

CARACTERIZAÇÃO DO DETECTOR DE L-ALANINA PARA DOSIMETRIA DE CAMPOS PEQUENOS EM SBRT COM A TÉCNICA DE VMAT

Sarah J. Mazaró¹, Leonardo P. da Silva¹, Oswaldo Baffa²

¹Instituto Nacional de Câncer José de Alencar Gomes da Silva – Rio de Janeiro, Brasil

²Departamento de Física – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de novos equipamentos, bem como de técnicas mais complexas de irradiação e verificação de posicionamento do paciente, a radioterapia tem se tornado uma terapia mais sofisticada para tratamentos de câncer. Desses avanços tecnológicos podemos citar: radioterapia com feixes de intensidade modulada (IMRT), arcoterapia volumétrica com feixes de intensidade modulada (VMAT), radioterapia estereotática em fração única (radiocirurgia); radioterapia estereotática extracraniana (SBRT), radioterapia guiada por imagem (IGRT). O número de frações em um tratamento com radioterapia externa (teleterapia) é, de aproximadamente 25, as quais na maioria das vezes são administradas uma vez ao dia. Com os desenvolvimentos tecnológicos citados anteriormente, novas modalidades de fracionamento, denominadas hipofracionamentos (1 a 5), permitem realizar um tratamento em um período menor, além de obter um controle local maior da doença [1].

A caracterização geométrica e dosimétrica dessas tecnologias, torna-se mais complexa, pois envolve uso de campos pequenos de irradiação, novos sistemas de colimação, bem como aquisição de imagens inter-fração e/ou intra-fração [2]. Com o objetivo de uma melhor medição de carga e consequente cálculo de dose absoluta para essas condições de não referência, muitos detectores, de dimensões pequenas, estão sendo utilizados, como por exemplo: câmaras de ionização de volume pequenos, dosímetros termoluminescentes (TLD), filmes radiocrômicos, alanina, diodos, detectores de diamante, entre outros [3]. De acordo com alguns estudos prévios, as propriedades químicas e físicas da L-alanina tem apresentado características dosimétricas adequadas para utilizá-la como detector de radiação. Segundo o Organismo Internacional de Energia Atômica – OIEA, a L-alanina é uma opção de detector de radiação para dosimetria com feixes de alta taxa de dose e também para intercomparações entre detectores [4,5].

OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo avaliar a resposta do detector de alanina quando submetida a campos pequenos de irradiação, muito utilizados em técnicas radioterápicas complexas como VMAT nos casos de SBRT.

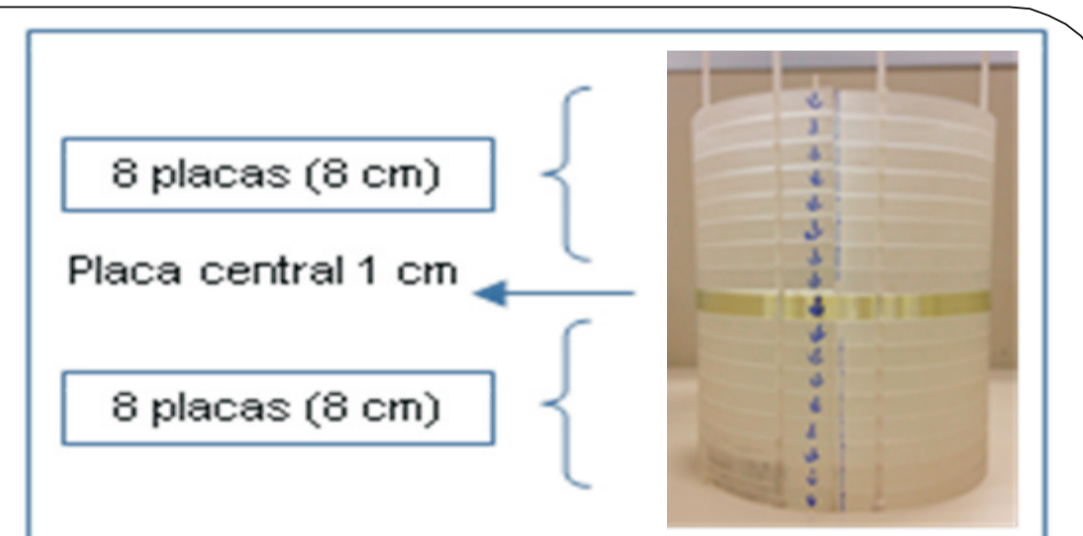
MATERIAIS E MÉTODOS

DOSÍMETROS

- Produzidos no Laboratório de Ressonância Magnética do Departamento de física da Universidade de São Paulo (DFM-USP-RP).
- Consiste de uma pressão mecânica em uma mistura de **90% de L-Alanina e 10% agente aglomerante de parafina**.
- Formato cilíndrico, com 4mm de diâmetro, 10mm de altura, com massa de 150mg

AQUISIÇÃO DE DADOS

- Equipamento Trilogy™ (Varian Medical Systems)
- Sistema de planejamento Eclipse™ versão 8.6
- Feixe de fótons com energia nominal de 6MV
- Utilização do phantom de acrílico nas irradiações [6]



Linearidade
10 Exposições com Taxa de dose fixa em 400MU/min
Intervalo: 5-21Gy (mínima influência do ruído e intervalo de dose terapêutica nos casos de SBRT)

Dependência com Tamanho de Campo
3 Exposições de 5Gy com Taxa de Dose fixa em 400MU/min
Campos: 1x1, 2x2, 3x3

Dependência Angular
10 Exposições com Gantry estático e 1 com Gantry dinâmico.
Taxa de dose fixa em 400MU/min
Intervalo: 0°-360° com incrementos de 36°

Dependência com a Taxa de Dose
6 Exposições de 5Gy
Intervalo: 100-600 MU/min

Repetitividade da Dose
Taxa de dose: 400MU/min
5 exposições de 5Gy

AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DO DETECTOR L-ALANINA

As figuras 1 e 2 ilustram os esquemas experimentais de irradiação utilizados para cada tipo de teste:

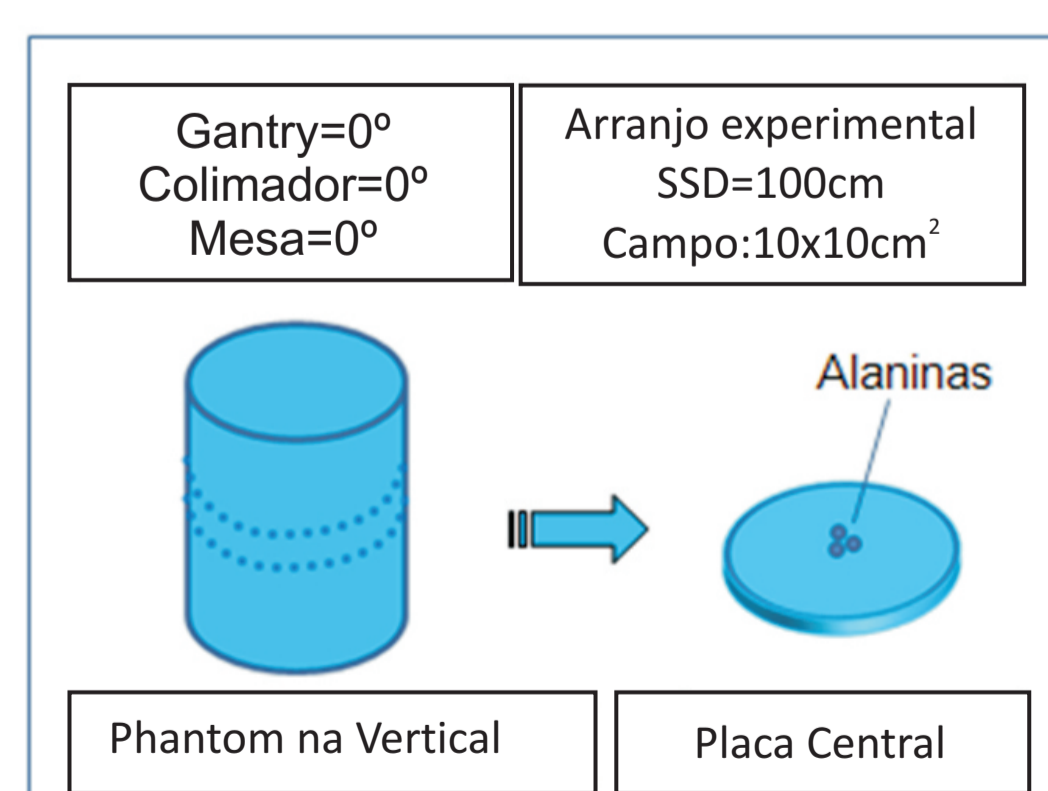


Figura 1. Esquema experimental utilizado para realização dos testes de linearidade/repetitividade da dose e dependência tanto com os tamanhos de campo de irradiação quanto com as taxas de dose.

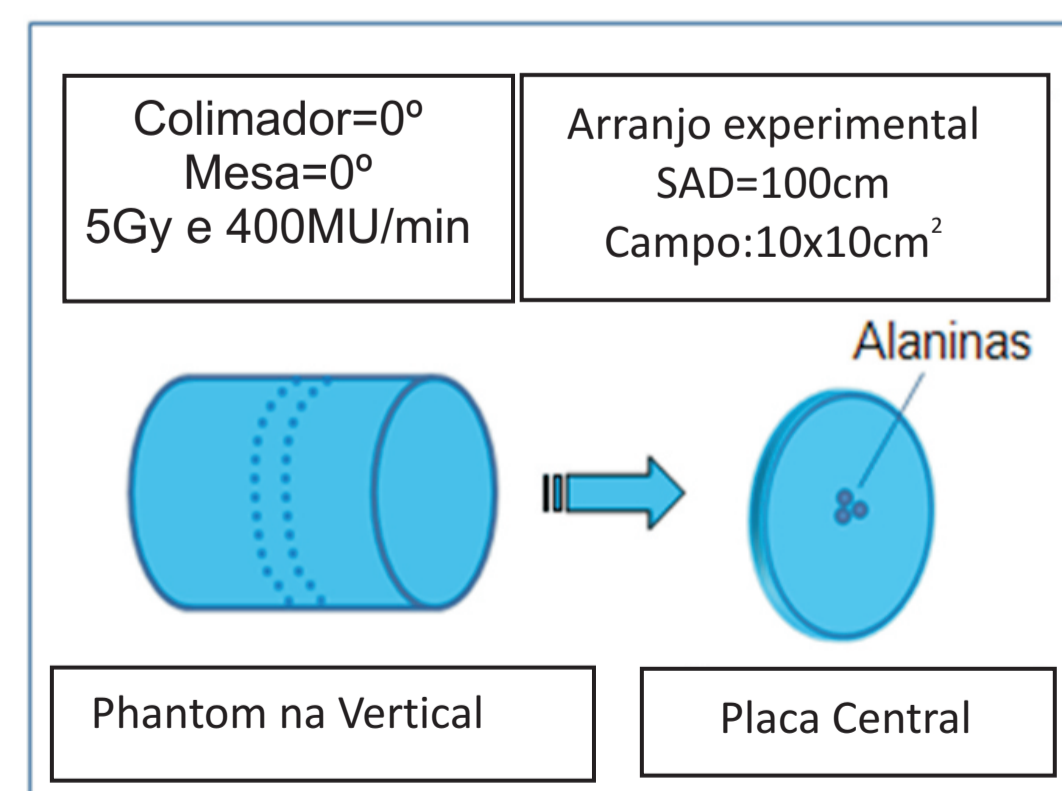


Figura 2. Esquema experimental utilizado para realização do teste de dependência angular

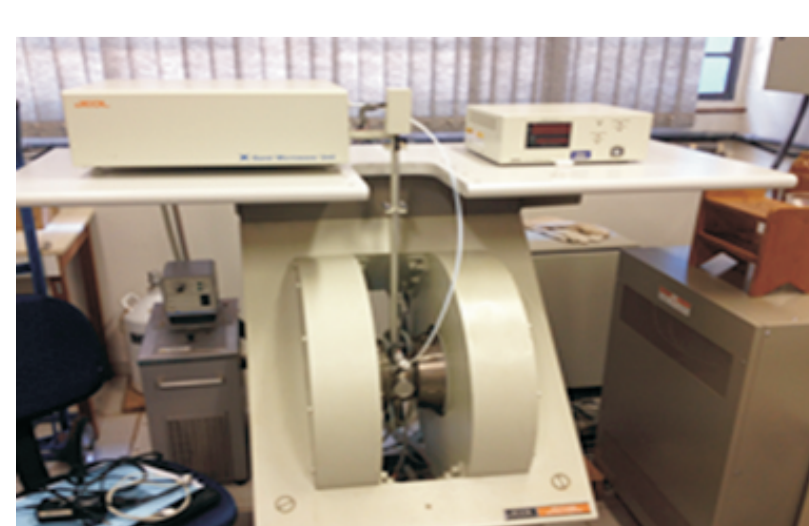


Figura 3. Espectômetro de Ressonância Paramagnética Eletrônica (JEOL FA200 – Banda X) do DFM-USP-RP

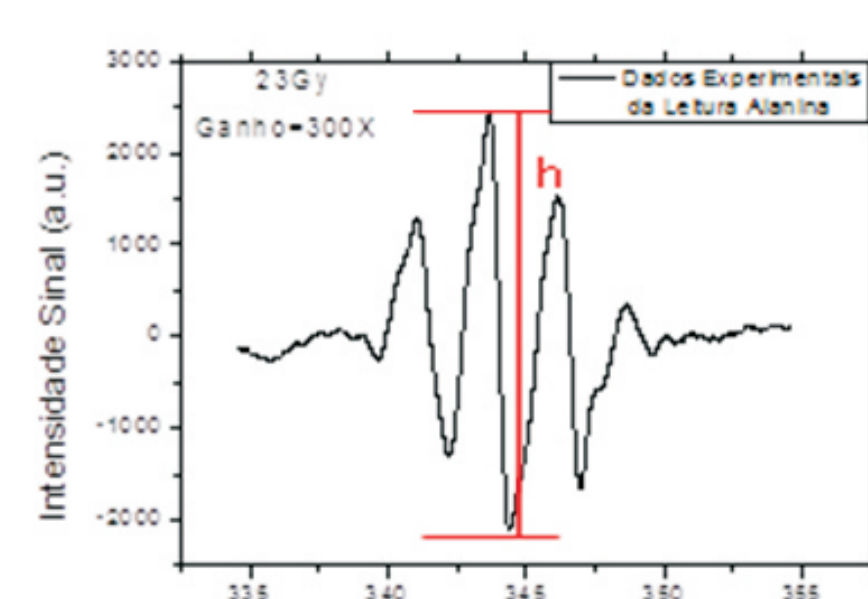


Figura 4. Sinal do primeiro harmônico (registro do espectro de EPR)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

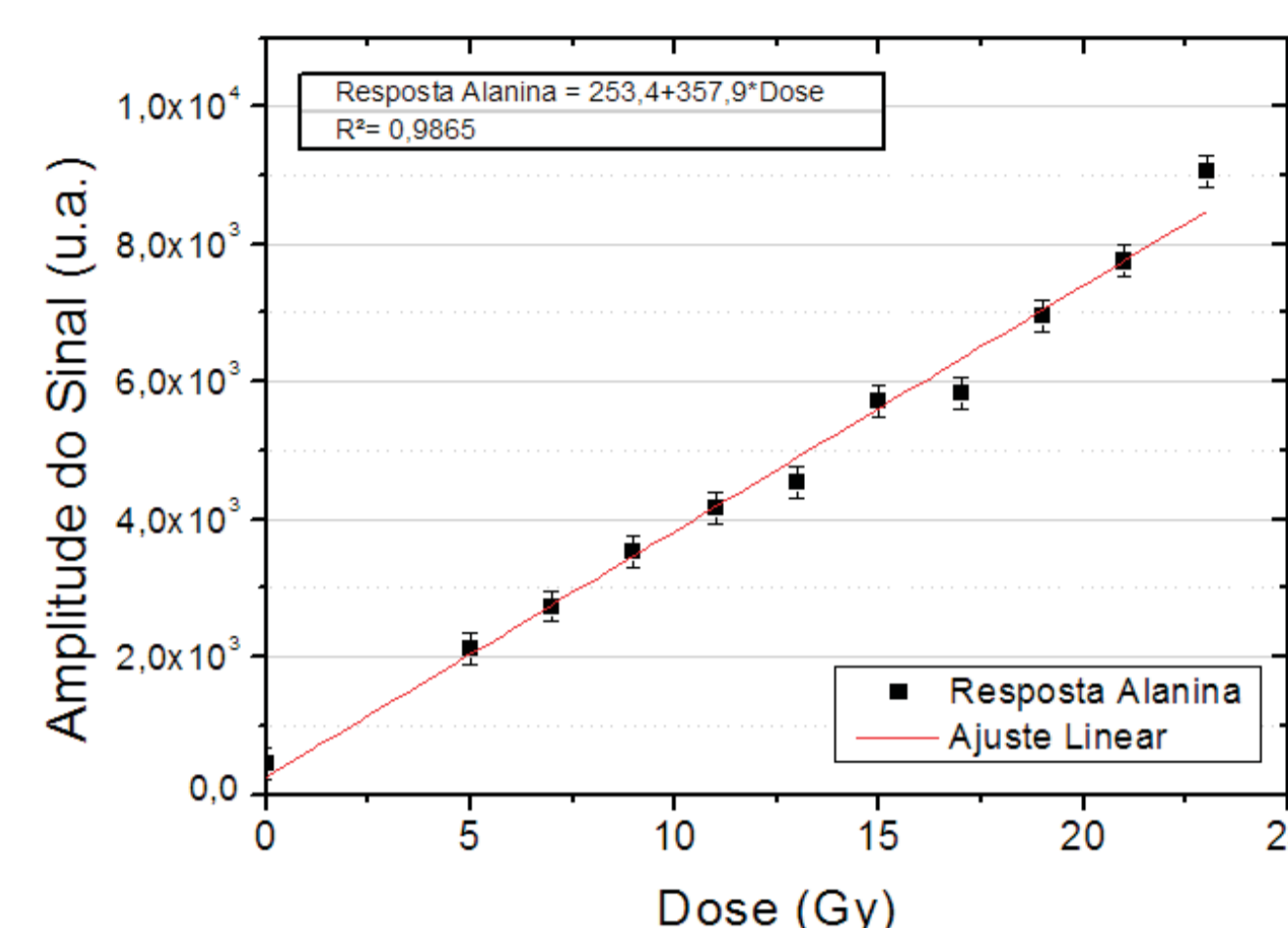


Gráfico 1. Curva de calibração dose-efeito para L-alanina. O eixo vertical mostra a intensidade do sinal de EPR obtida em banda K.

- O coeficiente de correlação de 0,9865 resultante do ajuste linear além de demonstrar a estabilidade da leitura dos dosímetros, demonstra que a amplitude do sinal resultante é uma função linear da dose.

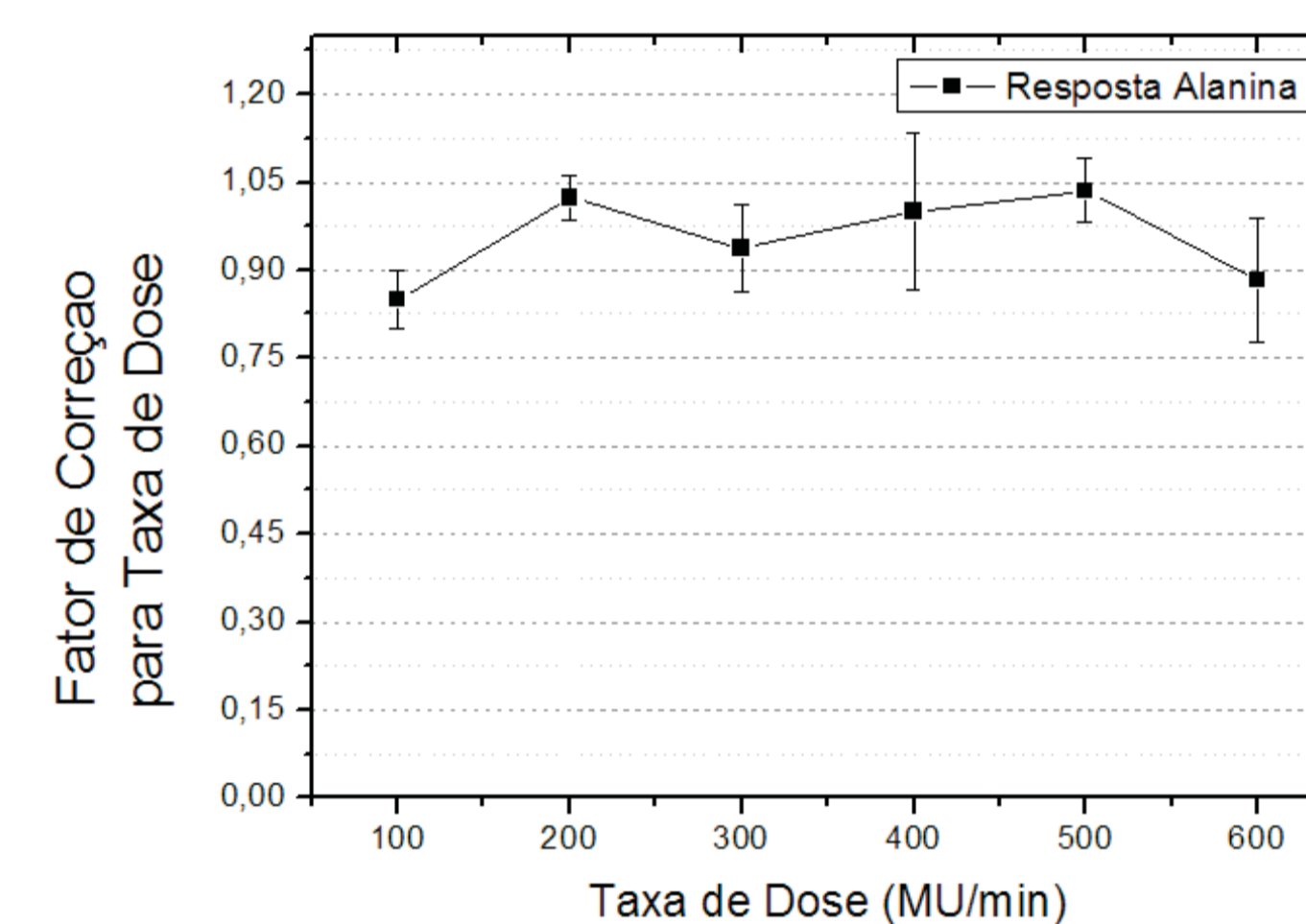


Gráfico 2. Dependência com a Taxa de Dose

- Já, os valores dos fatores calculados para taxa de dose e dependência angular apresentaram desvios máximos de 15% e 13% respectivamente em relação à calibração. Esses resultados mostram a importância de se determinar fatores de correção médios para essas grandezas, pois a técnica de VMAT irradia em arco e pode variar a taxa de dose durante a irradiação.
- Contudo, a taxa de dose que apresentou maior desvio (100MU/min), é raramente alcançada em uma irradiação clínica para esse tipo de tratamento. Se o planejamento for realizado utilizando uma taxa um pouco abaixo de 600MU/min (que apresentou a segunda maior variação), como por exemplo, a de 500MU/min, a dependência diminui significativamente.
- Nestas condições, a influencia desse parâmetro diminui para no máximo 6% durante a irradiação da alanina em uma possível utilização na técnica de VMAT nos casos de SBRT.

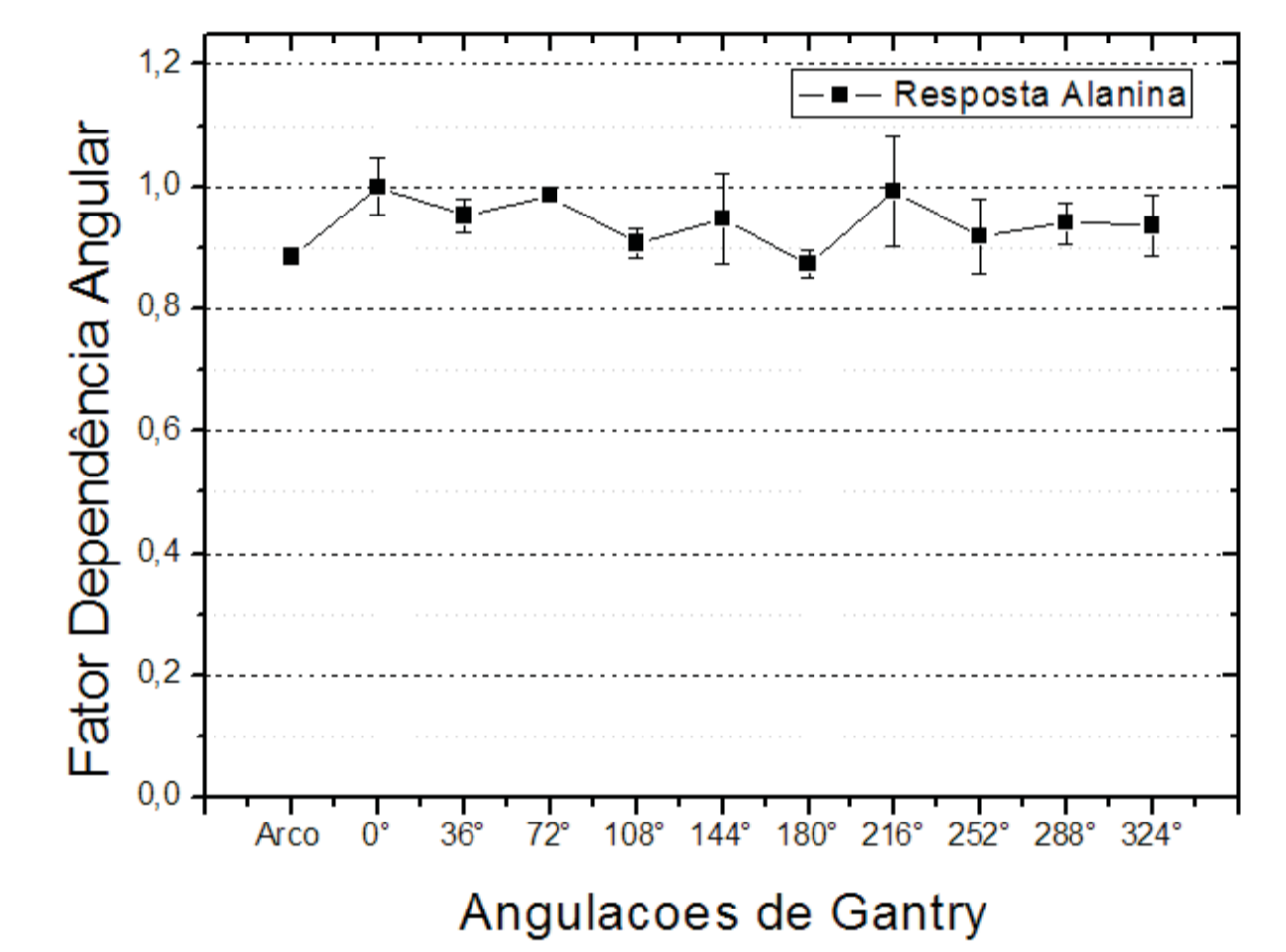


Gráfico 3. Dependência Angular

Tabela 2. Valores normalizados das medianas nos diversos tamanhos de campo de irradiação

Campos de radiação	Leitura Normalizada
1x1 cm ²	0,959
2x2 cm ²	1
3x3 cm ²	0,997

- As variações nos tamanhos de campo de radiação diferiram no máximo em 4%, mostrando pouca dependência com o desequilíbrio eletrônico lateral que ocorre com a diminuição do campo de radiação. Esta é a principal vantagem deste detector em relação a outros que também apresentam dependências angular e com as taxas de doses.

CONCLUSÃO

Sendo assim, podemos concluir que o detector L-alanina apresentou dependências angular e com a taxa de dose para técnica de VMAT enfatizando a necessidade de utilizar fatores de correção para essas grandezas. E obtivemos boa resposta para campos pequenos o que caracteriza uma vantagem deste detector para SBRT com a técnica de VMAT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. J.L. Meyer. IMRT, IGRT, SBRT: Advances in the treatment planning and delivery of radiotherapy. Karger, Basel; 2007.2
2. Das, Indra J., George X. Ding, and Anders Ahnesjö. "Small fields: nonequilibrium radiation dosimetry." *Medical physics* 35.1 (2008): 206-215.
3. Waligórski, M. P. R. "What can solid state detectors do for clinical dosimetry in modern radiotherapy?" *Radiation protection dosimetry* 85.1-4 (1999): 361-366.
4. P. H. G. Sharpe, K. Rajendran, and J. P. Sephton. Progress towards an alanine/ESR therapy level reference dosimetry service at NPL. *Applied Radiation and Isotopes*, 47(11/12):1171-1175, 1996.
5. S. Onori, E. Bortolin, A. Calicchia, A. Carosi, C. De Angelis, and S. Grande. Use of commercial alanine and TL dosimeters for dosimetry intercomparisons among Italian radiotherapy centres. *Radiat Prot Dos*, 120(1-4):226-229, 2006
6. Ramirez, J. L. Vega, et al. "Dosimetry of small radiation field in inhomogeneous medium using alanine/EPR minidosimeters and PENELOPE Monte Carlo simulation." *Radiation Measurements* 46.9 (2011): 941-944.
7. Baffa, Oswaldo, and Angela Kinoshita. "Clinical applications of alanine/electron spin resonance dosimetry." *Radiation and environmental biophysics* 53.2 (2014): 233-240.

Agradecimentos: Às agências de financiamento FAPESP, CNPq e CAPES, NAP-FisMed e INCA pelo apoio em diversas etapas desse projeto. Ao Lourenço Rocha, Carlos Renato da Silva e Rafael de Barros pelo apoio técnico.