

OTIMIZAÇÃO DA TÉCNICA DE DETECTORES DE ESTADO SÓLIDO DE TRAÇOS NUCLEARES

*Ilzi Zampa Muniz Silva**
*Rudnei Karam Morales***

RESUMO

O presente trabalho estudou a otimização das etapas de revelação e de contagem dos traços de partículas alfa. Foram usados os detectores orgânicos policarbonatos Makrofol DE, Lexan e carbonato Tastrak. Nos três detectores foi utilizado o ataque eletroquímico a temperatura ambiente e menor tempo de revelação com resultados satisfatórios. Foi implementado um sistema automático de contagem de traços, acoplado microscópio a computador. Este sistema resultou considerável economia de tempo na contagem de traços, apresentando eficiência de contagem de, aproximadamente, 97% e reprodutibilidade de leitura de 0,3% em relação à leitora-copiadora de microfichas. Foram levantadas as curvas de eficiência de detecção, que apresentaram a forma gaussiana esperada. Os resultados obtidos com estes detectores estão sendo utilizados na detecção de radônio e filhos.

INTRODUÇÃO

Os detectores de estado sólido de traços nucleares (SSNTD) são materiais sólidos isolantes, que sofrem danos em sua estrutura pela interação com partículas ionizantes. A região de danos é quimicamente mais reativa que o resto da estrutura do material não danificado. Esses danos são chamados “traços latentes” [1,2,3,4,5]. A transformação

* Engenheira da Eletronuclear – Mestre em Engenharia Nuclear.

** Engenheiro do IME – Mestre em Engenharia Nuclear.

do traço latente em traço visível é realizada por ataque químico, por ataque eletroquímico ou pela combinação de ambos. Como efeito da aplicação destas técnicas, os diâmetros dos traços passam a ser da ordem de $3\mu\text{m}$, após ataque químico, e em torno de $150\mu\text{m}$, após ataque eletroquímico [6, 7].

A eficiência de detecção de traços no detector depende do tipo de partícula detectada e das condições utilizadas nas etapas de revelação e contagem dos traços. Daí a importância da otimização das etapas de revelação e contagem dos traços [8].

DETECTORES ORGÂNICOS UTILIZADOS

Neste trabalho, foram utilizados os detectores orgânicos Makrofol DE de $300\mu\text{m}$ de espessura, Lexan de $260\mu\text{m}$ e Tastrak de $1.000\mu\text{m}$, utilizando ataque eletroquímico [8].

Os policarbonatos Makrofol DE e Lexan são susceptíveis ao ataque eletroquímico. O Tastrak é o detector mais recente lançado no mercado sendo recomendado pelo fabricante o ataque químico convencional para a revelação dos traços [8].

O Lexan é um plástico transparente, fornecido com as duas faces cobertas por membranas plásticas protetoras (mylar) de espessuras, respectivamente, de $26\mu\text{m}$ e $50\mu\text{m}$, a face irradiada é a coberta com o plástico de menor espessura e de aspecto fosco [8].

No Makrofol DE, as faces são diferentes, uma lisa e brilhante e a outra levemente fosca. A face a ser irradiada é a brilhante [8].

O detector Tastrak é um plástico transparente. Ambas as faces do plástico podem ser irradiadas e vem protegidas com mylar a ser retirado ao se irradiar o detector [8].

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Sistema de Irradiação

Os detectores foram cortados em quadrados de, aproximadamente, 4cm^2 de área. Foram irradiados durante 30 segundos por uma fonte de ^{241}Am , de 144 Bq. A irradiação é feita em contato direto e em geometria 2p com o detector.

Sistema de Revelação

O sistema utilizado para o ataque eletroquímico foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisas Nucleares de Karlsruhe, na Alemanha e compõe-se de duas partes: o sistema de

alta tensão e câmara de ataque eletroquímico. O experimento é desenvolvido à temperatura ambiente. O reagente utilizado na revelação dos traços foi o KOH. A concentração mais adequada foi 8N de KOH, em uma mistura em volume de 80% de KOH e 20% de álcool etílico. O pré-ataque foi de 1 hora (ataque químico) e o ataque eletroquímico de 3 horas. Para os detectores policarbonatos Lexan e Makrofol DE utilizou-se 800V a 2kHz, e para o carbonato Tastrak a tensão elétrica aplicada foi de 1.900V a 8kHz [8].

Sistema de Contagem

O sistema de contagem consiste de um microcomputador acoplado a um microscópio por uma câmara de vídeo. Foi utilizado o “software Imagem Pró-Plus”, que permite o tratamento, a digitalização e a contagem da imagem digitalizada automaticamente. Este *software* é específico para análise metalográfica e foi adaptado com total eficiência para contagem de traços em plásticos [8].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Radiação de Fundo

Vinte detectores não irradiados de cada tipo foram submetidos a ataque eletroquímico para se determinar o número de traços provenientes da radiação de fundo, Tabela 1.

Detectores	Traços/cm ²
Lexan	25 ± 6
Makrofol DE	180 ± 25
Tastrak	0

Tabela 1: Valor Médio e Desvio Padrão da Contagem da Radiação de Fundo

Diâmetro dos Traços

Observa-se que o aumento da densidade de traços reduz o tamanho dos traços, o que pode ser explicado pelo fenômeno de interrupção do arvoreamento [8]. Para verificar este comportamento, foram irradiados 18 detectores Lexan, e verificado o comportamento do

diâmetro dos traços no intervalo de 15 a 240 segundos de exposição à fonte de ^{241}Am , Figura 1.

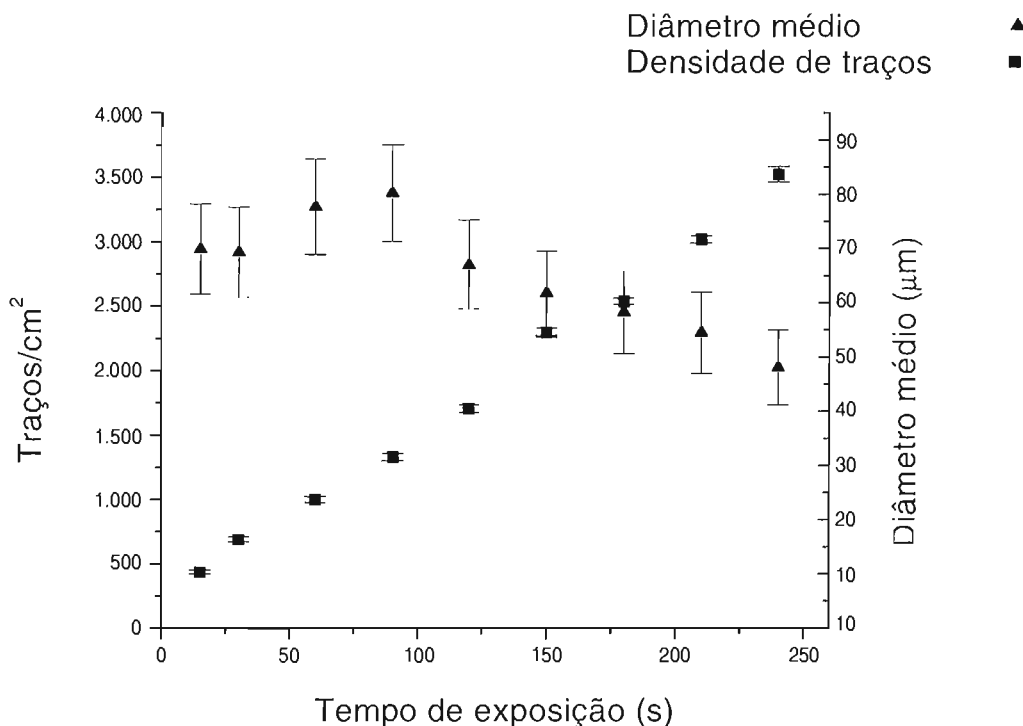


Figura 1: Diâmetro Versus Densidade de Traços

Saturação de Traços no Sistema de Contagem Automática

Foi verificada a capacidade máxima de contagem de traços do sistema de contagem automática, utilizando o detector Lexan. Variou-se o tempo de exposição da fonte de 15 a 310 segundos, e observou-se que a contagem dos traços saturava acima de 240 segundos em, aproximadamente, 3500 traços/cm², Figura 2.

Energia

Para se determinar a energia da partícula incidente na qual o detector apresenta maior eficiência para as condições de revelação estabelecidas, diferentes espessuras de absorvedor

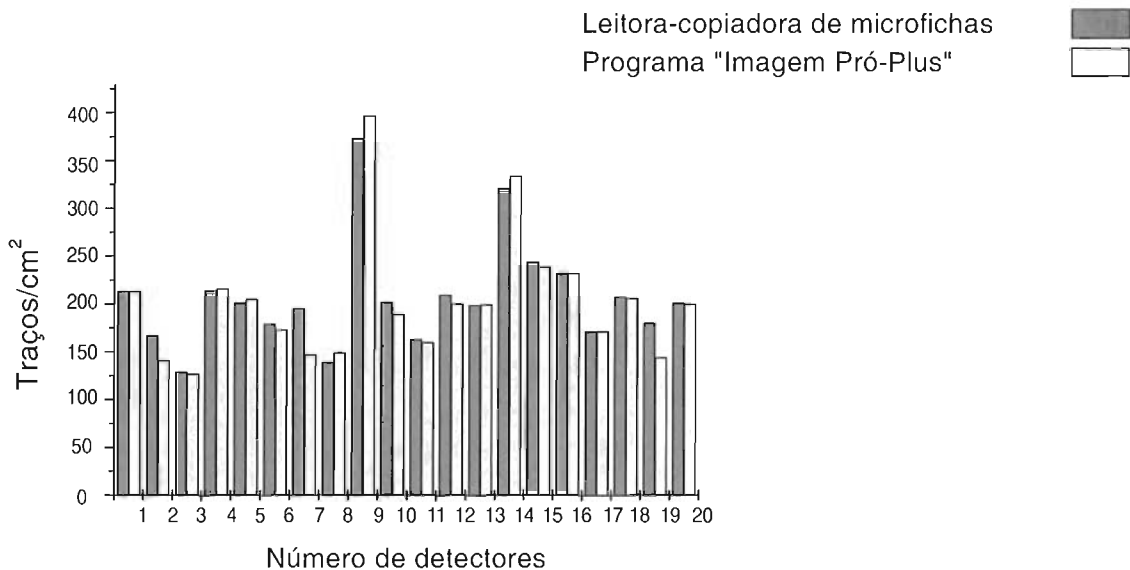


Figura 4: Eficiência de Contagem Comparando a Leitora-Copiadora de Microfichas e o Programa "Imagem Pró-Plus"

Reprodutibilidade da Leitura

Este trabalho determinou a reprodutibilidade da leitura no sistema de contagem utilizado. Para isto, um detector Lexan irradiado e revelado, foi contado 20 vezes, utilizando a mesma rotina, Figura 5. A reprodutibilidade foi de 0,3%, com intervalo de confiança de 95%, utilizando a distribuição t de *Student, bicaudal* [8].

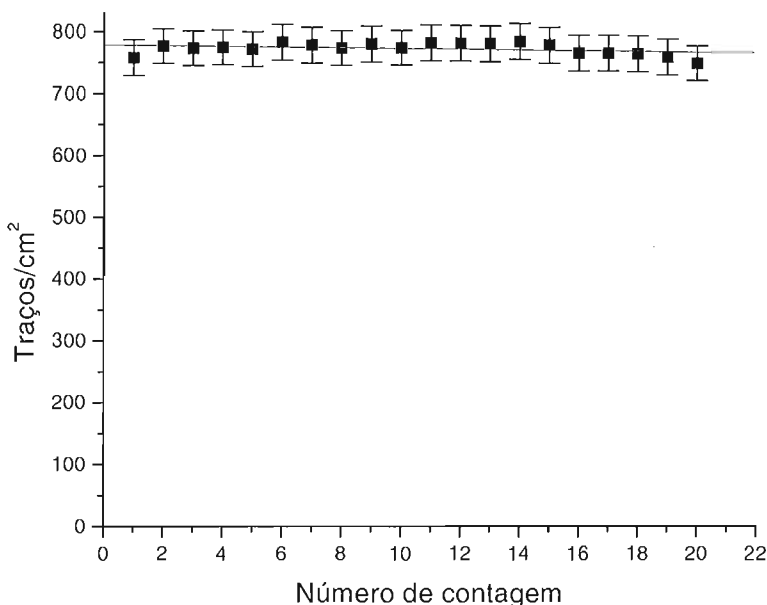


Figura 5: Comparação das Medidas Feitas no Detector Lexan

Reprodutibilidade da Técnica

Um teste de reprodutibilidade foi realizado em um conjunto de 14 detectores Lexan irradiados e revelados, Figura 6. Por ser o processo de irradiação manual, as diferenças dos resultados podem ser atribuídas a erros introduzidos na irradiação, à variação de traços produzidos pela radiação de fundo e ao erro introduzido pelo sistema de contagem utilizado.

A reprodutibilidade da técnica calculada foi de 7% [8]. Este resultado mostra a necessidade de se repetir esta experiência utilizando um maior número de amostras.

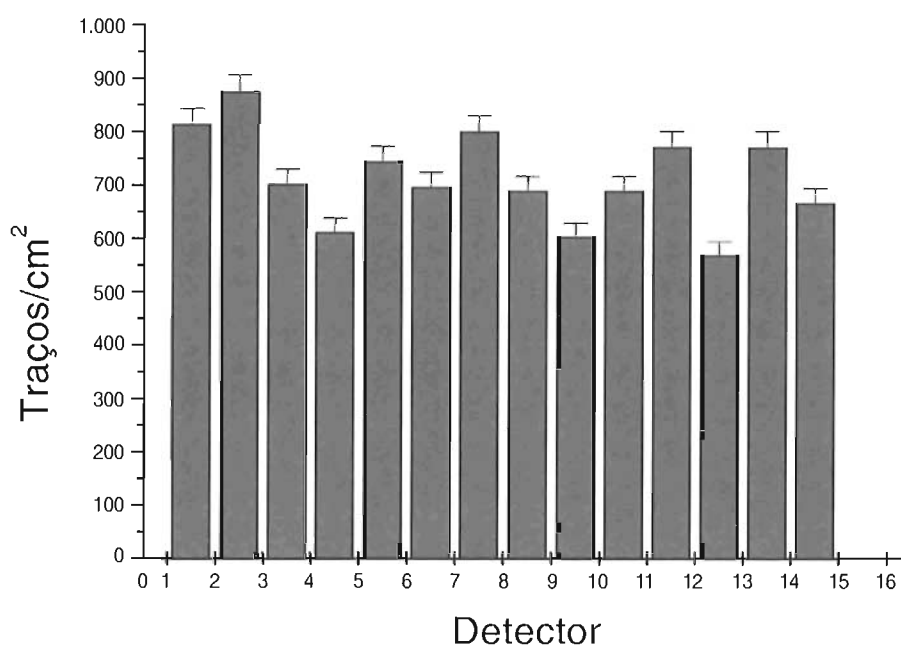


Figura 6: Detectores Conclados para se Verificar a Reprodutibilidade da Técnica

CONCLUSÕES

O fabricante do detector Tastrak recomenda o ataque químico convencional. Neste trabalho, o detector Tastrak foi submetido às condições do ataque eletroquímico com resultados satisfatórios.

Em baixas frequências, os traços não são desenvolvidos, o que se explica pela grande amplitude do movimento dos íons, de forma a se ter no local dos traços, baixa densidade de

íons. À medida que se aumenta a frequência, a amplitude do movimento dos íons diminui, resultando maior densidade de íons e, conseqüentemente, aumento do diâmetro e da densidade de traços revelados.

Para evitar condições de pré-ataque mais severas, devem ser utilizados absorvedores adequados de energia sobre a face do detector a ser irradiada, conforme a energia da partícula a ser observada. O detector Lexan é fornecido pelo fabricante com um plástico protetor de 26 μ m, o que o torna eficiente para partículas de energia de 5,48MeV. Os detectores Makrofol DE e Tastrak necessitam do uso do absorvedor para esta energia.

Foram levantadas as curvas de eficiência de detecção, que apresentaram a forma gaussiana esperada.

A implementação do sistema de contagem automática proporcionou, em relação a leitora-copiadora de microfichas, maior velocidade na contagem, redução de tempo, economia de material, precisão no número de eventos analisados, capacidade de armazenamento dos dados e padronização na interpretação e leitura dos eventos analisados. O processo de contagem manual dos traços, para um lote de vinte detectores consome, em média, dois dias. O programa “Imagem Pró-Plus” realiza esta operação em duas horas. O sistema automático de contagem, que é utilizado em análises metalográficas, foi adaptado para contagem de traços nucleares com eficiência de, aproximadamente, 97% em relação ao sistema leitora-copiadora de microfichas e com reprodutibilidade de leitura de 0,3%, o que comprova o sucesso da implementação executada. Ambos os sistemas apresentam limitação de contagem. Na leitora-copiadora de microfichas fica em torno de 3.000 traços/cm² [9] e no programa “Imagem Pró-Plus”, em torno de 3.500 traços/cm² [8].

CT

REFERÊNCIAS

- 1 – DA SILVA, S. O. *Estudo dos Parâmetros do Ataque Eletroquímico na Detecção de Fragmentos de Fissão com Detectores de Estado Sólido Traços (SSTD)*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 1979.
- 2 – DE PAULA, V. M. *Levantamento da Concentração de Radônio em Residências do Município de Monte Alegre, PA*. Tese de Mestrado, UFRJ, 1999.
- 3 – COUTO, M. S. *Determinação de Urânio em Tubérculos pela Técnica do Registro de Traços de Fissão*. Tese de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 1980.
- 4 – MORALES, R. K. *Determinação da Concentração de Urânio em Cinzas de Carvão, Provenientes de Usinas Termoelétricas do Sul do Brasil, pela Técnica de Registro de Traços de Fragmentos de Fissão*. Tese de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 1981.
- 5 – RIO DOCE, A. P. C. *Determinação da Taxa de Concentração de Rn-222 em Materiais de Construção*. Tese de Mestrado, UFRJ – COPPE, 1997.

- 6 – PEREIRA, J. F. A. et alii. *Técnica de Medida do Radônio no Ar Utilizando um Detector Plástico de Traços*. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN, ISSN-0101-6148, 1983.
- 7 – ILIÉ, R. *Damage Track Detectors for Alfa Particle Registration Track Formation and Detector Processing*. Proceedings of the International Workshop on Radon Monitoring in Radioprotection, Environmental Radioactivity and Earth Sciences, World Scientific Publishing, p. 133-144, 1989.
- 8 – SILVA, I. Z. M. *Otimização da Técnica de Detectores de Estado Sólido de Traços Nucleares*. Tese de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 2000.
- 9 – URBAN, M. et. alii. *Radon Measurements in Mines and Dwellings*. FK 3866 CNEN 1101, 1985.



Faça agora o seu pedido de assinatura e receba em seu endereço os três números anuais da *Revista Militar de Ciência e Tecnologia* para 2002

Valor da Assinatura Anual: R\$ 40,00

Envie vale postal ou cheque dos correios, nominal à **“Biblioteca do Exército”** para efetuar sua assinatura.

DADOS CADASTRAIS

Nome			Profissão		
Militar	<input type="checkbox"/> Ativa	<input type="checkbox"/> Reserva	OM	Posto/Grad	Prec-CP
Endereço			Nº	Complemento	
Rua					
Cidade			UF	CEP	
Tel		Fax		E-mail	

BIBLIOTECA DO EXÉRCITO

Palácio Duque de Caxias – Praça Duque de Caxias, 25 – Ala Marcílio Dias – 3º andar
CEP 20221-260 – Rio de Janeiro-RJ

Assinaturas: 0800 238365 (grátis) ou (0XX-21) 2519-5715 Fax: (0XX-21) 2519-5569

Home Page: <http://www.bibliex.eb.br> — E-mail: bibliex@ism.com.br