

**ESTABILIDADE DA RESPOSTA E DEPENDÊNCIA DO SINAL ÓPTICO EM FUNÇÃO DA
TAXA DE DOSE DO DOSIMETRO ALANINA GEL PARA FEIXES CLÍNICOS DE
ELÉTRONS**
V CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA

Cléber Feijó Silva¹, Daniel Menezes Dias², Letícia Lucente Campos³

¹ IPEN/CNEN, São Paulo, Brasil, cfsilva@ipen.br

² IPEN/CNEN, São Paulo, Brasil, dmdias@ipen.br

³ IPEN/CNEN, São Paulo, Brasil, lcredri@ipen.br

Sumário: Neste trabalho foi avaliada a estabilidade da resposta e a dependência com a taxa de dose da resposta óptica da solução alanina gel desenvolvida no IPEN, para possível futura utilização como dosímetro 3D na área médica, já que esta área carece de instrumentos de medição de dose tridimensional.

Palavras-chave: dosimetria de elétrons, dosimetria gel, taxa de dose de elétrons.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o mapeamento tridimensional da distribuição de dose absorvida no volume de interesse tornou-se um instrumento muito importante para verificar se o tratamento radioterápico foi aplicado adequadamente. Dentre estes instrumentos está a Dosimetria Gel. 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 do nascimento da Dosimetria Gel, vários dosímetros na forma de gel foram desenvolvidos com diferentes composições. Em 1992, foi desenvolvida a combinação da polimerização dos monômeros acrilamida e N,N'-acrilamida-bis-metileno (bis) com uma matriz de agarose aquosa [2], conhecido pelo acrônimo BANANA. Fong desenvolveu em 2001, um novo tipo de dosímetro Gel Polimérico. Em 2006, Mizuno [3] desenvolveu um 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].

Todos os dosímetros devem ter características dosimétricas favoráveis para serem utilizados com sucesso na Dosimetria das Radiações. Dentre as principais características estão a linearidade entre sinal de resposta e a dose absorvida, boa estabilidade e apresentar uma alta reprodutibilidade do sistema. Há também as influências externas, como condições ambientais, dependência da resposta com a taxa de dose e/ou energia da radiação incidente.

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 a escolha deste composto para compor um novo material dosimétrico na forma de gel.

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 melhorar a produção de íons Férricos induzidos pela radiação.

A terapia utilizando feixe de elétrons, é uma modalidade de extrema importância na radioterapia, pois permite o tratamento de tumores superficiais e subcutâneos em regiões tais como cabeça, pescoço e glândulas mamárias, de forma que preserve estruturas importantes ao redor dos tumores [5].

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a estabilidade da resposta em função do tempo decorrido após a irradiação e a dependência do sinal óptico em função da taxa de dose do dosímetro Alanina gel para feixes clínicos de elétrons, empregando a técnica de espectrofotometria.

3. METODOLOGIA

3.1. Dosímetro Alanina gel

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 5°C durante 24 h. 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 Amoniacal	0,001
Xilenol	0,0002
Ácido Sulfúrico	0,2375
DL-A lanina	0,6735
Água Tri-destilada	5,55
Gelatina (300 Bloom)	10% do volume de água tri-destilada

3.2. Suporte de Acrílico

Para irradiação em feixe de elétrons foi confeccionado um arranjo especial de acrílico, de forma que as cubetas são posicionadas no centro para facilitar a irradiação. Foram colocadas em cima e em baixo do suporte de acrílico placas de água sólida RW3 para garantir as condições de profundidade desejada e o retroespalhamento, como pode ser observado na figura 1.

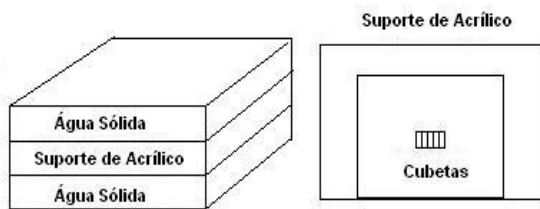


Fig. 1. Arranjo Experimental de Irradiação para feixe clínico de elétrons.

3.3. Irradiação com Elétrons

O acelerador linear Clinac 2100-C Varian foi utilizado para irradiação com elétrons. O campo de irradiação utilizado foi de 10 x 10 cm² com energia nominal de 9 MeV e profundidade de máxima dose de 2 cm. Para garantir o retroespalhamento e que a profundidade de máxima dose esteja no centro da cubeta durante a irradiação, foram colocados placas de água sólida tanto em cima quanto em baixo do suporte de acrílico. As taxas de dose avaliadas foram de 120, 180, 240, 300 e 360 Gy/h.

3.4. Leitura do sinal óptico

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

Tabela 2. Parâmetros do espectrofotômetro.

Parâmetros	
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 5 amostras e as barras de erro ao desvio padrão da média, considerando apenas os erros do tipo 1, já que os erros do tipo 2 podem ser negligenciados, neste caso.

4. RESULTADOS

4.1. Dependência da resposta com a taxa de dose

A dependência da resposta da solução alanina gel em função da taxa de dose é mostrada nas figuras 2e 3 para as doses de elétrons de 5 e 30 Gy.

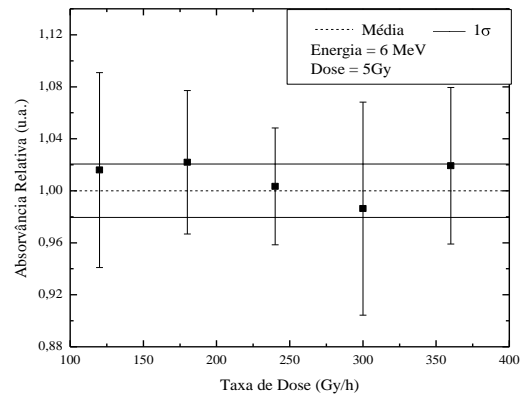


Fig. 2. Dependência da resposta da solução alanina gel em função da taxa de dose de elétrons para dose de 5 Gy.

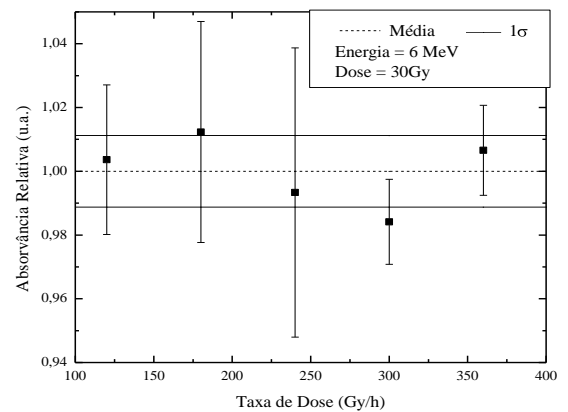


Fig. 3. Dependência da resposta da solução alanina gel em função da taxa de dose de elétrons para dose de 30 Gy.

4.2. Estabilidade

O comportamento da resposta da solução alanina gel em relação ao tempo decorrido após a irradiação para amostras mantidas a 5°C e ao abrigo de luz é mostrado na figura 4.

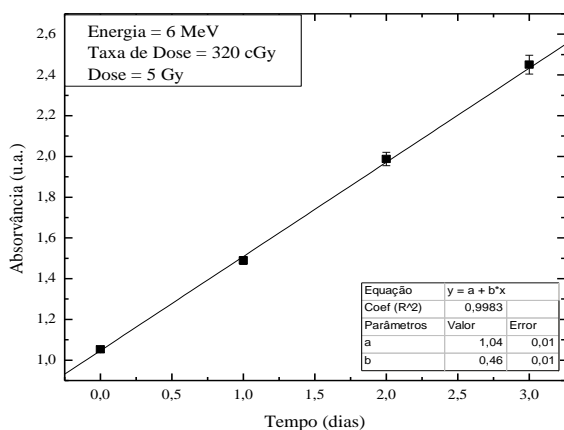


Fig. 4. Comportamento da resposta da solução alanina gel em relação ao tempo decorrido após a irradiação para amostras mantidas a 5°C e ao abrigo de luz.

5. DISCUSSÕES

5.1. Dependência com a taxa de dose

De acordo com as figuras 2 e 3, a dependência com a taxa de dose, dentro do intervalo estudado, é de no máximo 2% (1σ), para os dois níveis de dose aplicados, o que indica que podemos considerar a resposta óptica independente da taxa de dose. As incertezas verificadas podem ser atribuídas ao posicionamento das cubetas e à variação do tempo que o feixe foi acionado.

5.2. Estabilidade

A resposta óptica em relação ao tempo decorrido após a irradiação apresenta crescimento linear até o terceiro dia de acordo com a figura 4. Este comportamento é devido à oxidação natural dos íons Fe^{2+} presentes na solução.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, o dosímetro gel de Alanina é de fácil obtenção e baixo custo, apresenta boas características dosimétricas e potencial para ser aplicado futuramente na dosimetria tri-dimensional de elétrons empregando a técnica de imageamento 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) pelo apoio financeiro, bem como o Departamento de Radioterapia do Hospital das Clínicas pela assistência durante a irradiação.

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.

[5] E. B. Podgorsak, *Radiation Oncology Physics: A Handbook for teachers and students*, IAEA, Viena, 2005.