

CORRELAÇÃO INTERAÇÃO RADIAÇÃO-MATÉRIA E RADIOGRAFIAS PARA MATERIAIS VÍTREOS

Lorena da Cunha Furioso (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Viviane Oliveira Soares, Robson Ferrari Muniz (Orientador), E-mail: rfmuniz@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas e da Terra,
Maringá, PR

Área e subárea do conhecimento: Física, Física da Matéria Condensada

Palavras-chave: Radiopacidade; sistemas vítreos inteligentes; seção de choque.

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados relacionados à capacidade de sistemas vítreos interagirem com radiação ionizante por meio de radiografias digitais. Foi estudado sistemas vítreos de silicato de cálcio e sódio com diferentes composições, adicionados de óxidos BaO, TeO₂ e Bi₂O₃. A radiopacidade foi quantificada pelos níveis de cinza, tendo como complemento um penetrômetro de alumínio para calibração de cores e equivalência mmAl. Os resultados mostraram que a amostra adicionada de bismuto apresentou o maior coeficiente de atenuação de massa (MAC = 2,28 cm²/g), seguida pelas amostras dopadas com bário e telúrio, de 1,85 cm²/g e 1,47 cm²/g, respectivamente. A análise da curva de calibração em mmAl indicou um aumento na equivalência de alumínio entre 1,5 e 8,7 mm para as amostras vítreas, com o maior valor observado para a amostra dopada com bismuto. A correlação observada para o aumento da radiopacidade sugere uma maior seção de choque, resultando em uma maior atenuação dos raios X.

INTRODUÇÃO

A radiopacidade de vidros é uma propriedade relacionada à capacidade do material de absorver ou atenuar a passagem de radiação ionizante. A interação entre a radiação e a matéria depende das características da radiação incidente e dos átomos do meio (BUSHBERG *et al.*, 2012).

A interação da radiação eletromagnética com a matéria pode ser dada pela relação probabilística da chamada seção de choque. A seção de choque está relacionada com o coeficiente de atenuação linear total, que governa a passagem de fótons através da matéria (PODGORSK, 2006).

O coeficiente de atenuação é um parâmetro calculado a partir da soma das diversas atenuações no meio devido à absorção fotoelétrica, efeito Compton e formação de pares. Para cada probabilidade de interação, há um fator de atenuação, que representa a fração de fóton, em uma determinada energia, que não interage na espessura do material (SOARES, 2008).

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo envolveu a análise de sistemas vítreos silicato de cálcio e sódio ($50\text{SiO}_2-10\text{CaO}-19\text{Na}_2\text{O}_3-20\text{CaF}_2-1\text{Al}_2\text{O}_3$), bem como os enriquecidos com óxidos modificadores e formadores BaO, TeO_2 e Bi_2O_3 . As amostras foram caracterizadas a partir de radiografia digitais com equipamento radiográfico odontológico periapical e oclusal da marca XDent, modelo X70 com capacidade de tensão nominal de 70 kVp e corrente no tubo de 7,8 mA. Com as amostras sob um sensor digital, foram realizadas radiografias a uma distância de 15 cm do tubo de Raios X.

Ao lado das amostras, foram radiografados penetrômetros de alumínio para padronização do nível de cinza. A partir das imagens radiográficas, foram analisadas as radiopacidades das amostras por meio do *software Adobe Photoshop*, e então estudado a correlação dos tipos de interação da radiação ionizante com os materiais vítreos e as radiografias odontológicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as imagens radiográficas das amostras. É possível observar que as radiografias obtidas apresentam padrões de cinzas distintos para cada composição das amostras. O aumento da radiopacidade das amostras pode ser qualitativamente verificado por observação direta das radiografias, nas quais a amostra de base apresenta o menor valor de radiopacidade, enquanto a amostra dopada com bismuto apresenta o maior valor. No caso da obtenção da imagem por Raio X, dois tipos de interação são importantes: Efeito Fotoelétrico e Compton. Em energias de exames odontológicos, a interação que prevalece é o Fotoelétrico (FRANZEL; GERLACH, 2009).

No Espalhamento Compton, o fóton do Raio X é desviado de sua trajetória após a interação com a matéria, podendo interagir com outros átomos ou sofrer um novo desvio de sua trajetória não retilínea. Como a obtenção das imagens radiográficas dependem da diferença de densidade entre os materiais, uma trajetória não retilínea resulta em um prejuízo na interpretação das diferentes densidades e borramento do contorno da imagem. Assim, é desejado que não ocorra o efeito Compton, prevalecendo, o Fotoelétrico. Porém, para materiais com alto Z, a energia de transição em que o Compton se torna dominante é significativamente maior.

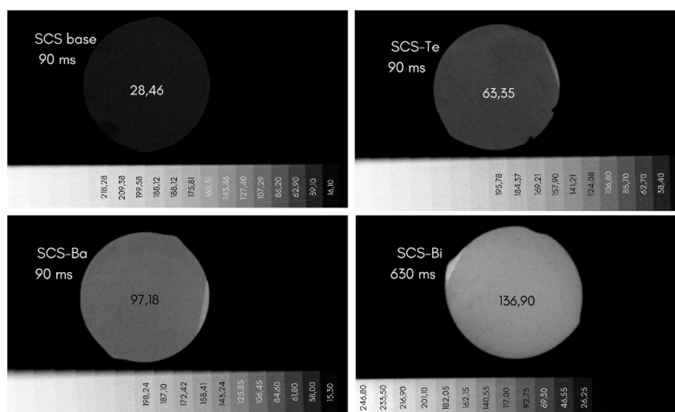


Figura 1 – Radiografias digitais, com penetrômetro de calibração, das amostras analisadas.

A Figura 2 apresenta a curva de calibração obtida para a escala de cinza em mmAl (para as duas faixas de energia utilizadas) e os milímetros de Al equivalente para 1 mm das amostras vítreas. O aumento dessa equivalência varia entre 1,5 e 8,7 mm, sendo o maior valor observado para a amostra contendo bismuto. O Coeficiente de Atenuação Linear (LAC) e o Coeficiente de Atenuação de Massa (MAC) a 60 keV foram determinados. Para a amostra base, o LAC e o MAC foram de $0,85 \text{ cm}^{-1}$ e $0,31 \text{ cm}^2/\text{g}$, respectivamente. Para a amostra contendo telúrio, os valores de LAC e MAC foram $4,26 \text{ cm}^{-1}$ e $1,47 \text{ cm}^2/\text{g}$; para a amostra com bário, $5,65 \text{ cm}^{-1}$ e $1,85 \text{ cm}^2/\text{g}$; e para a amostra com bismuto, $8,99 \text{ cm}^{-1}$ e $2,28 \text{ cm}^2/\text{g}$. Essas propriedades estão diretamente relacionadas à radiopacidade do material, o que justifica o alto valor observado para o bismuto.

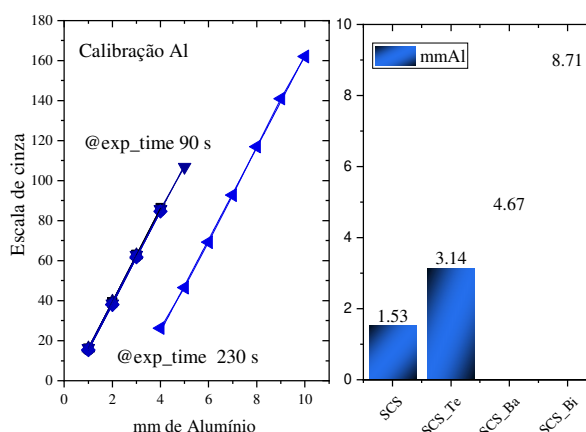


Figura 2 – Curva de calibração escala de cinza-mmAl e milímetros de Al equivalente para 1 mm das amostras vítreas.

CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a radiopacidade de vidros de silicato de cálcio e sódio aumenta significativamente com a dopagem de óxidos de elementos de alto número atômico, como Bi_2O_3 , BaO e TeO_2 . As amostras dopadas com bismuto apresentaram os maiores coeficientes de atenuação linear ($8,99 \text{ cm}^{-1}$) e de massa ($2,28 \text{ cm}^2/\text{g}$), destacando-se por sua maior capacidade de absorção de radiação ionizante. A correlação entre o número atômico dos dopantes e o aumento da radiopacidade confirma a eficácia desses materiais em aplicações que exigem elevada proteção radiológica e qualidade de imagem, especialmente em energias utilizadas em radiografia odontológica, onde o efeito fotoelétrico prevalece. Assim, a dopagem com elementos de alto Z se mostra uma estratégia eficiente para otimizar vidros destinados à proteção contra radiação. Estudos futuros podem expandir essa aplicação para outras áreas e investigar novos dopantes.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC, CNPq, Fundação Araucária, UEM, LRMV e todos os envolvidos pela colaboração, com auxílio financeiro e disponibilização de laboratórios, para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BUSHBERG, J. T.; SEIBERT, J. A.; LEIDHOLDT JR, E. M.; BOONE, J. M. **The Essential Physics of Medical Imaging**. 3. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 2012.

FRANZEL, W.; GERLACH, R. The irradiation action on human dental tissue by X-rays and electrons – a nanoindenter study. **Zeitschrift Für Medizinische Physik**. v. 19, p. 5-10, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2008.10.009>. Acesso em: 12 ago. 2024.

PODGORSK, E. B. **Radiation Physics for Medical Physicists**. New York: Springer, 2006.

SOARES, J. C. A. C. R. **Princípios de Física em Radiodiagnóstico**. 2. ed. São Paulo: Colégio Brasileiro de Radiologia, 2008.