

DOSE RESPOSTA DA SOLUÇÃO GEL DE ALANINA PARA RADIAÇÃO DE ^{60}Co E FEIXES CLÍNICOS DE FÓTONS E A DETERMINAÇÃO DO TEMPO ÓTIMO DE ARMAZENAGEM DO GEL PRÉ - IRRADIAÇÃO

Cléber Feijó Silva^{1,2}, Letícia Lucente Campos¹

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN, São Paulo, Brasil, cfsilva@ipen.br

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN, São Paulo, Brasil, lcredri@ipen.br

² Faculdade Método de São Paulo (FAMESP), São Paulo, Brasil, cfsilva@ipen.br

Resumo: A resposta em função da dose da solução gel de Alanina para a radiação de ^{60}Co e feixes clínicos de fótons, e o tempo ótimo de armazenagem do gel antes da irradiação foram avaliados, visando a futura utilização como dosímetro 3D na área médica, já que esta área carece de um instrumento de medição de dose tridimensional.

Palavras chave: dosimetria gel, feixes clínicos de fótons, radiação de ^{60}Co , estocagem pré-irradiação.

1. INTRODUÇÃO

A Dosimetria Gel nasceu em 1984, quando Gore [1] propôs combinar o sistema Fricke em uma matriz em forma de gel com a técnica de Imagem por Ressonância Magnética (IRM). A partir deste momento, outros géis foram desenvolvidos com diferentes composições como BANANA e os Géis Poliméricos [2], pois o mapeamento tridimensional da distribuição de dose absorvida no volume de interesse tornou-se extremamente importante para verificar se o tratamento radioterápico foi aplicado adequadamente.

Em 2006, Mizuno [3] desenvolveu um novo material em forma de gel, que apresentou uma melhora significativa em relação aos sistemas anteriores a base de solução de Alanina desenvolvida por Costa [4].

A Alanina é um aminoácido equivalente ao tecido para efeitos da interação da radiação com a matéria, é estável e de baixo custo, por isso o seu uso como dosímetro.

O princípio de funcionamento do dosímetro gel de Alanina é baseado na variação da concentração dos íons Ferrosos (Fe^{2+}) presentes na solução e Férricos (Fe^{3+}) produzidos pela radiação, que podem ser medidos através da técnica de Espectrofotometria. O papel da Alanina é intensificar a produção de íons Férricos induzidos pela radiação.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar o tempo ótimo de armazenagem do gel pré-irradiação e comparar a resposta óptica da solução gel de Alanina para radiação de ^{60}Co e feixes clínicos de Fótons empregando a técnica de espectrofotometria.

3. METODOLOGIA

3.1. Dosímetro gel de Alanina

O dosímetro Alanina gel foi preparado de acordo com Mizuno [3] usando gelatina 300 Bloom. As amostras foram colocadas em cubetas de acrílico e mantidas em temperatura de 10°C durante 24 h (tempo ótimo de estocagem). Antes da irradiação o dosímetro é retirado da geladeira para entrar em equilíbrio térmico com o ambiente. A composição química do sistema dosimétrico é mostrada na tabela 1.

Tabela 1. Composição química do sistema dosimétrico.

Componentes	C(mol/L)
Sulfato Ferroso Amônico	0,001
Xilenol	0,0002
Ácido Sulfúrico	0,2375
DL-Alanina	0,6735
Água Tri-distilada	5,55
Gelatina (300 Bloom)	10% do volume de água tri-distilada

3.2. Suporte de Acrílico

Para irradiação com fótons foi confeccionado um arranjo especial de acrílico, de forma que as cubetas são posicionadas no centro para facilitar a irradiação. Como pode ser observado na figura 1.

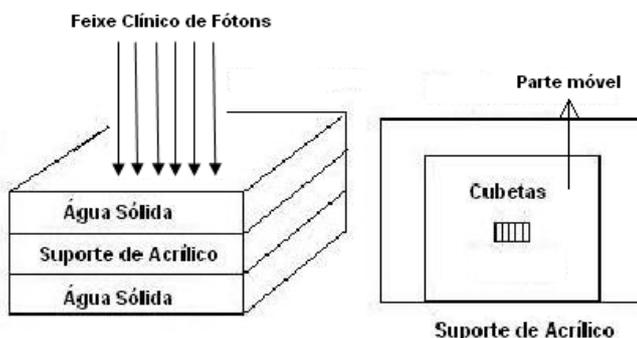


Fig. 1. Suporte de Acrílico para irradiação de amostras de solução de alanina gel.

3.3. Irradiação com ^{60}Co

Para as irradiações no irradiador 4π de ^{60}Co , o arranjo de irradiação constou de um conjunto de 4 cubetas alojadas em uma capa de equilíbrio eletrônico com paredes de acrílico de 4 mm de espessura, que é material tecido-equivalente para efeitos do comportamento da penetração da radiação gama do ^{60}Co . Com dose de 30 Gy e tempo de estocagem entre 0 e 54 h. Para avaliar a resposta em função da dose, as doses aplicadas foram entre 0,5 e 50 Gy e taxa de dose constante de 2,36 kGy/h. Sendo a energia efetiva de 1,25 MeV.

3.4. Irradiação com Fótons

O acelerador linear Clinac 2100-C Varian pertencente ao Departamento de Radiologia do Hospital das Clínicas foi utilizado para irradiação com fótons. O campo de irradiação utilizado foi $10 \times 10 \text{ cm}^2$ com energia nominal de aproximadamente 2 MeV (6MV) e profundidade de máxima dose de 1,5 cm. Para garantir o retroespalhamento e que a profundidade de máxima dose esteja no centro da cubeta durante a irradiação, foram colocadas placas de água sólida tanto em cima quanto em baixo do suporte de acrílico. A taxa de dose foi de 320 cGy/h com doses entre 0 e 40 Gy.

3.5. Leitura do sinal óptico

A leitura da densidade óptica foi efetuada empregando um espectrofotômetro Shimadzu UV-2101 PC conforme os parâmetros descritos na tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros do espectrofotômetro.

Parâmetros	Valores
Intervalo de comprimento de onda	400 - 700 nm
Fonte de Luz	Tungstênio e Deutério
Largura da fenda	2 nm
Absorvância	-9.999 - +9.999 %
Transmitância	-999.9 - +999.9 %
Velocidade de Varredura	1600 (fast e intervalo de 2nm)
Precisão	0.1 nm

Todos os valores apresentados correspondem à média aritmética da leitura de 4 amostras e as barras de erro ao desvio padrão da média.

4. RESULTADOS

4.1. Tempo ótimo de estocagem do gel pré irradiação

Nas figuras 2a e 2b são apresentados a dependência da resposta óptica em relação ao tempo de armazenagem no refrigerador a 5°C entre 0 e 54 h, e 20 e 54 h, respectivamente.

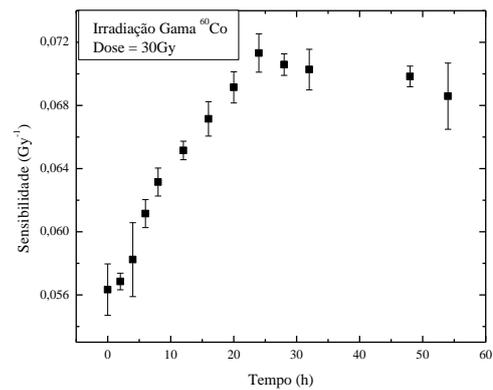


Fig. 2a. Resposta óptica da solução gel de Alanina para o período de armazenagem pré-irradiação.

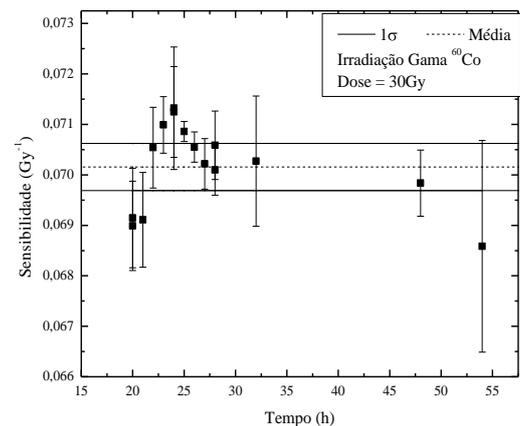


Fig. 2b. Resposta óptica da solução gel de Alanina entre 20 e 54 h de armazenagem pré-irradiação.

4.2. Dose Resposta

A solução gel de alanina apresenta comportamento linear tanto para a radiação gama de ^{60}Co no intervalo de dose de 0,5 a 50 Gy, quanto para a radiação com feixes clínicos de fótons no intervalo de dose de 1 a 40 Gy, como pode ser observado nas figuras 3a e 3b.

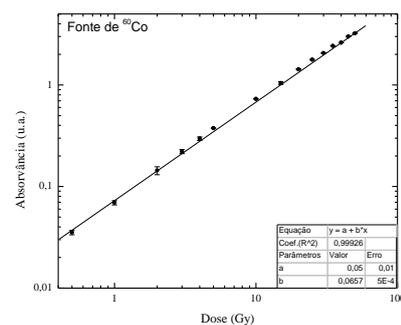


Fig. 3a. Curva de dose resposta da solução gel de Alanina para radiação gama do ^{60}Co .

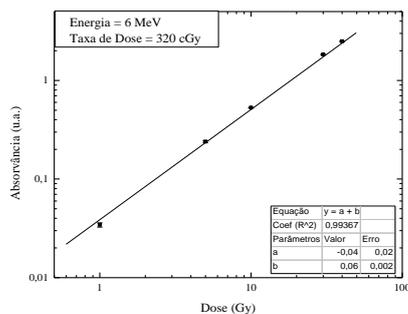


Fig.3b. Curva de dose resposta da solução gel de Alanina para fótons de 6 MeV.

4.2. Sensibilidade

De acordo com as figuras 3a e 3b, a sensibilidade da solução gel de Alanina para radiação de ^{60}Co é $0,062 \pm 0,004 \text{ Gy}^{-1}$ e para os feixes clínicos de fótons é $0,060 \pm 0,002 \text{ Gy}^{-1}$.

5. DISCUSSÕES

5.1. Tempo ótimo de armazenagem do gel

Como pode ser observado nas figuras 2a e 2b, a dependência da resposta óptica em relação ao tempo de armazenagem no refrigerador a 5°C entre 20 e 54 h é melhor que 1,2 %, o que indica que pode ser considerada a resposta óptica independente do tempo de armazenagem neste intervalo, onde há uma região de estabilidade da resposta.

5.2. Dose Resposta e Sensibilidade

A variação na sensibilidade para os diferentes tipos de radiação é melhor que 4,2%, o que indica que podemos considerar que a sensibilidade é independente para os diferentes tipos de radiação, para as energias estudadas.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, o dosímetro gel de Alanina apresenta boas características dosimétricas e potencial para ser aplicado futuramente na dosimetria tridimensional empregando a técnica de imagem por ressonância magnética - IRM.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Faculdade Método de São Paulo (FAMESP) pelo apoio financeiro, bem como o Departamento de Radioterapia do Hospital das Clínicas e o Centro de Metrologia das Radiações pela assistência durante as irradiações.

REFERÊNCIAS

- [1] J. C. Gore, Y. S. Yang, and R. I. Schulz, "Measurement of Irradiation Dose distribution by Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Imaging", *Physical Medical and Biology* Vol. 29, pp 1189-97, 1984.
- [2] M. J. Maryanski, R. J. Schultz, G. S. Ibbott, J. C. Gatenby, J. Xie, D. Horton and J. C. Gore, "Magnetic resonance imaging of radiation dose distributions using a polymer-gel dosimeter", *Physics Medical and Biology* Vol. 39, pp 1437-1455, 1994.
- [3] E. Y. Mizuno, "Desenvolvimento e caracterização de um gel de alanina para aplicação na medida da distribuição da dose de radiação usando a técnica de espectrofotometria", Dissertação (Mestrado) – IPEN/CNEN-SP, São Paulo, 2007.
- [4] Z. M. Costa, "Desenvolvimento de Sistemas de DL-Alanina para dosimetria da Radiação Gama de Elétron", Dissertação (Mestrado) – IPEN/CNEN-SP, São Paulo, 1994.