de valência do nióbio.

CONCLUSÕES

Vidros niobofosfatos obtidos em ar apresentam coloração amarelada, porém há uma mudança de coloração quando tratados termicamente em atmosfera redutora tornando-se azul escuro. Se a atmosfera for oxidante, os vidros tornam-se incolores. Propõe-se que a mudança de valência do nióbio causa a mudança de coloração dos vidros sendo que o nióbio passa de 5+ para 4+ quando o vidro é submetido a atmosferas redutoras e de 4+ para 5+ quando o vidro é submetido a atmosferas oxidantes. Propõe-se para a continuidade do trabalho a realização de análises espectroscópicas para investigar o coeficiente de absorção e a avaliação deste parâmetro em função do tempo, temperatura e atmosfera do tratamento térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] James E. Shelby, Introduction to Glass Science and Technology, The Royal Society of Chemistry (1997)
- [2] Arun K. Varshneya, Fundamentals of Inorganic Glasses, Academic Press, Inc(1994)
- [3] Jose Maria Fernandez Navarro, El Vidrio, CSIC, (1991)

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agência Internacional de Energia Atômica, Projeto IAEA RLA-3/004, CNPq-PIBIC.

Purificação e Caracterização de uma Enzima Trombina-símile do Veneno de *Pseudechis australis*.

Erika Yumi Matsusaki, Patrick Jack Spencer
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Os venenos ofídicos são os fluídos secretórios mais concentrados de que se tem conhecimento [1]. São compostos por cerca de 90% de proteínas e peptídeos com um vasto leque de atividades biológicas. Alguns destes compostos tem aplicações biotecnológicas, e/ou farmacológicas sendo que já existem no mercado ou em teste vários medicamentos derivados de venenos como o anti-hipertensivo Captopril e seus derivados, e o batroxobin, utilizado em distúrbios da coagulação.

Existe interesse em enzimas trombina-símile para o desenvolvimento de fármacos que possam ser utilizados para depletar o fibrinogênio durante processos cirúrgicos. Estudos preliminares do veneno de *Pseudechis australis* evidenciaram a existência desta enzima.

OBJETIVO

Purificar e caracterizar serino-proteinases provenientes do veneno de *Pseudechis australis*, com potencial farmacológico.

METODOLOGIA

Foi utilizado o veneno fornecido por Peter Mirtschin (Venom Supplies, Austrália). Para a purificação do veneno foram realizados três métodos, utilizando como Tampão de retenção Tris-HCl 50mM e diferentes concentrações de NaCl e Tampão de eluição glicina com diferentes concentrações em pH3. Também houve

a variação de resinas na coluna cromatográfica.

A avaliação da pureza foi realizada por SDS-PAGE 12,5%, as proteínas obtidas foram comparadas com um padrão de peso molecular. E a caracterização da atividade enzimática foi realizada pelo método de Furukawa e Hayashi [2] modificado para microplaca utilizando veneno de *Bothrops jararacussu* como controle positivo.

RESULTADOS

A Figura 1 retrata o cromatograma do veneno de *P. australis*, utilizando o tampão Tris HCl 50mM/NaCl 150 mM pH8. Observam-se dois picos bem distintos

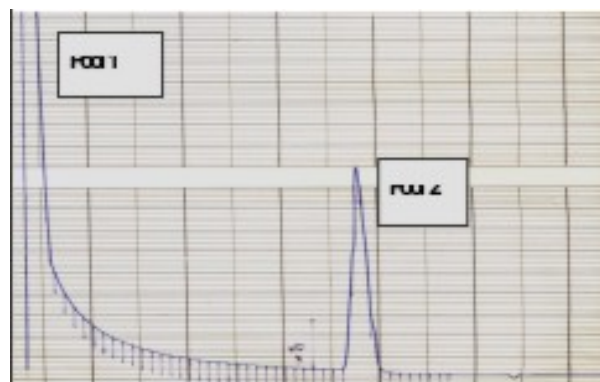


Figura 1: Purificação de *P. australis* em benzamidina comercial. Pool 1 refere-se a fração não retida e o Pool 2 refere-se a fração eluída.

Analizamos a pureza através de SDS-PAGE (Figura 2). em diferentes corridas cromatográficas utilizando o tampão 50mM Tris HCl/150mM NaCl pH8. Nota-se que o veneno possui um conjunto de proteínas com afinidade por benzamidina.

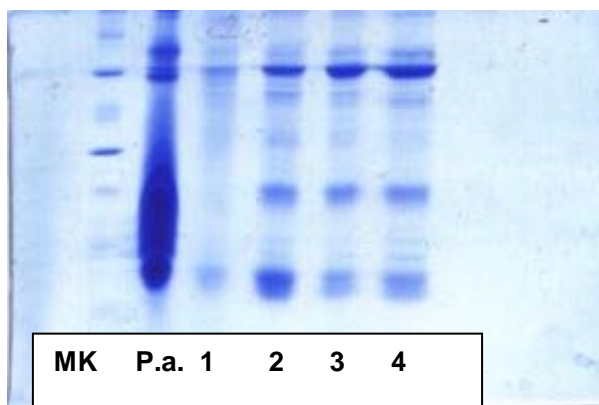


Figura 2: MK- Marcador de peso molecular. P.a.- Veneno total de *Pseudechis australis*. 1-4- Frações retidas do veneno de *Pseudechis australis*, obtidas em diferentes cromatografias.

A Tabela 1 demonstra a prevalência da atividade trombina-símile na fração retida. Observa-se uma atividade superior àquela do controle positivo (veneno de *Bothrops jararacussu*).

Tabela 1: Atividade fibrinogenolítica das frações.

Δt	Branco	C+	Não Retido	Retido
20'	0,093	0,044	0,046	0,150
40'	0,113	0,048	0,047	0,182
60'	0,111	0,056	0,050	0,200

CONCLUSÕES

Os nossos dados indicam que o melhor método para a purificação da serinoprotease é utilizar a coluna de benzamidina comercial. No entanto, apesar da seletividade teórica da resina, é possível observar a presença de vários contaminantes tornando necessário outro passo cromatográfico.

O experimento da atividade fibrinolítica adaptado para microplaca permite economia de material, tempo e ainda fornece maior sensibilidade, uma vez que a leitura é realizada por métodos espectrofotométricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] STOCKER, K. F. *Medical use of snake venom proteins*. CRC press.1990
- [2] FURUKAWA, Y., HAYASHI, K. (1977). Factor X converting and trombin-like activities of *Bothrops jararaca* venom. *Toxicon*, 15:107-114.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBIC/CNPq

Desenvolvimento de um Analisador “Cromatógrafo a Gás – CG/DCT” para Determinação da Pureza de Hidrogênio de Célula a Combustível

Felipe Valli e Dr. José Oscar William Vega Bustillos
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Com a atual diminuição das reservas de petróleo e a preocupação com o meio ambiente, a procura de novas fontes de energia se faz necessária. As células a combustível são dispositivos eletroquímicos que convertem energia em eletricidade e calor sem a necessidade de combustão. Uma célula a combustível é composta por um catodo, isto é, um eletrodo carregado negativamente, um anodo, isto é, um eletrodo carregado positivamente, um eletrólito e uma carga externa¹. Os gases hidrogênio e oxigênio são os combustíveis da célula, portanto é necessário que os referidos gases tenham alta pureza, pois impurezas danificam o catalisador da célula. A determinação das impurezas gasosas é realizada na química analítica por meio de um cromatógrafo a gás². A produção do hidrogênio é realizada por vários métodos, um desses é por meio da reforma do etanol.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é o desenvolvimento de um cromatógrafo a gás (Figura 1) para análise da pureza do hidrogênio proveniente da reforma do etanol. Além disso, a otimização da análise para condições de tempo de resposta e seletividade de compostos, avaliando e quantificando as amostras gasosas provenientes da reforma do etanol. Finalmente, comparação dos resultados em relação a um equipamento comercial. Os principais gases a serem monitorados são:

H₂, O₂, CO, CO₂, NH₃, aldeídos, alcoóis e hidrocarbonetos. Os padrões serão produzidos por meio de um gerador de gases construído no laboratório (Figura 2).

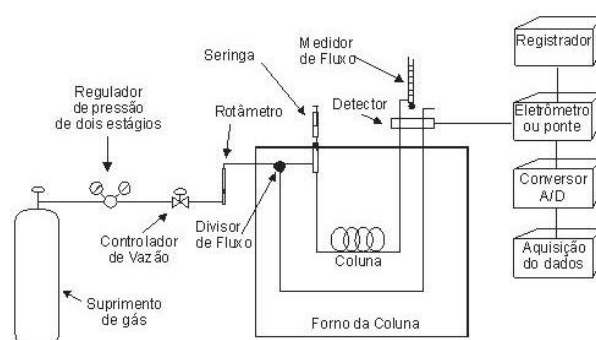


Figura 1: Diagrama do Cromatógrafo a gás.

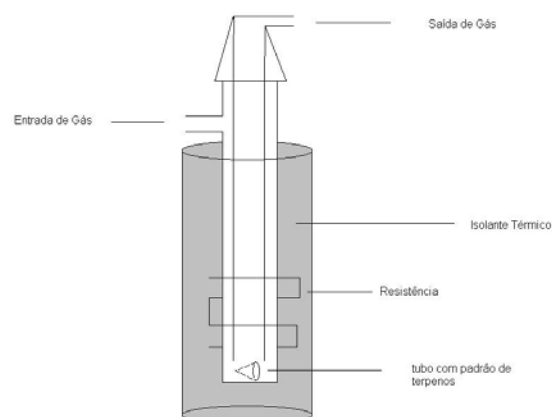


Figura 2: Diagrama do gerador de padrões de gases.

METODOLOGIA

A metodologia a ser aplicada neste projeto baseia-se na utilização dos seguintes itens. Aquisição de amostras padrões, a partir do gerador de padrões

(Figura 2) cujo princípio é a liberação de gases em função à temperatura de desgaseificação. Produção do gás problema a ser analisado da saída do reformador de gases, desenvolver procedimento e aparato capaz de realizar a amostragem de volume definido dos gases de reforma. Introdução da amostra. Criar um processo para introduzir a amostra adquirida em pressão, temperatura e volume constantes. Separação na coluna. Definir através de pesquisa e testes qual o(s) tipo(s) de coluna (fase estacionária) ideal para a separação dos compostos da amostra, além de definir temperaturas e fluxo de gás de arraste (fase móvel) ideais.

Deteção dos componentes. Através da deteção por condutividade térmica dos compostos, registrar os sinais obtidos e elaborar um circuito para a coleta de dados e transformação dos mesmos em informação. Método analítico. Desenvolver uma metodologia analítica para a verificação do grau de pureza do hidrogênio obtido através da reforma do etanol e do excremento. Análises comparativas. A partir de um cromatógrafo comercial adquirido pelo IPEN para essas análises, desenvolver um aparato cromatográfico e buscar a determinação quantitativa dos componentes das amostras de modos a satisfazer as exigências técnicas da análise³.

RESULTADOS

Após vários problemas técnicos, como a quebra do detector, quebra das válvulas agulhas de controle de fluxo e troca do empacotamento da coluna, o CG foi colocado em funcionamento. Paralelamente a isso o CG de comparação foi adquirido e os primeiros cromatogramas de hidrogênio foram obtidos podendo assim ser montada a curva de calibração (Figura 3).

CONCLUSÕES

Além da continuidade do projeto inicial, outros estudos importantes na área de cromatografia foram desenvolvidos nesse período como a criação de metodologias de análise tanto no CG quanto no GC/MS. A manutenção do CG que foi montado no laboratório de gases e a criação de metodologias no CG novo tanto para hidrogênio quanto para hidrocarbonetos dão continuidade ao projeto. Esses trabalhos paralelos e a continuidade do projeto contribuíram para o aumento do conhecimento sobre cromatografia gasosa e suas técnicas ampliando o horizonte de suas aplicações.

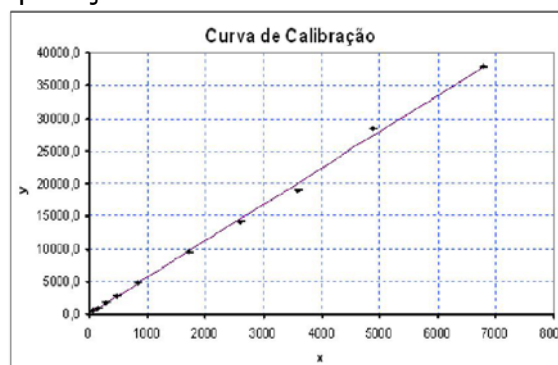


Figura 3: Curva de calibração do Hidrogênio gerada pela técnica da cromatografia a gás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] JOON, K. Fuel Cells - a 21st Century Power System. Journal of Power Sources, 1998
- [2] CIOLA, R. Fundamentos da Cromatografia a Gás. 2^o Ed. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1985.
- [3] COLLINS, C. H.; BONATO, P. S.; BRAGA, G. L. Introdução a Métodos Cromatográficos. 6^o Ed. Editora Unicamp, Campinas, 1995

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Aplicação dos Bioensaios com Células Ba/F₃-LLP e Nb2 na Determinação da Potência Biológica da Prolactina Humana

Fernanda dos Santos Arthuso e Dr. Carlos Roberto Jorge Soares
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A prolactina humana (hPRL) é um hormônio proteico primariamente secretado pela glândula hipofisária anterior. Consiste de uma cadeia única com uma massa molecular de 23 kDa e com três pontes dissulfeto intramoleculares.

É mais conhecida por estimular a lactação, crescimento e desenvolvimento da glândula mamária, mas está também relacionada com mais de trezentas funções diferentes. Possui importante uso diagnóstico, porém suas possíveis aplicações clínicas ainda estão em fase de estudo. Apresenta duas isoformas principais a Prolactina Não Glicosilada (NG-hPRL) e a Prolactina Glicosilada (G-hPRL) [1].

OBJETIVO

Padronização e comparação dos bioensaios *in vitro* com células Ba/F₃-LLP e Nb2 na avaliação da potência biológica de diferentes preparações de prolactina ou de suas isoformas.

METODOLOGIA

As atividades das diferentes isoformas de hPRL foram avaliadas por dois bioensaios, o primeiro utilizando as células Ba/F₃-LLP, desenvolvido no laboratório, e o segundo com células Nb2. As células Ba/F₃-LLP além de prolactino - dependentes apresentam receptores humano para a prolactina, apresentando a vantagem, no nosso caso, de ser um ensaio espécie-específico.

Já o bioensaio clássico Nb2 [2], estas células são derivadas de um linfoma de

rato da linhagem *Noble*, também são prolactina dependentes e apresentam como desvantagem o fato de terem receptores para prolactina de rato, gerando no nosso caso um ensaio não espécie-específico. Estas células foram mantidas em suspensão em frasco para cultura de células de 75 cm², no meio RPMI-1640, com suplementos.

Para os bioensaios foi utilizado como padrão de referência a hPRL 97/714 da Organização Mundial da Saúde (WHO). Os ensaios foram realizados em placas de 96 poços (20 a 50k células/poço). Após incubação de 72h, a 37 °C e com 5% CO₂, o número de células viáveis foi avaliado por teste colorimétrico utilizando a solução MTS-PMS (Cell Titer 96 Aqueous Kit, Promega Corp., Madison, WI), com leitura no comprimento de onda de 490nm [1].

RESULTADOS

As células Ba/F₃-LLP e Nb2 foram utilizadas para determinar a potência biológica de amostra contendo hPRL e suas isoformas.

Um exemplo de curva é apresentado na Figura 1. Esse ensaio apresenta uma sensibilidade de resposta na ordem de 50 picogramas de hPRL/mL e a leitura após 2 horas de incubação com MTS-PMS foi a que apresentou melhor resposta.

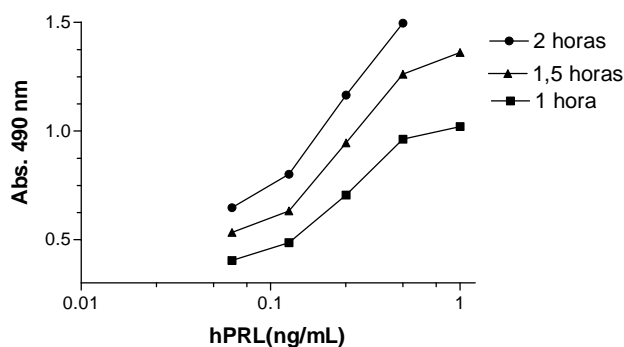


Figura 1: Exemplo de ensaio proliferativo com células Ba/F₃-LLP utilizando o padrão de hPRL recombinante WHO-CRS (padrão de referência da Organização Mundial da Saúde). São comparadas curvas dose-resposta obtidas com diferentes tempos de incubação após adição da solução MTS-PMS.

Os resultados principais dos ensaios desenvolvidos nesse projeto estão sintetizados na Tabela I.

Nos casos das amostras de hPRL produzidas por células CHO cultivadas em suspensão e por bactéria *E. coli*, que são compostas principalmente pela isoforma NG-hPRL, o ensaio com células Ba/F₃-LLP determinou uma potência aproximadamente duas vezes superior ao ensaio com células Nb2. Esse fato precisa ser melhor investigado, para isso é necessário um maior número de ensaios que proporcionaria uma avaliação estatística mais precisa e confiável.

Tabela I: Potência Biológica determinada nos dois bioensaios para as diferentes preparações de hPRL e de suas isoformas analisada nesse estudo. Foi utilizada como referência a hPRL recombinante da WHO – 97/714.

Preparações	Potência Biológica UI/mg ± CV(%)	
	Células Nb2	Células Ba/F ₃ -LLP
G-hPRL WHO	19,3 ± 16,8 (n=2)	24,6 ± 21,0 (n=2)
G-hPRL IPEN	14,7 ± 38,6 (n=3)	11,2 ± 13,9 (n=2)
hPRL - CHO susp. IPEN	29,3 ± 31,0 (n=2)	50,9 ± 41,0 (n=2)
hPRL - <i>E. coli</i> - IPEN	51,5 ± 24,0 (n=3)	102,3 ± 6,3 (n=2)

CONCLUSÕES

O bioensaio de proliferação com células Ba/F₃-LLP apresenta alta sensibilidade, aproximadamente 50 pg hPRL/mL, similar à sensibilidade do ensaio clássico com células Nb2, de aproximadamente 20 pg hPRL/mL.

Confirmamos que o perfil mais adequado da curva dose-resposta nos dois bioensaios de proliferação ocorre após duas horas de incubação com o reagente MTS-PMS.

Não foi observado diferenças significativas nas respostas dos ensaios de proliferação com células Ba/F₃-LLP e Nb2 na análise das amostras de G-hPRL.

A G-hPRL produzida no IPEN também apresentou uma atividade biológica aproximadamente 60% menor que a isoforma da prolactina glicosilada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[6]SOARES, C. R., A. Glezer, K. Okazaki, E. K. Ueda, S. R. Heller, A. M. Walker, V. Goffin, and P. Bartolini. 2006. Physico-chemical and biological characterizations of two human prolactin analogs exhibiting controversial bioactivity, synthesized in Chinese hamster ovary (CHO) cells. *Protein Expr Purif* 48:182-94.

[7]TANAKA, T, Shiu, R.P.C., Gout, P.W., Beer, C.T., Noble, R.L., Friesen, H.G. A new sensitive and specific bioassay for lactogenic hormones: measurement of prolactin and growth hormone in human serum. *J Clin Endocrinol Metab.*, 1980; 51(5): 1058-63.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPESP e CNPq

Viabilidade Econômica de Fontes Alternativas de Energia e Análise de Sustentabilidade

Francine Menzel e Gaiane Sabundjian
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios do Governo Federal é levar a energia elétrica a toda população brasileira, diminuindo a zero o mapa de exclusão elétrica no país que majoritariamente se localizam nas áreas de menor "Índice de Desenvolvimento Humano" (IDH) e nas famílias de baixa renda.

O Governo Federal lançou o Programa "Luz para Todos" [1] com o objetivo de levar energia elétrica para mais de 10 milhões de pessoas no meio rural até 2008. Dessa forma, o governo pretende reduzir a pobreza, aumentar a renda familiar e garantir o acesso a serviços de saúde e educação.

A "Matriz Elétrica do Brasil" [2] conta com 75,7% energia gerada por hidroelétricas. As fontes alternativas de energia irão colaborar com o crescimento do fornecimento de energia para suprir a demanda e cumprir umas das etapas do "Plano de Aceleração do Crescimento" (PAC) [3].

Diante desse cenário, não se pode deixar de levar em consideração um fator que, independente de qualquer ação a ser tomada, é a continuidade, ou seja, a sustentabilidade, que pode ser atingida através de políticas agressivas de planejamento energético para promover maior eficiência energética e maior utilização de fontes renováveis como biomassa, eólica e solar, para geração de eletricidade. Possibilitando assim, a geração de empregos, à preservação da biodiversidade e a redução das emissões de poluentes.

Acredita-se que a necessidade do uso racional de energia e as devidas soluções com inovações tecnológicas, onde se preservam as questões

ambientais e de sustentabilidade, sejam observadas com mais empenhamento nas fontes alternativas de energia.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é a elaboração de um banco de dados com informações relevantes para o estudo de viabilidade econômica e análise de sustentabilidade das fontes de energia, para o Brasil.

METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizada uma busca bibliográfica a partir de fontes oficiais e não oficiais, nas seguintes etapas:

- Familiarização do aluno com as características principais de cada fonte alternativa de energia (solar, eólica, biomassa e outras);
- Busca bibliográfica sobre o assunto;
- Elaboração de um banco de dados de fácil acesso e com as informações mais relevantes sobre o tema.

RESULTADOS

O banco de dados foi elaborado utilizando a ferramenta *Microsoft EXCEL* [4], onde todas as referências estão "linkadas" aos artigos e aos sites correspondentes. A FIG. 1 mostra a tela de abertura do banco de dados.



Figura 1 – Tela de abertura do banco de dados de referências bibliográficas

Como exemplo, é apresentado a seguir (FIG. 2) a tela contendo os “links” das referências relacionadas com a energia proveniente da biomassa.



Figura 2 – Tela contendo os “links” das referências relacionadas com a energia proveniente da biomassa.

Foram construídas mais telas para as outras fontes de energia.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram a vasta literatura encontrada a respeito de fontes alternativas de energia.

Uma vez estruturado o Banco de Dados a inserção de novas informações deverá ser feita de forma contínua. Deve-se ressaltar que através dos *links* dos sites, parte destas informações estará sendo atualizada automaticamente.

O Banco de Dados poderá ser utilizado por qualquer usuário de forma amigável, quando a finalidade é a realização uma revisão bibliográfica sobre o assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Projeto Luz para Todos” <http://www.mme.gov.br/programs>
- [2] “Agência Nacional de Energia Elétrica” <http://www.aneel.gov.br>
- [3] “Programa de Aceleração do Crescimento” <http://www.brasil.gov.br/pac>
- [4] REISNER, T. Aprenda em 24 horas Excel 2000, Editora Campus, Rio de Janeiro, RJ, 1999.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq-PIBIC/PROBIC

Automatização da Metodologia de Cálculo Neutrônico e Termo-hidráulico do Reator Nuclear IEA-R1

Giovanni Laranjo de Stefani e Thadeu das Neves Conti
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O reator nuclear de pesquisas IEA-R1 é do tipo piscina, combustível tipo placa, moderado e refrigerado a água leve, utilizando grafite e berílio como refletor. Foi projetado e construído pela empresa norte-americana Babcock & Wilcox, em 1956, e sua primeira criticalidade ocorreu em 16 de setembro de 1957 [1]. Nos últimos dez anos o reator tem operado a 64 horas por semana, em potências que variam entre 2 e 5 MW, para atender inúmeros clientes internos e externos ao IPEN durante o ano todo.

Para que o reator possa atender toda essa demanda é necessário fazer a troca de alguns elementos combustíveis, com altas queimas, por elementos combustíveis novos ou com queimas mais baixas, com uma frequência que varia de acordo com a potência de operação do reator.

Essa mudança de configuração dos elementos combustíveis do núcleo do reator é calculada, baseada em uma metodologia desenvolvida pela Divisão de Física de Reatores do Centro de Engenharia Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. A metodologia de cálculo desenvolvida emprega a execução de maneira seqüencial de vários códigos e programas computacionais, nas áreas de física de reatores e termo-hidráulica, de tal maneira que no final dos cálculos alguns critérios devem ser respeitados, para que a nova configuração calculada possa ser aprovada.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a elaboração de um programa computacional, que gere a execução dos vários programas da metodologia de cálculo neutrônico e termo-hidráulico do reator nuclear IEA-R1, tornando esse processo de cálculo, mais rápido e seguro.

METODOLOGIA

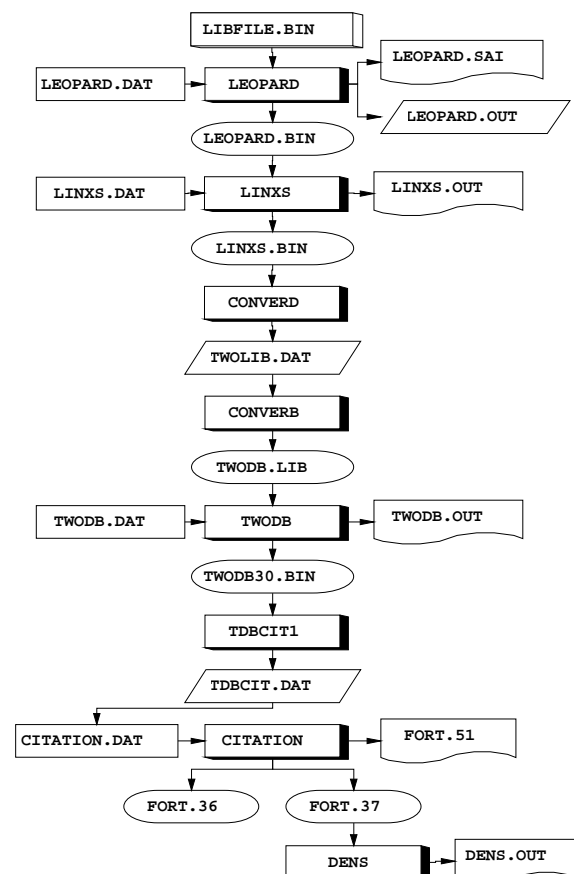


Figura 1. Diagrama de Cálculo Neutrônico

A metodologia de cálculo neutrônico /2/ desenvolvida pela Divisão de Física de Reatores, do Centro de Engenharia Nuclear do IPEN-CNEN/SP, figura 1, baseia-se nos seguintes códigos computacionais:

- LEOPARD e HAMMER-TECHNION para a geração das seções de choque macroscópicas utilizadas nos elementos combustíveis e não combustíveis;
- TWODB para cálculo do núcleo do reator e cálculo da queima dos elementos combustíveis em duas dimensões;
- CITATION para cálculo do núcleo em três dimensões.

RESULTADOS

Os primeiros resultados obtidos com o programa gerenciador da metodologia de cálculo foram muito bons, para variáveis calculadas como, coeficiente de criticalidade, excesso de reatividade e queima dos combustíveis. O erro obtido foi pequeno na análise das variáveis analisadas pelos métodos, tradicional e automatizado, ficando a

diferença dos valores obtidos em torno da sexta casa decimal.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento são muito bons e promissores, porém, para completar o gerenciamento, ainda falta ligar a geração das seções de choque macroscópicas e a parte final de análise de segurança dos elementos combustíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]Sítio do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, www.ipen.br.

[2]YAMAGUCHI, M. "Descrição das Células do núcleo do Reator IEA-R1", Relatório Técnico nº relt009r00, Projeto nº PSI.REN.IEAR1.002, São Paulo-SP, IPEN-CNEN/SP, julho de 1997.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Interação Química da Liga Combustível U-Mo com a Matriz de Alumínio

Guilherme Zuccolotto Soriano e Adonis Marcelo Saliba Silva
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Presentemente, com a finalidade de se diminuir o risco de proliferação militar de artefatos nucleares, procura-se transformar reatores de pesquisa do tipo HEU (combustível com alto enriquecimento) para LEU (baixo enriquecimento até 20% em U235). O programa RERTR do Departamento de Energia dos EUA estabeleceu essa meta a partir década de 80, mas para se transformar todos os reatores de pesquisa do mundo para LEU deve-se manter a produtividade dos reatores de alto fluxo neutrônico. Para isso é necessário que se desenvolvam ligas combustíveis com alta densidade ¹

Ao se pesquisar o comportamento da liga de U-Mo em dispersão de alumínio, tenta-se favorecer a formação da fase gama, para que o combustível tenha um melhor comportamento enquanto submetido a altas temperaturas e radiação. A fase gama das ligas de urânio é mais estável estruturalmente quando sofre bombardeamento neutrônico durante operação no reator nuclear.

Por outro lado, deseja-se maior densidade de urânio na liga, portanto, é necessário ter composições com as menores taxas de molibdênio possível. As ligas U-Mo, portanto, são cogitadas como possíveis na faixa de 6 a 10% de molibdênio, uma vez que têm menores quantidades de Mo e mantém uma maior quantidade de fase gama ²

A figura 1 mostra o efeito da interdifusão pesquisada no KAERI.

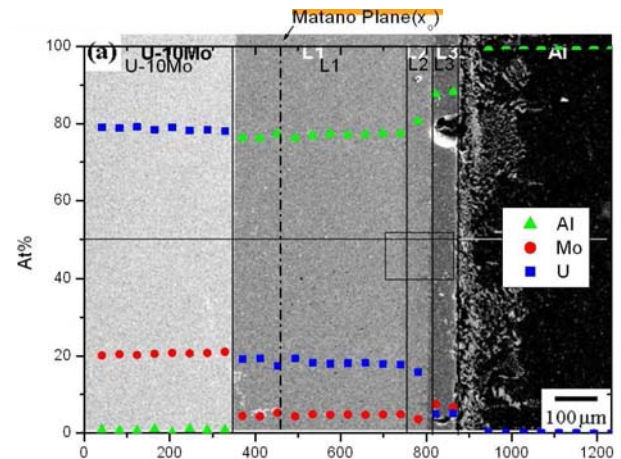


Figura 1. Efeito da interação do par U-Mo+Al após tratamento térmico (40h a 550°C) medido com MEV+EDAX.

A difusão do Al para o cerne do combustível cria diversas fases de Al na estrutura do U-Mo que provocam diminuição drástica da condutividade térmica, aumentando a temperatura no núcleo 3 do combustível, tornando a operacionalidade do reator nuclear comprometida e perigosa, uma vez que pode causar rupturas, falhas estruturais, seguidas de acidentes nucleares. ³

OBJETIVO

O processo de difusão de Al na liga U-Mo é o motivo de estudo do presente trabalho, buscando-se um melhor entendimento do comportamento interdifusional no material combustível. Analisar a interdifusão de Al ocorrida no combustível U-Mo em matriz de Al, através de tratamentos térmicos em temperaturas de 150 e 550°C, em tempos variando até 100h, simulando-se assim temperatura do cerne do reator em situações de criticidade (150°C) e de acidente operacional

(550°C). Objetiva-se identificar as regiões de interação química minimizada de forma a se ter condições não comprometedoras para um reator de baixo fluxo neurônico como o IEA-R1.

METODOLOGIA

Serão confeccionados corpos de prova das ligas de U-Mo em bastonetes de aproximadamente 2 x 2 x 7 mm. Será utilizado um forno de indução para fundir o alumínio (~660°C) em atmosfera neutra e ligeiramente positiva de argônio.

Os pares de difusão, serão encapsulados em vidro com atmosfera de argônio e sofrerão tratamento térmico em forno de resistência às temperaturas de 150°C e 550°C por 5h, 50h e 100h.

Após o tratamento térmico, as amostras serão analisadas por meio de microscopia de varredura (MEV) e análises químicas microestruturais qualitativas (EDAX), para análise quantitativa do desenvolvimento da difusão do Al no corpo da liga U-Mo.

Uma vez obtidos os dados experimentais do processo de difusão, será montado um esquema computacional por meio do COMSOL (software simulador tipo FEM – método de elementos finitos). para análise transiente do processo de difusão, para diversas situações.

RESULTADOS

Os pares de difusão estão sendo montados para tratamentos térmicos. Planeja-se que o desenvolvimento no período 2008-2009 seja a obtenção dos parâmetros físico-químicos da difusão e simulação de dois casos básicos de comportamento do par difusivo em uma situação de acidente nuclear (550°C) e de temperatura média desenvolvido no cerne do elemento combustível (150°C).

Assim, espera-se ter um entendimento qualitativo sobre a interação química entre o Al e a liga de U-Mo sob condições de tratamento térmico de simulação e verificação qualitativa da evolução da difusão do alumínio com o tempo e a temperatura.

CONCLUSÕES

Na atual fase do projeto, que é inicial e de revisão bibliográfica, ainda não se tem um resultado prático da proposta de estudo. A fase experimental é apenas referente a montagem dos pares de difusão através de um processo inovador e não existente ainda no contexto da literatura, que é a obtenção de pares pela fusão de um dos elementos participantes, no caso o Al.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HOFMAN,G.L.; MEYER,M.K.; NELGROVE,J.L; DIETZ,M.L.; STRAIN,V.; KIM,K.H.; Initial Assentment of Radiation Behavior of Very-High-Density Low-Enriched-Uranium Fuels. Proc. 22nd Internetal Meeting on Reducted Enrichment of Research and Test Reactors, Budapest, Hungray, Oct. 3-8, 1999.
- [2] PALANCHER,h.; et al. Evidence for presence of U-Mo-Al ternary compounds in te U-Mo/Al interaction layer grown by thermal annealing. J. Appl. Cryst., V.40, 2007, 1064-1075.
- [3] MEYER,M,K.; HOFMAN,G.L.; CLARK,C.R.; STRAIN,R.V.; STUART,J.R.; Mettalographic analysis of irradiated RERTR-3 fuel test specimen. Proc. 2000 Internetal meeting on reduced enrechiment of reactors, Las Vegas, Nevada, Oct, 1-6, 2000, pp. 201-214.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Adsorção do Corante Reativo Laranja 16 pela Quitosana Magnética

Hugo Takao Yamaura Oda e Mitiko Yamaura
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas das indústrias têxteis é a contaminação das águas residuárias por corantes sintéticos, que podem apresentar riscos ao homem e meio ambiente, além de efeitos indesejáveis como coloração das águas naturais receptoras.

Uma maneira de fazer o tratamento desses efluentes é pelo uso de adsorventes magnéticos [1]. Esse tipo de composto contém partículas magnéticas e possui sítios ativos que promovem a adsorção dos contaminantes. Os adsorventes magnéticos podem ser retirados do meio líquido sem a necessidade de um sistema de filtração ou centrifugação, pois a simples aplicação de um campo magnético promove a atração exclusiva das partículas adsorventes. Neste trabalho, estudou-se a adsorção de um corante têxtil pela quitosana magnética, um adsorvente magnético obtido a partir da associação de nanopartículas de magnetita com moléculas de quitosana [2]. A quitosana é um biopolímero atóxico e biodegradável com propriedades adsorptivas encontrada principalmente no exoesqueleto de invertebrados marinhos, sendo assim, um subproduto abundante das indústrias de alimentos.

OBJETIVO

Obter o tempo de equilíbrio do processo de adsorção e estudar a isoterma de equilíbrio de adsorção do corante Reativo Laranja 16 (RL16), utilizado em processos de tingimento pela indústria têxtil, pela quitosana magnética

aplicando-se os modelos de Langmuir e Freundlich.

METODOLOGIA

Foram colocados 50 mg de quitosana magnética em contato com 5 mL de uma solução aquosa de corante RL16, sob agitação, à temperatura de $26^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$. Após o contato, foi deixado em repouso por 15 min, sobre um ímã, para a separação de fases sólida e líquida. As concentrações do corante da fase líquida, antes e após o contato, foram determinadas por espectrofotometria. O estudo do tempo de equilíbrio foi feito com uma solução de concentração 20mg. L^{-1} . A adsorção foi avaliada no intervalo de concentração inicial de 30mg. L^{-1} a 240mg. L^{-1} com agitação de 60 min.

RESULTADOS

As partículas de quitosana magnética apresentaram forte atração quando o líquido em que estavam suspensas foi colocado em contato com um ímã, apresentando uma separação rápida e eficaz, como mostra a Figura 1.



Suspensão de quitosana magnética.



Quitosana magnética separada do líquido em 2 min de aplicação de um campo magnético (ímã).

Figura 1 – Efeito do campo magnético sobre as nanopartículas de quitosana magnética suspensas em meio líquido.

O estudo do tempo de equilíbrio, variando-se o tempo de contato (Figura 2), revelou que o processo de adsorção ocorre rapidamente, sendo que, em 5 min houve remoção de 97,5% e atingiu o equilíbrio químico em 60 min com remoção de 99,9%.

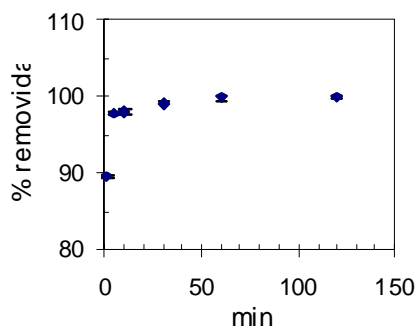


Figura 2 – Efeito do tempo de contato na remoção do corante de RL16 pela quitosana magnética.

A curva da isoterma de equilíbrio de adsorção apresentou duas inclinações com o aumento da concentração do corante. Na primeira, até 48 mg L^{-1} , há um rápido aumento da quantidade adsorvida. A segunda apresenta uma inclinação inferior demonstrando um possível início de saturação do adsorvente. A Figura 3 apresenta os valores de concentração de corante RL16 na solução (C_{eq}) em equilíbrio com a quantidade adsorvida (q_{eq}) e compara-os com os modelos de Langmuir e Freundlich. A Tabela 1 apresenta os valores de capacidade máxima de adsorção e constantes de Langmuir e de Freundlich.

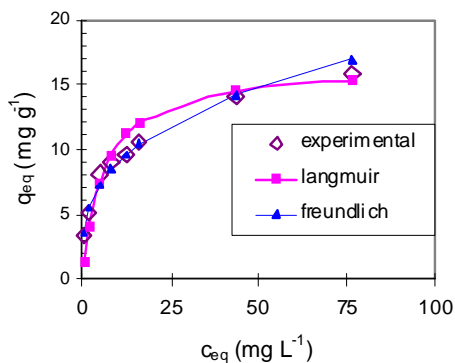


Figura 3 - Isoterma de adsorção de RL16 pelo biossorvente de quitosana magnética e os modelos de Langmuir e Freundlich.

Tabela 1. Valores dos parâmetros dos modelos de Langmuir e Freundlich para o processo de adsorção de RL16 pela quitosana magnética.

Langmuir			Freundlich		
r^2	Q (mg g ⁻¹)	k_L (L mg ⁻¹)	r^2	1/n	k_F *
0,991	16,5	0,169	0,983	0,311	4,390

*(mg g⁻¹)(L mg⁻¹)^{1/n}

Os altos valores de coeficientes de correlação linear demonstram uma boa aproximação dos dois modelos para descrever a isoterma. Esse resultado sugere que a biossorção envolve mais de um mecanismo no sistema estudado. A capacidade máxima estimada pelo modelo Langmuir foi de 16,5mg de corante por g da quitosana magnética.

CONCLUSÕES

A quitosana magnética apresentou-se como um eficiente adsorvente para o corante RL16 de meio aquoso. Apresentou uma boa resposta magnética tornando o processo de separação sólido-líquido simples, rápido e eficiente. Os resultados indicaram grande potencial do adsorvente magnético de quitosana como uma tecnologia eficaz e de baixo custo para o tratamento de efluentes têxteis contaminados com o corante RL16.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Zhao, X., Shi, Y., Wang, T., Cai, Y., Jiang G., Journal of Chromatography A, 1188, p.140-147, 2008.
- [2]Yamaura, M., Horita, A.S., Oda, H.T.Y. 7º Encontro Brasileiro sobre Adsorção, 25 a 27 de julho de 2008, Campina Grande, PB.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/Universal2006.

Desenvolvimento de um Sistema Eletrônico de Amplificação de Sinais

Italo Soares Santos e Carmen Cecília Bueno Tobias
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A instrumentação nuclear associada à espectrometria de radiação tem se desenvolvido graças ao aperfeiçoamento dos detectores semicondutores e ao avanço tecnológico dos sistemas de amplificação de sinais elétricos. Neste contexto insere-se esta proposta de construção de um sistema de amplificação dos sinais gerados pela incidência de radiação eletromagnética em um diodo comercial de Si (SFH00206). Além do baixo custo, a escolha deste dispositivo foi motivada pelas suas excelentes características elétricas, nomeadamente, pequena corrente de fuga e baixa capacitância que o tornam adequado para a detecção de radiação. [1]

OBJETIVO

Desenvolver um espectrômetro de radiação eletromagnética baseado no acoplamento direto do diodo SFH-00206 com o sistema de amplificação de sinais baseado no emprego dos circuitos híbridos (A225 e A206) da AMPTEK montado em nosso laboratório.

METODOLOGIA

Inicialmente caracterizou-se eletricamente o diodo SFH 00206 mediante as medidas da corrente de fuga e da capacitância em função da tensão de polarização reversa do dispositivo. O circuito eletrônico utilizado nestas medidas, montado em nosso laboratório, baseia-se na utilização do amplificador OPA656U que permite a medida simultânea de corrente e de capacitância. Paralelamente, procedeu-se a montagem do amplificador de impulsos constituído por dois estágios de amplificação e baseado no emprego dos dispositivos da

AMPTEK A225 e A206. O esquema deste circuito de amplificação dos sinais provenientes do diodo SFH00206 está representado na Figura 1.

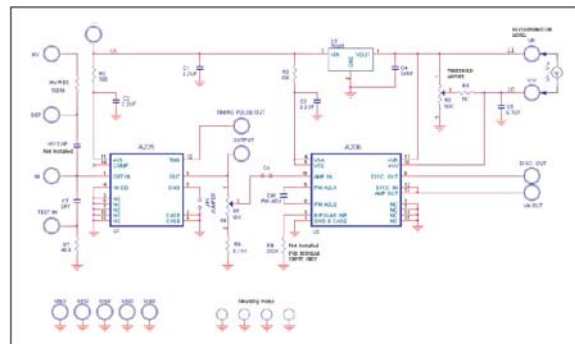


Figura 1 – Esquema do circuito com o pré-amplificador A225 e amplificador A206 ambos da AMPTEK.

A montagem do sistema foi feita no interior de uma caixa metálica para proteger o diodo de luz ambiente e ao mesmo tempo blindar eletricamente o circuito de ruídos externos (Figura 2). Os testes das condições de resposta do amplificador, no tocante a linearidade, foram realizados injetando-se na entrada do circuito sinais de amplitudes conhecidas provenientes de um gerador de precisão (Ortec 448). Os resultados obtidos serão descritos a seguir.

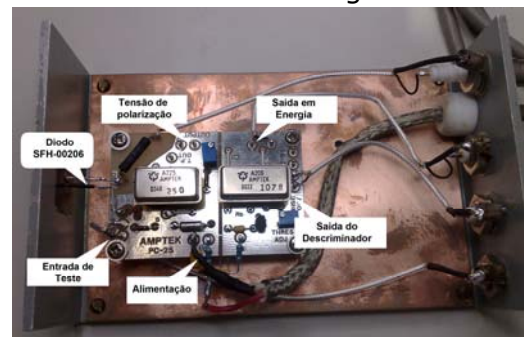


Figura 2 – Foto da montagem do amplificador acoplado no diodo SFH00206.

RESULTADOS

Caracterização elétrica do diodo

As medidas de corrente de fuga e capacitância em função da tensão de polarização do diodo SFH00206, denominadas curvas I-V e C-V, estão apresentadas nas Figuras 3a e 3b, respectivamente. A Figura 3a mostra, como esperado, que a corrente de fuga do diodo aumenta com a tensão de polarização atingindo o valor máximo de 5,7 nA para tensão reversa de 30 V. O comportamento típico do diodo também pode ser observado na figura 3b onde a capacitância diminui com a tensão em consequência do aumento da espessura da camada de depleção do dispositivo.

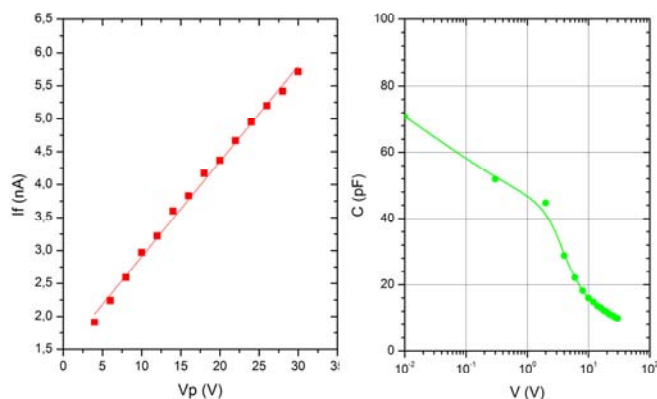


Figura 3 – Curvas I-V (a) e C-V (b) do diodo SFH00206.

Resposta do circuito de amplificação de sinais

A linearidade de resposta do circuito de amplificação de sinais desenvolvido neste trabalho está representada na Figura 4 em duas condições de ganho (máximo e mínimo). Para efeitos comparativos, também estão incluídas as medidas de linearidade com o acoplamento direto do diodo no circuito de amplificação. Os resultados obtidos evidenciam que o acoplamento do diodo não afeta a resposta do circuito uma vez que os dados são concordantes dentro do erro

experimental. Este fato pode ser comprovado pelos ganhos determinados experimentalmente representados na Tabela 1.

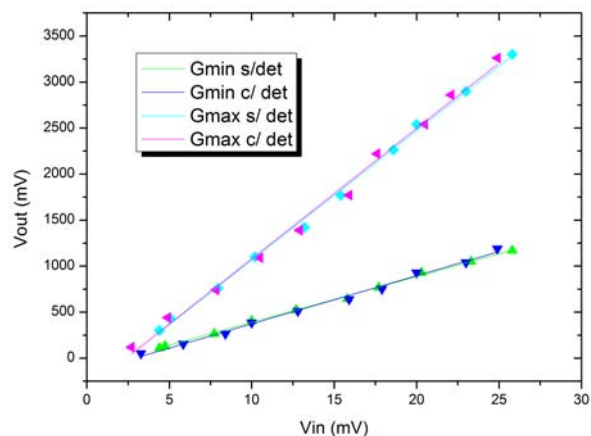


Figura 4 - Curva do ganho do circuito pré amplificador e amplificador da AMPTEK.

Tabela 1 – Ganhos experimentais do circuito de amplificação.

Com Detector	Gmax	$141,7 \pm 3,9$
	Gmin	$52,5 \pm 1,4$
Sem Detector	Gmax	$140,4 \pm 2,3$
	Gmin	$49,8 \pm 0,7$

CONCLUSÕES

Os dados obtidos para corrente e capacitância do diodo SFH00206 confirmam a nossa escolha para a aplicação deste dispositivo como detector de radiação. A linearidade de resposta do circuito desenvolvido e os ganhos obtidos experimentalmente com o acoplamento direto do diodo, evidenciam a possibilidade de utilizar este sistema para a espectrometria de radiações eletromagnéticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C.C. Bueno, J.A.C. Gonçalves and M.D.S. Santos, Nucl. Instrum. and Meth., A371 (1996) 460.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ – Processo 478967/2007-1

Caracterização do Sistema Tomográfico Computadorizado Industrial para raios gama

João Carlos Santana de M. Pereira, Carlos Henrique Mesquita e
Margarida M. Hamada
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada na aplicação médica é utilizada de forma padronizada. No entanto, na indústria torna-se imperativo o desenvolvimento de equipamentos específicos para cada tipo de aplicação devido à variação geométrica dos objetos a serem tomografados.

A vantagem do diagnóstico através da tomografia computadorizada na indústria corresponde aos ensaios não destrutivos, ou seja, o objeto não sofre qualquer tipo de destruição [1].

O princípio da tomografia computadorizada consiste na análise da atenuação sofrida por um feixe de radiação conhecido ao atravessar um objeto. A partir dessa atenuação ocorrida ao atravessar o material são obtidas as medidas da integral na linha de distribuição da densidade de massas diferentes, angulares e espaciais em relação ao volume estudado é que permite a reconstrução da imagem de acordo com a distribuição espacial de densidade [1,2].

O sistema tomográfico de transmissão utiliza uma fonte radioativa encapsulada e os detectores posicionados diametralmente opostos do objeto a ser estudado. A escolha do tipo da geometria da fonte radioativa, assim como os detectores, são fundamentais para as medidas de atenuação [2].

A escolha do material radioativo a ser utilizado deve ser baseada em quatro fatores que são: a) elemento b) meia vida c) tipo de energia d) atividade [1].

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é caracterizar o sistema tomográfico computadorizado industrial de primeira geração desenvolvido no IPEN.

METODOLOGIA

Para simular uma coluna de recheio, utilizado em processos industriais, foram usados pequenos tubos de aço com diâmetros variados para se poder analisar o processo de varredura em diferentes situações.

A coluna de recheio foi colocada ao centro da fonte radioativa e o detector de radiação colocado diametralmente a fonte de Cs-137 com atividade de 1μ Curie seguindo o mesmo procedimento do trabalho anterior [3], como mostra a figura 1.



Figura 1. Esquema do sistema Tomográfico de primeira geração.

Foi necessário encontrar uma colimação do detector para melhorar o contraste das imagens oriundas das curvas de atenuação do feixe de radiação ao atravessar a coluna com os tubos de simulação.

Estudos mostraram que o colimador usado no primeiro experimento não seria adequado ao uso à nova fase do trabalho, pois antes se tratava de um material maciço com furos que compreendia todo o seu comprimento.

Esta nova fase do estudo teve como corpos de prova, vários pequenos pedaços de tubos de aço e dessa forma para que a imagem fosse coerente, a fenda do colimador foi ajustada com as mesmas dimensões do

comprimento mínimo de cada tubo, para que as imagens tivessem um bom contraste e definição chegando a uma boa colimação. As colimações nos estudos realizados tiveram a seguinte configuração:
 (1) 2,38mm vertical e 4,76mm horizontal, e
 (2) 25,4 mm na vertical e 5 mm na horizontal como mostra a figura 2.



(1) 25,4mm X 5mm (2) 2,38mm X 4,76mm

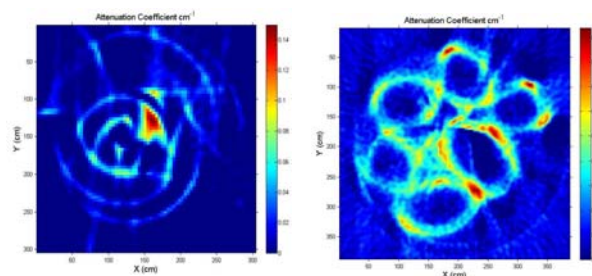
Figura 2. Fendas dos colimadores dos detectores.

RESULTADOS

A figura 3(a) mostra a imagem reconstruída do corpo de prova, utilizando a colimação de 25,4mm x 5 mm e a figura 3(b) de 2,38mm x 4,76mm. Como pode ser observado, há uma diferença significativa nos resultados das imagens obtidas. Colimadores de dimensões menores apresentaram imagens com melhor contraste e resolução.

Este resultado era esperado, pois à medida que aumenta os detalhes do corpo de prova para obter sua melhor visualização é necessário colimadores com fendas menores. Quando temos uma situação de pequenos corpos, o reticulado de colimação terá que obedecer a uma configuração que seja menor que o seu diâmetro e comprimento, para que se possa ter um maior detalhe da geometria do material. Como o esperado houve uma satisfatória melhora nas imagens obtidas com a colimação em menores dimensões.

Figura 3. Imagens reconstruídas do tubo de recheios grandes com os dois tipos de colimadores.



Colimador 1: 25,4mm X 5mm Colimador 2: 2,38 X 4,76mm
 (a) (b)

CONCLUSÃO

Uma boa resolução foi obtida para as imagens reconstruídas com o sistema tomográfico computadorizado industrial de primeira geração, utilizando o colimador de com a fenda de 2,38mm na vertical e 4,76 mm na horizontal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. B. Kumar, M. P. Dudukovic, "Computer-assisted gamma and X-ray tomography: Application to multiphase flow", Proceeding of Non-Invasive Monitoring of Multiphase Flows, Amsterdam -Netherlands, pp.48 (1997).
- [2] C. H. Mesquita; S. Legoupil and M. M. Hamada Development on na Industrial Computed Tomography Designed with a Plastic Scintillator Position Sensitive Detector. 2005 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record. N14-91. Estados Unidos, 2005.
- [3] Pereira, J. C. S. M., Mesquita, C. H, Mizue, M. H. Caracterização do sistema tomográfico computadorizado industrial para raios gama. Seminário Anual PIBIC/PROBIC. São Paulo, 2007. (CD room)

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ -PIBIC

Crescimento de Cristais Semicondutores de HgI_2 para Detecção de Radiação

João Francisco Trencher Martins e Margarida Mizue Hamada
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos que apontam o uso de cristais de HgI_2 tetragonal para detecção de radiação datam da década de 70 com estudos de W. F. Schnepfle¹. Entretanto, as pesquisas com este tipo de semicondutor foram postas de lado quando os estudos com Ge foram se mostrando mais promissores; porém, o Ge somente apresentava uma boa resolução quando operava a baixas temperaturas. Sendo assim, a construção de um detector que operasse em temperatura ambiente com boa resolução ainda era um desafio aos pesquisadores. Foi então que, na década de 90, novos estudos com o HgI_2 e PbI_2 foram surgindo, pois eles apresentaram melhores resultados para utilização em temperatura ambiente. Por ter uma técnica de crescimento bastante conhecida, o PI_2 foi inicialmente tomado por grande parte dos pesquisadores com objeto de estudos, mas suas limitações ficaram evidentes em poucos anos de pesquisa e agora um novo nicho na pesquisa dos semicondutores detectores de radiação puderam ser posto à prova: este é o HgI_2 tetragonal, posto de lado no passado por dificuldades como equipamentos rudimentares e pela presença de outros cristais que eram aparentemente mais fáceis de se trabalhar, o HgI_2 tetragonal reaparece como um desafio aos pesquisadores da área.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia para a preparação de cristais de HgI_2 tetragonal adequados para sua utilização como detectores de radiação.

METODOLOGIA

Pesquisas bibliográficas foram realizadas a fim de construir uma base sólida para

posteriores atividades práticas, bem como tomar conhecimento do estado de arte do desenvolvimento do HgI_2 . Foi realizado o crescimento dos primeiros cristais pelo método de solução de acetona saturada de HgI_2 e KI.

A pesquisa bibliográfica foi, a princípio, orientada de modo a fornecer possibilidades de materiais potencialmente plausíveis de se tornarem detectores semicondutores. Com base em estudos foi levantada a possibilidade de se utilizar, dentre outros, o cristal de iodeto de mercúrio tetragonal; este foi escolhido para estudos pois existe uma quantidade mediana de trabalhos científicos que podem fornecer parâmetros para comparação dos resultados obtidos, podendo-se assim delimitar o número de variáveis a serem analisadas em cada etapa do desenvolvimento e compará-las com a literatura.

O método escolhido para o crescimento dos primeiros cristais foi o método de solução saturada, um método largamente utilizado no crescimento de cristais. Entretanto, para realização deste método, o sal deve ser solubilizado e o sal de HgI_2 é praticamente insolúvel em água e tem uma solubilidade baixa em solventes orgânicos. Um modo de torná-lo mais solúvel é formando um complexo com KI e esse complexo sim é solúvel em solvente orgânico (acetona) como pode ser visualizado na seqüência de figuras a seguir:



Figura 1 - sal de KI



Figura 2 - sal de HgI_2



Figura 3 - solução sob agitação antes da formação do complexo



Figura 4 - solução sob agitação após formação do complexo

A solução formada foi então deixada em repouso coberta por papel de filtro e as laterais seladas para tornar a evaporação do solvente bastante lenta, o que é de fundamental importância para a formação de um bom retículo cristalino (figura 5). À medida que o solvente se evapora o sal de HgI_2 se aglutina no fundo do béquer por apresentar uma solubilidade menor; assim são formados pequenos cristais que posteriormente serão utilizados como sementes (figura 6) para crescimento de cristais maiores em uma nova solução.



Figura 5 - béquer gerador de sementes



Figura 6 - sementes

Esses pequenos cristais foram selecionados visualmente de acordo com sua orientação, e aqueles que apresentavam uma boa orientação reticular foram novamente submetidos ao processo de crescimento. Para evitar que o crescimento fosse restringido em uma das faces do cristal pelo contato com a parede do béquer, os cristais escolhidos foram suspensos por um fino fio de teflon (figura 7). O cristal já com o tamanho esperado (figura 8) foi clivado com a finalidade de comprovar sua orientação em planos cristalinos (figura 9).



Figura 7 - cristal na última etapa do crescimento



Figura 8 - cristal com tamanho final



Figura 9 - cristal clivado apresentando orientação em plano

RESULTADOS

Na primeira fase do crescimento os cristais de HgI_2 tetragonal apresentaram um comportamento esperado, com cristais da ordem de 1 a 3 milímetros.

Os cristais de HgI_2 tetragonal apresentavam um crescimento excepcional na sua massa da ordem de 150 a 250% quando comparados à primeira fase de crescimento. A clivagem demonstrou uma grande fidelidade ao plano de crescimento do cristal.

CONCLUSÃO

O método de crescimento de cristais de HgI_2 por solução se mostrou adequado aos propósitos deste trabalho.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] CUMMINGS, T; Marín, C; Ostrogorsky, A. G. Tetragonal red and yellow HgI_2 - CdI_2 crystals for X- and γ -ray solid-state detectors directionally solidified under argon pressure of 20 atm. Journal of Crystal Growth. October 2006
- [2] GOSPODINOV, Matin; SVESHTAROV, Peter. Growth of α -mercury iodide crystals and study of space charge relaxation in an applied electric field. Journal of Crystal Growth. 1983
- [3] MELLO, H.; Biasi, R. Introdução a física dos semicondutores. Edgar Blücher. 1975
- RAO, M. Rama; Verma, J. K. D. Solution grown mercuric iodide crystals as low-energy gamma-ray conduction type detectors. Saha Institute of Nuclear Physics. October 1979
- [4] SCHIEBER, M.; Zentai; G. ET Ali. Large area mercuric iodide and lead iodide X-ray detectors for. Journal of Crystal Growth medical and non-destructive industrial imaging . Journal of Crystal Growth. December 2004
- [5] ZHOU, Han-Tang; Lee, Cheng-Hsu; ET Ali. Growth of α - HgI_2 single crystals from physical vapor transport in an oil-bath furnace. science direct. September 2003

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ/PIBIC

Determinação de Elementos Traço em *Tradescantia pallida* pelo Método de Análise por Ativação com Nêutrons

João Guilherme Gironde de Almeida Rossi e Mitiko Saiki
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Assuntos relacionados a avaliação da poluição atmosférica têm se tornado cada vez mais frequentes. Frente a esse exposto, materiais biológicos como plantas, vem sendo analisados para uso no biomonitoramento da poluição aérea. O método de biomonitoramento da poluição usualmente apresenta um custo baixo, permitindo monitoramento de extensas áreas desprovidas de monitoramento instrumental convencional. A espécie escolhida para o estudo, a *Tradescantia pallida* é uma planta da família Commelinaceae muito utilizada para avaliar o efeito da poluição do ar por meio do ensaio de micronúcleos [1] e é usada também nos testes de mutagenicidade para análise do ar contaminado de radioisótopos [2].

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar os níveis de alguns elementos acumulados pela *T. pallida* visando posterior validação desta espécie para uso no biomonitoramento da contaminação ambiental.

METODOLOGIA

Para este estudo foram coletadas amostras da *T. pallida* em dois pontos distintos da cidade de São Paulo. Foram obtidas as folhas do terceiro nó, a partir do ápice do caule. Para análise, estas folhas foram lavadas com água desionizada e submetidas a secagem e a moagem. A perda média de umidade na secagem destas amostras foi de 93%. O método de análise por ativação com nêutrons (NAA) aplicado nas análises consistiu em irradiar alíquotas da amostra juntamente com os padrões dos elementos no reator nuclear IEA-R1 por 16h e sob fluxo de nêutrons térmicos de $5,0 \times 10^{12} \text{ ncm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. As atividades gama induzidas nas amostras e padrões irradiados foram medidas em um espectrômetro de raios gama acoplado a um

detector de Ge hiperpuro. As concentrações dos elementos foram determinadas pelo método comparativo. Para avaliar a exatidão e a precisão dos resultados foi analisado o material de referência certificado (MRC) INCT-MPH-2 *Mixed Polish Herbs*.

RESULTADOS

Os resultados obtidos no MRC da Tabela 1 indicam que o procedimento de NAA aplicado é apropriado para determinação de Br, Ca, Co, Cr, Fe, K, La, Rb, Sc e Zn. Os dados mostram boa exatidão com percentagens de erros relativos inferiores a 7,9% e boa precisão com desvios padrão relativos variando de 1,0 a 9,1%. Na Figura 1, os índices Z-SCORE obtidos estão entre -1 e 1, indicando que os resultados obtidos estão dentro da faixa dos valores certificados, a um nível de confiança de 68%.

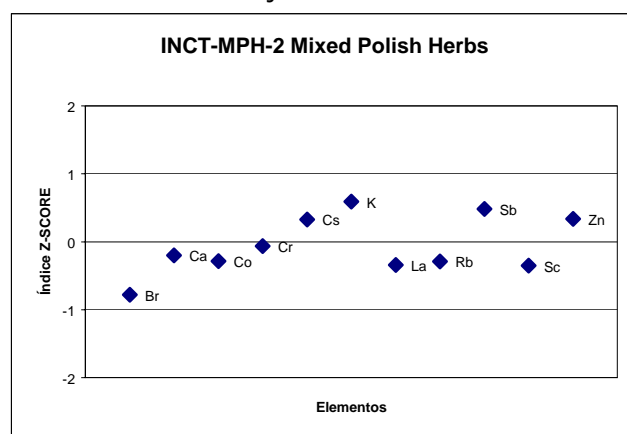


Figura 1. Índices Z-SCORE Obtidos na Análise do MRC INCT-MPH-2 *Mixed Polish Herbs*.

As concentrações médias de elementos obtidas na análise das amostras de *T. pallida* da Tabela 2 indicam uma boa reprodutibilidade, o que mostra a homogeneidade das amostras preparadas. A comparação entre os resultados obtidos para as duas amostras indica diferenças de concentrações para Br, Cr, K, La, Rb e Zn.

Tabela 1. Concentrações de Elementos no MRC INCT – MPH - 2
Mixed Polish Herbs.

Elementos	Este Trabalho			Valor do Certificado [3]
	M ± DP ^a (n=4)	DPR ^b %	ER ^c %	
Br, µg g ⁻¹	7,1±0,5	7,0	7,9	7,71±0,61
Ca, %	1,1±0,1	9,1	1,9	1,08±0,07
Co, ng g ⁻¹	203±2	1,0	3,3	210±25
Cr, µg g ⁻¹	1,7±0,1	5,9	0,6	1,69±0,13
Fe, µg g ⁻¹	508±35	6,9		460 ^d
K, %	2,0±0,1	5,0	4,7	1,91±0,12
La, ng g ⁻¹	552±35	6,3	3,3	571±46
Rb, µg g ⁻¹	10,4±0,7	6,7	2,8	10,7±0,7
Sc, ng g ⁻¹	119±5	4,2	3,3	123±9
Zn, µg g ⁻¹	34,5±2,1	6,1	3,0	33,5±2,1

^aMédia e Desvio Padrão; ^bDesvio Padrão Relativo; ^cErro Relativo; ^dValor Informativo; n=número de determinações.

Tabela 2. Concentrações de Elementos nas Amostras da Planta *T. pallida*.

Elementos	Amostra 1		Amostra 2	
	M ± DP (n=3)	DPR %	M ± DP (n=2)	DPR %
Br, µg g ⁻¹	19,9±0,8	4,0	38,0±0,4	1,1
Ca, %	6,1±0,4	6,6	4,3±0,1	2,3
Co, ng g ⁻¹	214±7	3,3	170±9	5,3
Cr, µg g ⁻¹	86,6±4,2	4,8	135,9±7,9	5,8
Fe, µg g ⁻¹	78,3±4,9	6,3	73,1±2,3	3,1
K, %	1,02±0,02	2,0	4,0±0,2	5,0
La, ng g ⁻¹	457±13	2,8	264±4	1,5
Rb, µg g ⁻¹	13,4±0,7	5,2	43,8±2,3	5,3
Sc, ng g ⁻¹	2,7±0,1	3,7	4,5±0,1	2,2
Zn, µg g ⁻¹	328±15	4,6	184±6	3,3

CONCLUSÕES

A exatidão e a precisão dos resultados obtidos na análise do MRC indicam que o procedimento de NAA adotado foi adequado para análise de amostras de *T. pallida*. Os elementos Ca e K estão presentes nesta planta aos níveis de percentagens, Br, Cr, Fe, Rb e Zn aos níveis de µg g⁻¹ e os elementos Co, La e Sc aos níveis de ng g⁻¹. Resultados obtidos indicam a viabilidade do uso da espécie no biomonitoramento da poluição aérea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Batalha, J.R.F *et. al*, *Mutat. Res. Fund. Mol. Mutag.*, v. 426, p. 232, 1999.
- [2] Grant, W.F., *Ecosyst. Heath*, n. 44, p. 210-229, 1998.
- [3] INCT, Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Polish Certified Reference Material for Multielement Trace Analysis. *Mixed Polish Herbs (INCT-MPH-2)*. Outubro, 2002.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e PIBIC/CNPq.

Avaliação da Toxicidade do 1 H-benzotriazol para Organismos Aquáticos de Água Doce

Joaquim Matheus Santiago Coelho e Maria Beatriz Bohrer-Morel
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Os efeitos adversos das atividades humanas sobre o meio ambiente representam grande preocupação [1]. No ambiente natural, um grande número de xenobióticos potencialmente tóxicos estão presentes e podem estar em um nível que, por si só, não consegue causar malefícios, mas as interações com outras substâncias podem acarretar em danos ao ecossistema. Para identificar os efeitos de agentes tóxicos e substâncias químicas sobre a biota aquática, têm sido utilizados, nestas últimas décadas, ensaios de ecotoxicidade com organismos aquáticos continentais, estuarinos e marinhos, em condições laboratoriais e/ou de campo [2]. Esses ensaios possibilitam estabelecer limites permissíveis para substâncias químicas e, ainda, avaliar o impacto de misturas de contaminantes sobre os organismos aquáticos dos corpos receptores. Para o controle ambiental, estes ensaios possuem uma série de vantagens como baixo custo, obtenção de respostas rápidas, simplicidade na maior parte dos métodos, fácil interpretação dos resultados e uma evidência direta das conseqüências da contaminação [3]. O benzotriazol, de fórmula molecular C₆N₃H₅, é um agente inibidor de corrosão consagrado [4], que vem sendo utilizado em larga escala no mundo inteiro. Este composto é empregado, por exemplo, na fabricação do aço inoxidável, que conquista espaço de destaque no mercado de materiais, principalmente na fabricação de peças críticas de modernas usinas e indústrias químicas [5]. Pouco é conhecido sobre o impacto causado pelo benzotriazol nos

ecossistemas aquáticos tropicais. As concentrações letais e sub-letais conhecidas até o momento referem-se somente à ficha de segurança do produto: *L. macrochirus* (CL50 de 25 mg.L⁻¹), *Daphnia magna* (CE50 de 91 mg.L⁻¹) e *Desmodesmus subspicatus* (CI50 de 231 mg.L⁻¹) [6]. Há necessidade de geração de mais dados sobre os impactos causados por este composto, o que permitirá estabelecer concentrações seguras de descarte, de modo a preservar a qualidade da água para proteção da vida aquática.

OBJETIVO

Avaliar a toxicidade aguda e crônica do composto 1 H-benzotriazol através de ensaios de ecotoxicidade *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia* e *Ceriodaphnia silvestrii*.

METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados de acordo com as normas da ABNT [7][8]. Para cada teste realizado com 1 H-benzotriazol foi preparada uma solução estoque de 1 g.L⁻¹. Foram realizados ensaios preliminares para a determinação das concentrações a serem usadas nos ensaios definitivos. Para análise dos resultados de toxicidade aguda foi utilizado o programa estatístico Trimmed Spearman-Kärber [9]. A partir da CE50, concentração efetiva que causa mortalidade ou imobilidade a 50% dos organismos expostos foram estabelecidas as concentrações do teste crônico. Para a obtenção dos valores de CENO (Concentração de Efeito Não Observado) e CEO (Concentração de

Efeito Observado) foi utilizado o programa computacional TOXSTAT 3.5 [10].

RESULTADOS

As concentrações efetivas responsáveis pela morte de 50% dos organismos, ou seja, a CE50 para *C. dubia* e *D. similis* foram de 112,91 e 151,71 mg.L⁻¹, respectivamente. A concentração de efeito não observado (CENO) e a concentração de efeito observado (CEO) na reprodução para *D. similis* foram de 19 e 38 mg.L⁻¹. No momento, estão sendo realizados ensaios agudos e crônicos com *C. dubia* e *C. silvestrii* de modo a estabelecer as espécies mais sensíveis. .

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos até o momento, o benzotriazol demonstrou ser prejudicial ao ciclo de vida dos organismos aquáticos utilizados nos ensaios, mesmo em baixas concentrações. Podendo, uma vez encontrado no ambiente, vir a desestabilizar a cadeia trófica deste ecossistema. Recomenda-se a realização de ensaios com outros organismos aquáticos para uma melhor avaliação da toxicidade do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KNIE, J.L.W. LOPES, E.W.B. Testes Ecotoxicológicos: Métodos Técnicas e Aplicações. FATMA, 2004. 289p.
[2] BERTOLETII, E. Toxicidade e Concentração de Agentes Tóxicos em Efluentes Industriais. Revista Ciência e Cultura. 43 (3/4); 271-277. 1990.
[3] CESAR, A.; MARÍN-GUIRAO, L.; VITA, R., MARÍN, A. Sensibilidad de anfípodos y erizos del Mar Mediterráneo

a substâncias tóxicas de referência. Ciências Marinas, 28(4): 407-417p. 2002.

[4] CELESTE, R.; RODRIGUES, P.R.P. Estudo teórico *ab initio* do benzotriazol como inibidor de corrosão, 30º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2007.

[5] TUSSOLINI, M; SPAGOL, C; GOMES, E.C; CUNHA, M.T; RODRIGUES, P,R,P. Estudo do comportamento eletroquímico do benzotriazol e benzimidazol na oxidação do aço inoxidável tipo ABNT 304. Revista Escola de Minas, 60(1). Ouro Preto. 2007.

[6] FISPQ. FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS. MERK. 2005.

[7] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustacea). 2º Ed. NBR 12713. 21p. 2004.

[8] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ecotoxicologia aquática – Toxicidade crônica – Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Cladocera, Crustacea). NBR 13373. 2005.

[9] HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C. & THURSTON, R.V. Trimmed Spearman-Kärber Method for estimating median lethal concentrations. Environ. Sci. Tech., v. 11, n. 7, p. 714 – 719, 1977.

[10] WEST, Inc. & GULLEY, D. Western Ecosystems Technology. TOXSTAT 3.5 Computer Program. 1994.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBIC -CNPQ

A influência dos Agentes da Imprensa na Viabilidade de Plantas Nucleares: Um Modelo Epidemiológico Modificado para Geração de Notícias

José Sergio Bleckmann Reis Junior e Antonio Carlos de Oliveira Barroso
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O apoio da sociedade a projetos nucleares tornou-se, notadamente a partir da década de 1980, objeto de atenção especial de gestores e cientistas. Neste contexto, a mídia adquire um papel de singular relevância: ela transmite à sociedade informações sobre riscos. Wählberg e Sjöberg, em [1], concluíram que a mídia realmente influencia a nossa percepção de risco – ainda que ela seja apenas um fator dentre muitos – através do *tom espetacular* e do *número* de notícias relacionadas a um determinado assunto.

É, à vista disso, razoável investigar a possibilidade de um modelo quantitativo para descrever a difusão de notícias na sociedade. Discutimos neste trabalho a construção de um modelo epidemiológico para notícias e, mediante aplicações deste modelo e métodos de identificação de parâmetros, estudamos a difusão de notícias sobre um acidente nuclear (Chernobyl, 1986), contrapondo-lhe a difusão de notícias sobre um acidente não relacionado à área nuclear (desastre do Concorde, 2000).

OBJETIVO

O primeiro objetivo é construir um modelo epidemiológico quantitativo para a geração de notícias em uma população de agentes da mídia. O segundo objetivo é identificar os parâmetros que proporcionam a melhor aproximação do modelo à realidade da geração de notícias nos dois casos estudados – Chernobyl e Concorde – e,

com base nos parâmetros otimizados, discutir as características da produção de notícias em cada caso.

METODOLOGIA

A partir do modelo epidemiológico denominado SIS, construiu-se um modelo – para a população de jornalistas – com dois estados: influenciado (estado I , no qual o jornalista publica sobre o acidente em questão) e suscetível (estado S , no qual o jornalista não está publicando sobre o acidente). Em seguida, foram realizadas duas coletas de dados do repositório de notícias Google News [2], uma para cada desastre estudado: foi coletado o número de notícias publicadas por dia, do primeiro dia em que houve notícias sobre o acidente até um período de dois anos após este primeiro dia. Uma vez suavizados os dados, passamos à identificação dos parâmetros que melhor aproximariam o modelo à realidade: para isso, utilizamos o Método de Descida de Cauchy com tamanho de passo de Armijo, aplicado a diversas *funções objetivo*, construídas a partir de métodos numéricos de Runge-Kutta, principalmente de quarta ordem; funções objetivo diferentes nos conduziram a parâmetros ótimos diferentes, mas bastante próximos.

Já de posse de alguns conjuntos de parâmetros obtidos pelo processo de otimização, construímos indicadores para avaliar esses conjuntos. Posteriormente, realizamos algumas simulações de prova, calculando as funções objetivo em malhas ao redor

dos pontos ótimos, para estudar a convexidade da região de otimização.

RESULTADOS

Chegamos à seguinte equação para a quantidade de jornalistas publicando sobre o acidente em questão (estado I):

$$\frac{d}{dt} \hat{I} = - \left[R_0 + R_1 e^{-\beta t} \right] \frac{Q_0}{N_0} (\hat{I})^2 + \left[\mu - (R_0 + R_1 e^{-\beta t}) \right] \hat{I} \quad (1)$$

Tabela 1. Parâmetros e sua descrição.

R_0	Coeficiente da persistência noticiosa de longo prazo do evento
R_1	Coeficiente do surto noticioso do evento
β	Constante de decadência do surto noticioso do evento
μ	Constante de decaimento (taxa de recuperação do estado <i>influenciado</i>)

A equação (1) descreve a variação da quantidade de jornalistas no estado I através da quantidade $\hat{I} = I / I_0$, onde I_0 é a quantidade de notícias sobre o acidente no primeiro dia no qual houve publicações de notícias sobre o assunto. Um dos conjuntos de parâmetros ótimos encontrados – do qual todos os outros conjuntos obtidos não se distanciaram muito – é apresentado na TABELA 2.

Tabela 2. Pontos Ótimos Obtidos.

Caso	Ponto ótimo obtido
Chernobyl	$R_0 = 2.36241$ $R_1 = 2.31985$ $\beta = 1.56466$ $\mu = 2.36859$
Concorde	$R_0 = 29.3271$ $R_1 = 23.1084$ $\beta = 12.2063$ $\mu = 29.572$

CONCLUSÕES

O modelo construído se mostrou bem adequado ao sistema de interesse: geração de notícias por agentes da mídia. Ainda mais, a construção do modelo nos permite interpretar o significado dos valores dos parâmetros encontrados para cada acidente. Por exemplo, o fato do valor de μ ser muito superior no caso do Concorde nos permite afirmar que a taxa de transição do estado I – no qual o jornalista publica sobre o acidente – para o estado S – no qual o jornalista *não* publica sobre o acidente – é bem maior no caso do desastre *não* nuclear. O valor de $\mu - R_0$ é determinante para a velocidade de “morte” do transiente: como esse valor é bem menor no caso de Chernobyl, há uma persistência muito maior das notícias na mídia no caso deste deste desastre. Não restou dúvida de que a imprensa quase que não se “recupera” – ou seja, retorna do estado influenciado para o suscetível – quando se trata de um acidente nuclear: isso contribui em muito para a desproporção entre a percepção de risco da opinião pública e os riscos reais da utilização da tecnologia nuclear.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wåhlberg, A., e Sjöberg, L. Risk perception and the media. *Journal of Risk Research* 3(1), pages 31-50, 2000.
[2] <http://news.google.com/archivesearch>, acessado durante o primeiro semestre de 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/PROBIC

Avaliação de Interferências Espectrais em Matrizes Ambientais por Espectrometria de Emissão com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado

Julia Brandini Barboza, Edson Luís Tocaia dos Reis e
Maria Aparecida Faustino Pires
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Em análises empregando-se a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), matrizes ambientais ricas em Al, Ca, Fe e Ti podem provocar alterações tanto na formação do aerosol durante o processo de nebulização e transporte para o plasma, quanto na atomização por causa das interferências de elementos ricos em linhas espectrais. Por exemplo, vários autores mostraram que o espectro do ferro, devido a sua complexidade, pode causar várias interferências espectrais e a elevada concentração deste elemento pode originar efeitos de matriz provocando aumento ou diminuição do sinal obtido (Michaud, 1982; Chen, 1992; Miller, 1988). Portanto, é relevante um estudo mais aprofundado da influência da matriz rica em Al, Ca, Fe e Ti na determinação de íons metálicos, em baixas concentrações, empregando-se a técnica de ICP-OES.

OBJETIVO

A proposta do presente trabalho é selecionar linhas espectrais de metais tóxicos em níveis de traços como Ag, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn, que não sofram interferências causadas por elementos geralmente encontrados em amostras ambientais, como cálcio (Ca), ferro (Fe) alumínio (Al) e titânio (Ti), por meio da técnica de ICP-OES.

METODOLOGIA

Alíquotas de 1,0 mL de cada solução padrão original (Merck, Darmstadt), referentes aos elementos Ag, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn, foram transferidas para um balão volumétrico de 100 mL, utilizando-se água deionizada e posteriormente purificada em um sistema Milli-Q[®] (Millipore, USA) e ácido nítrico (HNO₃) p.a. (Merck, Mallinckrodt) para preparação de solução estoque multielementar a 10mg.L⁻¹ a 2% (v/v) em ácido nítrico. Foram realizadas diluições da solução multielementar preparada e adicionadas a balões de 100 mL contendo 1 mg.L⁻¹ e foram adicionadas separadamente soluções padrão de Al, Ca, Ti e Fe em concentrações de 50, 100, 250 e 500 mg.L⁻¹. Foram realizadas curvas analíticas para os elementos estudados nas concentrações de 0,01, 0,05, 0,1 e 1,0 mg.L⁻¹. As medidas de emissão atômica foram feitas utilizando-se ICP-OES - Spectroflame M 120E, da Spectro Analytical Instruments. Foi empregado como "branco" uma solução 2% (v/v) de HNO₃ em água deionizada. As condições operacionais utilizadas nos experimentos foram aquelas recomendada no manual do instrumento fornecido pelo fabricante (Spectro, 1999). Os materiais utilizados neste trabalho foram descontaminados por imersão em HNO₃ 10% (v/v) em banho ultrassônico por 30 minutos e, em seguida, lavados com água. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. As medidas foram realizadas selecionando-se três linhas espectrais

com maior sensibilidade para cada elemento avaliado.

RESULTADOS

A partir da comparação entre os picos obtidos, escolheu-se a linha espectral com a maior sensibilidade proporcionada para cada elemento a ser determinado. O estudo sugeriu que as linhas escolhidas para determinação de Ag (328,068 nm), Ba (455,403 nm), Be (313,042 nm), Cd (228,802 nm), Cr (284,325 nm), Cu (324,754 nm), Mn (260,569 nm), Ni (231,604 nm), Pb (168,220 nm) e Zn (213,856 nm) estão menos sujeitas às influências espectrais de Al, Ca, Fe e Ti. Os exemplos abaixo mostram as linhas escolhidas para Ba e Cd, sem interferências espectrais de Al, Ti, Ca e Fe.

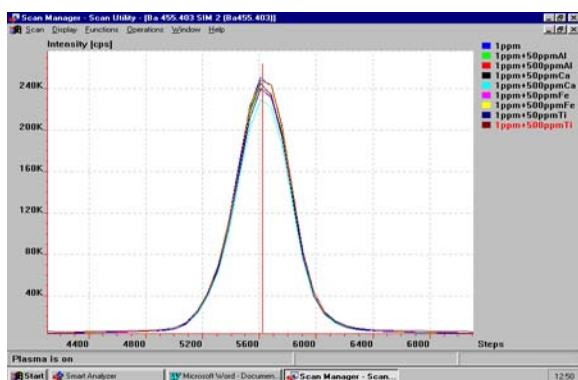


Figura 1 – Interferências de Al, Ca, Fe e Ti no Ba 455,403.

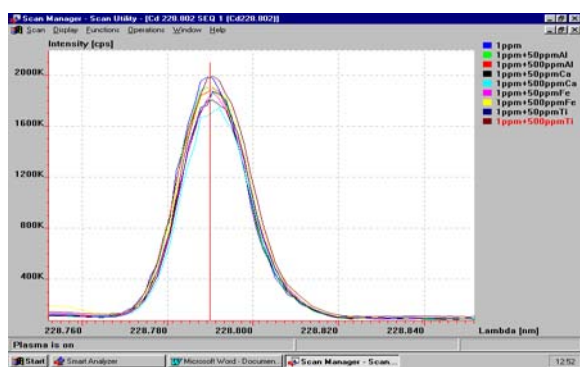


Figura 2 – Interferências de Al, Ca, Fe e Ti no Cd 228, 802.

CONCLUSÕES

Mesmo em soluções complexas, as linhas espectrais escolhidas para a determinação de Ag, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn em níveis de traços por ICP-OES mostraram-se livres de interferências espectrais causadas por elementos comumente encontrados em amostras ambientais, como Al, Ca, Fe e Ti. Com os resultados obtidos, é possível se aumentar a sensibilidade dos resultados a serem obtidos em análises ambientais no CQMA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Michaud, E; Mermet .J. M. *Spectrochim. Acta*, 1982, 37B, 2, 145.
- [2] Chen, Joeng – Shein; Berndt, H.; Tolg, G., *Fres. J. anal. Chem*, 1992, 344, 526.
- [3] Miller, Donald B. *Atomic spectroscopy*, 1988, 9, 1, 43.
- [4] Bizaio LR. Efeitos matriciais na determinação de elementos traço em fluidos biológicos por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido com visão axial. Dissertação (Mestrado)—Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2003.
- [5] Spectro. User's guide of Spectro ICP-OES. Manual do Usuário, 240p, 1999.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores agradecem ao PIBIC/CNPq pelo apoio financeiro.

Processamento de Ligas à Base de Terras Raras e Metais de Transição para Fabricação de Eletrodos de Baterias de Ni-MH

Julio César Serafim Casini, Hidetoshi Takiishi e Rubens Nunes de Faria Junior
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento nas áreas de comunicação, computação e eletroeletrônicos criaram uma necessidade no desenvolvimento de baterias com alta densidade de armazenamento. A aplicação de baterias recarregáveis de níquel metal hidreto (Ni-MH) começou com ligas de armazenamento de hidrogênio como eletrodo negativo em 1990. As baterias de Ni-MH receberam muita atenção devido à alta densidade, capacidade de carga-descarga superior e de não serem poluentes. Uma bateria recarregável de boa performance deve apresentar as seguintes características [1]:

- Alta capacidade e ativação inicial rápida;
- Vida de ciclos longa e estável.

Os eletrodos negativos das baterias de Ni-MH são confeccionados com uma liga do tipo AB_5 , devido à facilidade de ativação e alta taxa de absorção e liberação de hidrogênio. Durante os repetidos ciclos de carga-descarga, a liga (AB_5) resulta na formação de óxidos na superfície do eletrodo negativo. Este fenômeno é responsável pela redução da reatividade das baterias e também afeta o desempenho do eletrodo negativo de metal hidreto em relação aos ciclos de carga-descarga.

OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de baterias de Ni-MH fabricadas com eletrodo negativo da liga $La_{0,7}Mg_{0,3}Al_{0,3}Mn_{0,4}Co_{0,5}Ni_{3,8}$. Além disto, caracterizar a liga e estudar a duração dessa bateria por ciclos de carga-descarga.

METODOLOGIA

O eletrodo negativo da bateria de Ni-MH é preparado com uma mistura que contém o pó da liga metálica (140 mg) < 45 μ m, negro de fumo nacional (90 mg) e de politetrafluoretileno (50 mg). As proporções de massa adequadas para a fabricação do eletrodo negativo são representadas na tabela 1.

Tabela 1. Materiais utilizados na preparação do eletrodo negativo e suas respectivas massas para a fabricação do eletrodo negativo.

MATERIAIS	MASSA (G)
Liga metálica	0,140
PTFE	0,0910
Negro de fumo	0,0510

A caracterização das baterias de Ni-MH é feita medindo a sua capacidade de descarga. A capacidade de descarga é calculada com a corrente de descarga, o tempo de descarga e a massa de material do eletrodo negativo. A unidade para capacidade de descarga é expressa em mAh/g.

RESULTADOS

A Figura 1 mostra uma micrografia feita por microscopia eletrônica de varredura (MEV) da liga $La_{0,7}Mg_{0,3}Al_{0,3}Mn_{0,4}Co_{0,5}Ni_{3,8}$ em estado bruto de fusão onde estão identificadas as fases. M é a fase matriz, C a fase cinza e E a fase escura.

A composição química das fases obtidas na liga metálica por EDS é apresentada na Tabela I.

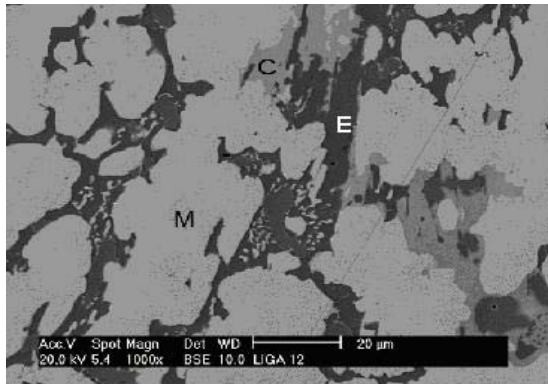


Figura 1. Micrografia da liga $\text{La}_{0,7}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{0,3}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,5}\text{Ni}_{3,8}$ no estado bruto de fusão.

Tabela I – Composição química das fases matriz, cinza e escura da liga determinada por EDS.

Fase	Composição Analisada (at.%)					
	La	Mg	Al	Mn	Co	Ni
Matriz	15,4	<1	3,6	3,6	8,3	68,4
Cinza	8,2	10,9	2,9	9,5	7,6	60,9
Escura	<1	1,8	9,5	15,1	16	56,8

Para ativação, a bateria de Ni-MH requer vários ciclos de carga-descarga iniciais para assegurar que a capacidade eletroquímica seja estabilizada. A bateria fabricada com a liga $\text{La}_{0,7}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{0,3}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,5}\text{Ni}_{3,8}$ necessitou de 15 ciclos iniciais de carga-descarga para estabilidade eletroquímica.

A Figura 2 mostra a capacidade em função do número de ciclos da bateria fabricada com a liga $\text{La}_{0,7}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{0,3}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,5}\text{Ni}_{3,8}$ como eletrodo negativo. A figura mostra que, inicialmente, alguns ciclos são necessários para a ativação da bateria, após isto ela permanece com uma capacidade alta e praticamente constante de 400 mAh/g, até completar o ciclo 140, onde apresenta uma leve queda em sua capacidade. A partir do

ciclo 180 a capacidade se mantém praticamente constante até o ciclo 350.

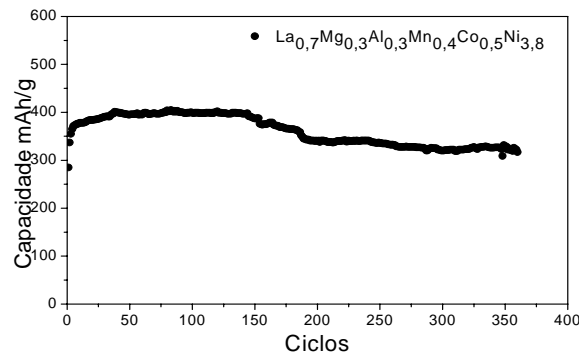


Figura 2. Capacidade em função do número de ciclos da bateria fabricada com a liga $\text{La}_{0,7}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{0,3}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,5}\text{Ni}_{3,8}$.

O tamanho dos grãos da liga metálica diminui gradativamente nos ciclos iniciais e depois permanecem constantes ao longo dos ciclos. Este fenômeno limita a oxidação quando os grãos atingem um valor constante [2].

CONCLUSÕES

A capacidade da bateria produzida com a liga $\text{La}_{0,7}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{0,3}\text{Mn}_{0,4}\text{Co}_{0,5}\text{Ni}_{3,8}$ como eletrodo negativo foi de 400 mAh/g. Esta bateria apresenta uma queda na capacidade a partir do ciclo de número 140. Apesar disto, ainda se mantém estável por mais de 200 ciclos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ambrosio, R. C. Ticianelli, E. A., Quim. Nova., v.24, p.245, 2001.
- [2] Mingming G. Jianwen H. Feng F., Journal of the Electrochemical society., v.146, p.2371-2375, 1999.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

IPEN, FAPESP e CNPq.

Caracterização de Eletrodos Modificados à Base de Carbono e/ou Platina Usando Método Eletroquímico

Letícia Lopes de Souza e Christina A. L. G. de O. Forbicini.
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Métodos eletroquímicos para avaliação de superfície de eletrodos podem também ser utilizados na determinação da superfície ativa de eletrodos modificados. O método baseia-se na determinação da corrente capacitiva de um eletrodo de carbono vítreo de área conhecida, empregando este valor na determinação da área superficial ativa de eletrodos contendo carbono poroso [1]. Este método pode ser aplicado nos eletrodos em que são utilizadas misturas de carbono e outros materiais, como nos eletrodos de troca iônica e eletrodos de células a combustível.

OBJETIVO

Desenvolver um método eletroquímico para a determinação da área superficial ativa de eletrodos de carbono a partir da medida da capacitância, comparando com o resultado obtido por BET.

METODOLOGIA

Para a determinação da área superficial (S) foram realizados vários voltamogramas cíclicos obtendo medidas da corrente capacitiva em potenciais onde nenhuma reação eletroquímica ocorre, região da dupla camada elétrica (DCE), inicialmente do carbono vítreo e depois do carbono poroso. Esta corrente capacitiva medida em velocidades de varredura (v) diferentes, entre 1 e 2 $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$, permite a determinação direta da superfície de contato entre o eletrólito e a condução eletrônica. A partir da intensidade da corrente foram feitos gráficos em função da velocidade de varredura. A relação

linear permitiu a determinação da capacitância, C_d , do carbono vítreo, segundo a equação:

$$i = C_d S v + \left[\frac{E_i}{R} - C_d S v \right] - \exp \left[- \frac{i}{RC_d S} \right] \quad (1)$$

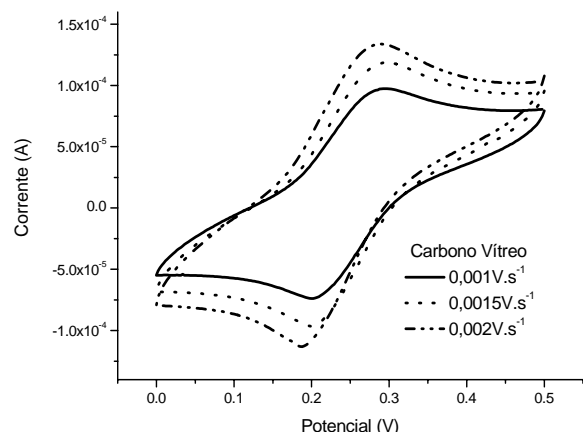
Com o valor de C_d conhecido, determinou-se a corrente capacitiva do carbono poroso aplicando a equação acima, variando-se a área ativa de 3,11 a 7,82 cm^2 , obtendo-se, assim, a área superficial real do eletrodo. Para o eletrodo de platina a equação utilizada para o cálculo de C_d foi:

$$i = C_d S v \quad (2).$$

RESULTADOS

Na figura 1 têm-se o gráfico dos voltamogramas cíclicos do eletrodo de carbono vítreo.

Figura 1: Voltametria Cíclica do eletrodo



de carbono vítreo, $S = 0,237 \text{ cm}^2$ em solução de $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_5$ 0,01 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ e KCl 0,01 mol, velocidade de varredura variando de 1 a 2 $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$.

A região da DCE, a partir da figura 1, fica entre os potenciais de 0,22 e 0,27 V (vs Ag/AgCl) e, portanto, esta será a

região onde serão feitas as medidas da corrente capacitiva.

Determinou-se primeiramente o valor de C_d para o carbono vítreo, de área conhecida ($0,237\text{cm}^2$), segundo a equação (2), encontrando-se o valor de $7,38 \times 10^{-4}\text{F.cm}^{-2}$.

O mesmo procedimento foi realizado para o eletrodo de carbono poroso para as diferentes áreas. Na figura 2 tem-se o gráfico da corrente capacitiva em função da velocidade de varredura, nos potenciais 0,22 e 0,27 V (vs Ag/AgCl) para o eletrodo de carbono poroso de área geométrica de $3,11\text{cm}^2$. Foram feitos ajustes exponenciais segundo a equação (1), cujos resultados de R^2 foram superiores a 0,99.

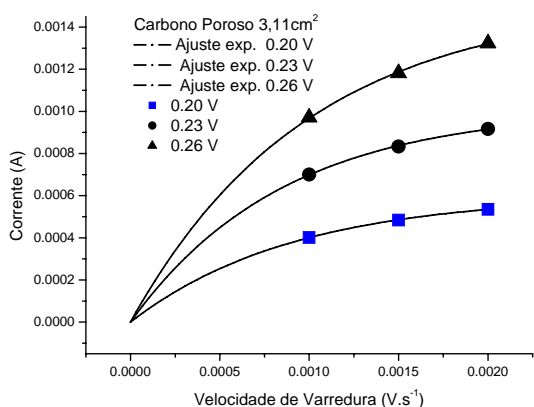


Figura 2: Corrente capacitiva em função da velocidade de varredura nos potenciais da DCE para o carbono poroso de área geométrica de $3,11\text{cm}^2$.

Para o eletrodo de platina seguiram-se os mesmos procedimentos. A tabela 1 fornece o valor médio da capacitância segundo a equação (2).

Tabela 1: Resultados obtidos para a capacitância aparente do eletrodo de platina, calculada pela equação:

Área (cm^2)	$I_c (10^{-6} \cdot \text{A})$	$C_d (10^{-6} \text{F.cm}^{-2})$
1,50	486,7	6490
2,40	840,7	7006
3,35	1290	7701
4,60	1570	6826
5,70	1930	6772
6,80	2590	7620
C_d Médio		$7069 \times 10^{-6}\text{F.cm}^{-2}$

CONCLUSÕES

O eletrodo de platina apresentou uma capacitância de $7069\ \mu\text{F.cm}^{-2}$, estando de acordo com os valores citados em literatura para os eletrodos de platina com microtrincas, fato que faz aumentar os valores de C_d .

Primeiramente foi determinado o valor da capacitância do eletrodo de carbono vítreo, por possuir áreas geométrica e real iguais. O valor encontrado de $738\ \mu\text{F.cm}^2$ foi utilizado na determinação da área real do eletrodo de carbono poroso.

Foram realizadas os voltamogramas cíclicos de quatro eletrodos de carbono poroso com áreas $3,11, 4,05, 5,94$ e $7,82\text{cm}^2$ e de posse do valor de C_d do carbono vítreo foi calculada a área superficial ativa do carbono poroso, sendo respectivamente, $5,96, 8,33, 7,80$ e $10,16\text{cm}^2$.

A análise por BET para uma área geométrica de $1,531\text{cm}^2$ forneceu uma área superficial do carbono poroso de $3,2519\text{m}^2/\text{g}$, o que dá uma área superficial de 9005cm^2 . Este resultado acima dos valores determinados se explica pelo fato do eletrólito não ter acesso à superfície interna da estrutura do eletrodo de carbono poroso. Contudo, o método desenvolvido apresenta resultados coerentes, mas que requer estudos com outros materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Calas-Blanchard, M. Contant, J.L. Matty, S. Mauran. Textural characterization of graphite matrices electrochemical methods. Carbon 41 (2003), 123-130.
 [2] Frackowiak E, Béguin F. Carbon Materials for the electrochemical storage of energy in capacitors. Carbon 2001;39:937-50.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, CNEN.

Determinação da Emissão Veicular de Compostos Orgânicos Voláteis através de Medições em Túneis

Lucas Gatti Domingues e Luciana Vanni Gatti
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Nas áreas metropolitanas, o problema da poluição do ar, tanto em ambientes internos como externos, tem-se constituído numa das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes. Os veículos automotores são os principais causadores dessa poluição em todo mundo e em São Paulo eles representam em torno de 97% da emissão de poluentes (CETESB, 2007). Os compostos orgânicos voláteis são um dos maiores problemas à saúde, pois além de serem precursores de ozônio, também são tóxicos à saúde.

O ozônio é o poluente que frequentemente atinge, na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo, níveis de concentração superiores ao padrão de qualidade do ar estabelecido na Legislação Federal e Estadual. Muitas vezes esses níveis alcançam concentrações elevadas que levam à classificação Má da qualidade do ar. Como o ozônio é um poluente secundário, pois não é emitido diretamente pelas fontes antropogênicas, os programas sobre as fontes para a redução deste poluente, nos quais a CETESB se baseia, estão baseados no controle das emissões dos poluentes precursores do O_3 , ou seja, os óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs).

OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo determinar a emissão dos compostos orgânicos voláteis provenientes de veículos leves por serem importantes precursores de ozônio.

Sua determinação será feita por meio de amostragens em um túnel, que simulará a média do comportamento do tráfego na Região Metropolitana de São Paulo.

METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada considera o ar que entra no túnel com sua concentração inicial e o fluxo de ar e a contribuição da emissão dos veículos considerando o número de veículos que passou e a distância percorrida dentro do túnel. A amostragem será realizada no túnel Tribunal de Justiça. As coletas terão duração de duas horas, realizadas três vezes por dia. Estas serão alocadas a uma distância de trinta metros da saída do túnel e a uma altura entre um e dois metros. Também será utilizado um anemômetro para quantificar a vazão volumétrica do ar de entrada no túnel para calcularmos a contribuição de poluentes já existentes no ar até o instante da amostragem.

RESULTADOS

Um estudo preliminar para determinar a altura ideal de realização da amostragem foi realizado a 30 e 50 m do final do túnel. Foram feitas medidas da concentração de CO nas alturas de um, dois, três e quatro metros conforme o gráfico 1.

É importante ressaltar que as amostragens foram realizadas em diferentes instantes e, talvez, devido a esta condição, alguns resultados mostraram-se diferenciados obtendo a máxima concentração na altura de um metro a trinta metros da saída do túnel.

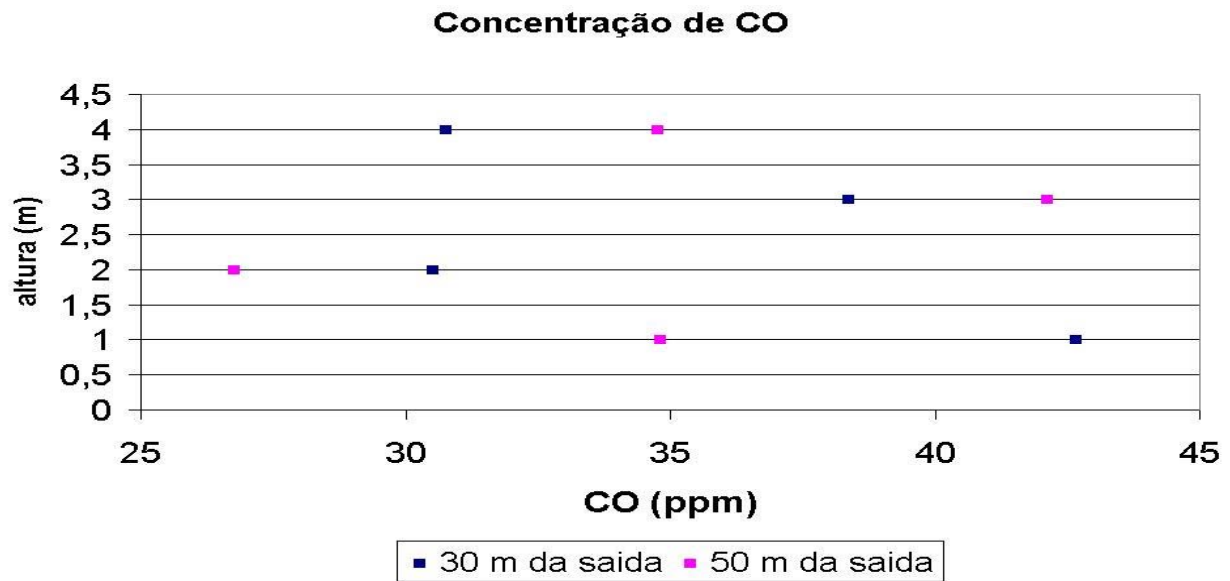


Figura 1 - Concentração de CO variando pela altura.

CONCLUSÕES

Após estudo bibliográfico, foi possível determinar o melhor método para a realização do experimento. Este experimento será realizado, conforme já descrito, a trinta metros da saída do túnel com a altura variando entre um e dois metros e também será utilizado um anemômetro. Também realizaremos a contagem de carros, motos e veículos pesados para obter a média referente a cada modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CETESB, 2007, Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 2008.
- [2] GERTLER, Alan W. PIERSON, William R. Recent measurements of mobile source emissions factors in North American tunnels. The science of the total environment. v. 189/190. p. 107 - 113. 1996.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Montagem de um Experimento para Estudos de Fenômenos Ultra-rápidos em Nanoestruturas Magnéticas

Mário Ageu Simonssini e Leandro Hostalácio Freire de Andrade
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Num contexto onde as trocas de informações são cada vez mais necessárias e importantes no cotidiano das pessoas, estudar os fenômenos ultra-rápidos da magnetização de diversos materiais, visando, encontrar o que melhor se comporte para essa finalidade, parece ser de extrema importância e interesse atual.

Na elaboração dos filmes finos, inicialmente, partimos do processo chamado Sputtering, que faz a co-deposição dos elementos, que no nosso estudo é o Cobalto dopado com Thérbio, uma terra rara, pertencente à Família dos Lantanídeos.

Em seguida, a composição da amostra é obtida, com a análise do espectro RBS da amostra.

Com as amostras prontas e analisadas, começamos a tentar estudar como ocorre a dinâmica da magnetização^[2] do filme fino, utilizando para isso a técnica de pump and probe

A técnica de pump and probe consiste em com o feixe de excitação (pump) excitar uma área da amostra e em seguida analisar o comportamento dos elétrons com o feixe de prova (probe).

Por fim, utiliza-se o Efeito Kerr^[1] para fazer o estudo da magnetização da amostra, uma vez que, o Efeito Kerr consiste em ver as diferentes componentes do vetor magnetização^[3], que é gerado com a excitação do material, inserido num campo magnético induzido.

OBJETIVO

Estudar os efeitos ultra-rápidos da magnetização em filmes finos, dopados com terras raras, estudar em particular, os efeitos magnéticos no filme de CoTb, usando-se a técnica de pump and probe.

METODOLOGIA

Foram utilizados, espelhos, beam-splitters, fotodetectores, filtros de redução da potência do feixe do laser para poder fazer a leitura nos lock-ins, utilizados para ler o sinal, um cristal BIBO para gerar o 2º harmônico.

No experimento de estudo da magnetização, todos os elementos ópticos foram colocados a uma altura de 15 cm para aumentar a estabilidade mecânica da montagem.

Utiliza-se para modular os pulsos, um chopper, e é esse sinal modulado que os lock-ins amplificam para obter o sinal da magnetização.

RESULTADOS

Devido à dificuldade técnica da montagem, obtivemos poucos dados do filme de Co dopado com 1% de Tb.

Entretanto, além dos dados apresentados abaixo, obtivemos o espectro RBS desse filme e sua curva de histerese usando o VSM.

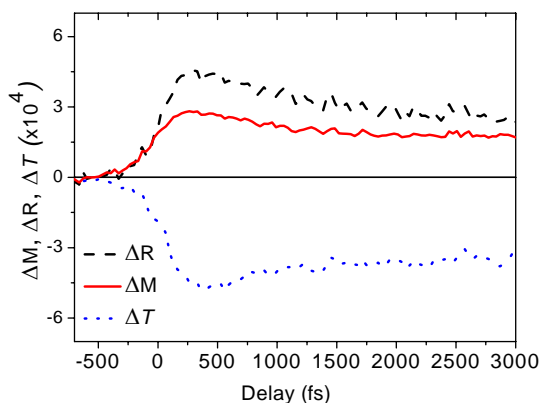


Figura 1: Dinâmica ultra-rápida da magnetização, refletividade e transmissão medidas simultaneamente em um filme de Co dopado com 1 % de Tb no *setup* implementado no CLA/IPEN com apoio da FAPESP

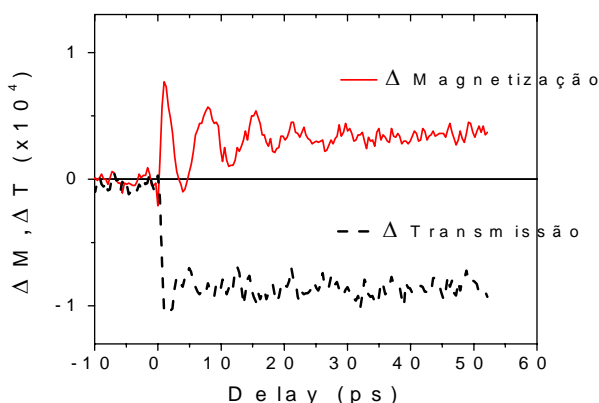


Figura 2: Oscilações da magnetização e variações da transmitância de um filme de Co dopado com 1 % de Tb induzidas por pulsos lasers de femtossegundos @400nm e provadas @800nm, observadas no *setup* que foi implementado no Centro de Lasers do IPEN.

CONCLUSÕES

Com os poucos dados obtidos até agora, não podemos afirmar algo relevante sobre a dinâmica do filme fino estudado, entretanto, pode-se notar que estamos no caminho certo para obter os resultados esperados para a magnetização dos filmes finos que pretendemos estudar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. D. Stanciu, "Ultrafast Interaction of the Angular Momentum of Photons with Spins in the Metallic Amorphous Alloy GdFeCo", PRL 98, 207401 (2007)
- [2] M. Vomir, "Real Space Trajectory of the Ultrafast Magnetization Dynamics in Ferromagnetic Metals", PRL 94, 237601 (2005)
- [3] L. H. F. Andrade, "Damped Precession of the Magnetization Vector of Superparamagnetic Nanoparticles Excited by Femtosecond Optical Pulses", PRL 97, 127401 (2006)

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPESP e CNPq.

Análise experimental do Fenômeno de Circulação Natural em Regime Monofásico, com Ênfase no Aterramento do Chassi

Mauro Ferreira da Silva Filho e Gaiânê Sabundjian
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O circuito experimental foi originalmente montado no Departamento de Engenharia Química, da Escola Politécnica da USP (POLI-USP) no final dos anos 80, com o objetivo de gerar informações para uma melhor compreensão do fenômeno de circulação natural: mono e bifásica [1]. No entanto, ele foi desativado nos meados dos anos 90, pois o sistema de aquisição de dados já tinha se tornado obsoleto. Foi então que, no início de 2004 o circuito foi retomado. Em 2008, houve a possibilidade de transferência do circuito para o Centro de Engenharia Nuclear no IPEN-CNEN/SP, onde o circuito foi readequado.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é a compreensão do fenômeno de circulação natural em escoamento monofásico, a partir do levantamento e da análise dos dados experimentais do circuito de circulação natural, que atualmente encontra-se instalado no Centro de Engenharia Nuclear/IPEN. Foi realizada uma análise prévia do experimento em regime monofásico com uma análise no aterramento elétrico do circuito, onde os resultados foram satisfatórios. A avaliação dos dados experimentais será feita a partir da simulação com o código RELAP5 [2] do circuito em questão.

METODOLOGIA

O circuito experimental é um retângulo formado por tubos e equipamentos em vidro para a visualização do escoamento, conforme a Fig.1. Este circuito é formado por uma fonte quente (aquecedor elétrico), uma fonte fria (trocador de calor) e um tanque de expansão, aberto à atmosfera, para absorver as variações de densidade do fluido. A potência elétrica aplicada nas resistências é controlada com um variador de tensão alimentado com corrente alternada. São medidas as temperaturas em 13 pontos do circuito, com termopares do tipo T, três para medida da temperatura de parede (TP) e os demais registram a temperatura do fluido (T).

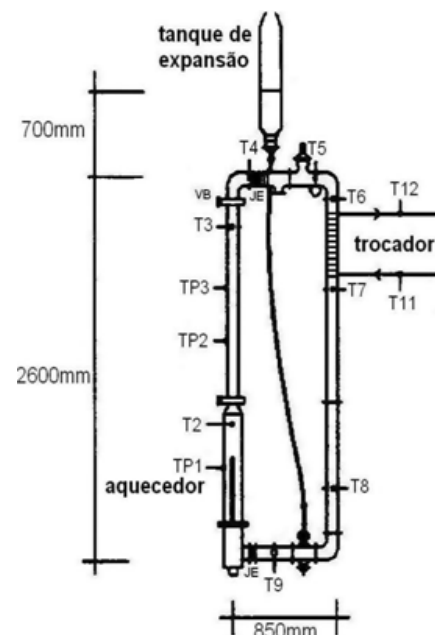


Figura 1. Esquema do circuito

A coleta de dados do circuito é realizada através de um sistema de aquisição de dados da *National Instruments*, com uma taxa de amostragem de 0,1 amostras/s, conectado ao microcomputador, junto ao software *LabView* [3], onde foram coletadas as temperaturas conforme a Fig. 2.

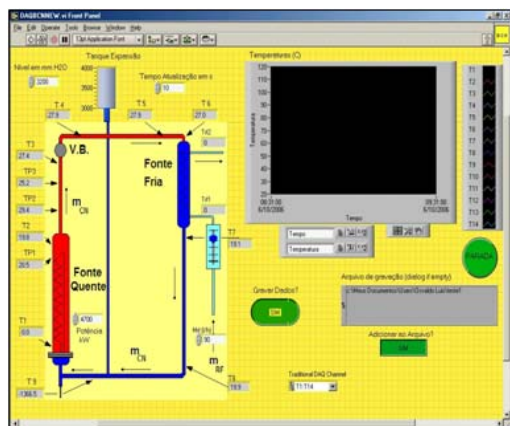


Figura 2. Interface de aquisição

Os dados coletados são automaticamente enviados para uma planilha A medição da vazão de resfriamento é feita com dois rotâmetros em paralelo.

RESULTADOS

A Fig. 3 mostra em um determinado instante, a variação da temperatura com o desaterramento elétrico do circuito, pois uma parte de sua corrente percorre o chassi fazendo com que se alterem as medidas de temperatura dos termopares.

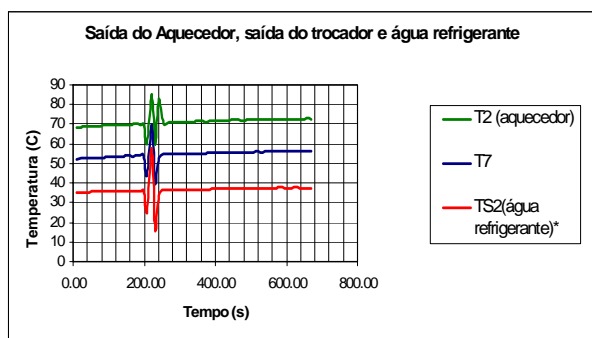


Figura 3. Temperatura da água na perna quente e no secundário

Observou-se que no intervalo entre 200 e 240 s, houve uma grande oscilação nas leituras dos termopares devido ao desaterramento do circuito.

Pela Fig. 4 pode-se ver a variação da temperatura na perna fria, antes e após a troca de calor.

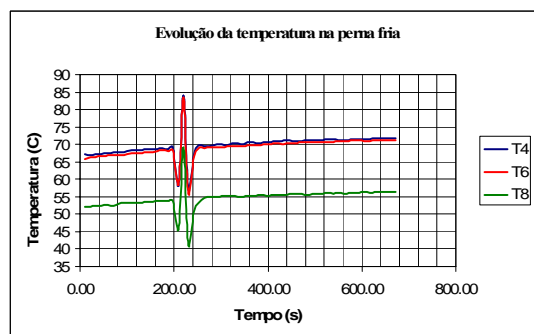


Figura 4. Evolução da temperatura na perna fria

CONCLUSÕES

Foi necessário o aterramento do circuito em todos os momentos de coleta de dados a fim de que as perturbações não interferissem nas medidas. Devem ser feitas novas medidas com diferentes valores para potências e vazões para a obtenção de melhores resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] XI ENFIR, 1997, "Tema Especial de Termo-Hidráulica", XI Encontro Nacional de Física de Reatores e Termo-hidráulica, Poços de Caldas, Brasil.
- [2] The Relap5 Development Team, 1995, "RELAP5/Mod3 Code Manual, NUREG/CR-5535 Report", Idaho National Engineering Laboratory, vols. 1-5.
- [3] LabView 7.0 Express, 2003, National Laboratory, USA.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq-PIBIC/PROBIC e ao Departamento de Engenharia Química, da Escola Politécnica da USP, pelo empréstimo do Circuito de Circulação Natural.

Determinação de Terras Raras em Materiais Biológicos pelo Método de Ativação com Nêutrons

Naira Cristina Abud Louro e Mitiko Saiki
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

As determinações de elementos de terras raras (ETRs) em materiais biológicos têm se tornado assunto de grande interesse para o estudo da eventual toxicidade destes elementos nos seres humanos e também devido à dificuldade na sua análise quantitativa. Os ETRs têm sido determinados em diferentes tipos de amostras biológicas tais como nos tecidos pulmonares [1] e plantas [2]. Apresenta-se neste estudo os resultados das determinações dos fatores de interferência devida a formação de produtos de fissão de U (^{140}La , ^{141}Ce , ^{143}Ce , ^{147}Nd e ^{153}Sm) e das concentrações de terras raras e U no material de referência certificado (MRC) INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs aplicando o método de ativação com nêutrons.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi estabelecer procedimentos apropriados para determinação de ETRs em materiais biológicos aplicando o método de análise por ativação com nêutrons (NAA).

METODOLOGIA

O procedimento experimental da NAA estabelecido para a determinação de ETRs, consistiu em irradiar alíquotas de material de referência certificado juntamente com os padrões sintéticos dos elementos U e terras raras. As irradiações foram realizadas no reator IEA-R1 sob fluxo de nêutrons térmicos da ordem de $5,7 \times 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por

um período de 16 horas. Depois de adequados tempos de decaimento, de 2 e 15 dias, as medições das atividades gama da amostra e padrões foram feitas usando um detector de Ge hiperpuro ligado a um espectrômetro de raios gama. Os radioisótopos foram identificados pelas energias dos raios gama e meias vidas. As concentrações dos elementos foram calculadas pelo método comparativo.

RESULTADOS

Na Tabela 1 estão os valores dos fatores de interferência devida a formação de produtos de fissão do urânio, (^{140}La , ^{141}Ce , ^{143}Ce , ^{153}Sm e ^{147}Nd) obtidos juntamente com os dados da literatura para comparação. O fator de interferência do ^{140}La depende do tempo de decaimento tendo em vista que este radioisótopo se forma do decaimento do ^{140}Ba de meia vida de 12,79 dias. No caso da interferência do produto de fissão de ^{140}La verifica que a interferência aumenta com o tempo de decaimento, como é mostrada na Figura 1. Na TABELA 2 são apresentados os resultados das análises do MCR INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs, juntamente com os valores do certificado.

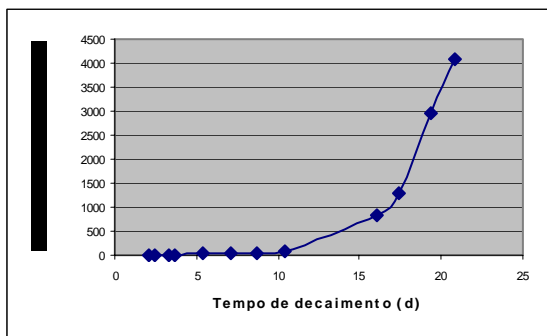


Figura 1. Fatores de interferência em ng de lantânio por µg de U para diferentes tempos de decaimento.

Tabela 1. Fatores de interferência dos produtos de fissão de U. Resultados em ng do elemento/ µg de U.

Elementos	Radioisótopos	Este trabalho	Valores da Literatura [3-5]
		Média±DP ^a (n)	
La	¹⁴⁰ La	8,80±0,03 ^b td=3,72d; 61,4±0,3 ^b td= 8,67d;	13,4 td=5d [5]
Ce	¹⁴¹ Ce	267,05± 11,2 (9)	270±20 [4]
Ce	¹⁴³ Ce	1172±106,9 (6)	1350±40 [3]
Sm	¹⁵³ Sm	48,3±11,6 (6)	< 1 [4]
Nd	¹⁴⁷ Nd	195,7±10,5 (7)	200±10 [4]

a- Média ± DP = média e desvio padrão e n = número de determinações. b- valores individuais e a incerteza foi calculada considerando erros das taxas de contagens da amostra e padrão.

Tabela 2. Concentrações de elementos no MRC INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs. Resultados em ng / g.

Elementos	Este Trabalho			Valores do Certificado
	Média±DP ^a	DPR% ^b	ER% ^c	
La	527,5±87,0	16,5	7,6	571±46
Ce	1063,7±107,2	10,1	5,0	1120±100
Nd	548,0±41,9	7,6	19,9	457±91
Sm	75,3±6,8	9,0	20,2	94,4±8,2
Eu	16,9±1,3	7,7	7,6	15,7±1,8
Tb	11,8±1,3	10,9	12,6	13,5±1,1
Yb	54,1±5,6	10,3	2,6	52,7±6,6
Lu	8,2±1,4	17,0	8,9	9,0±1,5
Sc	119,5±6,6	5,5	2,8	123±9
U	39,7±5,0	12,5		49(valor informativo)

a - Média ± DP= média aritmética e desvio padrão, b- DPR= desvio padrão relativo c- ER= erro relativo;

Os resultados da análise do MRC INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs comparados com os valores do certificado,

mostraram que o método é válido para determinação de ETRs, com exceção do resultado obtido para Nd e Sm. Os erros relativos percentuais obtidos foram, em geral, menores que 12,6%. Os resultados dos elementos Nd e Sm apresentaram erros relativos superiores a 15% devido ao problema de interferências espectrais.

RESULTADOS

Os resultados obtidos nos fatores de interferência dos produtos de fissão de U permitiram concluir que os dados obtidos para ¹⁴⁰La, ¹⁴¹Ce, ¹⁴³Ce e ¹⁴⁷Nd apresentaram uma boa concordância com os valores da literatura, exceto ¹⁵³Sm que apresentou um valor mais alto que o da literatura. As análises do MCR indicaram uma boa precisão e exatidão dos resultados para os elementos Ce, Eu, Yb e Sc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALCALÁ, A. L., Determinação de Elementos terras raras em rochas por análise por ativação com nêutrons com separação pré-irradiação. Dissertação (mestrado). Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, 1991.
- [2] MARIA, S. P., Estudo das características de distribuição de elementos terras raras em Solanum Lycocarpum em diferentes ambientes tropicais do Brasil por ativação neutrônica. Dissertação (mestrado). Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, 2001.
- [3] GLASCOCK, M. D., et al., J. Radioanal. Nucl. Chem., v. 99, nº1, p. 121-131, 1986.
- [4] LANDSBERGER, S., Chem. Geol., v. 57, p. 415-421, 1986
- [5] TSHIASHALA, M. D., J. Radioanal. Nucl. Chem., v. 265, nº3, p. 511-514, 2005.

APOIO FINANACEIRO AO PROJETO

CNPQ E FAPESP

Análise por Ativação com Nêutrons de Cl, K e Na em Soro Sanguíneo

Nathalia Souza de Araujo e Mitiko Saiki
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O sangue é um dos fluidos mais importantes do organismo responsável pela nutrição de tecidos, controle da temperatura corporal, transporte de nutrientes e oxigênio e excreção metabólica. Muitos elementos traço são de vital importância para a saúde humana, como o sódio, que é essencial para o equilíbrio do pH dos fluidos extracelulares, para transmissão nervosa e contração muscular. Porém, em excesso pode causar hipertensão, problemas renais e cardíacos. Outro elemento importante é o potássio, fundamental para a integridade celular e transmissão nervosa [1]. Desta forma as análises químicas e bioquímicas de soro sanguíneo têm sido de grande relevância para avaliar o estado de saúde dos indivíduos. Entre as técnicas analíticas utilizadas na análise de soro sanguíneo, destacam-se a espectrometria de massa com fonte de plasma acoplado indutivamente, espectrometria de absorção atômica e de emissão, análise por ativação com nêutrons e espectrometria de fluorescência de raios -X. Neste trabalho método de análise por ativação com nêutrons (NAA) que apresenta inúmeras vantagens como da sua capacidade de poder determinar diversos elementos em baixas concentrações, alta precisão, exatidão dos resultados e a necessidade de pequenas quantidades de amostra. Além disso, no caso da NAA puramente instrumental, pode-se destacar a rapidez na determinação de elementos cujos radioisótopos apresentam meias-vidas curtas [2].

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi determinar as concentrações séricas de Cl, K e Na de uma população de idosos saudáveis da cidade de São Paulo visando uma comparação com valores de referência, aplicando o método de NAA.

METODOLOGIA

As coletas das amostras de sangue total de idosos saudáveis, (n=21), foram realizadas no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina, USP. No caso foram utilizados tubos de coleta sem agente coagulante, próprio para coleta de amostras de sangue para determinação de elementos traço. A Figura 1 mostra a fotografia da coleta de sangue. Por meio da centrifugação, foram obtidos 3 mL de soro, os quais foram enviados ao IPEN na forma de soro congelado.



Figura 1. Foto da Coleta de Sangue

Para análise, estas amostras de soro foram liofilizadas e a perda média de massa neste processo de secagem foi de 91%. Para NAA do soro, cerca de 100 mg da amostra foram pesados em invólucros de polietileno e irradiados no reator de pesquisa IEA-R1 juntamente com os padrões sintéticos de Cl, K e Na. O tempo de irradiação foi de 10s, sob fluxo de nêutrons térmicos de $4,5 \times 10^{12}$

$\text{n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. As atividades gama induzidas nas amostras e padrões foram medidas usando um detector de Ge hiperpuro ligado a um espectrômetro de raios gama, após cerca de 3 min de decaimento para a primeira medição e 22 h de decaimento para a segunda medição. A qualidade dos resultados analíticos foi avaliada pela análise de um material de referência certificado (MRC) NIST SRM 1577b Bovine Liver.

RESULTADOS

Os resultados da Tabela 1 obtidos para MRC indicam boa precisão, com desvios padrão relativos variando de 7,2% a 11,2% e uma boa exatidão com percentagens de erro relativo inferiores a 10,5%. Os resultados das análises de soro (Tabela 2) mostram que as médias das concentrações obtidas estão dentro da faixa dos valores de referência em uso nos laboratórios clínicos.

Tabela 1. Concentração de Elementos no Material de Referência NIST 1577b Bovine Liver.

Elementos ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Este Trabalho			Valor do certificado [3]
	Média \pm DP ^a	DPR ^b , %	Er ^c , %	
Cl	3073 \pm 223	7,2	10,5	2780 \pm 60
K	9328 \pm 790	8,5	6,1	9940 \pm 20
Na	2334 \pm 261	11,2	3,6	2420 \pm 60

^a Desvio padrão ^b.Desvio padrão relativo

^c Erro relativo percentual

Tabela 2. Médias e Faixas de Concentrações Séricas (mmol L^{-1}) de Cl, K e Na.

Elementos	Este trabalho Média \pm DP (Faixa)	Valores de referência [4]
Cl	99,1 \pm 6,3 (80,5 - 133,1)	98 - 111
K	3,9 \pm 1,2 (2,49 - 5,94)	3,5 - 5,0
Na	136,9 \pm 8,4 (122,5 - 147,5)	136 - 145

CONCLUSÕES

A qualidade dos resultados obtidos na análise de MRC demonstrou a viabilidade do uso da NAA na determinação Cl, K e Na no soro sanguíneo. Os resultados obtidos permitiram concluir que a maioria dos idosos apresentou concentrações de Cl, K e Na dentro da faixa dos valores de referência utilizados nos laboratórios clínicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Santos, S.B., Elementos traço em soro sanguíneo medidos pelos métodos PIXE e ICP-MS., Dissertação, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- [2] Takata, M. K., Determinação in vitro de constituintes inorgânicos em tecidos ósseos pelo método de ativação com nêutrons, Dissertação, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN, São Paulo 2003.
- [3] NIST National Institute of Standards and Technology. Certificate of analysis. Standards of Reference Material 1577b Bovine Liver. Agosto, 1991
- [4] Wu A. H. B. Tietz Clinical guide to laboratory tests, Saunders. Elsevier, St. Louis, Missouri, 2006.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e FAPESP

Avaliação Mecânica de Sutura Bioabsorvível para Uso em Cordas de Semente de Iodo-125

Patrícia Cristine Paques Silva e Maria Elisa Chuery Martins Rostelato
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A partir da metade dos anos oitenta, avanços tecnológicos e novos produtos renovaram o interesse no uso da braquiterapia, em implantes permanentes com sementes de Iodo-125, para tratamento de câncer de próstata [1]. As sementes importadas atualmente são acondicionadas dentro de embalagens poliméricas bioabsorvíveis semi-rígidas chamadas de *cordas*. A implantação das sementes nos procedimentos médicos utilizando estas cordas tem se mostrado mais aceitável pela comunidade médica do que a implantação das sementes isoladas, dada a diminuição da possibilidade de migração das sementes para posições indesejáveis do abdômen ou do tórax e também devido a sua pré-introdução ter menos probabilidade de extravio das sementes quando manipuladas.

O Ipen pretende entregar suas sementes de ^{125}I em cordas com a mesma funcionalidade e radioesterilizar estas cordas nos irradiadores disponíveis no CTR-Ipen. [2].

A produção de sementes para braquiterapia exige um rígido controle de qualidade, sendo necessário então, estudos que visem simulações de doses que possibilite diagnosticar problemas como distribuição de iodo-125 no fio de prata, defeitos de soldagem e o efeito da radiação no polímero de Vicryl.

OBJETIVO

Estudar interações da radiação com o polímero Vicryl. Avaliar as grandezas mecânicas obtidas à partir das curvas de tensão-elongação do Vicryl

submetido à doses variadas de radioesterilização. Realizar cálculos analíticos comparativos aos computacionais, quanto a simulação dosimétrica da semente de iodo-125.

METODOLOGIA

I) Avaliação Mecânica das Suturas

Após levantamento bibliográfico, foi irradiado fios de sutura com as doses de 50 kGy, 25kGy 10 kGy no irradiador de cobalto 60 Gammacell de 12 kCi (taxa de dose 3,55 kGy/h), depois implantado em ratos os fios irradiados e também não irradiados como comparativo. Uma mesma quantidade de fios foram analisados mecanicamente, em equipamento com célula de carga sensível o suficiente para os ensaios com as suturas de Vicryl.

Após avaliação mecânica, com os dados obtidos pela Dental Morelli (empresa que realizou os testes) foram feitos gráficos que avaliaram o ensaio de tensão-elongação. Para estes gráficos foram plotados no Origin dados do ensaio e feito gráficos individuais e um gráfico geral com o resultado do ensaio de cada sutura não irradiada.

II) Simulação Dosimétrica

Após levantamento bibliográfico foi realizada a compilação dos dados no programa e os resultados obtidos na simulação dosimétrica foram comparados com os cálculos analíticos para fontes pontuais. Nessa primeira fase os dados de entrada dos cálculos no programa foram efetuados sem a atenuação dos componentes da semente. O resultado obtido foi plotado para o Origin para formação gráfica do

resultado. Em uma segunda fase de cálculos foram feitas simulações em cada ponto, levando-se em consideração a atenuação sofrida pelos componentes da semente de iodo.

RESULTADOS

I) Avaliação Mecânica Das Suturas

Foi implantado fios (suturas de Vicryl) irradiados e não irradiados no dorso dos ratos e retirados periodicamente e verificado a absorção do tecido do rato nos fios irradiados e não irradiados. Para o ensaio, o fio foi preparado com nós duplos nas duas extremidades e um nó simples no meio do fio, de acordo com a norma para esse tipo de teste. (fig. 2)

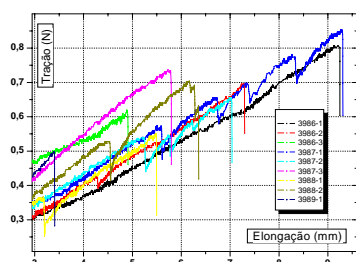


Figura 1 – Gráficos mostrando as curvas de tração-elongação das suturas não irradiadas.

Nota-se que houve o rompimento das suturas entre 0,7 e 0,9N e que houve um deslizamento de certos nós, caracterizado pelo formato "dente de serra" de algumas curvas.

II) Dosimetria por simulação

Através dos cálculos simulativos realizados aferiu-se que há erros ainda no algoritmo, como pode ser visto a ausência de invaginação na curva de nível mostrada. Estes estão sendo corrigidos pelo criador.

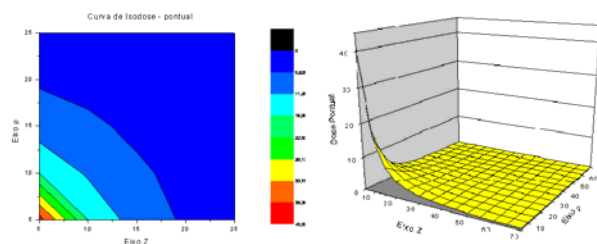


Figura 3 – Curva de isodose dos cálculos para fontes pontuais gerados pela simulação

CONCLUSÕES

Conclui-se com base nos resultados preliminarmente apresentados que faz-se necessário continuação nos estudos e testes iniciados tanto nas avaliações mecânicas das suturas quanto nas simulações das taxas de dose da semente de iodo-125. Conclui-se ainda que os trabalhos foram de grande relevância a esta Iniciação Científica e incentivo a mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Texto extraído da home-page <http://www.ipen.br/ctr/braquiterapia.htm> em 07/03/2006.
- [02] Rostelato, M. E. C. M.; Estudo e desenvolvimento de uma nova metodologia para confecção de sementes de iodo – 125 para aplicação em braquiterapia. São Paulo, Brazil; 2005.
- [03] "Ciência dos Polímeros", Sebastião V. Canevarolo Jr. – editora Artliber-ABPol – São Paulo, 2004.
- [04] "Técnicas de Caracterização de Polímeros", Canevarolo Jr., S.V., Artliber editora, São Paulo, 2004.
- [05] "Irradiation Effects on Polymers", D.W. Clegg and A.A. Collyer (eds) – Elsevier Applied Science – London, 1991.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

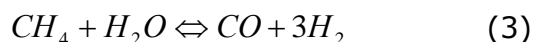
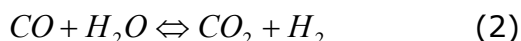
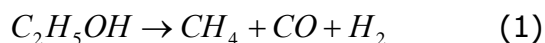
FAPESP

Modelagem e Integração da Produção de Hidrogênio pelo Processo de Reforma a Vapor do Bioetanol

Paulo Vitor Leite Penachio, Douglas Alves Cassiano e
Fátima Maria Sequeira de Carvalho
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

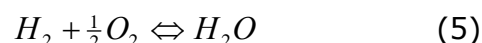
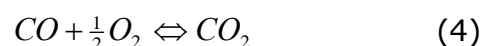
O processo de produção de hidrogênio a partir de bioetanol consiste em três etapas distintas e simultâneas, como apresentado por Giunta et al. [1]. Inicialmente ocorre uma reação de reforma do álcool (formando H_2 , CO e CO_2); seguida por uma reação *water-gas shift* (reação do CO com H_2O para maximizar a formação de H_2) e uma reação de oxidação parcial do CO , que é um produto indesejável:



As reações (1) e (3) são endotérmicas e a reação (2) é exotérmica. O processo global entretanto é endotérmico, ocorrendo na faixa de 550-800°C. Um dos catalisadores que possui boa seletividade para o hidrogênio nessas condições é o de níquel/cobre, suportado em microesferas de zircônia (Bergamaschi et al. [2]).

No reator de *shift*, ocorre exclusivamente a segunda reação. Segundo Francesconi et al. [3] normalmente são utilizados dois reatores adiabáticos para reação *water-gas shift*, um trabalhando com temperaturas por volta de 350-500°C e outro em uma faixa menor de temperatura variando entre 150-250°C. Por se tratar de uma reação exotérmica, todo o calor produzido por esses reatores pode ser aproveitado utilizando-o no aquecimento para a vaporização da mistura etanol/água, ou para o aquecimento do reformador.

Finalmente, no reator de oxidação parcial, ocorrem as seguintes reações:



A reação (5) é uma reação indesejada, pois há consumo de hidrogênio e pode ser evitada utilizando-se um catalisador com alta seletividade para a reação (4). O processo é considerado exotérmico e trabalha-se com temperaturas por volta de 130°C. De modo análogo aos reatores de *water-gas shift*, toda a energia térmica produzida é reaproveitada no sistema.

Na construção do modelo computacional cada uma destas etapas possui um algoritmo distinto, que é integrado para análise do processo em relação ao balanço material e energético.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por finalidade a construção de um modelo integrado do processo utilizando o *software* ASPEN PLUS®, visando o projeto de construção de equipamentos ou a otimização do processo.

METODOLOGIA

A simulação foi realizada utilizando-se reatores *estequiométricos* para as reações (1) e (4), pois são reações onde se deseja alta seletividade. Para as reações (2) e (3) utilizaram-se reatores de *equilíbrio* (*Gibbs*) almejando obter a composição de equilíbrio do sistema. A reação (5) foi considerada com baixa seletividade no reator COProx, ocorrendo neste um pequeno consumo de hidrogênio. Considerou-se o

reformador trabalhando em uma temperatura de 550°C, o reator *water-gas-shift* de alta temperatura operando a 250° e o de baixa temperatura a 180°C. A temperatura de operação do reator COProx utilizada foi de 130°C como estipulada por Giunta et al. [1]. Utilizou-se o método de *Peng-Robinson* na estimativa de propriedades, efetuando-se uma análise de sensibilidade da razão molar de alimentação água/etanol na composição dos produtos, relacionando a quantidade de hidrogênio produzido com a quantidade de etanol alimentando no sistema.

RESULTADOS

Através de diferentes relações molares de alimentação R_A , mol de água/ mol de etanol, mantendo-se constantes as temperaturas de operação, analisou-se a conversão de etanol a hidrogênio através da razão molar de produto, ou seja, mol de hidrogênio produzido por mol de etanol alimentado no reformador R_P .

Na tentativa de obtenção de dados para comparação com dados obtidos por outros autores, variou-se a razão de alimentação R_A de 1 até 20. Na figura 1 apresenta-se a variação de R_P em relação a R_A .

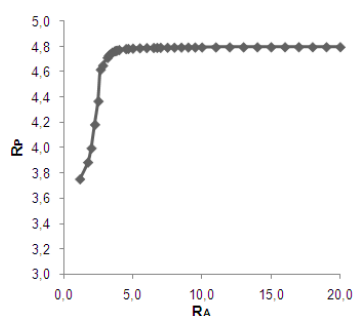


Figura 1 – Variação da razão molar de produto em função da razão de alimentação.

CONCLUSÕES

Os resultados são coerentes com dados publicados por outros autores (Francesconi *et al.*),[3], observando-se que o comportamento do gráfico, mostrado pela figura 1, segue o comportamento esperado. Em outras palavras, a razão molar de água/etanol aumenta proporcionalmente a quantidade de hidrogênio produzido, sendo esta limitada por uma razão ótima.

A partir de uma razão de alimentação, a razão de produto torna-se constante, sendo que o comportamento esperado era um acréscimo, menos acentuado do que a variação observada para uma variação em razões menores de alimentação, e não uma constância. Essa alteração pode ser devida às temperaturas adotadas, que diferem das utilizadas por outros autores, ou ainda ao sistema de aquecimento dos reatores, através do uso de trocadores de calor em série, que reaproveitam a energia liberada nos reatores onde ocorrem reações exotérmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Giunta, C. Mosquera, N. Amadeo, M. Labordel. Simulation of a hydrogen production and purification system for a PEM fuel-cell using bioethanol as raw material. *J Power Sources* 2007 v164 336-343.
- [2] V. S. Bergamaschi, F. M. S. Carvalho, W. R. Santos, C. Rodrigues. Synthesis and Characterization of Ni-Cu/ZrO₂ and Co-Cu/ZrO₂ catalysts used for ethanol steam reforming. *Mat Sci Forum*, v.530/1, p. 619-624, 2006.
- [3] J. Francesconi, M. Mussati, R. Mato, P. Aguirre. Analysis of the energy efficiency of an integrated ethanol processor for PEM fuel cell systems. *J Power Sources* 2007 v167 151-161.

Efeitos da Terapia Fotodinâmica como Coadjuvante no Tratamento de Periodontite Induzida em ratos: Uma Avaliação Histológica

Priscila Ferreira Chaves e Martha Simões Ribeiro
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A doença periodontal provém da infecção estabelecida por bactérias específicas derivadas do biofilme dental na região subgingival e da combinação das reações inflamatórias teciduais, imunológicas, desencadeadas por tal infecção [1]. Histologicamente, a doença periodontal promove migração apical do epitélio juncional, exacerbação da quantidade de células, vasos do ligamento periodontal, depleção das fibras colágenas do mesmo, presença exasperada de células inflamatórias, reabsorção, formação de lacunas e desorganização do tecido ósseo [2]. O tratamento convencional da doença periodontal caracteriza-se por remoção mecânica (RM) do biofilme dental da região subgingival, com debridamento, aplainamento da superfície radicular e, dependendo da característica da periodontite, pode ser utilizado antibiótico como coadjuvante [1,2]. Entretanto, a antibioticoterapia aplicada por um longo período pode causar resistência microbiana [1]. A terapia fotodinâmica (PDT) caracteriza-se pela associação de uma fonte de luz e um fotossensibilizador e vem sendo utilizada para promover morte microbiana em doenças infecciosas localizadas. Particularmente na periodontia, a PDT vem sendo estudada como coadjuvante visando melhorar os resultados do procedimento terapêutico da RM [2].

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar, através de análise histomorfométrica, o efeito da terapia fotodinâmica no tecido

periodontal como método terapêutico coadjuvante após indução de periodontite.

METODOLOGIA

Foram selecionados 30 ratos Wistar machos, adultos, com massa corpórea de aproximadamente 300g, mantidos no biotério do IPEN-CNEN/SP. A anestesia geral foi obtida por meio da utilização de cloridrato de quetamina (0,4mL/Kg) e xilazina (0,2mL/Kg) por via intraperitoneal. Após anestesia, os animais foram submetidos à indução da periodontite por ligadura. Adaptou-se um fio de sutura de algodão ao redor do segundo molar superior direito, que foi removido após 7 dias. No dia do tratamento, os animais foram divididos randomicamente em quatro grupos: controle negativo (somente com doença periodontal); controle positivo (sem doença); grupo RM e grupo RM+PDT. Os ratos do grupo RM foram tratados utilizando-se uma cureta mini-five. A cureta foi posicionada paralelamente ao segundo molar superior com a ponta ativa voltada para a superfície do dente. Depois de posicionada a cureta, foram realizados movimentos de raspagem e alisamento radicular para remoção mecânica de biofilme e 200µL de água destilada foram aplicados na superfície do segundo molar. Os ratos do grupo RM+PDT foram tratados com RM e posteriormente foram submetidos ao tratamento com PDT, utilizando-se o fotossensibilizador azul de metileno (AM) na concentração de 100µM e um laser com 0,1W de potência. Foram aplicados 200µL de fotossensibilizador nas superfícies do segundo molar com

auxílio de uma seringa (1mL). O AM foi deixado em contato com os tecidos por um tempo de pré-irradiação de cinco minutos. Após a ação do fotossensibilizador, a região foi irradiada por dois minutos com dose de 15J/cm². Os ratos foram sacrificados em uma câmara de CO₂ 8h, 24h, 48h e 7 dias após o tratamento. Após sacrifício, foram removidas as hemi-maxilas esquerda de todos os ratos. Essas peças foram colocadas individualmente em potes plásticos contendo 50mL de fixador paraformaldeído a 4%. As amostras seguiram procedimento de rotina para preparação das lâminas histológicas. Para avaliação do infiltrado inflamatório e organização das fibras colágenas dos tecidos periodontais foram estipulados escores de 0 a 4, onde 0 corresponde à ausência ou total desorganização e o escore 4 corresponde à intensa atividade ou completamente organizado, para infiltrado e colágeno, respectivamente. Para análise dos resultados foi utilizado o teste estatístico de análise de variância (one-way ANOVA) (p<0,05), e para a comparação múltipla dos grupos foi utilizado o teste TUKEY.

RESULTADOS

A figura 1 mostra que a organização do colágeno no grupo RM+PDT foi significativamente maior quando comparado ao grupo RM em 8h, 24h, 48h e 7 dias. No mesmo grupo, observou-se um aumento crescente na organização das fibras colágenas, desde a primeira avaliação (8h) até o último dia do experimento.

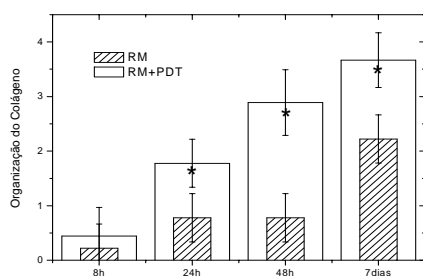


Figura 1 - Organização das fibras colágenas nos grupos RM e RM+PDT. As colunas representam as médias obtidas e as barras representam o desvio padrão. (*): diferença significativa entre os grupos no momento avaliado.

A figura 2 ilustra o infiltrado inflamatório dos grupos RM e RM+PDT. Observa-se uma queda significativa de células inflamatórias nos períodos avaliados, sendo que o grupo RM+PDT apresenta menos infiltrado comparado ao grupo RM.

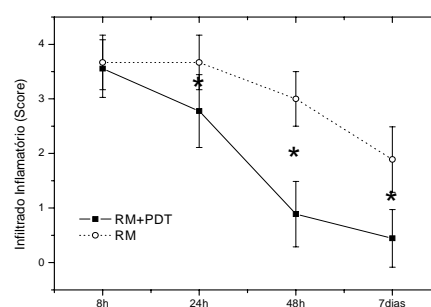


Figura 2 – Média do infiltrado inflamatório nos dois grupos experimentais. As barras representam o desvio padrão e (*) ilustra a diferença estatística entre os grupos.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a terapia fotodinâmica como coadjuvante à terapia periodontal mostrou uma melhor reparação tecidual, quando comparada ao tratamento convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Slots, M. Ting, Systemic antibiotics in the treatment of periodontal disease, *Periodontol* 2000 28 (2002) 106-176.
- [2] J.M. de Almeida, L.H. Theodoro, A.F. Bosco, M.J. Nagata, M. Oshiiwa, V.G. Garcia, Influence of photodynamic therapy on the development of ligature-induced periodontitis in rats, *J Periodontol* 78 (2007) 566-575.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

FAPESP 05/01756-5; CNPQ/PIBIC

O Combustível Perdido: Pesquisas Nucleares Brasileiras para o Uso de Tório em Geração de Energia Elétrica – 1961-1973

Rodrigo Souza Neves e Ana Maria Pinho Leite Gordon
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O Grupo do Tório foi criado em 1965 no IPR, mas no Brasil, já em 1945, o geólogo Othon H. Leonardos afirmou que existiam fartas reservas de tório no país [1]. No mesmo período, Luiz Cintra do Prado, debatia a "possibilidade de utilizar o tório no mister da produção de energia nuclear" [2], através da "obtenção de um isótopo de urânio (suscetível de dar origem a uma reação em cadeia), partindo do tório" [3].

O "Grupo do Tório" foi criado com a ambição de desenvolver uma linha de reatores alimentados a tório. No período, ocorre no IEA uma série de pesquisas utilizando técnicas analíticas experimentais que possibilitaram a caracterização de minerais, auxiliando na verificação da viabilidade econômica da extração do tório.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos, analisar a importância das pesquisas sobre o uso do tório em reatores de potência; pesquisar os motivos e fatos que levaram ao fim do "Grupo do Tório" no IPR em 1973 e estudar os desdobramentos originados por tal fato, resgatando a memória da participação dos pesquisadores do IEA (hoje IPEN/CNEN) e do IPR no desenvolvimento da tecnologia do uso do tório em reatores de potência.

METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, faz-se uso prioritário de relatórios e artigos científicos produzidos no IEA e no IPR e de documentos e relatórios

governamentais sobre o projeto nuclear com tório, tendo em vista as diretrizes do governo e seus órgãos de fomento à pesquisa no período a ser estudado. Recorre-se, também, a fontes secundárias provenientes da historiografia já existente, objetivando aprofundar o estudo de fatos e acontecimentos ignorados ou pouco estudados.

Outro método adotado neste trabalho é a obtenção de fontes primárias através de técnicas da "História Oral", em especial entrevistas com pesquisadores que participaram do grupo do tório no IPR e aqueles que trabalharam com o tório no IEA. Pretende-se, ao término da pesquisa, disponibilizar as transcrições, criando um acervo de fontes primárias.

RESULTADOS

Houve uma revisão das cinco fases anteriormente estabelecidas para as pesquisas realizadas no Brasil com o tório para uso em reatores de potência, e a sua re-formulação para 7 fases.

Foi possível determinar que, em 1970, o Grupo do Tório estava prestes a entrar em fase experimental. Tal afirmação pode ser referendada por meio dos trechos do relatório de 1970: "a realização experimental no campo da tecnologia de reatores prosseguiu com o desenvolvimento dos laboratórios de Térmica e Neutrônica"; "em fase final de construção os componentes do circuito térmico experimental nº1 e da montagem subcrítica, com elevado percentual de componentes nacionais" e "as montagens do circuito térmico e da subcrítica terão início" [4]. Outro avanço na pesquisa foi a constatação de

que em 1970, "foi assinado um contrato entre a CNEN e a IBM, para a compra de equipamento periférico, a ser usado com o computador IBM 360/40, adquirido pela UFMG" [5]. Com isto a hipótese anterior de que a falta de computadores de alta capacidade tivesse colaborado com o fim do Grupo foi descartada, dado que o grupo possuía em 1970 um computador apto a processar cálculos avançados da época. Por fim, a análise dos documentos mostrou que o Grupo do Tório não foi um projeto isolado, existindo participação estrangeira francesa e alemã[6] através de cooperação, e que houve pesquisas sobre o uso de tório em reatores de potência antes de 1965 e após 1973 [7] . A proposta de utilização de tório em reatores de potência do tipo ADS foi cogitada recentemente no IPEN [8].

CONCLUSÕES

Embora as causas do fim do Grupo do Tório não tenham sido esclarecidas, avançou-se através da refutação de algumas das hipóteses anteriormente consideradas.

Avançou-se também ao estabelecer-se que o Grupo do Tório teve participação estrangeira através de cooperações com a França e com a Alemanha e que pesquisas relacionadas ao uso de tório em reatores de potência ocorreram antes do Grupo do Tório, e continuaram a ocorrer no Brasil, mesmo após o fim do Grupo do Tório e do Tratado Brasil-Alemanha.

Em 1970, o Grupo do Tório caminhava rapidamente para uma fase experimental, fato que foi reforçado em depoimento fornecido por Ricardo Brant Pinheiro (2008). Pode-se afirmar que a re-estruturação do IPR em 1969 beneficiou os trabalhos do Grupo do Tório, especialmente com a criação da Divisão de Reatores e a Divisão de Ciências dos Materiais.

Por fim, a cooperação com a Alemanha e os documentos obtidos apontam para novos rumos e objetos de estudo a serem pesquisados, além de terem suprido dificuldades geradas pela falta de documentação importante que agora se encontra disponível para a análise no período a ser iniciado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Motoyama, Shozo. "Capítulo 2 - Álvaro Alberto e a energia nuclear", Pg 53-105 *In: Shozo Motoyama; João Carlos Vitor Garcia (Orgs). O Almirante e o Novo Prometeu: Álvaro Alberto e a C&T.* São Paulo, Editora Unesp/Centro Interunidade de História da Ciência e da Tecnologia, 1996. Pg 56.
- [2] Idem, Ibidem. Pg 56.
- [3] Atas da ABC (Associação Brasileira de Ciências), 1944 -1946. Pg 106. *Apud: Motoyama, Shozo. Op cit.* Pg 56.
- [4] Instituto de Pesquisas Radioativas. *Relatório das Atividades - 1970.* UFMG - CNEN, Belo Horizonte. Pg 4.
- [5] Idem, Ibidem. Pg 5.
- [6] Entrevista obtida com Kengo Ikamura em 17 de Abril de 2008.
- [7] Sabundjian, Gaianê; Ishiguro, Yuji. "Análise básica e comparação das características do GCFR e LMFBR com o ciclo do tório pela teoria de difusão em um grupo de energia." *In: Pub. IPEN 349, São Paulo, Setembro de 1991*
- [8] Maiorino, J. R.; Santos, A.; Pereira, S. A. The utilization of accelerators in subcritical systems for energy generation and nuclear waste transmutation - the world status and a proposal of a national R&D program. *Brazilian Journal of Physics, São Paulo, v. 8, n. 32, Pg 267 a 272, Junho de 2003.*

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq e CNEN

Estudo da Formação de Solução Sólida em Céria-gadolínia

Shirley Leite dos Reis e Eliana Navarro dos Santos Muccillo
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Eletrólitos sólidos têm recebido uma atenção crescente nos últimos anos devido sua aplicabilidade em sistemas de alta temperatura, como em células a combustível, ou sensores de oxigênio.

Células a combustível são dispositivos que convertem diretamente com alta eficiência a energia química presente nos combustíveis em energia elétrica [1].

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo o estudo da formação da solução sólida de céria-gadolínia. Esta é um material muito promissor para uso como eletrólito sólido em células a combustível de óxido sólido que operam a temperaturas intermediárias. Isto porque apresenta condutividade iônica a 800 °C similar à da zircônia-íttria a 1000 °C [2].

METODOLOGIA

Para obtenção da solução sólida partiu-se da mistura dos óxidos de Gd_2O_3 e CeO_2 em quantidades estequiométricas. O método utilizado para a obtenção da solução foi de mistura dos precursores seguida de reação em estado sólido. Este método compreende basicamente a pesagem dos materiais precursores, a mistura a úmido, a secagem, a compactação e a sinterização.

Foram sinterizadas amostras na temperatura de 1550 °C, variando o tempo de patamar em 0,3 h; 0,5 h; 0,7 h; 1 h; 4 h e 10 h. Também foram sinterizadas amostras com o tempo de patamar de 4 h, variando a temperatura

de sinterização em 1450 °C; 1480 °C e 1525 °C.

Foram feitas medidas de espectroscopia de impedância e também foi determinado o tamanho médio de grãos dos compactos cerâmicos sinterizados por microscopia eletrônica de varredura.

RESULTADOS

Os resultados obtidos de condutividade elétrica para o grão e para os contornos de grão, para um tempo de patamar fixo de 4 h, variando a temperatura em 1450, 1480 e 1525 °C, confirmaram os resultados obtidos e apresentados anteriormente, ou seja, há aumento das condutividades intra- e intergranular com o aumento da temperatura de sinterização, exceto para temperaturas superiores a 1525 °C.

As Figuras 1 e 2 mostram diagramas de impedância para amostras sinterizadas em temperaturas diferentes em um tempo de patamar fixo de 4 h, para uma mesma temperatura de medida.

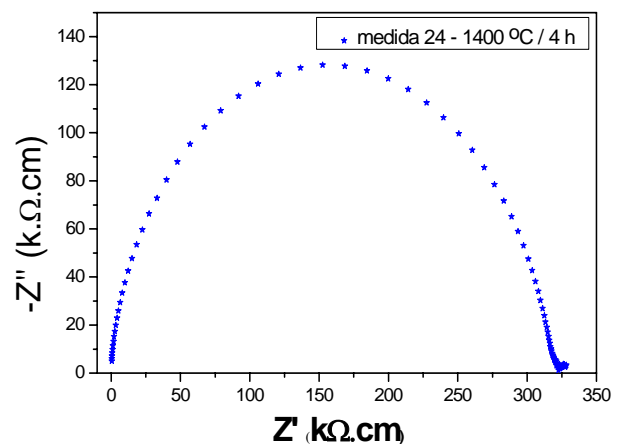


Figura 1: Diagrama de Impedância para a amostra sinterizada a 1400 °C/4 h. Temperatura de medida 294°C.

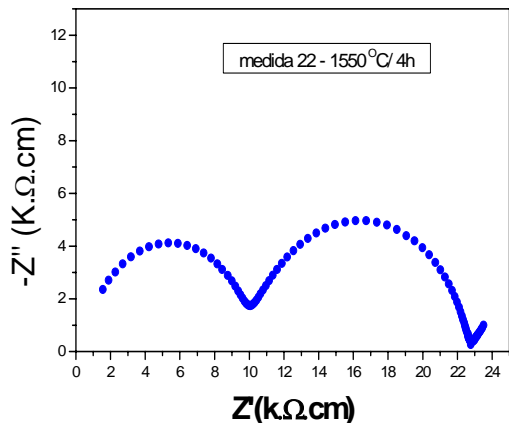


Figura 2: Diagrama de Impedância para a amostra sinterizada a 1550 °C/4 h. Temperatura de medida 294,5 °C.

Pode-se observar que a maior contribuição da amostra sinterizada a 1400 °C é dos contornos de grão, que se torna próxima àquela dos grãos na amostra sinterizada a 1550 °C.

A análise global dos resultados obtidos permitiu construir o gráfico de Arrhenius da condutividade intragranular (dos grãos) em função da temperatura de sinterização, mostrado na figura 3.

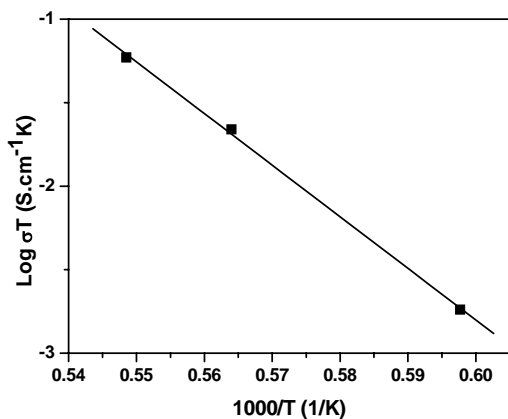


Figura 3. Dependência da condutividade dos grãos com a temperatura de sinterização.

Nesta figura, o ajuste forneceu o valor da energia de ativação de difusão da espécie responsável pela sinterização.

A figura 4 mostra uma micrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura de uma amostra polida e atacada termicamente.

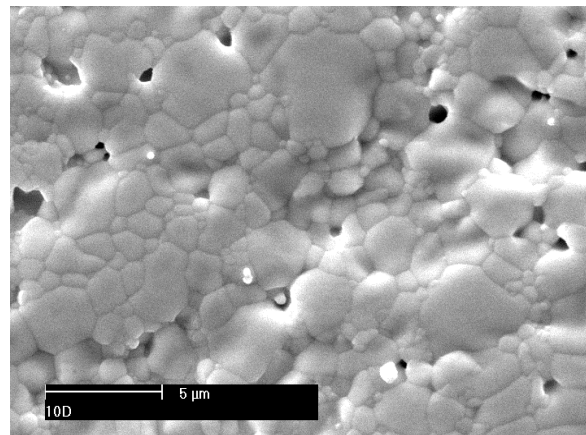


Figura 4: Micrografia obtida em microscópio eletrônico de varredura para uma amostra sinterizada a 1550 °C/10 h. (aumento de 5000x).

A formação de solução sólida na céria-gadolínia requer altas temperaturas e/ou tempo longos de patamar de sinterização.

As medidas de condutividade elétrica por espectroscopia de impedância mostraram que este efeito se deve à relativamente alta energia de ativação para a formação de solução sólida (6,13eV).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. Inaba, R. Sagawa, H. Hayashi, K. Kawamura, Solid State Ionics 122 (1999) 95-103.
- [2] J. F. Q. Rey, Parâmetros de rede e resistividade elétrica em soluções sólidas de céria- ítria, Dissertação de Mestrado, IPEN/USP (2002).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNEN/Probic

Utilização da Lógica Fuzzy para o Desenvolvimento de um Sistema de Controle de Temperatura

Sueli Yamagishi e André Luís Lapolli
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

O Laboratório de Interações Hiperfinas (LIH) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) vem, nos últimos anos, automatizando o seu sistema de aquisição e análise de dados. Em um dos processos de aquisição há necessidade de submeter-se uma amostra radioativa, no interior de um forno de pequeno volume, a temperaturas variando entre a ambiente e 1200°C aproximadamente. A proposta deste trabalho é construir um software, baseado na lógica fuzzy, que se constitui de técnicas de aproximação do raciocínio humano, para controlar a temperatura deste forno.

OBJETIVO

O projeto de desenvolvimento deste software tem como objetivo apresentar os procedimentos para a criação de um sistema de controle de temperatura com base na lógica fuzzy, que consiste na definição das variáveis lingüísticas de entrada (*temp* e $\Delta temp$), de saída (*pot*) e de suas respectivas funções de pertinência.

METODOLOGIA

A construção deste projeto consistiu na aplicação dos conceitos da lógica fuzzy, baseados no conhecimento do esquema geral de controle fuzzy [2], apresentado na figura 1.

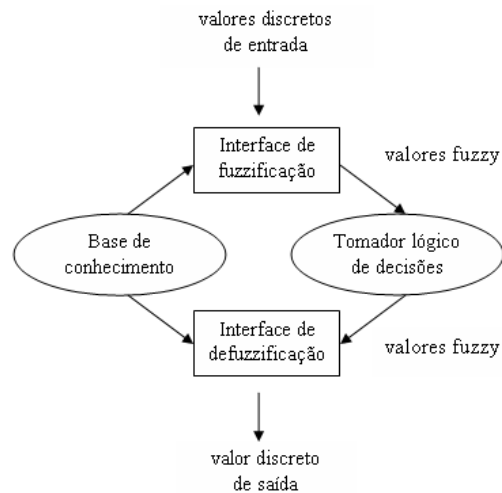


Figura 1. Esquema geral de um sistema de controle fuzzy.

Para a criação da base de conhecimento, foi necessária a análise do comportamento do forno e sistema eletrônico associado. Para isso, foi utilizado um software construído em Visual Basic (VB). Desta forma, foram realizados experimentos de levantamento das curvas de temperatura em função do tempo, tanto para o seu acréscimo como decréscimo. Para o acréscimo da temperatura, foi fornecida potência de 1 a 100% da máxima (65 KW), e para o decréscimo definiu-se 0% da potência. Foram determinadas as variáveis lingüísticas de entrada: *temp* e $\Delta temp$, que indicam a temperatura do forno e a variação de temperatura em função do tempo, respectivamente e a variável de saída: *pot*, que indica a potência a ser fornecida ao sistema de controle, conforme o comportamento de *temp* e $\Delta temp$.

O Tomador lógico de decisões, para simular as tomadas de decisões humanas, é baseado na estratégia de Mamdani [2]. Já na interface de defuzzificação é utilizado o método do Centro de Máximo [1,2].

RESULTADOS

Os resultados das curvas de temperatura em função do tempo estão apresentados na figura 2.

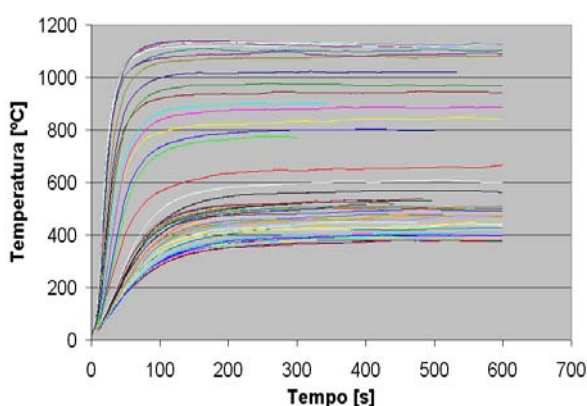


Figura 2. Gráfico da temperatura em função do tempo para diferentes potências aplicadas.

No total, foram obtidas e analisadas 136 curvas de temperatura, resultando nas seguintes observações: as curvas de temperatura são divididas em duas partes: uma inclinada que se refere à variação da temperatura em função do tempo ($\Delta temp$) e um patamar correspondente à temperatura máxima, de acordo com a potência fornecida, coerente ao esperado neste tipo de sistema. O mesmo se observou para o caso do resfriamento.

Com base nestes resultados definiu-se para a variável de entrada *temp*, sete conjuntos fuzzy e devido ao grande intervalo de variação de temperatura do forno (até aproximadamente 1200°C), adotou-se para a melhor aplicação do

método da lógica fuzzy, um conjunto de 20 faixas com intervalos de 60°C cada. Para as taxas de variação de temperatura em relação ao tempo, variável de entrada *Δtemp*, definiu-se oito conjuntos fuzzy, no intervalo de -30°C/s a 30°C/s.

Os valores da variável de saída *pot* são calculados através do método de defuzzificação Centro de Máximo baseado na fuzzificação das variáveis de entrada.

Devido ao intervalo de temperatura do forno ser maior do que o intervalo definido para variável *temp*, foi determinada uma estratégia no software em que estas variáveis adquirirão valores dentro de intervalos de 60°C, conforme necessidade do usuário.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi feita uma breve exposição sobre a lógica fuzzy, bem como a realização dos experimentos e análises para a obtenção das variáveis lingüísticas de entrada e saída baseados na estratégia Mamdani e método do Centro de Máximo. Ajustou-se a análise de possibilidades através de simulação no aplicativo Matlab e iniciou-se o desenvolvimento do software, de controle de temperatura, que incorporará o sistema de aquisição de dados do Laboratório de Interações Hiperfinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SIMÕES, M.G.; SHAW I. S. Controle e modelagem fuzzy. 2. ed. São Paulo: Blucher: FAPESP, 2007.
- [2] WEBER, L. Aplicação da Lógica Fuzzy em Software e Hardware. Canoas: ULBRA, 2003.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq/PIBIC

Serinoproteases do Veneno de *Crotalus durissus terrificus*: Atividade na Proliferação de Células Endoteliais

Vanessa Danielle Magalhães e Maria Aparecida P Camillo
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

Nos venenos de serpentes as serino proteases são componentes preservados ao longo da evolução e são encontradas em espécies de todos os continentes. São denominadas SVSP - *snake venom serine proteases*; participam na captura e digestão da presa e, em geral não são os componentes de maior toxicidade do veneno. Algumas SVSPs reproduzem muitas das atividades da trombina como por exemplo, sua ação na hemostasia. Esta atividade é responsável por um dos sintomas mais críticos nos pacientes picados por serpentes [Camillo et al.,2001].

A trombina estimula a angiogênese *in vivo* e a formação e diferenciação das células endoteliais em estruturas capilares em ensaio *in vitro* (Haralabopoulos et al.,1997). O mecanismo pelo qual a trombina induz a angiogênese ainda é pouco conhecido.

A angiogênese é um fator importante no sucesso do tratamento de pacientes que necessitem da reposição de tecidos como, por exemplo, em casos de queimados, radioacidentados etc. As opções de tratamento variam entre aloenxertos, autoenxertos e outros substituintes dérmicos.

A associação de um fator que acelere a vascularização do substituto dérmico é um significativo ganho na qualidade do tratamento, pois a vascularização é a responsável pela nutrição e oxigenação das células que irão refazer a pele (derme e epiderme) do paciente, promovendo a cicatrização da ferida.

OBJETIVO

Identificar componentes do veneno da cascavel brasileira *Crotalus durissus terrificus* capazes de induzir a proliferação de células endoteliais.

METODOLOGIA

Fracionamento do veneno. O veneno de *Crotalus durissus terrificus* foi gentilmente doado pelo Instituto Butantan. O veneno foi fracionado em Superdex-75, que separa as amostras por tamanho molecular. O eluente foi tampão formiato de amônio 100mM pH3,0; fluxo de 05,mL/min e detecção da eluição pela absorvância em 280 nm. Análises das proteínas. A concentração protéica das frações foi medida com o método de microBradford. Em seguida, alíquotas de 100 µg foram secas em centrifuga liofilizadora. A composição de cada fração foi analisada em eletroforese em gel de poliacrilamida 15%, em sistema descontínuo de tampões. A atividade enzimática (serinoprotease) foi pesquisada nas frações com o ensaio colorimétrico utilizando TAME como substrato [Camillo et al.,2001].

Cultura de células endoteliais. As células endoteliais (ECV-304) foram cultivadas em meio RPMI com 10% soro fetal bovino (SFB), antifúngico, antibiótico e glutamina, a 37°C com 5% CO₂. Para o ensaio de proliferação celular a cultura foi sincronizada em G₀ da mitose, com a retirada do SFB do meio por 24 horas.

Proliferação celular. Foram semeadas 3000 cels/poço (em placa de 96); após terem aderido e estarem sincronizadas,

receberam o meio de cultura não modificado (com SFB) e contendo 10µg de cada fração, em quadruplicata. O ensaio foi incubado por 72 horas e revelado com o método colorimétrico que utiliza o MTS como indicador de viabilidade celular.

RESULTADOS

O cromatograma de eluição do veneno crotálico foi dividido em 21 frações. A análise em eletroforese evidenciou a presença de diversos componentes protéicos em cada fração.

A comparação das curvas de crescimento das células endoteliais ECV-304 (Figura 1) comprova que na ausência de SFB as células param a mitose, permanecendo na fase G₀.

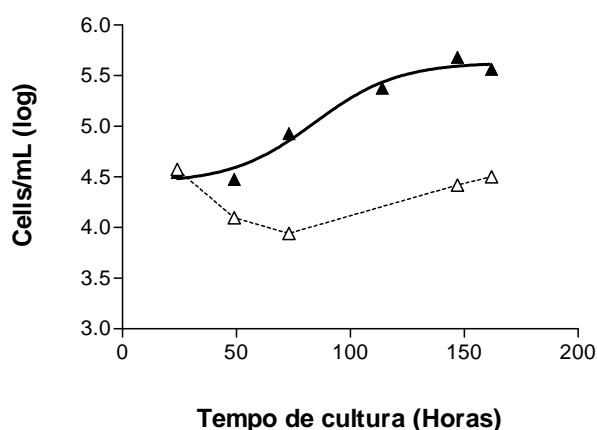


Figura 1: Curvas de crescimento das células EVC-304 em meio com (-▲-) e sem (-Δ-) SFB (soro fetal bovino).

O ensaio de proliferação celular permitiu identificar duas frações com atividade importante; #5 e #11 ultrapassaram os 100% de viabilidade (Figura 2).

Destas frações apenas a #5 possui atividade compatível com uma serino

protease, podendo tratar-se de uma SVSP.

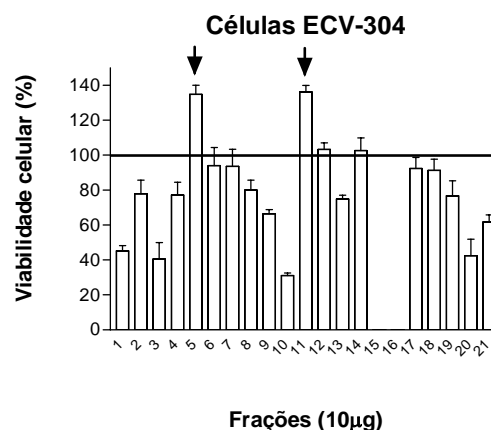


Figura 2: Comparação da proliferação de células endoteliais em cultura sobre ação de diversas frações do veneno crotálico. As frações que tiveram uma significativa atividade na indução da proliferação celular estão indicadas com as setas.

CONCLUSÕES

Nesta etapa do trabalho foi possível identificar no veneno crotálico componentes capazes de induzir a proliferação de células endoteliais em cultura e iniciar a caracterização destas proteínas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CAMILLO, M.A.P; ARRUDA PAES, P.C.; TRONCONE, L.R.P.; ROGERO, J.R. *Toxicon* v.39, p.843-853, 2001
- [2] HARALABOPOULOS GC, GRANT DS, KLEINMAN HK, MARAGOUDAKIS ME. *Am J Physiol.* 273(1 Pt 1):C239-45, 1997

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsa CNPq-PIBIC

Aplicação do Método Microbiológico DEFT/APC na Detecção do Tratamento com Radiação Ionizante de Hortaliças Minimamente Processadas

Vera Yolanda Gamino Tadeu Panelli e Anna Lucia Casañas Haasis Villavicencio
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A necessidade de alimentos saudáveis e prontos para o consumo, como os vegetais minimamente processados, vêm aumentando ao longo dos anos devido, principalmente, a praticidade que os mesmos oferecem. No entanto, o aspecto fresco e saudável desses produtos pode ser apenas aparente e a presença de organismos patogênicos implica em grave problema de saúde pública [1]. Desta forma evidencia-se a necessidade de adotar um procedimento que possa reduzir a carga microbiana sem alterar as características de minimamente processados desses vegetais, como a radiação ionizante, que consiste em um meio físico de pasteurização capaz de manter-lhes o frescor [3]. No entanto, os alimentos podem conter alguns componentes-chaves sensíveis à irradiação que, embora presentes em concentrações muito baixas, regulam o sabor, aspecto e valor nutritivo desses alimentos [6].

Um método microbiológico baseado no uso da técnica de epifluorescência direta em filtro (DEFT) e a contagem de aeróbios em placa (APC) vêm sendo usado para detecção de especiarias irradiadas [5]. A contagem DEFT enumera o número total de microrganismos contaminantes e a contagem APC indica o número de microrganismos viáveis capazes de formar colônias. A diferença entre as contagens indica se o alimento sofreu algum processamento, como por exemplo, irradiação [4].

OBJETIVO

Verificar a qualidade microbiológica de amostras de hortaliças minimamente processadas e avaliar a aplicabilidade do método microbiológico DEFT/APC para a detecção do tratamento com radiação gama nessas hortaliças.

METODOLOGIA

Amostras de alface, espinafre e repolho foram irradiadas no irradiador de ^{60}Co do IPEN. As doses aplicadas foram de 0,5kGy e 1,0kGy, assim como uma amostra controle. Foi realizada a contagem de microrganismos mesófilos aeróbios, psicotróficos, determinação do número mais provável de coliformes totais e fecais e pesquisa de *Salmonella* spp.

O método DEFT/APC foi realizado conforme EN 13783 [2], substituindo o uso de funis pelo suporte de filtro Swinnex (Millipore), onde o filtro do dispositivo foi corado com solução de alaranjado de acridina e, posteriormente, colocado sobre uma lâmina de microscopia para a visualização no microscópio de epifluorescência. O resultado foi expresso como a diferença entre o log da contagem DEFT e o log da contagem APC. A análise estatística foi realizada usando GraphPad Prism, versão 4.00.

RESULTADOS

A avaliação microbiológica das hortaliças analisadas revelou elevadas populações para os diversos grupos de microrganismos pesquisados. Nas amostras controle, os microrganismos aeróbios mesófilos apresentaram populações de $3,1 \times 10^6$ para alface e $4,2 \times 10^7$ UFC/g para espinafre; os microrganismos psicotróficos apresentaram populações de $3,3 \times 10^6$ para alface e $1,1 \times 10^7$ UFC/g para espinafre; a contagem de coliformes totais foi de $2,4 \times 10^5$ para alface e $\geq 2,4 \times 10^3$ NMP/g para espinafre.

As amostras irradiadas com 0,5kGy mostraram uma diminuição da população dos microrganismos pesquisados. As populações dos aeróbios mesófilos foram de $5,7 \times 10^3$ para alface e $3,9 \times 10^4$ UFC/g para espinafre; os psicotróficos tiveram contagem de $1,0 \times 10^4$ para alface e $4,4 \times 10^4$

UFC/g para espinafre; não foram detectados coliformes totais na amostra de alface (<3 NMP/g) e uma quantidade de $2,3 \times 10$ NMP/g no espinafre.

Decréscimos ainda maiores foram obtidos nas amostras irradiadas com 1,0kGy, onde a população de aeróbios mesófilos foi de $4,1 \times 10^2$ para alface e $1,2 \times 10^4$ UFC/g para espinafre e a contagem de psicotróficos foi de $5,9 \times 10^3$ para alface e $6,1 \times 10^3$ UFC/g para espinafre. O aumento da dose de radiação promoveu um grande decréscimo da população de coliformes totais, não sendo mais detectados em nenhuma amostra. Não foram detectados coliformes fecais e *Salmonella* spp. em nenhuma das hortaliças analisadas.

Antes da irradiação, as contagens obtidas usando o método DEFT e o APC se correlacionaram bem. Com o incremento das doses de radiação os valores de log DEFT se mantiveram na mesma faixa enquanto os valores do log APC reduziram. O cálculo log DEFT – log APC foi de 3,08; 2,51 e 3,62, respectivamente para alface, espinafre e repolho irradiadas com 1,0kGy.

CONCLUSÕES

As hortaliças analisadas mostraram que o processamento mínimo isolado não garante uma boa qualidade higiênica do produto, porém, a associação com baixas doses de radiação contribuiu para aumentar a segurança microbiológica.

O método DEFT/APC pode ser usado na detecção do tratamento por radiação de hortaliças minimamente processadas, sendo uma técnica simples e eficaz de varredura do tratamento por radiação. Para as hortaliças estudadas, um valor log

(DEFT/APC) > 2 poderia ser indicativo do tratamento por radiação com doses superiores a 1,0kGy. No entanto, resultados positivos devem ser validados por métodos confirmatórios padronizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALZAMORA, S. M.; LÓPEZ-MALO, A.; TAPI, M. S. Overview. In: ALZAMORA, S. M.; TAPI, M. S.; LÓPEZ-MALO, A. *Minimally processed fruits and vegetables: fundamental aspects and applications*. Gaithersburg: Aspen, 2000.
- [2] EN 13783. *Foodstuffs – Detection of irradiated food using DEFT/APC – Screening method*. Brussels: European Committee for Standardization, 2001.
- [3] FARKAS, J.; SARAY, T.; MOHACSI-FARKAS, C.; HORTI, K.; ANDRASSY, E. Effects of low-dose gamma radiation on shelf-life and microbiological safety of pre-cut/prepared vegetables. *Adv. Food Sci.*, n. 3/4, 1997.
- [4] JONES, K.; MACPHEE, S.; STUCHEY, T.; BETTS, R. The direct epifluorescent filter technique (DEFT): a screening method for the detection of irradiated foods. *Food Sci. Technol.*, n. 2, 1994.
- [5] WIRTANEN, G.; SJÖBERG, A.M.; BOISEN, F.; ALNKO, T. Microbiological screening method for indication or irradiation of spices and herbs: A BCR collaborative study. *J. AOAC Intern.*, n. 3, 1993.
- [6] WHO. Safety and nutritional adequacy of irradiated food. Genebra, 1994.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq – PIBIC – IPEN - CNEN

Emprego da Radiação Ionizante por Feixe de Elétrons na Resistência de Materiais de Embalagem à Perfuração pelo Besouro *Lasioderma Serricorne*

Vítor Miranda de Oliveira, Esperidiana Augusta Barretos de Moura
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

As pragas em produtos da agricultura e da agroindústria consistem em um problema permanente, depreciando os produtos e causando prejuízos econômicos. Dentre os insetos que atacam e danificam os produtos armazenados e industrializados de origem vegetal existe o *Lasioderma serricorne*, uma conhecida praga do tabaco. Trata-se de um pequeno besouro que quando adulto mede entre 2 e 3,7 mm e possui ciclo de vida entre 60 e 90 dias^{[1][2]}. As fêmeas perfuram embalagens plásticas e de papel para ali ovipositar, sendo as larvas as grandes responsáveis pelos danos já que os adultos praticamente não se alimentam^[1]. O inseto é incapaz de atacar plantas vivas, infestando produtos como: barras de cereais, farinhas, grãos, entre outros^{[1][2]}. Neste contexto a embalagem desempenha, entre outras funções, o papel de impedir que o inseto atinja o alimento durante seu período de estocagem. A radiação ionizante pode causar mudanças estruturais nos materiais poliméricos de embalagens, assim como nos aditivos incorporados a eles, alterando as propriedades mecânicas, químicas, térmicas e de barreira originais^[3]. Atualmente a indústria de embalagens tem usado este processo em embalagens poliméricas, de modo a estender o campo de aplicação e agregar valor^[4].

OBJETIVO

Avaliar os efeitos da radiação ionizante por feixes de elétrons na resistência de materiais de embalagem plástica

flexível, usadas para o acondicionamento de granola, à perfuração pelo besouro *Lasioderma serricorne*.

METODOLOGIA

As estruturas PET/PP, PET/LDPE, LDPE/PA6/LDPE e BOPP/PP foram irradiadas com doses de até 120 kGy, em acelerador de elétrons de 1,5 MeV, temperatura ambiente e presença de ar. Foram analisadas as mudanças nas propriedades mecânicas de resistência à tração, alongação na ruptura, resistência à perfuração e da selagem em todas as estruturas, não irradiadas e irradiadas, oito dias, dois meses e seis meses após a irradiação, com ensaios baseados nas respectivas normas ASMT. Também foram avaliadas as mudanças na cristalinidade em PET/LDPE e LDPE/PA6/LDPE, não irradiados e seis meses após a irradiação, através de análises térmicas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). Para os ensaios com insetos as estruturas PET/LDPE e BOPP/PP, não irradiadas e irradiadas nas doses de 10, 20 e 60 kGy, foram igualmente seladas contendo 40 gramas de granola e acondicionadas, em número de três por dose, em caixas plásticas teladas com dimensões de 400 x 270 x 362 mm e submetidas a pressão de infestação de 20 adultos de *L. serricorne* em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$ durante 30 dias. As diferenças obtidas entre os materiais irradiados e não irradiados em todos os ensaios foram avaliadas estatisticamente pelo método ANOVA com nível de significância de 0,05.

RESULTADOS

Nos resultados de resistência à tração na ruptura foram observados aumentos de até 19% para o PET/PP, até 8% para o PET/LDPE e de até 31% para o LDPE/PA6/LDPE ($p < 0,05$). O BOPP/PP apresentou apenas perdas, crescentes com a dose, entre 8 e 52% ($p < 0,05$). As demais estruturas também apresentaram perdas, em sua maioria, para doses acima de 25 kGy. Quanto à alongação na ruptura são observados ganhos de até 41% com o PET/PP, de 43% com o PET/LDPE e de 18% com o LDPE/PA6/LDPE ($p < 0,05$). Já o BOPP/PP apresentou, acima de 10 kGy, perdas crescentes com a dose. As demais estruturas apresentaram, em geral, pouca ou nenhuma perda na propriedade em questão. A resistência da selagem apresentou, em geral nas doses acima de 10 kGy, perdas crescentes com a dose, com exceção do PET/LDPE que apresentou ganhos em doses abaixo de 20 kGy seis meses após a irradiação. Quanto à resistência à perfuração foram observados aumentos de até 13% para o PET/PP, até 8% para o PET/LDPE e até 27% para o LDPE/PA6/LDPE ($p < 0,05$). O BOPP/PP apresentou apenas perdas crescentes com a dose entre 18 e 82% ($p < 0,05$).

As análises térmicas mostraram ganhos de cristalinidade para a camada de LDPE de ambas as estruturas, em praticamente todas as doses estudadas, de até 55% ($p < 0,05$). A camada de PA6 apresentou apenas ganhos de cristalinidade de até 40% enquanto que a camada de PET apresentou apenas perdas na cristalinidade de até 53% ($p < 0,05$).

Os ensaios de perfuração por insetos encontram-se em andamento.

CONCLUSÕES

A estrutura BOPP/PP apresentou a pior resposta à radiação por feixe de

elétrons no intervalo de dose de radiação estudado, sugerindo alta taxa de degradação das cadeias poliméricas do polipropileno. As demais estruturas estudadas apresentaram melhores respostas em doses de até 25 kGy, das quais o LDPE/PA6/LDPE apresentou o melhor conjunto de respostas.

A concorrência dos efeitos de degradação e reticulação, em razão da irradiação, em cada material, resultaram em mudanças na temperatura e entalpia de fusão e, conseqüentemente, na cristalinidade, dependendo da dose e dos materiais presentes na estrutura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R. P. L.; Batista, G. C.; Berti Filho, E.; Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B.; Vendrami, J. D., Manual de entomologia agrícola., Agronômica Ceres, 1988.
- [2] Ashworth, J. R., The Biology of Lasioderma Serricorne, J. stored Prod. Res., Vol. 29, N°4, pp.291-303, 1993.
- [3] Goulas, A. E.; Righanakos, K. A.; Kontominas, M. G., Effect of Ionizing Radiation on Physicochemical and Mechanical Properties of Commercial Multilayer Coextruded Flexible Plastics Packaging Materials., Rad. Phys. Chem., v.68, p.865-872, 2003.
- [4] Ortiz, A. V., Avaliação de Propriedades Mecânicas e de Barreira a Gases em Embalagem Plástica Multicamada Composta de Polietileno de Baixa Densidade e Poliamida Tratada com Radiação Ionizante, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Programa de Bolsas de Iniciação Científica da CNEN – PROBIC

Efeito do Laser de Nd:YAG na Resistência a Desmineralização do Esmalte quando Associado a Aplicação de Fluoreto

Viviane Pereira Goulart e Denise Maria Zezell
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

INTRODUÇÃO

A utilização dos *lasers* em Odontologia tem se destacado e ampliado constantemente, sendo que seu uso já se expandiu praticamente para todas as especialidades odontológicas. Considerando-se especificamente os tecidos duros dentais (esmalte e dentina), as aplicações são verificadas em processos de remoção de tecido cariado, diminuição da hipersensibilidade dentinária, limpeza de sulcos, prevenção da cárie [1], clareamento dental, dentre outros. Nestes procedimentos a ação dos *lasers* ocorre por diferentes processos térmicos como ablação, aquecimento ou fusão seguida de ressolidificação. A utilização da irradiação *laser* para a prevenção da cárie baseia-se na atuação junto ao esmalte dental, na tentativa de torná-lo mais resistente ao desafio cariogênico. Para que isto ocorra é necessário que toda a irradiação *laser* seja totalmente absorvida e transformada em calor pra que não haja dano para tecidos subjacentes e vizinhos. Neste contexto, o agente mais utilizado e reconhecido para prevenção da cárie é o flúor, cuja ação tópica resulta na formação de uma camada superficial sobre o esmalte sob a forma de fluoreto de cálcio (CaF_2) e, em menores quantidades, na formação de fluorapatita (FA) ou apatita fluoretada (AF)[2]. Alguns estudos anteriores têm demonstrado que a utilização do *laser* associado à aplicação tópica de flúor pode reduzir potencialmente a progressão da lesão de cárie, sendo que a irradiação *laser* é capaz de aumentar a difusibilidade do flúor, fazendo com que ocorra maior absorção deste íon.

Este trabalho teve dois objetivos: avaliar, *in vitro*, as elevações de temperatura de superfície de esmalte durante as irradiações com *laser* de Nd:YAG e avaliar os efeitos, *in vitro*, da irradiação do esmalte com o *laser* de Nd:YAG ($\lambda = 1,064 \mu\text{m}$), quando associado ou não à aplicação tópica de flúor, na redução da desmineralização.

METODOLOGIA

Na primeira fase experimental, 10 dentes terceiros molares humanos foram seccionados; estes tiveram suas superfícies oclusais irradiadas com *laser* de Nd:YAG e foram empregados para se avaliar a temperatura superficial atingida durante as irradiações, por meio de câmera termográfica.

Para a segunda fase experimental, foram obtidos 50 blocos de esmalte das faces lisas de 25 dentes terceiros molares humanos, os quais foram aleatoriamente separados em 5 grupos: G1 – sem tratamento; G2 – tratado com flúor fosfato acidulado (FFA, 1,23% F⁻) durante 4 minutos; G3 – irradiado com *laser* de Nd:YAG (60 mJ / pulso, taxa de repetição de 5 Hz e densidade de energia de 84,9 J/cm²); G4 – irradiado com *laser* de Nd:YAG seguido da aplicação tópica de FFA; G5 – tratado com FFA e, em seguida, irradiados com *laser* de Nd:YAG. Os blocos foram submetidos ao desafio cariogênico *in vitro*, por meio de ciclagem de pH com duração de 10 dias e, em seguida, foram seccionados para avaliação da microdureza seccional. Os dados foram convertidos em conteúdo mineral (CN) utilizando-se a relação: $\text{CN} = 4,3 \sqrt{KHN} + 11,3$.

RESULTADOS

Análise de Temperatura Superficial

A Figura 1 ilustra as imagens em infravermelho obtidas antes (A) e imediatamente após (B) a superfície oclusal do esmalte ser irradiada com laser de Nd:YAG.

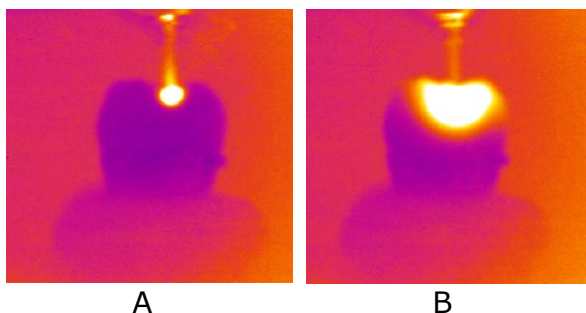


Figura 1: Imagens representativas no infravermelho obtidas durante a irradiação de dente humano com *laser* :
A – no início das irradiações;
B – no término das irradiações.

O aumento médio de temperatura apontado pela câmera termográfica foi de 313.90 °C.

Análise da Perda Mineral

A Figura 2 ilustra a perda mineral média dos diferentes grupos de tratamento do presente estudo.

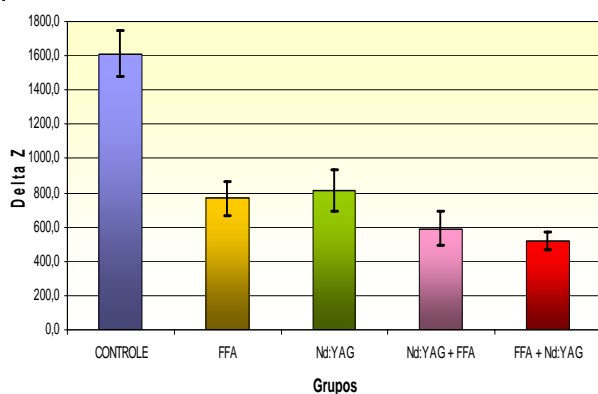


Figura 2 – Perda mineral das amostras após o desafio cariogênico. As barras representam o erro padrão.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que todos os tratamentos propostos foram capazes de reduzir consideravelmente, em nível de 1%, a perda mineral das amostras quando comparado ao grupo controle

sem tratamento (Anova/Tukey, $p < 0,01$).

CONCLUSÕES

- o laser de Nd:YAG promove aumento de temperatura na superfície indicativo de promover alterações cristalográficas no esmalte;
- tanto a irradiação laser quanto a aplicação tópica de flúor fosfato acidulado demonstraram reduzir a desmineralização; entretanto, a associação destes tratamentos não apresentou maior efeito em reduzir a desmineralização do esmalte do que seus efeitos isolados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boari, H.G.D., Eduardo, C.P., Zzell, D.M. Nd:YAG *laser* in Caries Prevention: a Clinical Study. *J Oral Laser Applic*, v. 1, n.1, p.16, 2001.
- Cury, J.A. Uso do flúor e controle da cárie como doença. *Odontologia Restauradora - Fundamentos e Possibilidades*. 1 ed. São Paulo: Santos & Quintessence, 2001, p.33-68.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq ; Fapesp



Instituto de Radioproteção e Dosimetria

IRD



Procedimentos para Caracterização de Equipamentos de Radiologia Intervencionista

Ana Luiza Silva Lima, Lucía Viviana Canevaro
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

A radiologia intervencionista é uma prática que envolve altas doses aos pacientes e profissionais. Assim, uma atenção especial deve ser dada a programas de garantia de qualidade, fundamentalmente à caracterização dos equipamentos intervencionistas [1-4]. Em intervencionismo, para atingir uma ótima relação dose-qualidade de imagem, é essencial o conhecimento do nível de exposição dos pacientes e do desempenho do equipamento de raios X em questão, já que para cada laboratório intervencionista há uma configuração particular do equipamento de raios X, de acordo com as necessidades do serviço. [4]

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estabelecer uma metodologia para caracterização do equipamento intervencionista e implementar um programa continuado de controle e monitoração de processos.

METODOLOGIA

As medições foram realizadas em um equipamento Siemens Coroskop Plus TOP de um Serviço de Radiologia Intervencionista em um hospital de referência no Rio de Janeiro. Foram feitos os seguintes testes:

Rendimento: Para medir este parâmetro foi medida a taxa de kerma no ar com uma câmara de ionização a 1 m da fonte de raios X. Lâminas de cobre de 1, 2 e 3 mm de espessura foram adicionadas gradativamente na entrada do intensificador de imagem para obter

o valor do rendimento a diferentes tensões.

Camada semi-redutora: Para a realização deste teste, uma câmara de ionização foi colocada entre o intensificador de imagem e o tubo de raios X. Sete placas de alumínio de 1 mm de espessura foram fixadas na entrada do intensificador de imagem, sendo transferidas gradativamente para a frente do colimador, de modo a obter um perfil de atenuação do feixe de raios X.

-Taxa de kerma no ar de entrada na superfície: placas de acrílico (PMMA) foram colocadas sobre a mesa e, entre estas, um objeto de Leeds, com o objetivo de avaliar a qualidade da imagem (resolução de alto e baixo contrastes). A câmara de ionização foi colocada embaixo das placas. Em seguida, outras placas eram adicionadas acima e abaixo das pré-existentes, mantendo o objeto de Leeds no isocentro do arco.

-Taxa de kerma no ar na entrada do intensificador de imagem: Uma câmara de ionização foi colocada na entrada do intensificador de imagem e, medida a taxa de kerma no ar para diferentes modos de operação.

Todas as medições foram realizadas para os modos de operação "Fluoro" com magnificação 17 cm e 23 cm, "Fluoro +" e "Aquisição digital", ambos com magnificação 17 cm.

O valor do rendimento mostrou-se reprodutível e de acordo com o valor sugerido no manual do equipamento.

Para as medições de camada semi-redutora os seguintes resultados foram obtidos: 3,19 mm Al para o modo fluoro com magnificação 17 cm; 3,15 mm Al para o modo fluoro 23 cm; 3,25 mm Al para o modo fluoro+ com magnificação 17 cm e 3,63 mm Al para o modo aquisição digital com magnificação de 17 cm. Foi observado que a espessura (lâminas de PMMA) e o modo de operação são fatores determinantes na dose ministrada ao paciente. Com o teste de qualidade da imagem, observa-se que espessuras menores de PMMA possibilitam uma melhor qualidade da imagem e, a partir de uma determinada espessura, a qualidade da imagem não pode mais ser melhorada. Na medida em que a magnificação aumenta (menor diâmetro de intensificador), a qualidade da imagem melhora. Os valores de resolução de alto contraste mantiveram-se ao redor de 1,4 lp/mm e os valores de resolução de baixo contraste mantiveram-se ao redor de 4,5 %. Através dos dados obtidos, comprova-se que a taxa de kerma no ar na entrada do intensificador de imagem aumenta com a redução da magnificação utilizada.

CONCLUSÕES

O rendimento do tubo de raios X tem um comportamento linear e reprodutível. Os valores de camada semi-redutora encontrados estão dentro dos valores estabelecidos pela Anvisa[5]. Verificou-se que a taxa de kerma no ar na entrada da superfície aumenta com a magnificação utilizada e que quanto maior a espessura do paciente, maior é a taxa na entrada da superfície deste. No teste de qualidade de imagem observou-se que a resolução foi, na maior parte das vezes, melhor no monitor posicionado dentro da sala de exames. A constância do equipamento, assim como eventuais variações no funcionamento regular, somente são

possíveis de detectar mediante a implementação e manutenção de um programa continuado de controle de qualidade, aplicado por um profissional físico médico competente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AAPM Report N° 74 – “QUALITY CONTROL IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY” - Report of Task Group #12 Diagnostic X-ray Imaging Committee Members: S. Jeff Shepard, Chairman Pei-Jan Paul Lin, Co-Chairman. New York, July 2002.

[2] AAPM REPORT No. 4 – “BASIC QUALITY CONTROL IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY” M. Siedband. Chairman. New York, November 1977.

[3] Royal Decree 1976/1999, from the Health and Consumer Affairs Department. Establishing Quality Criteria in Radiodiagnostics. In: ‘Boletín Oficial del Estado’. January, pp. 45891–45900 (1999) (in Spanish).

[4] Projeto Sentinel: http://www.diamond3.org/WEB_DIMOND3/home.htm acessado em 18/06/2007

[5] Brasil. Ministério da Saúde. Radiodiagnóstico Médico: Desempenho de Equipamentos e Segurança. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

Avaliação do Equivalente de Dose Ambiente Devido a Nêutrons em um Acelerador Clínico: Calibrações e Medições.

Ana Paula Salgado e Walsan Wagner Pereira
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

Os sistemas de detecção de nêutrons são cada vez mais importantes em instalações que possuem aceleradores de partículas, contribuindo para a segurança radiológica dessas instalações e de seus trabalhadores. Em aplicações médicas como, por exemplo, na radioterapia, os aceleradores com energia acima de 10 MeV produzem fotonêutrons como contaminantes do feixe terapêutico, devido à interação dos fótons de alta energia com materiais de alto número atômico que compõem o cabeçote do acelerador.[1] Entre os equipamentos utilizados na detecção de nêutrons, os que despertam maior interesse são os que também podem estimar o valor do equivalente de dose ambiente. Para obter uma boa resposta com o uso desses equipamentos é necessário tê-los devidamente calibrados. O processo de calibração é feito a partir de fontes de nêutrons isotópicas cujos espectros estão referenciados na norma ISO-8529-1. [2]

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo calibrar monitores de área para nêutrons com espectros de nêutrons provenientes das fontes isotópicas $^{241}\text{AmBe}(\alpha, n)$, $^{252}\text{Cf}(f, n)$, $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O}$ e $^{238}\text{PuBe}(\alpha, n)$, padronizadas no Laboratório de Nêutrons do Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Os monitores calibrados serão utilizados para realizar medidas em determinados pontos dentro e fora da sala de tratamento radioterápico

contendo um acelerador clínico de 15MeV.

METODOLOGIA

As medições foram realizadas no acelerador linear Varian 2300C/D do Instituto Nacional do Câncer (INCa) nas seguintes posições: 1 metro do isocentro (ponto 1) e na entrada do labirinto (ponto 2). Em todas as medições o acelerador estava operando com energia de 15 MeV em um campo $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Variou-se a taxa de dose do acelerador nos valores de 100cGy/min, 200cGy/min e 400cGy/min nas posições mencionadas.



Figura 1. Pontos de medições na sala de tratamento radioterápico.

Foram utilizados os seguintes monitores de área para nêutrons: Thermo Eberline modelo E600, detector cilíndrico de nêutrons FHT 752 acoplado à unidade eletrônica FH 40 GL e Eberline ASP-1. Todos os monitores foram calibrados no salão de baixo espalhamento (fig.02) do Laboratório de Nêutrons do Instituto de Radioproteção e Dosimetria utilizando-se as fontes de nêutrons padronizadas no Laboratório $^{241}\text{AmBe}(\alpha, n)$, $^{252}\text{Cf}(f, n)$, $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O}$, $^{238}\text{PuBe}(\alpha, n)$.

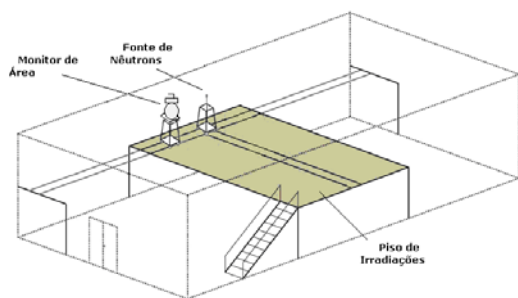


Figura 2. Salão de baixo espalhamento: *Setup* de Calibração de um Monitor de Área.

RESULTADOS

Os resultados das calibrações realizadas no FHT 752 com as fontes $^{241}\text{AmBe}(\alpha, n)$ e $^{252}\text{Cf}(f, n)$ estão representadas no gráfico 1.

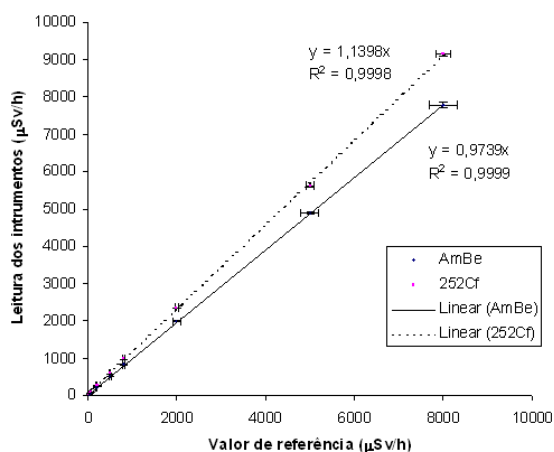


Gráfico 1. Calibração do FHT 752.

Os resultados da média das medidas realizadas no isocentro, com o acelerador operando a 100cGy/min e 400 cGy/min, utilizando o detector cilíndrico de nêutrons FHT 752 acoplado à unidade eletrônica FH 40 GL estão representadas na tabela 1.

Tabela 1. Medida realizada no ponto 1.

Taxa de Dose	100cGy/min	400cGy/min
Media (mSv/h):	9,69 ± 0,14	39,80 ± 0,36

Os resultados das medidas na entrada do labirinto com o acelerador operando

a 200cGy/min utilizando os monitores Thermo Eberline modelo E600, detector cilíndrico de nêutrons FHT 752 acoplado à unidade eletrônica FH 40 GL e Eberline ASP-1 estão representados na tabela 2.

Tabela 2. Medida realizada no ponto 2.

Taxa de Dose:	200cGy/min		
Monitor de Área	FHT	E600	ASP-1
Media (mSv/h):	1,58±0,04	0,76 ±0,03	1 ±0,1

Os resultados das medidas realizadas no acelerador e as calibrações são preliminares. Serão realizadas novas medidas com os instrumentos calibrados com as fontes citadas no trabalho. A medida feita no plano perpendicular a um metro do isocentro será utilizada para calcular e comparar as novas medições com os valores obtidos através do método Kersey [3] para o valor esperado da dose na porta. Novas medidas serão realizadas neste e em outros pontos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Soares, A.F.N.S. Ano: 2006, Doses Ocupacionais Devido a Nêutrons em Salas de Aceleradores Lineares de Uso Médico. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, R.J, Brasil.
- [2] ISO, 2001, "Characteristics and Methods of Production", International Organization for Standardization, ISO-8529-1. Neutron Reference Radiation - Part 1, Switzerland.
- [3] Kersey, W., "Estimation of neutron and gamma radiation doses in the entrance mazes of SL-75 linear accelerator treatment rooms" Medicamundi. 24(3), 1979.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsista PIBIC/IRD

Estudo dos Efeitos da Heterogeneidade Metálica Presente em Alguns Expansores de Tecido na Distribuição de Dose em Tratamentos Radioterápicos Pós-mastectomia

Débora Montano Trombetta, Luiz Antonio Ribeiro da Rosa e
Simone Coutinho Cardoso
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

As duas formas mais comuns de cirurgias de reconstrução mamária pós-mastectomia são; as que utilizam enxertos e as de expansores de tecido/implante. A segunda técnica é utilizada por pacientes que não são considerados bons candidatos a reconstrução por enxerto, ou que simplesmente preferem essa reconstrução alternativa.

Muitos estudos mostram um controle local e benefícios associados à sobrevivência de pacientes que são submetidas à radioterapia pós-mastectomia no caso de câncer de mama de alto risco [1]. Sendo assim, muitas pacientes têm sido irradiadas possuindo ainda o expansor de tecido. Alguns estudos demonstram alterações na distribuição de dose na interface de materiais de alto/baixo número atômico.

Tais expansores constituem então, uma heterogeneidade, que pode produzir uma alteração na distribuição da dose planejada na região em torno da qual se encontram, prejudicando o tratamento.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é estudar os efeitos físicos e quantificar a distribuição de dose na vizinhança da heterogeneidade metálica, através da determinação do Percentual de Dose em Profundidade (PDP). As medidas do PDP foram feitas através de simulações computacionais da irradiação pelo método de Monte Carlo, utilizando feixes únicos de fótons de 6 e 15MV,

para a geometria e condições de irradiação comumente utilizadas em tratamentos de mama, considerando a presença e a ausência da heterogeneidade.

METODOLOGIA

A avaliação do PDP foi feita através de simulações computacionais da irradiação pelo método de Monte Carlo utilizando o código EGSnrc. Foram utilizados feixes únicos de fótons de 6 e 15MV, tamanho de campo 10x10 cm² e distância a fonte de 100 cm.

Primeiramente foi validado o espectro utilizado (Mohan et al [2]) e o algoritmo de cálculo de dose do EGSnrc por meio da comparação entre os PDPs medidos com uma câmara de ionização e simulados com o referido código. Em seguida foram feitas simulações do PDP em um simulador de mama com implante temporário (disco de titânio de 3,5cm de diâmetro e 0,66cm de espessura). Foi utilizado um campo de tratamento de 10x10cm², a distância fonte superfície de 100cm e os potenciais aceleradores de 6 e 15MV (Mohan et al).

Foram feitas simulações considerando a presença e a ausência da heterogeneidade, para que os dados encontrados possam ser comparados e determinada a real relevância da heterogeneidade em questão na distribuição da dose. Os resultados obtidos foram analisados segundo o limite determinado pela ICRU [3] entre os percentuais de dose calculados sem a

heterogeneidade e os de fato medidos na sua presença.

RESULTADOS

O espectro e o algoritmo de cálculo de dose do EGSnrc foram validados e o maior desvio encontrado foi de 2 % entre os valores medidos e calculados do PDP.

O gráfico do Percentual de Dose em Profundidade (PDP) para o feixe de fótons de 6MV pode ser visto na figura 1. Antes da heterogeneidade foi observada uma sobre dosagem, inferior a 5% com relação ao PDP na água. Após a heterogeneidade foram observadas sub dosagens que aumentam com a proximidade ao disco. Atingindo um valor máximo de 31% a 0,5cm da heterogeneidade, e com valores ainda altos na faixa de relevância clínica, de 5,0cm (21%) a 10,0cm (19%) da heterogeneidade.

CONCLUSÕES

Foram encontradas diferenças percentuais maiores que as recomendadas pela ICRU entre as duas simulações, considerando a presença e a ausência da heterogeneidade (diferença máxima entre a dose medida e a calculada de 5 %). Os níveis de sobre dosagens encontrados anteriormente à heterogeneidade metálica não são de importância clínica para o tratamento e os de sub dosagens posteriores ao disco são muito altos e diminuem a probabilidade de cura da paciente, já que a dose de fato entregue está abaixo da prevista para o tratamento.

A alteração que a heterogeneidade metálica provoca na distribuição de dose é significativa para as duas energias usadas no trabalho, e deve ser considerada no planejamento do tratamento radioterápico.

Gráfico do PDP para o feixe de radiação com potencial acelerador de 6MV

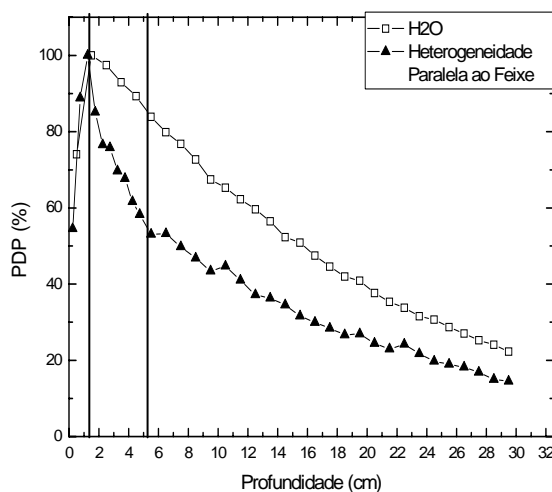


Figura 1 – Gráfico do Percentual de Dose em Profundidade para o feixe de fótons de 6MV. Os pontos em vazios representam o PDP na água; os pontos cheios o PDP na presença da heterogeneidade metálica. A posição do disco é destacada pelas retas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ragaz, J.; Le, N.; et al. Adjuvant radiotherapy and chemotherapy in node-positive premenopausal women with breast cancer. *N. Engl. J. Med.* 337: 956-62; 1997.
- [2] Mohan R., Chui C., Lidofsky L. Energy and angular distributions of photons from medical linear accelerators. *Med Phys*; 12: 592-597; 1985;
- [3] ICRU International Commission on Radiation Units and Measurements. Determination of Dose in Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures. Report 24 1976.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ

Medidas de Proteção para a População em Caso de Acidentes Nucleares e/ou Radioativos

Diogo Neves Gomes da Silva e Elaine Rua Rodriguez Rochedo
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

Uma das preocupações atuais no cenário internacional é o estudo das conseqüências de acidentes e outros eventos que levem à contaminação do meio ambiente e à exposição do público [1]. Com base nesse fato, o IRD (Instituto de Radioproteção e Dosimetria) tem desenvolvido ferramentas de apoio para processos de tomada de decisão após acidentes nucleares ou radiológicos visando à proteção do público, dentro do projeto de modelagem ambiental [2]. Para isso, elaborou o código SIEM – Sistema Integrado de Emergência, que inclui principalmente dois modelos: um utilizado para avaliar contaminações de áreas rurais, e outro para áreas urbanas.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi a elaboração uma base de dados de medidas de proteção e de remediação para a proteção do público após um evento de contaminação ambiental, para ser inserida no SIEM, permitindo a simulação de diversos cenários de contaminação do meio ambiente de forma a avaliar a eficiência das diversas opções de medidas de proteção na redução de doses para o público, em função do momento de sua aplicação e do cenário de acidente simulado.

METODOLOGIA

Inicialmente, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica para o levantamento da informação disponível sobre aplicação de medidas de proteção/remediação

após acidentes radiológicos ou nucleares [3,4]. Em seguida, foi elaborada uma base de dados contendo diversos parâmetros que descrevem as medidas selecionadas de forma que pudessem ser aplicadas em âmbito nacional. Por último, foi iniciado um treinamento no uso do código SIEM, com a elaboração de cenários de exposição e simulação de algumas medidas de proteção.

RESULTADOS

A base de dados elaborada contempla 78 medidas de proteção possíveis de serem aplicadas a ambientes urbanos, rurais, aquáticos e florestais. Para cada tipo de ambiente, as medidas de proteção/remediação foram subdivididas de acordo com o tipo de procedimento envolvido [5]. Para áreas urbanas, as medidas foram separadas em: limpeza, recobrimento, descontaminação, remoção da contaminação e restrição de uso. Em relação a áreas agrícolas, foram considerados: a alteração de datas de abate ou colheita, alteração de uso de áreas, alteração na alimentação de animais, alteração de características do meio, e o processamento de produtos. A Tabela a seguir apresenta a estrutura da base de dados, com os campos de descrição presentes em cada medida de proteção/remediação inserida na base. Diferentes cenários, incluindo áreas urbanas e áreas rurais, foram elaborados. Alguns destes cenários puderam ainda ser avaliados quanto aos efeitos de uma possível contaminação radiológica, a partir de treinamento efetuado com o SIEM.

Tabela 1: Estrutura da Base de Dados

CAMPOS DE DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS	
<i>Aspectos gerais</i>	Nome
	Superfície
	Objetivo
	Descrição da contramedida
	Alvo
	Radionuclídeos
	Escala de aplicação
<i>Aspectos técnicos</i>	Via de exposição
	Momento de aplicação
	Restrições técnicas
	Eficácia da contramedida
<i>Infra-estrutura</i>	Fatores técnicos que influenciam a eficácia do procedimento
	Necessidade de equipamento específico
	Materiais de consumo requeridos
	Habilidades requeridas
	Precauções de segurança
	Fatores que influenciam os custos
<i>Rejeitos e outros aspectos técnicos</i>	Rejeito: quantidade
	Rejeito: tipo
	Fatores que influenciam a dose evitada
	Dose adicional
<i>Outras considerações</i>	Outros impactos
	Experiência prática
	Referências
	Comentários

Em alguns casos, o atraso do procedimento pode ser útil para contemplar, de forma mais organizada, as decisões de estratégia de deposição de rejeitos, reduzindo as exposições ocupacionais relacionadas com o armazenamento e o transporte dos rejeitos removidos.

CONCLUSÕES

O trabalho é parte de um projeto maior, voltado para a preparação para emergência, que vem sendo desenvolvido em etapas pelo IRD, desde o acidente de Goiânia. O efeito das medidas, em função do tipo de ambiente no momento de aplicação das medidas, deverá ser incorporado ao modelo multi-critério de tomada de decisão, atualmente em desenvolvimento no IRD.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] International Atomic Energy Agency: The radiological accident in Goiânia. IAEA, Vienna (1988).
- [2] Conti, L. F. C. Desenvolvimento de um sistema integrado para avaliação de impacto radiológico ambiental em situações de emergência. Tese de doutorado, Rio de Janeiro (2002).
- [3] International Atomic Energy Agency: Guidelines for agricultural countermeasures following an accidental release of radionuclides. Technical Reports Series nº 363, IAEA, Viena, (1994).
- [4] Andersson, K. G. et al. Physical countermeasures to sustain acceptable living and working conditions in radioactively contaminated residential areas. Riso National Laboratory, Roskilde (2003).
- [5] RESTRAT-TD 14: Manual on restoration strategies for radioactive-contaminated sites. Restoration Strategies for radioactively contaminated sites and their close surroundings 1 (1999).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico – CNPq

Sistema Lógico de Manutenção e Armazenamento de dados de Radioatividade no Ambiente (SILMAR)

Felipe Pires do Rio Mazur e Orientador: Dejanira da Costa Lauria
Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD

INTRODUÇÃO

Vários levantamentos e pesquisas de radioatividade ambiental no Brasil foram e são realizados por algumas instituições de pesquisa e universidades brasileiras e estrangeiras. Os dados obtidos estão com diversos pesquisadores nas diferentes instituições e, quando publicados, em sua grande maioria não são publicados na forma bruta, individual, mas estatisticamente trabalhados e publicados sob forma de média e mediana, perdendo-se, por conseguinte, as informações que o dado bruto poderia ajudar a obter.

A compilação destes dados em um banco de dados nacional, sistematizado e disponibilizado pode evitar a possível perda dos dados uma vez que a tecnologia utilizada para armazenamento de dados (disquetes, discos, software, etc.) se torne obsoleta, como também devido ao afastamento dos pesquisadores de suas atribuições em decorrência de várias causas. Há, portanto, a necessidade de armazená-los de forma segura e sistematizada.

Os objetivos a serem alcançados pela implantação de tal sistema, são:

- a) Fornecer informações ao público e á pesquisadores dos níveis de radioatividade nos diversos compartimentos ambientais do território nacional;
- b) Auxiliar no estabelecimento de normas e regulamentos pela quantificação e a avaliação do impacto econômico devido a sua aplicação;
- c) Auxiliar na previsão de níveis e distribuições de radionuclídeos em

compartimentos ambientais, por associações com características ambientais similares;

d) Possibilitar comparações com dados obtidos em pesquisas, auxiliando na interpretação dos dados;

e) Fornecer dados para validação de modelos de transporte de radionuclídeos nos diferentes compartimentos ambientais;

f) Fornecer dados pra avaliação de dose devido á radiação a nível local e regional;

g) Fornecer informações sobre meios e locais carentes de dados e necessidades de pesquisa e levantamentos futuros.

h) Facilitar a tomada de decisão em caso de contaminação decorrente de acidentes ou ações propositas.

i) Fornecer informações para o público em caso de questionamentos sobre níveis de radioatividade em locais e meios.

OBJETIVO

Este trabalho tem o objetivo de mapear, compilar e geo-referenciar os dados disponíveis sobre radioatividade no Brasil e desenvolver um banco de dados que será acoplado a um sistema de mapeamento para ser disponibilizado na home-page do IRD.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho segue o seguinte fluxo: i) Busca bibliográfica ampla sobre artigos contendo dados de radioatividade no Brasil; ii) leitura dos artigos e seleção de dados para serem colocados banco de dados; iii) desenho do banco de dados (BD); iv) geo-

referenciamento dos locais origem dos dados através da localização no software Google Earth (programa gratuito e de fácil manuseio). v) envio de tabelas no formato do BD para a informática (que está desenvolvendo parte do sistema) vi) teste do sistema (fase atual);

Para acesso ao banco de dados, os pesquisadores serão incentivados a se cadastrar no sistema e a fornecerem os seus dados. Os dados deverão passar por um controle de qualidade, serem validados e só então serão agregados ao SILMAR.

RESULTADOS

Este trabalho se encontra na fase preliminar. No atual estágio temos um Banco de dados estruturado para todas as matrizes e cadastrados neste Banco de dados mais de 600 amostras de água, cuja busca e compilação literária foi encerrada. As próximas etapas serão de compilação na literatura dos dados de alimentos, solos, plantas etc...

Por enquanto, este banco de dados on-line esta apenas disponível para os integrantes do projeto, em fase teste. À medida que o sistema for ficando mais

robusto este será colocado na intranet do IRD para compilação dos dados dos pesquisadores internos e avaliação, a fase final será a colocação na homepage do IRD.

CONCLUSÕES

Ao final, desta primeira etapa temos o banco de dados estruturado, informações sobre radioatividade em água no Brasil compiladas da literatura e geo-referenciadas e os locais onde os dados estão disponíveis podem ser visualizados no Google Earth. Temos um banco de dados pronto para receber dados radiológicos de diferentes compartimentos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] International Atomic Energy Agency (IAEA) MARine Information System (MARIS) - <http://maris.iaea.org/>
- [2] International Atomic Energy Agency (IAEA) GIS Mapping for Analysis, Visualization and Retrieval of Hydrochemical and Isotope Data for local to global; <http://nds121.iaea.org/wiser/>

Adequação da técnica de bioanálise para dosimetria interna de pacientes pediátricos

Felipe Simas dos Santos, Sílvia Maria Velasques de Oliveira
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Para pacientes pediátricos oncológicos, o prognóstico é altamente favorável, o que significa que a maioria das crianças submetidas a doses de radiação em procedimentos diagnósticos e/ou terapêuticos poderá ter vida normal. No entanto, deve ser estimado o risco radiológico destes procedimentos, pois a probabilidade de ocorrência de efeitos estocásticos da radiação é maior do que em pacientes adultos. Por outro lado, as técnicas de dosimetria interna têm sido aplicadas à população adulta.

Para estimativas de doses internas, a "meia-vida biológica" pode ser obtida através da técnica de bioanálise. Para radiofármacos com excreção renal, a coleta de urina de pacientes é uma alternativa quando não se dispõe de, pelo menos, duas imagens em tempos distintos, para a quantificação das atividades em órgãos e estimativa da meia-vida biológica. O método de bioanálise também pode ser adotado para validar o método de quantificação de imagens.

OBJETIVO

Adequar a técnica de bioanálise tradicionalmente usada para adultos, para a dosimetria interna de pacientes pediátricos submetidos a procedimentos diagnósticos e terapêuticos com radiofármacos.

METODOLOGIA

1) Seleção de pacientes e instituições

Serão selecionados pacientes submetidos a procedimentos diagnósticos (cintilografias renais com ^{99m}Tc DTPA e ^{99m}Tc DMSA) e terapêuticos (dose "ablativa" de ^{131}I ,

para destruição de tecidos tireoideanos cervicais residuais de pacientes submetidos à prévia "tireoideectomia") em hospitais da cidade do Rio de Janeiro, os quais atendem aos critérios de qualidade para seus equipamentos e procedimentos. A qualidade da imagem cintilográfica é o critério de inclusão/exclusão para os pacientes previamente selecionados.

As instituições participantes devem contar com equipamentos (câmara de cintilação e medidor de dose) submetidos a controle de qualidade conforme normas técnicas aplicáveis.

2) Registros de atividade administrada

Para o registro da real atividade de radiofármaco administrada, as seringas são medidas duas vezes no medidor de dose (curiômetro): imediatamente antes da injeção no paciente e após a injeção, sendo subtraída a atividade residual e registrado o resultado na planilha.

3) Testes estatísticos

Será usado o pacote estatístico SPSS for Windows versão 10.0, para: "teste T para amostras independentes" e "análise descritiva", com intervalo de confiança de 95%, por procedimentos, para atividade, peso corporal e idade.

4) Bioanálise

As amostras de urina são coletadas imediatamente após a administração radiofármaco no hospital. A cada excreção, a urina é recolhida separadamente em garrafas plásticas que devem ser mantidas refrigeradas até transporte para o laboratório. Para testar a contagem do tempo morto, cada amostra é contada por alguns minutos. Se o tempo morto é superior a 5%, calcula-se uma alíquota da amostra e o volume da garrafa é completado com 1 L de HNO_3 1M. A garrafa é selada, colocada sobre o detector de

germânio hiperpuro (HPGe) e medida durante uma hora. Os espectros são registrados, com a identificação completa do paciente, data e horário da coleta.

RESULTADOS

Este projeto foi iniciado no mês de agosto deste ano, quando foram desenhados os experimentos. Os resultados das medidas de bioanálise serão fornecidos em atividade específica (Bq/mL), e deve-se garantir que não há perdas de material no processo de coleta. Os pesos corporais dos pacientes serão comparados com os simuladores matemáticos do "software" usado por faixa etária, sendo realizadas as correções de massas correspondentes. Para procedimentos diagnósticos, as médias de "atividade administrada por peso corporal" serão comparadas com os protocolos médicos usados. Para iodoterapia, os resultados da bioanálise serão comparados com os dados obtidos através do método de quantificação de imagens, sempre que possível.

CONCLUSÕES

A acumulação de radiofármacos em rins e bexiga causa a irradiação das gônadas. Em estudos renais, sabe-se que as doses absorvidas na bexiga são altas e a hidratação dos pacientes deve ser reforçada como o fator mais importante para a redução das doses. A dosimetria interna fornece importante argumento para reforçar-se a proteção radiológica do paciente, especialmente para as idades de maior risco radiológico.

A eficiência da iodoterapia depende da atividade administrada, da determinação do tamanho das massas

de tiróide remanescentes, da meia-vida efetiva e biodistribuição do ^{131}I . A adequação da técnica de bioanálise poderá resultar no planejamento e otimização da iodoterapia para pacientes pediátricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADMINISTERED RADIOACTIVE SUBSTANCES ADVISORY COMMITTEE (ARSAC). Notes for guidance on the clinical administration of radiopharmaceuticals and use of sealed sources. Nuc. Med. Communications, v. 21, 2000.
- [2] PIEPSZ A; HAHN K; ROCA I; CIOFETTA G; TOTH G; GORDON I; KOLINSKA J; GWIDLET J. A radiopharmaceuticals schedule for imaging in paediatrics. Eur. J. Nucl. Med. 17:127-129, 1990.
- [3] SOCIETY OF NUCLEAR MEDICINE. Guidelines for medical protocols. J Nucl Med, SNM, USA, 1997.
- [4] STABIN M.G., GELFAND G. Dosimetry of pediatric nuclear medicine procedures. The Quarterly J. Nucl. Med., v. 42, n. 2, p. 93-112, 1998.
- [5] VELASQUES DE OLIVEIRA, S. M. Procedimentos, Atividades e doses no Ciclo da Medicina Nuclear no Brasil. Tese de doutorado. UERJ, Rio de Janeiro, 2005.
- [6] S. M. VELASQUES DE OLIVEIRA, L. M. Q. C. JULIÃO, W. O. SOUZA, S. A. MESQUITA and M. S. SANTOS. Methodology for radionuclides quantification through "in vitro" bioassay. Primeiro Simpósio de Dosimetria Interna Aplicada à Medicina Nuclear, DOSIMN20008, CRCN, Recife, 2008

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Solubilidade do DUA em Fluido Pulmonar Simulado (SLF)

Felipe Zouain Pedroni e Kenya Dias da Cunha
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-RIO

INTRODUÇÃO

A avaliação da exposição ocupacional a radiação é geralmente baseada na avaliação da retenção de compostos radioativos nos pulmões e na sua eliminação através da excreta. A retenção de material radioativo nos pulmões é influenciada pela taxa de dissolução do material inalado no líquido pulmonar (LP). Segundo a ICRP na publicação nº 30 o material inalado é classificado como (D, W ou Y) de acordo com sua taxa de solubilidade no LP. Os modelos metabólicos são utilizados para estimar a dose devido a contaminação interna. Os parâmetros usados neste modelo devem ser específicos para a substância em questão.

O método PIXE é um método de análise não destrutivo, que identifica e quantifica elementos mais pesados do que o sódio (Na, $Z=11$)^[1-3]. Quando uma partícula carregada incide sobre um alvo, existe a probabilidade de que um elétron de uma camada mais interna seja ejetado de sua órbita resultando na criação de uma vacância que deixa o átomo num estado excitado. A desexcitação do átomo ocorre quando um elétron de uma camada ou subcamada imediatamente superior preenche a vacância liberando energia na forma de R-X característicos. O número (N_x) de R-X emitidos depende da seção de choque do elemento para produção de R-X por partículas com energia E , do número de átomos do elemento presentes na amostra e do número de partículas que incidem sobre a amostra.

A fissão espontânea do ^{252}Cf fornece dois fragmentos que são emitidos, simultaneamente, em direções opostas. Um dos fragmentos colide com o alvo produzindo a *desorção* de moléculas e/ou *cluster* de íons e o outro fragmento é detectado por um detector gera o sinal de *start* para iniciar a contagem de tempo de voo. Os íons secundários emitidos pelo alvo são acelerados na direção de um tubo de tempo de voo por um campo elétrico da ordem de 1 kV/mm, aplicado entre o alvo e a grade. Os íons com diferentes razões massa/carga atingem o conjunto de detectores *micro-channel plate* (MCP) localizado no final do tubo de tempo de voo produzindo o sinal de *stop* para a medida de tempo de voo. A espectrometria de massa baseia-se no fato de que íons de massas diferentes percorrem o tubo de tempo de voo em tempos diferentes.

OBJETIVO

O objetivo deste estudo é a determinação dos fatores de solubilização do *Yellowcake* (DUA) no líquido pulmonar simulado. Estes parâmetros foram determinados usando o Líquido Pulmonar Simulado (LPS) misturado ao DUA.

METODOLOGIA

As amostras de líquido pulmonar simulado foram preparadas segundo a solução de Gamble^[4] semelhante ao líquido intersticial pulmonar e à do plasma sanguíneo humano. Para a caracterização a solubilidade uma

amostra de 0,05 g de DUA foi adicionada à solução de líquido pulmonar simulado (LPS), por períodos variando de minutos a um ano. As amostras coletadas foram analisadas utilizando as técnicas de PIXE e ^{252}Cf -PDMS.

As amostras foram irradiadas no acelerador eletrostático Van de Graaff, de 4 MV, do Departamento de Física da PUC-RIO. Foi usado um feixe de prótons de 2,0 MeV e uma corrente média no alvo de 20 nA. Na entrada da câmara estão localizados dois colimadores de 4 e 5 mm de diâmetro cada um. O copo de Faraday, foi colocado diametralmente oposto à entrada do feixe na câmara. Os raios X característicos emitidos pelos elementos presentes nas amostras são detectados por um detector do tipo Si-PIN, com janela de berílio, marca Ampitex, modelo XRT-100 a 135°. Os espectros de raios X são analisados em um analisador multicanal (marca NORLAND) e armazenados em um computador conectado à saída do multicanal situado após o alvo. A carga e o tempo de irradiação são contados utilizando um *Timer Counter* Ortec EG7G modelo 994

RESULTADOS

Este estudo determinou os fatores de solubilidade do DUA no líquido pulmonar simulado (LPS). As frações de dissolução rápida (0,83), as taxas de dissolução rápida (0,51) e lenta (0,0075) determinadas para o DUA experimentalmente são diferentes dos valores recomendados pela ICRP 66 para composto tipo M. No entanto, esses valores experimentais estão de acordo com os valores disponíveis na literatura. Os resultados das análises de ^{252}Cf -PDMS mostram a presença de óxidos de urânio na fração solúvel

CONCLUSÕES

Estes resultados demonstram a necessidade de determinar parâmetros específicos para cada composto. Os

valores de fatores de solubilização determinados neste estudo são diferentes dos valores recomendados para este composto pela ICRP

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] De Pinho A.G., Montenegro E.C., Barros Leite C.V., Baptista G.B., Paschoa A.S. Potencialidades e Possíveis Aplicações de um novo Método Analítico (PIXE). An. Acad. Brasil. Cienc., 51(3), 1979.
- [2] FLORES, J.; Adalpe F.; Díaz R.V.; Crumpton D. Set – up and Improvements of PIXE Facility at ININ. México. Nuclear Instruments and Methods, 75 B: 116-119, 1993.
- [3] Dias da Cunha, K., Lipsztein J.L. Fang C.P. & Barros Leite, C.V. A Cascade Impactor for Mineral Particles Analysis. J. A. S. and Technology 29(2), 126-132, 1998.
- [4] Gamble, J.L., Chemical anatomy, physiology and pathology of extracellular fluid. 8th edition (Harvard University Press, Boston, M.A.), 4-11, 1967.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Os autores gostariam de agradecer a FAPERJ, CNPq e a INB pelo apoio recebido.

Fitodisponibilidade de Fe, Mn e Zn em Resposta à Adição de Lodo de Esgoto em Latossolo

Fernanda Leite da Silva e Maria Angélica Vergara Wasserman
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

O tratamento da água de esgoto urbano e/ou industrial nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) gera uma grande quantidade de lodo, que após ser higienizado e condicionado, passa a ser conhecido como biossólido e pode ser utilizado como fertilizante na agricultura, devido ao elevado conteúdo de nutrientes. Porém, esse material também pode conter concentrações importantes de metais pesados e compostos tóxicos dos produtos orgânicos em concentrações diferentes dependendo da origem e processamento do lodo, por essa razão, o destino final desse material tem sido uma grande preocupação mundial devido ao impacto ambiental que pode causar. As alternativas mais comuns para o aproveitamento ou disposição do lodo de esgoto são as seguintes: aterro sanitário; incineração; reuso industrial (produção de agregado leve, tijolos, cerâmicas e cimento); recuperação de solos (recuperação de áreas degradadas e recuperação de áreas de mineração); disposição oceânica e uso agrícola [1].

OBJETIVOS

Avaliar o impacto da utilização agrícola de biossólidos de origem industrial e doméstica na fitodisponibilidade de Fe, Mn e Zn. Espera-se de modo fornecer subsídios para o controle da qualidade dos solos e o gerenciamento de resíduos.

METODOLOGIA

As amostras foram coletadas no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação

de Impacto Ambiental de Jaguariúna (SP). Foram testados os seguintes tratamentos: Testemunha Absoluta (Test), Testemunha convencional (NPK), 10, 20, 40 e 80 t ha⁻¹ de lodo de esgoto originário das ETEs de Barueri, SP (esgoto doméstico e industrial) e de Franca, SP (esgoto doméstico), fornecidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. O ensaio foi feito em blocos casualizados com três repetições. Foram cultivadas plantas de milho (*Zea mays*, L.) em Latossolo Vermelho distroférico. O método para avaliação da fitodisponibilidade corresponde à primeira fase do método de extração seqüencial desenvolvida para solos ácidos [2]. Esta fase físico-química é operacionalmente definida como fase levemente ácida [CH₃COOH + CH₃COONa 1:1; pH=4,7] e corresponde aos elementos potencialmente biodisponíveis.

A determinação do Fe, Mn e Zn nos extratos de solo e amostras de milho e esgoto foi realizada por ICP-EAS (PE OPTIMA 3000) na EMBRAPA/solos.

RESULTADOS

A concentração de Zn no biossólido de Barueri, de origem industrial, foi cerca de 2 vezes maior que a concentração observada em Franca, considerando a média da concentração observada em 5 anos de aplicações consecutivas, porém não foi observada diferença significativa na concentração de Fe e Mn dos biossólidos de origens diferentes (Tabela 1).

Tabela 1. Teor médio de Fe, Mn e Zn nas amostras de biossólidos (mg/kg).

	Barueri	Franca
Fe	39166 ± 89613 (n=5)	38893 ± 15586 (n=5)
Mn	342 ± 82 (n=5)	400 ± 192 (n=5)
Zn	3037 ± 457 (n=5)	1136 ± 320 (n=5)

A concentração de Fe, Mn e Zn nas amostras de milho não variou com o aporte de biofóssido de Barueri (Figura 1) nem de Franca (Figura 2) em relação à amostras testemunhas (absoluta e NPK), no entanto, é possível verificar maior biodisponibilidade de Fe, Mn e Zn nos solos que receberam grande quantidade de biofóssido de Barueri (figura 1).

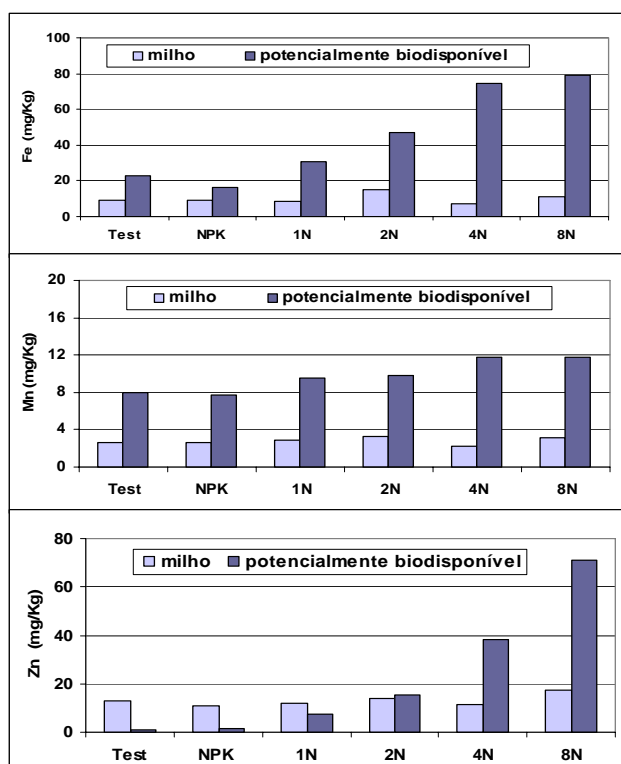


Figura 1: Conteúdo de Fe, Mn e Zn no milho e potencialmente biodisponível em solos cultivado com biofóssidos de Barueri.

A biodisponibilidade potencial do Zn foi muito menor nos solos tratados com biofóssidos de origem doméstica (Franca, Figura 2), do que no solo tratado com biofóssido de Barueri. No entanto, o teor de Zn no grão de milho não refletiu as diferenças observadas no

conteúdo deste elemento dos biofóssidos de origem diferentes.

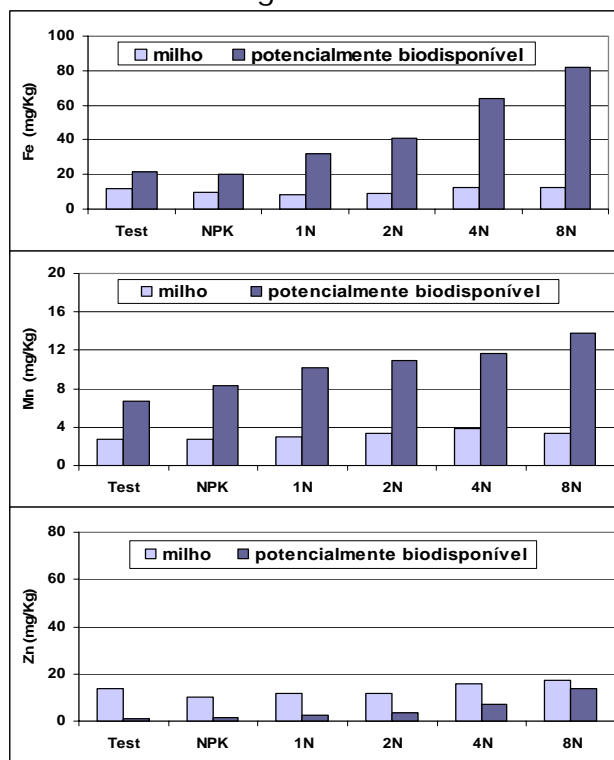


Figura 2: Conteúdo de Fe, Mn e Zn no milho e potencialmente biodisponível em solos cultivado com biofóssidos de Franca.

CONCLUSÕES

Apesar do aumento da biodisponibilidade potencial de metais em solos tratados com biofóssidos, as concentrações desses metais no milho ficaram abaixo dos teores permitidos pela legislação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Tsutiya, M.T. *et al.* eds. Biofóssidos na Agricultura; SABESP, Escola Politécnica-ESALQ/USP/ NUPEGEL, UNESP; São Paulo, 2001.
- [2] Wasserman, M.A. *et al.* In: 13 International Conference on Heavy metals in the Environment, Rio de Janeiro. CD-ROM. 1-5. 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico – CNPq e EMBRAPA-solos.

Determinação da relação semi-empírica entre a densidade física, a concentração e a razão entre átomos de hidrogênio e manganês em uma solução de sulfato de manganês

Guilherme Rodrigues Bittencourt, Karla Cristina de Souza Patrão
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

O Laboratório de Nêutrons (LN) do Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes (LNMRI/IRD) opera um sistema para padronização absoluta de fontes de nêutrons. O sistema utilizado no LN para a calibração de fontes de nêutrons é o Banho de Sulfato de Manganês (BSM) que consiste um tanque esférico com aproximadamente 520 litros de solução aquosa de sulfato de manganês ($MnSO_4$) onde a fonte a ser medida é mergulhada até o centro do banho[1].

OBJETIVO

Este trabalho tem por finalidade estabelecer uma relação funcional baseada em métodos semi-empíricos para previsão teórica de valores de densidade física, concentração e razão entre os átomos de hidrogênio e manganês presentes na solução do BSM.

METODOLOGIA

Uma planilha eletrônica foi elaborada e aprimorada para prever o valor da razão entre átomos de hidrogênio e manganês a partir da massa de sulfato inserida em uma determinada quantidade de água, onde foi feita uma correção na medida da massa de sulfato pelo fato de se apresentar monohidratado. Baseado nisso, foi descontada a quantidade de água presente em sua massa.

Foram elaborados então dois tipos de cadinho, um para colher uma alíquota de sulfato e o outro para massas maiores de modo que fosse possível

medir a massa de sulfato monohidratado inserido nas ampolas de vidro onde foi armazenada uma determinada massa de água, obtendo-se soluções com diferentes concentrações. Essas medições foram feitas em dois tipos de balança devido a digital, de maior sensibilidade, ter um limite de massa de 5g, e como as ampolas apresentavam aproximadamente 20g, utilizou-se a balança, analógica, pouco menos sensível e com limite de 160g. A determinação da razão entre átomos de hidrogênio e manganês para cada amostra já foi determinada [2].

RESULTADOS

Dos resultados, a curva $CMnSO_4 \times N_H/N_{Mn}$ apresentou resposta mais coerente, coeficiente de correlação bem próximo a 1, e incertezas abaixo de 0,1%. Desta curva, foi estabelecido uma equação (Eq.1) das variáveis N_H/N_{Mn} e $CMnSO_4$. A partir do conhecimento de uma dessas duas variáveis é possível determinar a outra, e, por conseguinte determinar tanto a concentração de água quanto a densidade (Eqs. 2 e 3). Por essa razão sua função foi utilizada nos processos de simulação de Monte Carlo do BSM.

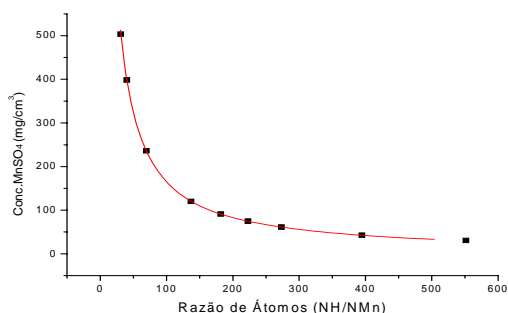


Figura 1 - Gráfico da variação da concentração de sulfato de manganês em função da razão entre átomos de hidrogênio e manganês.

$$y = y_0 + \sum_{n=1}^3 A_n \times e^{-(x-x_0)/t_n}, \quad 31 < x < 552 \quad (1)$$

Onde:

$$y = cMnSO_4 \text{ e } x = N_H/N_{Mn},$$

$$y_0 = 20,04971; \quad x_0 = -7,59928; \quad A_1 = 1873,81815; \quad t_1 = 13,9782; \quad A_2 = 553,99689; \quad t_2 = 45,10273; \quad A_3 = 157,02098; \quad t_3 = 205,96624.$$

$$\text{conc } H_2O = \frac{N_H/N_{Mn} \times cMnSO_4 \times 18}{2 \times 151} \quad (2)$$

$$\rho = cMnSO_4 + \text{conc } H_2O \quad (3)$$

Tabela 1 – Estimativa dos valores de densidade, concentração de água e sulfato de manganês e da razão entre átomos de hidrogênio e manganês para os valores medidos no BSM, a partir das Equações 1, 2 e 3.

Valores medidos no BSM/LN		Incerteza (%)	Valores estimados Função semi-empírica	Diferença Percentual $DP = 100 \times \left(\frac{V_E - V_M}{V_M} \right)$
Densidade (g/cm ³)	1,3939	0,072	1,3929	-0,07
conc. H ₂ O(g/cm ³)	0,94449	0,075	0,94381	-0,07
conc. MnSO ₄ (g/cm ³)	0,44940	0,092	0,44907	-0,08
N _H /N _{Mn}	35,262	0,079	35,262	0

CONCLUSÕES

O procedimento e a planilha desenvolvidos durante a realização deste trabalho mostraram-se adequados para previsão de valores físicos de interesse dentro de intervalos de confiança nos limites de incerteza esperados.

Das medições realizadas, a que se mostrou mais adequada para expressar as relações funcionais entre as concentrações de água e sulfato de manganês, densidade física da solução e razão entre os átomos de hidrogênio e manganês na solução foi a curva de $\text{ConcMnSO}_4 \times N_H/N_{Mn}$.

Os resultados de comparação entre as medições de concentração do BSM/LN e os valores estimados a partir das equações 1, 2 e 3 possuem diferença percentual abaixo de 0,1%, demonstrando sua utilidade na correlação dos valores físicos da solução do BSM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] [LEITE,2005] S. P. Leite, "Simulação matemática do banho de sulfato de manganês estático para cálculo do parâmetro de correção K para fontes isotópicas de nêutrons", Tese de Mestrado – IRD, Rio de Janeiro, Brasil, (2005).
- [2] [CURVELO,2007] L. C. Castro "Study and Determination of the Atom Reason of Hydrogen and Manganese in the Manganese Sulphate Bath: Procedures Of Attainment And Calculation" 2007 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2007 Santos, SP, Brazil, September 30 to October 5, 2007.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Bolsista PIBIC/IRD

Estudo do Desequilíbrio Eletrônico Lateral em Campos de Irradiação de Novas Tecnologias em Radioterapia

Marco Antonio Costa Cardoso^{1,2}, Luiz Antonio Ribeiro da Rosa¹ e Simone Coutinho Cardoso²

¹ Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

² Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro - IF/UFRJ

INTRODUÇÃO

No planejamento de tratamento de radioterapia até 1970, as distribuições de dose eram geralmente calculadas assumindo que o paciente era composto inteiramente de água. Isto ocorria principalmente devido à falta de informação anatômica específica. Com o advento da tomografia computadorizada, tornou-se possível, pela primeira vez, efetivamente deduzir a informação da densidade in vivo, a qual pode ser incorporada ao processo de cálculo de dose. Isto combinado com avanços na tecnologia da computação, resultam em muitas pesquisas, com o objetivo de melhorar os procedimentos de cálculo de dose, considerando o complexo processo físico associado com a irradiação do corpo humano. No entanto, o corpo humano consiste em uma variedade de tecidos e cavidades com diferentes propriedades físicas e radiológicas. Para a perspectiva da dosimetria, os mais importantes são os tecidos e cavidades que são radiobiologicamente diferente da água, chamados de heterogeneidades. Estes incluem, pulmões, cavidades orais, dentes, passagens nasais e ossos, e alguns materiais tais como próteses metálicas. A presença destas heterogeneidades pode produzir mudanças na distribuição de dose dependendo do tipo da heterogeneidade, da qualidade da radiação e do tamanho de campo de irradiação. Essas mudanças acontecem na absorção do feixe primário associado ao padrão de espalhamento dos fótons e mudanças na fluência de elétrons secundários. Correções que considerem a presença de heterogeneidade podem ser mais importantes para a radioterapia de intensidade modulada (IMRT) do que para tratamentos de radioterapia convencionais. Tratamentos com IMRT frequentemente incorporam mais e diferentes direções de feixes que as utilizadas convencionalmente. A heterogeneidade pode afetar alguns segmentos de feixe mais do que outros [1].

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é avaliar o desequilíbrio eletrônico lateral causado pela inclusão da heterogeneidade (cavidades orais) no cálculo de dose de pacientes através da determinação dos percentuais de dose profunda (PDP) para tamanhos de campo de irradiação variando entre os tamanhos de campo convencionais (10x10cm²) e os campos típicos de novas tecnologias (1x1cm² e 0.5x0.5cm²). Serão utilizados os potenciais aceleradores de 6 e 15 MV, que são os mais utilizados clinicamente.

METODOLOGIA

Nesse trabalho foi utilizado o código EGSnrc, que simula o transporte de elétrons, pósitrons ou fótons em qualquer elemento, composto ou mistura. Com o pacote PEGS4 do EGSnrc obtivemos tabelas de seção de choque para os compostos utilizados em nossa simulação. As seções de choque estão distribuídas para uma ampla gama de energias (keV-GeV). O programa permite escolhermos uma energia de corte para os elétrons, pósitrons e fótons, a partir da qual não acompanhará mais as interações dessa partícula. Os arquivos de saída são em dose/fluência e kerma/fluência, nos permitindo calcular o percentual de dose em profundidade.

$$PDP(\%) = \frac{D_x}{D_{Xmáx}} \cdot 100 \quad (1)$$

Primeiramente foi feita a validação do espectro [2] utilizado (Mohan et al) nas simulações através da comparação de percentual de dose em profundidade (PDP) obtidos com o código de Monte Carlo EGSnrc e valores obtidos experimentalmente medidos em um simulador de água (30x30x30 cm²) num feixe clínico.

Em seguida foram realizadas simulações para calcular dose e KERMA em função do

tamanho de campo ($0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$, $1 \times 1 \text{ cm}^2$, $2 \times 2 \text{ cm}^2$, $5 \times 5 \text{ cm}^2$ e $10 \times 10 \text{ cm}^2$). Foram utilizados, distância fonte superfície de 100 cm, potenciais aceleradores de 6 e 15 MV e diferentes meios (água, pulmão e osso). Uma vez que o EGSnrc trabalha somente com geometria cilíndrica, campos quadrados são transformados igualando a área do quadrado com a de um círculo e assim mantendo as mesmas características.

RESULTADOS

O espectro e o algoritmo de cálculo de dose do EGSnrc foram validados e o maior desvio encontrado foi de 2 % entre os valores medidos e calculados do PDP.

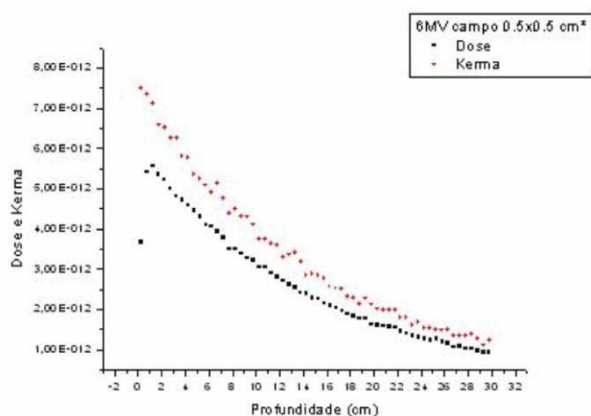


Figura 1 - Comparação entre dose e Kerma em água para potencial acelerador 6 MV e campo $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$.

Para o potencial de 6 MV, campo $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$, a diferença entre dose e KERMA foi, aproximadamente de 24 % em água (Figura 1) e 60 % para pulmão (Figura 2).

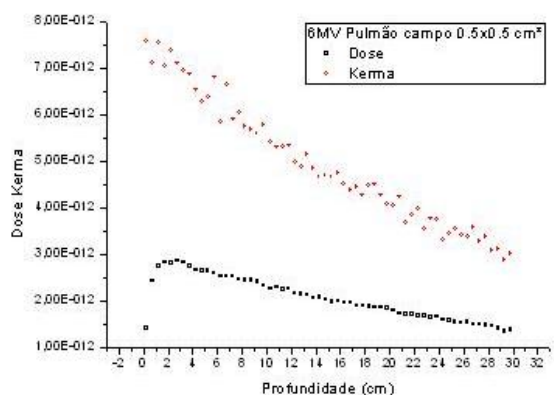


Figura 2 – Comparação entre dose e Kerma em pulmão para potencial acelerador 6 MV e campo $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$

Para o potencial de 15 MV e campo $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$, as diferenças foram de 44 % em água, 30 % em osso e 76 % no pulmão.

CONCLUSÕES

Conforme o tamanho do campo de irradiação diminui e o potencial acelerador aumenta, as diferenças entre os valores de dose absorvida e KERMA são mais acentuados devido à perda de equilíbrio eletrônico, ou seja, a dose é depositada fora da região de interesse. Logo, podemos concluir que, o desequilíbrio eletrônico lateral é mais acentuado para campos pequenos e energias maiores, podendo causar uma sub ou super dosagem se as doses forem calculadas inadequadamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AAPM (American Association of Physics in Medicine), Report 85, Tissue Inhomogeneity Corrections for Megavoltage Photon Beams, Medical Physics Publishing, USA, 2004.
- [2] Mohan R., Chui C., Lidofsky L. Energy and angular distributions of photons from medical linear accelerators. Med Phys 1985; 12: 592-597.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradeço ao CNPq pelo apoio.

Estudo e Aplicação de Metodologias para a Estimativa da Exposição de Pacientes em Procedimentos Fluoroscópicos Intervencionistas

Mauro Wilson Oliveira da Silva e Lucía Viviana Canevaro
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

A radiologia intervencionista é uma prática especial que envolve altas doses ao paciente. Estas intervenções requerem longos tempos de fluoroscopia e grande número de imagens para localizar a lesão e documentar os resultados. Diversos casos de danos na pele durante irradiação de pacientes em radiologia e cardiologia intervencionista têm sido relatados^[1,2].

A dosimetria em pacientes é complexa, devido a dificuldades na identificação das áreas da pele irradiada, diferentes projeções, tamanhos de campo, qualidades de radiação, etc. Diversos métodos dosimétricos têm sido propostos^[3].

A monitoração das doses em procedimentos intervencionistas é obrigatória em alguns países europeus, devendo ser medidas e registradas as doses em pacientes. Diversos métodos têm sido propostos e testados^[4,5], baseados em diferentes abordagens para obter a distribuição de dose na pele: dosímetros termoluminescentes, filmes radiográficos lentos, filmes radiocrômicos, e entre outros.

A otimização da proteção do pacientes é um tema de extrema atualidade. O conceito de otimização foi introduzido dentro de um marco legal pela Diretiva 97/43/EURATOM da Comunidade Européia que exige uma criteriosa justificação e a otimização dos procedimentos radiológicos. A implementação prática deste princípio somente é possível quando se dispõe de ferramentas adequadas, tais como níveis de exposição dos pacientes e

critérios de qualidade de imagem bem definidos.

Neste trabalho se aborda o uso de filmes radiográficos lentos para quantificar e obter a distribuição de dose na pele.

OBJETIVO

- Investigar os diversos métodos dosimétricos em pacientes, aplicáveis em procedimentos fluoroscópicos complexos.
- Estudar a aplicabilidade de filmes lentos na avaliação da exposição na pele de pacientes submetidos a procedimentos intervencionistas.
- Estudar e aplicar metodologias de medida de exposição de pacientes com dosímetros termoluminescentes e as grandezas associadas.
- Definir e aplicar uma metodologia para avaliação da exposição dos pacientes em serviços de hemodinâmica.

METODOLOGIA

Para determinar o kerma de entrada na superfície da pele do paciente, foram utilizados filmes lentos (Kodak EDR2), previamente calibrados no aparelho de raios X Siemens Polymat 50 do laboratório do SEFRI/IRD. As medições foram realizadas nos aparelhos Siemens COROSOP HiP e Arcomax N Thomson CGR, ambos em um hospital de referência do Rio de Janeiro. A distribuição e a forma de todos os campos de irradiação foram registradas no filme posicionando-o entre a mesa e o cochonete em que o paciente fica deitado na posição supina. Assim, não se interfere na realização do

procedimento. Foram coletados alguns dados essenciais como: kVp, mA, tempo total, número de séries e frequência e número de imagens. Após serem processados os filmes, foi possível determinar o kerma de entrada na superfície e a distribuição do mesmo nas costas dos pacientes. Um banco de dados em Access foi desenvolvido para otimizar a análise dos resultados.

RESULTADOS

A curva de calibração possibilitou a determinação do kerma de entrada na superfície. A análise dosimétrica em uma amostra de 118 pacientes mostrou que foram atingidos valores de kerma no ar de entrada na superfície superiores a 2,0 Gy. Na figura 1 apresentam-se duas imagens obtidas com o filme EDR2. Os tempos de exposição entre os procedimentos estudados variaram de 2,0 min a 59,5 min e em alguns casos o número de imagens foi da ordem de 3000.



Figura 1

CONCLUSÕES

A metodologia implementada para a medição do valor e a distribuição da exposição do paciente com filmes lentos mostrou-se adequada para a realização de medições de maneira segura e eficaz. Os resultados são satisfatórios, considerando os tipos de exames realizados e a preocupação dos médicos em não expor o paciente desnecessariamente. Os pacientes nos quais as densidades óticas medidas nos

filmes correspondentes ultrapassaram valores de 1,0 Gy, deverão ser submetidos a avaliações da pele, para identificar possíveis efeitos determinísticos e subsequente tratamento dermatológico. A grande variação no tempo de exposição dos pacientes é devido à complexidade dos procedimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Miralbell, R.; Maillet, P.; et al "Skin Radionecrosis after Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty: Dosimetric and Biological Assessment". *J. Vasc. Interv. Radiol.* 10(9):1190-1194, October (1999).
- [2] Vano, E., Arranz, L., et al. Dosimetric and radiation protection considerations based on some cases of patient skin injuries in interventional cardiology. *Br. J. Radiol.* 71, 510-516 (1998).
- [3] ICRP. Publication 85. "Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures". (2000).
- [4] Fletcher, D. W., Miller, D. L., Balter, S. And Taylor, M. A. Comparison of four techniques to estimate radiation dose to skin during angiographic and interventional radiology procedures. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 13(4), 391-397 (2002).
- [5] Guibelalde, E., Vano, E., Gonzalez, L., Prieto, C., Fernandez, J. M. and Ten, J. I. Practical aspects for the evaluation of skin doses in interventional cardiology using a new slow film. *Br. J. Radiol.* 76(905), 332-336 (2003).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq / PIBIC e IAEA.

Cálculo de Dose em Fantomas de Voxels usando o Programa GEANT4

Maximiano Correia Martins e Denison de Souza Santos
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

Com a crescente expansão dos computadores e sua utilização em cálculos estatísticos, as técnicas de simulação de Monte Carlo vêm se tornando cada vez mais uma ferramenta de valiosa importância no meio científico de uma maneira geral. Inclusive possibilitando aprimoramento dos fantasmas, modelos antropomórficos realistas, que tem a preocupação médica do cálculo de dose efetiva de um indivíduo exposto à radiação ionizante[1].

OBJETIVO

O objetivo central deste trabalho é a elaboração de um fantoma de voxel, com o apoio da ferramenta de simulação Monte Carlo GEANT4[2], para a irradiação e cálculo de dose efetiva depositadas nos diferentes órgãos do corpo humano, auxiliando o trabalho dos profissionais de dosimetria externa.

METODOLOGIA

Contamos com a colaboração do Dr. George Zubal[3] que nos forneceu o arquivo voxel_man1.dat[4], que é um conjunto dados digitalizados de um fantoma a partir de uma tomografia. Estes dados estão dispostos em formas de fatias de 128x128 voxels, que são pequenos cubos de cerca de 3mm, superpostos por 243 fatias formando um corpo humano masculino composto por cabeça e tronco.

RESULTADOS

Os primeiros resultados deste trabalho foram no sentido de implementação e construção das condições necessárias a simulação e a implementação do fantoma de voxels no código GEANT4.



Figura 1 – Fantoma de voxels

A figura 1 ilustra uma fatia do fantoma, exibindo e diferenciando os órgãos e tecidos deste.

Em seguida buscamos resultados do ponto de vista dosimétrico, a partir do cálculo de dose de radiação depositada nos órgãos do fantoma e a avaliação da dose efetiva de acordo com a ICRP60.

O fantoma foi irradiado por uma fonte emissora gama posicionada a frente da dos olhos, a uma distância de 1m. Foram emitidos cinquenta milhões de fótons com energia de 0.5 MeV em seguida normalizou-se os resultados dividindo pelo número de emissões.

A análise pelo Geant4 juntamente com a ferramenta de histogramação AIDA[5], permitiu o cálculo de dose depositada em cada voxel por cada fóton e por sua vez em cada órgão do fantoma.

O gráfico da figura 2 expõem os resultados de forma comparativa entre o Monte Carlo Geant4 e o VMC (Visual Monte Carlo)[1], a variação em alguns órgãos não surpreende por se tratar de flutuações já esperadas.

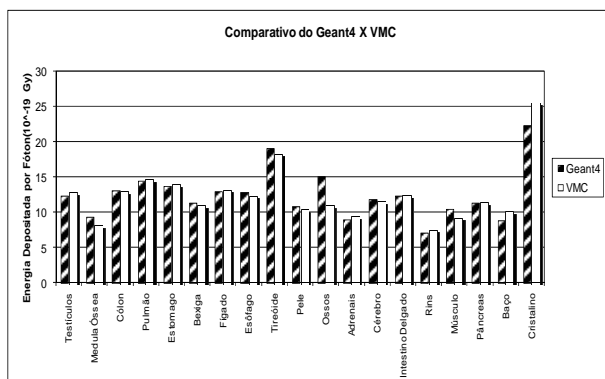


Figura 2 – Comparativo de doses equivalente nos órgãos do fantoma do Geant4 com o VMC para fótons de 500keV

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho são aceitáveis pois estão na mesma ordem de grandeza dos valores simulados com o programa VMC, indicando que o Geant4 é funcional também na faixa de baixas energias e é visível que a implementação do fantoma de voxels fornecido pelo Dr. George Zubal foi feita com sucesso nesta ferramenta de simulação.

Mais testes devem ser realizados com diferentes tipos de radiação e energias variando de 50 keV a 100 MeV e comparados posteriormente para obter uma validação. Como também é de interesse a simulação real de algumas condições com o fantoma real Alderson preenchido com cristais TLDs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] HUNT J. G. , F. C. A. da Silva, C. L. P. Maurício and D. S. Santos, The Validation of Organ Dose Calculations Using Voxels Phantoms and Monte Carlo

Methods Applied to Point and Water Immersion Sources. Radio Protection Dosimetry Vol. 108 No 1 pp. 85 –89 (2004)

[2] Geant4 – AGOSTINELLI, S. et al., GEANT4 a Simulation Toolkit, NIM A 506, (3), pp 250-303 ; <http://geant4.web.cern.ch/geant4/> , acessado em 29/09/2008;

[3] ZUBAL , I. G., Harrell, C.R and Smith , E. O. A Computerized Three-Dimensional Segmented Human Anatomy, Med. Phys .21 299-302 1994

[4] ZUBAL, I.G. The Zubal phantom data , voxel-based anthropomorphic phantoms [webpage: http://noodle.med.yale.edu/zubal/](http://noodle.med.yale.edu/zubal/) acessado em 29/09/2008.

[5] AIDA Software disponível no Pacote OpenScientist. Disponível em <http://openscientist.lal.in2p3.fr/> acessado em 29/09/2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq

Simulação de Monte Carlo do Cálculo de Doses em Fantoma Matemático usando o Programa GEANT4

Rosana de Souza e Silva e Denison de Souza Santos
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

A avaliação da dose efetiva de radiação recebida por um indivíduo que tenha se exposto à radiação ionizante durante um dado período é uma das informações mais relevantes na estimativa do risco da ocorrência de efeitos à saúde estocásticos e determinísticos. Esta avaliação, no entanto, não pode ser feita analiticamente devido à complexidade do sistema em questão, o corpo humano.

No fim da década de 60, foram desenvolvidos fantasmas mais realistas em paralelo à adoção pela ICRP do chamado "Homem Referência" [1]. Em 1969 o comitê Medical Internal Radiation Dose Committee (MIRD) publicou uma descrição de um fantoma composto por elementos geométricos definidos matematicamente para se adequar ao homem referência. Este fantoma ficou conhecido como "fantoma MIRD-5" ou "fantoma de Snyder-Fisher". Nesta publicação, o fantoma MIRD-5 serviu de base para o uso de métodos de Monte Carlo no cálculo de frações específicas de dose absorvida por órgãos [2]. Alguns programas de Monte Carlo disponíveis no mercado já foram amplamente testados em aplicações de proteção radiológica ou de física médica. Todos eles já foram utilizados em fantasmas matemáticos com sucesso. Neste trabalho estamos utilizando o código GEANT4 [3,4,5] e os aplicativos: e OpenInventor [6].

OBJETIVO

Avaliar a dose efetiva de radiação recebida por um indivíduo que foi exposto a qualquer tipo de radiação por um determinado período de tempo, através de simulação com fantoma matemático, utilizando o GEANT4, OpenInventor.

METODOLOGIA

Foi implementado no código do Geant4, na classe *DetectorConstruction*, os fantasmas matemáticos Adam e Eva, segundo a literatura [7]. Na classe *SteppingAction*, foi implementado o histograma de dose absorvida em cada órgão.

Para validar o código, foi simulados a irradiação dos fantasmas Adam e Eva, com feixe de fótons uniforme paralelo em todo corpo, com energia de 50 keV e 500 keV, em um total de 10^6 de histórias. Os dados obtidos nos fantasmas implementados no Geant4 foram comparados com os da literatura [8]. E como análise estatística de dados foi feita uma razão dos resultados obtidos pelo Geant4 e a literatura foi construído um histograma.

RESULTADOS

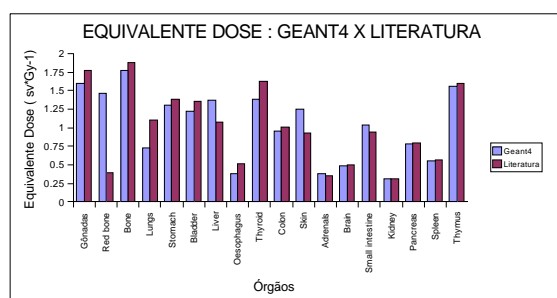


Gráfico1. Equivalentes de dose nos órgãos do fantoma Adam implementado no Geant4 comparado com os obtidos na referência [8] Irradiação com fótons de 50 keV.

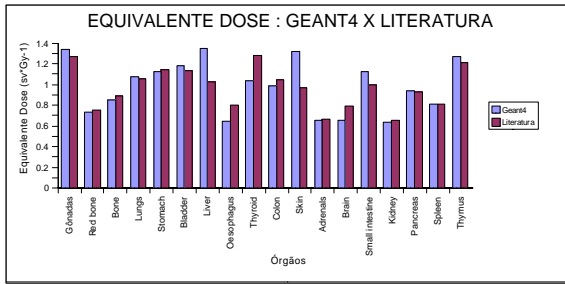


Gráfico2. Equivalentes de dose nos órgãos do fantoma Adam implementado no Geant4 comparado com os obtidos na referência [8]. Irradiação com fótons de 500 keV

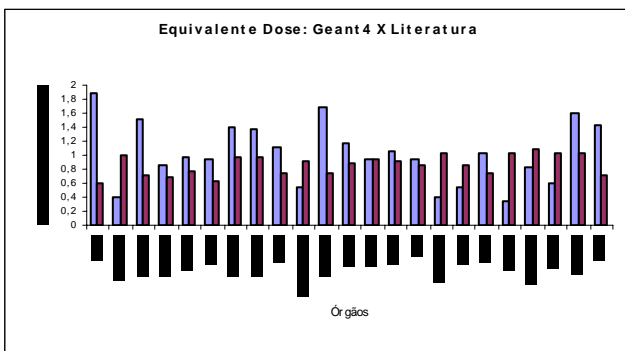


Gráfico3. Equivalentes de dose nos órgãos do fantoma Eva implementado no Geant4 comparado com os obtidos na referência [8]. Irradiação com fótons de 50 keV

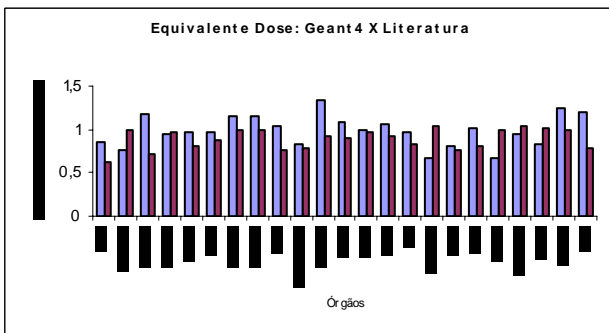


Gráfico4. Equivalentes de dose nos órgãos do fantoma Eva implementado no Geant4 comparado com os obtidos na referência [8]. Irradiação com fótons de 500 keV.

CONCLUSÕES

Os fantomas matemáticos estão com todos órgãos implementados. Porém no fantoma Eva será reavaliado algumas geometrias,

por exemplo, as dimensões do seio. A comparação entre os resultados é muito satisfatória.

Dos gráficos concluímos o resultado da equivalente dose na medula não está boa para baixas energias, como é vista nos gráficos para a energia de 50 keV, para os dois fantomas. Será necessárias uma revisão e correção disto. Além disso, o histograma, da razão dos valores obtidos entre Fantoma Eva implementado no Geant4 comparados com os obtidos na referência, mostra que os resultados estão cerca de 10% abaixo da referência, com uma incerteza de cerca de 11%, tanto em energia de 50 keV quanto em 500 keV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] International Commission on Radiation Units and Measurements. Determination of Dose Equivalents from External Radiation Sources – Part 2, Report 43, (Bethesda, MD: ICRU Publications) (1988).
- [2] Snyder, W. S., Ford, M. R., Warner, G. G., Fisher, H. L. Estimates of Absorbed Fractions for Monoenergetic Photon Sources Uniformly Distributed in Various Organs of a Heterogeneous Phantom - MIRDO Pamphlet No. 5. J. Nucl. Med, **10**(3) (1969).
- [3] <http://geant4.web.cern.ch/geant4/>, acessada em 19/09/2008.
- [4] <http://webcast.cern.ch/>, acessada em 21/07/2008.
- [5] NIM A506 (2003), 250-303.
- [6] <http://oss.sgi.com/projects/inventor>, acessada em 19/09/2008.
- [7] Kramer, R., Zankl, M., Williams, G. and Drexler, G. The Calculation of dose from External Photon Exposures Using Reference human Phantoms and Monte Carlo Methods-Part I: The male (Adam) and Female (Eva) Adult Mathematical Phantoms. Institute for Strahlenschutz, GSF-Bericht S-885 (1982).
- [8] Zankl, M., Petoussi-Henb, N., Drexler, G., Saito, K., The Calculation of Dose from External Photon Exposures Using Reference Human Phantoms and Monte Carlo Methods. Institute for Strahlenschutz, GSF Bericht 8/97(March/1997).

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPQ

Dessorção do ^{60}Co e do ^{137}Cs em Solos Tratados com Compostos Orgânicos; Efeito do Eh

Vitor César de Assis Viana e Maria Angélica Vergara Wasserman
Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD

INTRODUÇÃO

A adubação orgânica tem sido uma das práticas agrícolas apontadas como alternativa para o desenvolvimento sustentável por melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, aumentar a produtividade, e, paralelamente reduzir os custos da produção agrícola. Estudos radioecológicos demonstraram inclusive que essa prática favorece a redução da transferência de radionuclídeos do solo para as plantas [1]. No entanto, a compreensão dos mecanismos e processos que influenciam a mobilidade de radionuclídeos em ecossistemas ainda é um tema importante para a investigação no domínio da radioecologia [1]. Estudos em solos brasileiros empregando métodos de extração química seqüencial tem realçado o papel de óxidos de Mn e da matéria orgânica na retenção do Co e dos óxidos de Fe e da matéria orgânica na retenção do Cs [1; 2], o que sugere a importância das condições oxi-redox no manejo de solos contaminados para minimizar processos de transferência no sistema solo-planta, visto que esses componentes são bastante sensíveis à variações nas condições oxi-redox dos solos.

OBJETIVO

Neste trabalho experimentos em reatores abertos foram realizados em complemento aos estudos prévios de extração química seqüencial de modo que se avaliasse o efeito das mudanças nas condições oxi-redutoras de solos tratados com adubos orgânicos na dessorção de ^{60}Co e ^{137}Cs .

METODOLOGIA

Latossolo e Nitossolo da região de Pinheiral (RJ) receberam os seguintes tratamentos em duplicatas em experimentos conduzidos em vasos: 4 kg m⁻² de composto orgânico (Lat 4 e Nit 4); 2 kg m⁻² de composto orgânico (Lat 2 e Nit 2) e sem adição de composto (Lat e Nit). Adicionalmente, um vaso contendo Organossolo (Org) foi selecionado como controle para este experimento por ser um solo naturalmente rico em matéria orgânica. Foram utilizados cerca de 10 g de solos em contacto por 72 horas com reagentes capazes de modificar o Eh do meio, de acordo com as condições operacionais descritas na (tabela 1). Medidas diretas da atividade do ^{137}Cs e do ^{60}Co nos extratos foram feitas por espectrometria gama com um detector de Ge.

Tabela 1: Descrição das Condições Operacionais.

<i>Condições operacionais</i>	<i>Eh (mV)</i>
10mL NaNO ₃ 0,1M + 90mL H ₂ O bidestilado	203-417
10 mL NaNO ₃ 0,1M + 80mL de Hidroxilamina 0,1M + 10mL H ₂ O bidestilado	85-174
10mL NaNO ₃ 0,1M + 80mL H ₂ O ₂ + 10mL H ₂ O bidestilado	299-873

RESULTADOS

Neste estudo o Latossolo e o Nitossolo tiveram seu teor de matéria orgânica aumentado de 3,8% e 4,7% para respectivamente 10,8% e 10,0%, com a adição de 4 kg m⁻² de composto orgânico (Figura 1). No entanto estes teores ainda foram menores que os encontrados naturalmente nos Organossolos (22,9%).

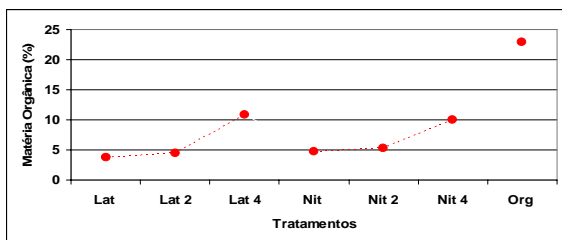


Figura 1: Conteúdo de matéria orgânica nos solos estudados

Os resultados apresentados na (figura 2) demonstram que cerca de 60% do Co adicionado ao solo pode ser mobilizado em condições levemente redutoras ($E_h < 174$). No entanto foi possível observar que a adição de 4 kg m^{-2} de composto orgânico no Latossolo diminuiu a dessorção do Co, provavelmente devido à formação de complexos organometálicos insolúveis com o Co, deixando este elemento menos disponível para a associação com os óxidos de Mn. As condições oxidantes não favorecem a liberação do Co, mesmo em solos orgânicos, o que parece reforçar a hipótese de formação de complexos organometálicos insolúveis com o Co.

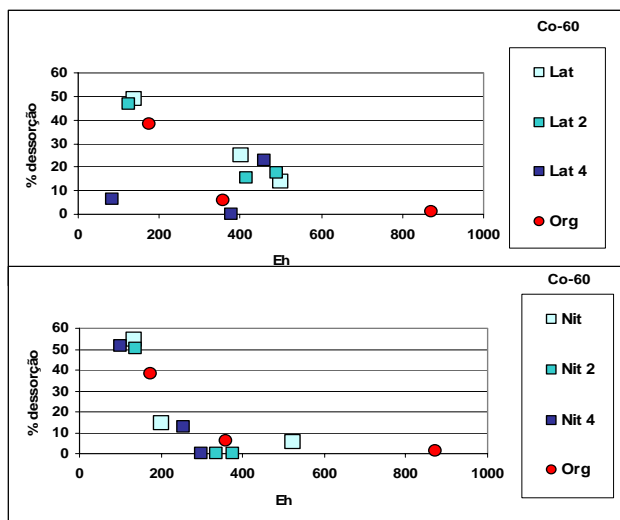


Figura 2: Dessorção do ⁶⁰Co em Função de Variações no Valor do Eh

Os dados de dessorção do ¹³⁷Cs no Nitossolo e Latossolo foram inferiores a 10% (Figura 3) e a maior dessorção do Cs foi observada em ambiente oxidante,

geralmente capaz de liberar elementos associados a compostos orgânicos lábeis. A importante associação do Cs com os óxidos de Fe observada em estudos anteriores nesses solos [1], parece ser pouco sensível a variações de Eh, pelo menos na faixa de valores do experimento.

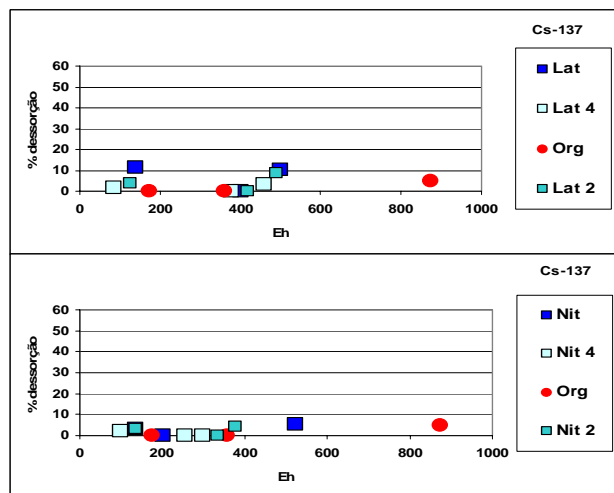


Figura 3: Dessorção do ¹³⁷Cs em Função de Variações no Valor do Eh

CONCLUSÕES

Esses resultados indicam que o alagamento ou o arraste de solos contaminados com Co para ambientes aquáticos deve ser evitados visto que condições levemente redutoras podem liberar com facilidade até 60% do Co adicionado. O Cs sofreu pouca influência da variação do Eh, provavelmente devido à forte associação desse elemento aos óxidos de Fe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wasserman M.A., Bartoly F., Portilho A.P., Rochedo E.R., Viana A.G., Perez D.V. & Conti C. *J. Environ. Radioact.* **99** (3): 554-562. 2008.
- [2] Wasserman M.A., Bartoly F., Viana A.G., Silva M.M., Rochedo E.R.R., Perez D.V., Conti C., *J. Environ. Radioact.* **99** (3):546-553. 2008.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Projeto CNPq: 478410/2004-2.



Fundação de Medicina Tropical do Tocantins



Atividade Antifúngica do Laser de Baixa Intensidade (830 nm) sobre *Candida albicans* em Modelos de Prótese Dentária

Raquel Duarte Azevedo, André M. de Senna e Rosa Maria M. de Sena
Fundação de Medicina Tropical do Tocantins – FMT/TO

INTRODUÇÃO

O uso de próteses totais favorece a colonização e a patogenicidade de leveduras na cavidade oral. A proliferação desses microrganismos no espaço entre a prótese total superior e a mucosa palatal pode dar origem à estomatite protética, condição inflamatória comum, que afeta de 11 a 67% da população usuária de prótese total e tem *Candida albicans* (*C. albicans*) como principal agente etiológico. Essa patologia possui etiologia multifatorial, devida, em parte, a condições favoráveis proporcionadas por mudanças no hábitat na boca¹ e as recidivas são comuns.

Postula-se, como causa da recidiva, a contaminação da superfície e as porosidades do material da base da prótese². *C. albicans* cresce nos interstícios microscópicos da base de material acrílico das próteses³. Além disso, estudos têm demonstrado que a estomatite protética está associada ao desenvolvimento dessa levedura no biofilme da prótese e não sobre a mucosa do palato, sugerindo que o tratamento seria mais bem orientado para a prótese, e não para a mucosa⁴.

O tratamento padrão para a estomatite protética consiste na terapia com drogas antifúngicas, agentes antimicrobianos para a higienização das próteses e a remoção da mesma para dormir¹. No entanto, devido à possibilidade de recidivas, autores investigam novas modalidades de terapias, como os lasers de baixa potência, que possuem ação antiinflamatória, analgésica, biomoduladora e têm aplicação em patologias que afetam a mucosa oral, como mucosite pós quimio e

radioterapia, herpes, aftas, candidíases, estomatites, entre outras⁵. Estudos⁶ mostraram efeito fungicida *in vivo* da terapia de laser de baixa intensidade (LILT) em microrganismos orais, parecendo ser um instrumento terapêutico opcional.

OBJETIVO

Verificar a atividade antifúngica da LILT em 830 nm sobre *C. albicans* em modelo de prótese dentária.

METODOLOGIA

Modelos simuladores de prótese, confeccionados com o mesmo material de próteses totais, nas cores transparente e rosa, foram submetidos a banho de ultra-som, secagem e esterilização⁷. Estes foram inseridos em 100 mL de meio YEPD líquido previamente contaminado com *Candida albicans* ATCC 10231. A mistura dos modelos e leveduras foi incubada a 37°C em dois ciclos de 36 horas, sob aeração. Após o primeiro ciclo, foi feita a substituição do sobrenadante da cultura, por igual quantidade de YEPD estéril.

Ao final deste processo, em condições assépticas, os modelos foram separados do meio, secos a vácuo e lavados com 250 mL de salina estéril 0,9% e colocados em placas de Petri contendo filtros de papel estéreis, para retirada do excesso de salina. Um modelo de cada cor foi aleatoriamente retirado e submetido à aplicação de laser com uma dose de 3J/cm² em todas as superfícies, pelo método de varredura⁶. O equipamento utilizado foi um laser da Marca Kondortech, modelo Bio Wave

LLLT, comprimento de onda de 830 nm e com 40 mW de potência. O tempo total de irradiação foi de 435 segundos. Eles foram posteriormente inseridos em 10 mL de salina e homogeneizados em agitador vortex por 5 minutos. A seguir foram feitas diluições 10^{-1} a 10^{-5} , e semeados em duplicata pela técnica de *pour plate* em ágar Sabouraud dextrose com cloranfenicol e incubados a 37°C por 48 horas em câmara BOD. Os mesmos testes foram repetidos para os protótipos contaminados. Como controle de esterilidade foram feitos testes com os modelos antes da contaminação inicial, sem diluição.

RESULTADOS

Os modelos contaminados apresentaram contagem inicial média de 92.000 unidades formadoras de colônia (UFC). Após o tratamento do modelo transparente com a LILT 830 nm, houve o crescimento de 6.600 UFC, obtendo-se uma diminuição de 92,8% da contagem inicial enquanto que no modelo rosa houve crescimento de 9.100 UFC, obtendo-se uma diminuição de 90,0%.

Pode-se observar que em ambos os modelos, transparente e rosa, houve diminuição do número de UFC, tendo o primeiro uma queda ligeiramente maior, talvez devido ao fato de a luz laser ter menor interação com o modelo transparente e conseguir atingir camadas internas contaminadas do modelo, ao contrário do protótipo rosa que teria uma parcela dessa luz refletida ou absorvida.

CONCLUSÕES

A aplicação de laser de baixa intensidade -830 nm diminuiu o número de *Candida albicans* em modelos simuladores de próteses totais nos aspectos avaliados. Mais estudos são necessários com maior número de amostras, bem com modelos estatísticos apropriados a fim de se determinar a

eficiência do método e futuras aplicações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MAVER-BISCANIN, M., *et al.* Fungicidal effect of diode laser irradiation in patients with denture stomatitis. **Lasers in Surgery and Medicine.** v. 35, p. 259-262, 2004.
- [2] GLASS, R. T., *et al.* Evaluation of the sanitization effectiveness of a denture-cleaning product on dentures contaminated with known microbial flora. An in vitro study. **Quintessence Int.** v. 35, n. 3, p. 194-199, 2004.
- [3] CAWSON, R. A; BINNIE, W. H., EVESON, J. W. **Atlas Colorido de Enfermidades da Boca.** 2. ed. São Paulo: Artes Médicas, 1997.
- [4] WEBB, B. C., *et al.* *Candida* associated denture stomatitis. A etiology and management: a review. Part 2. Oral diseases caused by *Candida species*. **Aust. Dent. J.,** Sidney, v. 43, n. 3, p. 160-166, June 1998.
- [5] WEBB, B. C., *et al.* A 2-year study of *Candida*-associated denture stomatitis treatment in aged care subjects. **Gerodontology.** Sydney, v. 22 n. 3, p. 168-76, Sep. 2005.
- [6] MAVER-BISCANIN, M., *et al.* Effect of Low-Level Laser Therapy on *Candida albicans* Growth in Patients with Denture Stomatitis. **Lasers in Surgery and Medicine.** v. 23, p. 328-332, 2005.
- [7] HARRISON, Z.; *et al.* An in vitro study into the effect of a limited range of denture cleaners on surface roughness and removal of *Candida albicans* from conventional heat-cured acrylic resin denture base material. **Journal of Oral Rehabilitation.** v. 31, p. 460-467, 2004.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Fundação de Medicina Tropical do Tocantins



Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos

ITPAC



Efeito fungicida sobre *Candida albicans* da terapia com lasers em baixa intensidade ($\lambda=655\text{nm}$) em modelos simuladores de próteses totais

Fabiana Ferreira Alves, Rosa Maria Machado de Sena, André Machado de Senna
Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos - ITPAC

INTRODUÇÃO

A mais comum desordem da mucosa oral nos usuários de prótese total é a estomatite protética, que é uma infecção fúngica também conhecida como candidíase crônica atrófica. Há uma prevalência relatada em 11 a 67% da população usuária de prótese total¹. Apesar de ser considerada multifatorial, o principal agente etiológico é a *Candida albicans*. O tratamento padrão para a estomatite protética consiste na terapia com drogas antifúngicas, o uso de agentes antimicrobianos para a higienização das próteses e a remoção da mesma para dormir.² Embora vários tipos de agentes de limpeza como hipocloritos, peróxidos, enzimas e ácidos sejam utilizados no controle microbiológico das próteses, a recidiva da doença é freqüente³. Desta forma, considera-se que há necessidade do desenvolvimento de novas modalidades de tratamento.⁴

OBJETIVO

Verificar a atividade antifúngica de laser de baixa intensidade sobre modelos simuladores de próteses totais, previamente contaminados com *Candida Albicans*.

METODOLOGIA

Modelos simuladores de próteses totais foram confeccionados com o mesmo material utilizado para bases de dentaduras (metilmetacrilato), nas cores rosa e transparente e submetidos a banho de ultra – som.⁵ Posteriormente foram secos e esterilizados em

autoclave a 121°C por 20 minutos.⁶ Estes foram inseridos em 100 mL de meio YEPD líquido contaminado com *Candida albicans* ATCC 10231. A mistura dos modelos e leveduras foi incubada a 37°C em 2 ciclos de 36 horas, sob aeração.⁷ Em seguida e em condições assépticas, os modelos foram separados do meio, secos à vácuo e submetidos a lavagem com 250 mL de salina estéril 0,9% e colocados em placas de Petri contendo filtros de papel estéreis para retirada do excesso de salina. Um modelo de cada cor foi aleatoriamente retirado e submetido à aplicação do laser de 655nm com uma dose de 3J/cm² em todas as superfícies.² O equipamento utilizado foi um laser de diodo marca Kondortech modelo Bio Wave LLLT, 30 Mw de potência e o tempo total de aplicação em cada modelo foi de 580 segundos. Posteriormente, cada modelo foi inserido em 10 mL de salina, homogeneizado em agitador vortex por 5 minutos e em seguida foram feitas diluições e semeadura em placas de petri contendo ágar Sabouraud dextrose com cloranfenicol pela metodologia *pour plate*. A seguir, foram incubadas por 48 horas em câmara incubadora BOD para avaliação dos resultados.

RESULTADOS

A tabela 1 mostra o resultado do número de unidades formadoras de colônias (UFC) para cada tipo de tratamento recebido e para cada cor de protótipo.

Tabela 1. Tipo do Tratamento e Número de UFC

Tipo de Modelo/ Tratamento aplicado	Número de UFC de <i>Candida albicans</i>
Modelo estéril / controle negativo	0
Modelo contaminado/ controle positivo	92 x 10 ³
Modelo transparente / laser 655nm	57 x 10 ²
Modelo rosa / laser 655nm	46 x 10 ²

A condição estéril inicial pôde ser comprovada pela não formação de UFC no experimento controle negativo; por outro lado, os protótipos contaminados sem receber nenhum tipo de tratamento tiveram a formação média de 92 x 10³ UFC, servindo como controle positivo da contaminação. Materiais de cores diferentes podem possuir coeficientes de absorção diferentes. Este fato poderia influenciar nos resultados encontrados, porém, todos os modelos deste estudo tiveram redução das UFC na ordem de uma grandeza, sugerindo que a cor da base da dentadura não tem interferência relevante na terapia com lasers em baixa intensidade (LILT) para o controle da estomatite protética originada por *C. albicans*. O fato de a LILT ter reduzido o número de UFC é relevante, o que corrobora com os dados encontrados em outros estudos^{4,5}, que observaram efeito fungicida da LILT. Há que se ressaltar que existem trabalhos que relatam serem os microrganismos transparentes à luz laser, fato que não endossaria os resultados aqui encontrados.

CONCLUSÕES

A terapia com lasers em baixa intensidade utilizando comprimento de onda de 655nm reduziu o número de

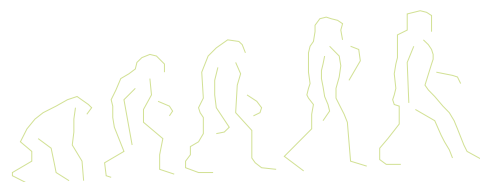
UFC de *Candida albicans* nos parâmetros utilizados neste estudo. Tratamento estatístico acurado e estudos extensivos devem ser utilizados para maiores esclarecimentos dos processos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MRAVAK,,S. M., et. al. Stimulating local factors in the development of denture stomatitis. **Acta Stomatol Croat** v.34,n.2,p.127-131,2000.
- [2] MAVER-BISCANIN, M., et. al. Fungicidal effect of diode laser irradiation in patients with denture stomatitis. **Lasers in Surgery and Medicine** v.35, p.259-262, 2004.
- [3] NIKAWA H., et.al. A review of in vitro and in vivo methods to evaluate the efficacy of denture cleansers. **Int J Prosthodont** v.12, p.153,1999.
- [4] MAVER-BISCANIN, M., et.al. Effect of Low-Level Laser Therapy on *Candida albicans* Growth in Patients with Denture Stomatitis. **Lasers in Surgery and Medicine** v.23 p.328-332, 2005.
- [5] ARITA M., et. al. Microbicidal efficacy of ozonated water against *Candida albicans* adhering to acrylic denture plates. **Oral Microbiol Immunol** v.20, p. 206–210,2005.
- [6] HARRISON, Z.. et al. An *in vitro* study into the effect of a limited range of denture cleaners on surface roughness heat-cured acrylic resin denture base material. **J. Oral Rehabil** Oxford, v. 31, n. 5, p. 460-467, May. 2004.
- [7] GLASS, R.T., et. al. Evaluation of the sanitization effectiveness of a denture-cleaning product on dentures contaminated with known microbial flora. An in vitro study. **Quintessence Int.** v.35, n.3, p.194-199, 2004.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos - ITPAC



Universidade Federal do Tocantins

UFT

UFT

Estudo de Aplicação dos Métodos Clusters e Seriação Ford para Análise do Acervo Arqueológico Resgatado no Programa SALTENS

Pedro Augusto da Costa Bertolin e Marcos Aurelio Camara Zimmermann
Núcleo Tocantinense de Arqueologia – NUTA

INTRODUÇÃO

A proposta deste projeto é trabalhar com dois métodos de análise estatística diferentes, e procurar as sinergias presentes em ambos. O primeiro método de seriação é o Ford, que é um método bastante usado pela arqueologia para analisar, entre outros, os fragmentos cerâmicos encontrados nos sítios, o que o torna muito específico para a compreensão de outros especialistas em áreas que não tenham certo contato com a arqueologia, visto que o gráfico resultante usa terminologia específica e uma disposição muito peculiar. Já o método de Clusters, é um método basicamente estatístico, que aceita vários padrões de variáveis, que, devidamente processadas, geram um gráfico de proximidades e semelhanças, o que pode ser exemplificado visualmente como uma árvore genealógica ou árvore de descendência de caracteres. Tal método é comumente utilizado nas áreas das Ciências Biológicas e da Paleontologia.

OBJETIVO

O presente trabalho visou a aplicação do método de Clusters e de Ford na seriação do material cerâmico resgatado no sítio Xupé II através do Projeto SALTENS - Programa de Levantamento, Monitoramento e Salvamento Arqueológico na Ferrovia Norte/Sul no Estado do Tocantins. Esse estudo baseou-se na comparação de semelhanças e diferenças entre os dois métodos de seriação e teve como objetivo definir qual dos dois é mais compatível com as pesquisas realizadas

pelo NUTA, Núcleo de estudos ao qual esse projeto está vinculado.

METODOLOGIA

O método Ford consiste na classificação dos fragmentos cerâmicos através da escolha de um determinado nível estratigráfico. Para a aplicação da seriação pelo método de Ford é necessária uma amostra mínima de 100 fragmentos, tendo em conta que em uma amostra desse tamanho estariam representados ao menos um fragmento de cada tipo cerâmico presente no sítio. Após a coleta randômica dos fragmentos, respeitando o limite mínimo de 100, é definida qual a característica que será adotada como ponto de partida para a seriação. Definidos tais padrões de comparação, representa-se cada tipo de uma forma percentual, devidamente calculada, a partir de uma amostra escolhida em relação a todos os cacos escolhidos, que nas ilustrações aparecem como uma barra horizontal colorida de acordo com cada corte a ser representado, que devem seguir uma ordem de ascensão e decadência harmoniosa e lógica. A metodologia de Clusters é uma forma de seriação estatística que busca identificar várias características comuns a um determinado grupo de objetos de estudo e atribuir a cada uma dessas características um valor, que pode ser de caráter evolutivo e/ou hereditário, ou um fator de presença e ausência para cada uma delas. Depois de identificados os objetos a serem estudados é feita uma tabela onde são inseridos os dados a serem analisados pelo método.

Confecciona-se, então, uma planilha de base, chamada de “Matriz”, que pode ser utilizada para a geração de uma árvore de descendência de caracteres.

RESULTADOS

Após o levantamento de informações referentes aos sítios resgatados pelo Programa SALTENS – Etapa I, que apresentaram material cerâmico, fez-se a seleção dos sítios que teriam condições de serem seriados pelo método Ford e, posteriormente, pelo método de Clusters. Dessa forma, o único sítio que apresentou real potencial para seriação foi o Sítio Xupé II, já que o mesmo apresentou o mínimo exigido de 100 fragmentos para a aplicação do Método Ford. Antes mesmo de definir a seriação deste sítio acima citado, fizemos uma seriação-teste com cada método. Os resultados que obtivemos mostraram que o método de Clusters não se adequou à proposta do presente projeto, tendendo a agrupar informações apenas pelo fator numérico, e não temporal. Tentou-se também agrupar as informações que receberiam um nome ou uma sigla específica, mas novamente o método tendeu a agrupar as variáveis de forma não conclusiva. Para a seriação pelo método Ford, os únicos problemas encontrados foram na análise do material, que era minuciosa demais para o método, o que acabou por gerar vários grupos. Concluiu-se, então, que a análise deveria ser simplificada para que o método fosse aplicado, mas somente durante a seriação, permitindo que a análise continuasse da mesma forma que havia sido iniciada.

CONCLUSÕES

Após a aplicação de ambos os métodos propostos ao acervo resgatado pelo Programa SALTENS Etapa I do sítio

Xupé II, foi possível concluir que, embora o método de Clusters seja bastante abrangente e de fácil aplicação, ele não supre as necessidades de informações específicas criadas durante uma pesquisa arqueológica. A tendência do método é de analisar as variáveis apenas como números que devem interagir entre si, desconsiderando fatores como nível e local do corte escolhido, o que acaba por tirar o caráter temporal agregado à seriação arqueológica, sendo que esses dados tem muita importância quando tentamos interpretar o sítio arqueológico. O método Ford de seriação, até mesmo por ser um método já direcionado à análise de material cerâmico, considera todos esses fatores, sendo o mais apto para as pesquisas realizadas dentro do NUTA, já que a aplicação do mesmo consegue extrair dos sítios uma quantidade considerável de dados para as pesquisas interdisciplinares realizadas no Núcleo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]ARAÚJO, R. G. Relatório Preliminar de Análise do Material Cerâmico Resgatado na Etapa I do Programa SALTENS. Porto Nacional: Núcleo Tocantinense de Arqueologia, 2005.
- [2]REIS, E. Análise de Clusters: Um Método de Classificação Sem Preconceitos. Lisboa: ISCTE, 1993.
- [3]MEGGERS, B. J. e EVANS, C. Como Interpretar a Linguagem da Cerâmica – Manual Para Arqueólogos. Washington, D.C.: Smithsonian Institution, 1970.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

PIBIC/CNPq através da Fundação Universidade do Tocantins – UNITINS.



Índice de

Autores

A

- Alain Georges Bruha e Fabio Coral Fonseca ...117
- Alex Cristóvão H. de Oliveira, Fernando Roberto de Andrade Lima e José Wilson Vieira ...67
- Aline dos Santos Bordoni e Adriana Silva de Albuquerque ...5
- Ana Letícia Bhering de Carvalho Costa e Mônica Maria de Abreu Mendonça Schwartzman ...7
- Ana Luiza Silva Lima, Lucia Viviana Canevaro ...205
- Ana Paula Alves e Andréa Vidal Ferreira ...9
- Ana Paula Salgado e Walsan Wagner Pereira ...207
- Anderson Johnson Medeiros Miron e Marcelo Siqueira Queiroz Bittencourt ...93
- André Luiz Nogueira e Tânius Rodrigues Mansur ...11
- Andréia Sayuri Horita e Mitiko Yamaura ...119
- Antonio José da Silva Santos e Martha Simões Ribeiro ...121

B

- Bernardo Furquim Werneck Marinho e Edésia Martins Barros de Sousa ...13

C

- Caio Roberto Picolomini Buongiorno e Maria Beatriz Bohrer-Morel ...125
- Carlos Eduardo Leitão e Nirlando Antônio Rocha ...15
- Caroline Hastenreiter Costa e Mitiko Yamaura ...127
- Cristiane Naomi Kamikawachi e José Roberto Martinelli ...129

D

- Daniel Scal e Reinaldo Jaques Jospin ...95
- Daniela Beatriz Benites e Paulo Rogério Pinto Coelho ...123
- Daniele Seo, Mitiko Saiki e Marina Beatriz Agostini Vasconcellos ...131
- Débora Montano Trombetta, Luiz Antonio Ribeiro da Rosa e Simone Coutinho Cardoso ...209
- Diego Salomone Bruno e Mauro Vitor de Oliveira ...97
- Diogo Neves Gomes da Silva e Elaine Rua Rodriguez Rochedo...211

- Djalma Rodrigues Filho e Ricardo Diniz ...133

E

- Eduardo Gurzoni Alvares Ferreira e Roberto Vicente ...135
- Eliel dos Santos e Reginaldo Muccillo ...137
- Emerson E. G. de Farias; Clovis A. Hazin; Eliane V. Honorato ...69
- Eraldo Cordeiro Barros Filho e José Roberto Martinelli ...139
- Erika Yumi Matsusaki, Patrick Jack Spencer ...141

F

- Fabiana Ferreira Alves, Rosa Maria Machado de Sena, André Machado de Senna ...239
- Fabrizio Assis Barros e Fernando Soares Lameiras ...17
- Felipe Costa Roza e Jorge Gomes Santos ...99
- Felipe Pires do Rio Mazur e Orientador: Dejanira da Costa Lauria ...213
- Felipe Semente Lima e Fabiana Farias de Lima Guimarães ...71
- Felipe Simas dos Santos, Silvia Maria Velasques de Oliveira...215
- Felipe Valli e Dr. José Oscar William Vega Bustillos ...143
- Felipe Zouain Pedroni e Kenya Dias da Cunha...217
- Fernanda dos Santos Arthuso e Dr. Carlos Roberto Jorge Soares ...145
- Fernanda Leite da Silva e Maria Angélica Vergara Wasserman...219
- Fernanda Pessoa de Carvalho Santos , Eliane Valentim Honorato e Ana Cláudia de Paiva ...73
- Fillipe Machado de Jesus e Rubens Souza dos Santos ...101
- Francine Menzel e Gaiane Sabundjian ...147

G

- Gabriel Barros de Oliveira e Vanusa Maria Feliciano Jacomino ...19
- Gabriela Márcia Ribeiro e Marco Antônio Dutra Quinan ...21
- Geraldo Corrêa Machado e Fernando Soares Lameiras ...23
- Geraldo Homero Ribeiro Neto e Silvério Ferreira da Silva Júnior ...25
- Giovanni Laranjo de Stefani e Thadeu das Neves Conti ...149

Guilherme Correa Menezes e Célia de Figueiredo Cordeiro Neves ...27
Guilherme Rodrigues Bittencourt, Karla Cristina de Souza Patrão...221
Guilherme Zuccolotto Soriano e Adonis Marcelo Saliba Silva ...151
Gustavo Alves Moreira e Wagner Reis da Costa Campos ...29

H

Hugo Takao Yamaura Oda e Mitiko Yamaura ...153

I

Italo Soares Santos e Carmen Cecília Bueno Tobias ...155

J

Jadiel Barbosa da Silva e Gloria Regina S Wildhagen ...103
João Carlos Santana de M. Pereira, Carlos Henrique Mesquita e Margarida M. Hamada ...157
João Francisco Trencher Martins e Margarida Mizue Hamada ...159
João Gabriel Camargos de Paula e Lucia Maria Laboissière de Alencar Auler ...31
João Guilherme Gironde de Almeida Rossi e Mitiko Saiki ...161
Joaquim Matheus Santiago Coelho e Maria Beatriz Bohrer-Morel ...163
José Sergio Bleckmann Reis Junior e Antonio Carlos de Oliveira Barroso ...165
Julia Brandini Barboza, Edson Luís Tocaia dos Reis e Maria Aparecida Faustino Pires...167
Juliana Salles Farias e Paulo Victor Rodrigues de Carvalho ...105
Julio César Serafim Casini, Hidetoshi Takiishi e Rubens Nunes de Faria Junior ...169
Jussara Brant de Carvalho e Rubens Martins Moreira ...33

L

Leandro Assis Magalhães e Adelina Pinheiro Santos ...35
Letícia Lopes de Souza e Christina A. L. G. de O. Forbicini ...171
Lígia Santana de Faria e Marcos Machado Drumond ...37
Lucas Gatti Domingues e Luciana Vanni Gatti ...173

Luíza de Oliveira Hudson e Raquel Gouvêa dos Santos ...39

M

Marco Antonio Costa Cardoso, Luiz Antonio Ribeiro da Rosa e Simone Coutinho Cardoso...223
Maria da Conceição de F. Fragoso, Mércia L. Oliveira, Marcus Aurélio P. dos Santos ...75
Mariana Elisa Aguiar Prado Pereira, Fernando Roberto Andrade Lima e José Wilson Vieira ...77
Mariana Pimenta Alves e Jefferson José Vilela ...41
Mário Ageu Simonssini e Leandro Hostalácio Freire de Andrade ...175
Matheus Neves Lana e Ana Maria Matildes dos Santos ...43
Mauro Ferreira da Silva Filho e Gaiandê Sabundjian ...177
Mauro Wilson Oliveira da Silva e Lucia Viviana Canevaro...225
Maximiano Correia Martins e Denison de Souza Santos...227
Mônica Guimarães Vieira e Juliana Batista da Silva ...45

N

Naira Cristina Abud Louro e Mitiko Saiki ...179
Natalia Cássia do Espírito Santo Nascimento e Clóvis Abrahão Hazin ...79
Nathalia Souza de Araujo e Mitiko Saiki ...181

P

Paõlla Chrystine Pinheiro Patrício e Maria Ângela de Barros Correia Menezes ...47
Patrícia Cristine Paques Silva e Maria Elisa Chuery Martins Rostelato ...183
Paulo Vitor Leite Penachio, Douglas Alves Cassiano e Fátima Maria Sequeira de Carvalho ...185
Pedro Augusto da Costa Bertolin e Marcos Aurelio Camara Zimmermann ...243
Pedro Mol Couto e Antônio Carlos de Abreu Mol ...107
Priscila Ferreira Chaves e Martha Simões Ribeiro ...187

R

Rachel Cardoso Chicralla e Isaac José Antonio Luquetti dos Santos ...109

Rafael de Souza Almeida e Silvério Ferreira da Silva Júnior ...49
Raphael Gomes de Paula e Célia de Figueiredo Cordeiro Neves ...51
Raquel Duarte Azevedo, André M. de Senna e Rosa Maria M. de Sena ...235
Renan Mello Magalhães e Maximiliano D. Martins ...53
Renata Amaral da Silva e Rubens Souza dos Santos ...111
Ricardo Braz Ferreira da Silva, Mércia Liane de Oliveira e Clovis A Hazin ...81
Rodrigo Souza Neves e Ana Maria Pinho Leite Gordon ...189
Romero Barbosa de Assis e Eliane Valentim Honorato ...83
Rosana de Souza e Silva e Denison de Souza Santos...229
Rosana Jobski Andrade e George Uemura ...55

S

Shaiene de Menezes Lopes e Cláudio Márcio do Nascimento Abreu Pereira ...113
Shirley Leite dos Reis e Eliana Navarro dos Santos Muccillo ...191
Sofia de Oliveira Parreiras e Maximiliano Delany Martins ...57
Sueli Yamagishi e André Luís Lapolli ...193

T

Tennyson Accetti Resende Filho, Fernando Roberto Andrade Lima e José Wilson Vieira ...85
Thiago Oliveira dos Santos, Eliane Valentim Honorato e Emerson E. Gualberto de Farias ...87
Thiago Xavier dos Santos e Wilmar Barbosa Ferraz ...59
Tiago Nísio Gonçalves e Wagner Reis da Costa Campos ...61

V

Vanessa Danielle Magalhães e Maria Aparecida P Camillo ...195
Vera Yolanda Gamino Tadeu Panelli e Anna Lucia Casañas Haasis Villavicencio ...197
Vitor César de Assis Viana e Maria Angélica Vergara Wasserman...231
Vítor Miranda de Oliveira, Esperidiana Augusta Barretos de Moura ...199
Viviane Pereira Goulart e Denise Maria Zezell ...201

W

Wellington Gomes de Andrade e Fabiana Farias de Lima ...89
Wellington Gonçalves Barcelos e Adriana Silva de Albuquerque ...63

