

## **Impacto da Variação dos Parâmetros Eletro-Mecânicos nas Doses do Volume de Tratamento e nas Estruturas Adjacentes.**

Morais<sup>1</sup>, M. E., Gonçalves<sup>3,4</sup>, J. F., Ferreira<sup>2</sup>, M. L., Campos<sup>1</sup>, A. M.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Câncer, Programa de Qualidade em Radioterapia

<sup>2</sup>Centro Radioterápico Gávea

<sup>3</sup>Instituto de Oncologia Radioterapia GV - MG

<sup>4</sup>Serviço de Radioterapia São Peregrino

**Resumo** - O relatório 62 [1] da ICRU recomenda que as doses em radioterapia sejam prescritas com uma variação máxima de 10% no volume alvo. Para que esse objetivo seja atingido, a garantia da qualidade (GQ) dos equipamentos, assim como o empenho e a qualificação dos profissionais envolvidos no planejamento e no tratamento do paciente, são de extrema importância. Este estudo analisa o impacto dos principais parâmetros eletro-mecânicos: tamanho de campo, distância fonte-superfície (DFS), angulação do *gantry* e coincidência do campo luminoso com o de radiação na variação da dose do volume tumoral e dos órgãos adjacentes. Para isso, utilizamos o sistema de planejamento tridimensional Prowess 3D, simulando um fantoma cúbico no qual inserimos um alvo (tumor) vizinho a uma estrutura representativa de um órgão crítico. Foi simulado um planejamento ideal de tratamento com um acelerador linear de 6 MV, e outro variando-se os parâmetros em análise. A comparação destes planejamentos mostrou que, quando o aparelho opera fora dos níveis de tolerância, a variação da dose no volume alvo planejado (PTV) pode chegar até  $\pm 5,8\%$  e a dose mínima na estrutura crítica pode variar em até  $\pm 7,7\%$ . Diante disso, concluímos que dependendo da complexidade dos tratamentos realizados, pode ser necessário reduzir o nível de tolerância preconizado pelo IAEA/TECDOC-1151 [2].

**Palavras-chave:** Garantia da Qualidade, Níveis de Tolerância, Histograma Dose-Volume (HDV).

**Abstract** - ICRU Report 62 [1] recommends that radiotherapy treatment dose should be prescribed in such a way that the dose to the target volume varies no more than 10%. In order to keep this goal, a very important role is played by the quality assurance (QA) of the treatment unit associated to the high level work of the personnel involved in planning and patient treatment. This paper shows the influence of the main electrical and mechanical linear accelerator parameters: field size, source-skin distance, gantry angle and light x radiation field coincidence in tumor volume and adjacent organ doses. We simulated a cubic tumor and a cubic adjacent critical organ in a cubic phantom and used a 3D Prowess system for planning. The treatment has been simulated for a 6 MV linear accelerator. We simulated two treatment plannings: one using all the parameters inside their tolerance limits and another doubling these limits. The final results have show that, if the irradiation machine operates out of the tolerance limits, the dose variation in the planning target volume (PTV) can goes till  $\pm 5,8\%$  and in the critical adjacent organ till  $\pm 7,7\%$ . Therefore we concluded that, according to the complexity of the treatment, it can be necessary to reduce the tolerance levels advised by the IAEA/TECDOC – 1151 [2].

**Key-words:** Quality Assurance, Tolerance Level, Dose-Volume Histogram (HDV).

### **Introdução**

A sofisticação cada vez maior dos aceleradores e dos equipamentos utilizados no planejamento dos tratamentos das neoplasias, o avanço no conhecimento da radiobiologia e a utilização da radioterapia moderna, confirmam a necessidade de ministrar doses com alta exatidão, sobretudo quando se aplicam técnicas nas quais se aumenta a dose a níveis sem precedentes (escalonamento da dose) em radioterapia conformada, exigindo das instituições um eficiente controle de qualidade. Vários trabalhos sobre este tema tem sido publicados [2-4]. Cada Instituição deve estabelecer a periodicidade de realização dos testes de controle de qualidade dos seus equipamentos, baseando-se nas exigências dos tratamentos que nela são realizados. Considerando-se a variação máxima de  $\pm 3\%$  aceitável na determinação da dose [5] e a incerteza global

máxima para o tratamento de  $\pm 5\%$  preconizada pelo ICRU 24 [6], faz-se necessário minimizar todas as possíveis fontes de erro inerentes a um tratamento.

### **Objetivo**

O presente trabalho pretende analisar qual o impacto da variação dos parâmetros elétricos e/ou mecânicos básicos têm nas doses do volume alvo e nos órgãos adjacentes ao tumor.

### **Metodologia**

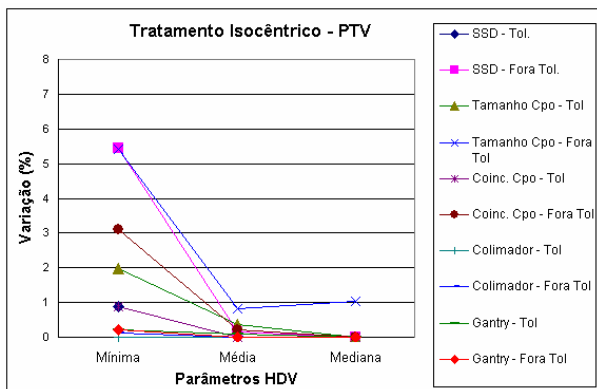
Para essa análise foi utilizado um sistema de planejamento tridimensional Prowess 3D, versão 3.02, simulando um fantoma com dimensões  $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$ , irradiado por um acelerador linear de 6 MV. Esta energia foi escolhida por ser a mais utilizada em nosso meio. Na parte central do fantoma foi inserido um alvo

(tumor) de forma cúbica, vizinho a uma estrutura também cúbica, representativa de um órgão crítico. Foram realizados dois planejamentos ideais, considerando 4 feixes, incidindo com o *gantry* em ângulos de 0°, 90°, 180° e 270° nas configurações de tratamento isocêntrico e não isocêntrico. O alvo foi completamente englobado pela curva de isodose de 93%, de acordo com as recomendações do ICRU 50 e ICRU 62 [1;7] tendo sido prescrita a dose de 100 cGy nesta curva. Em todas as simulações normalizou-se a distribuição de dose no ponto de dose máxima do volume alvo. Os gráficos de histograma dose-volume (HDV) obtidos nestes planejamentos ideais foram comparados aos dos planejamentos subsequentes, onde foram simuladas variações dos parâmetros: DFS, coincidência do campo luminoso vs. campo de radiação, tamanho de campo, angulação do colimador e do *gantry*. Foram consideradas duas variações destes parâmetros: a primeira de acordo com os limites de tolerância estabelecidos pelo TECDOC-1151 e a segunda duplicando-se esses valores.

Na análise final foi considerada a variação do histograma dose-volume (HDV), tanto para o alvo como para a estrutura crítica, em relação ao tratamento ideal. As Figuras 1 e 2 mostram essas variações em função das doses máxima, mínima, média, mediana e modal, obtidas dos histogramas.

## Resultados

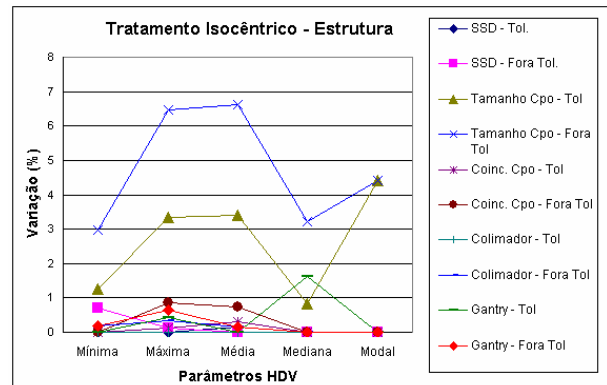
Em relação ao volume alvo, pode-se observar nos gráficos abaixo que, quando os parâmetros elétricos e/ou mecânicos estão dentro dos níveis de tolerância estabelecidos pelo TECDOC-1151, a variação da dose mínima recebida pelo alvo é de até  $\pm 2\%$ , e que a dose média não sofre influência significativa ( $< 0,9\%$ ) para as duas técnicas de tratamento.



**Figura 1 – Variação da Dose no PTV TRATAMENTO ISOCÊNTRICO.**

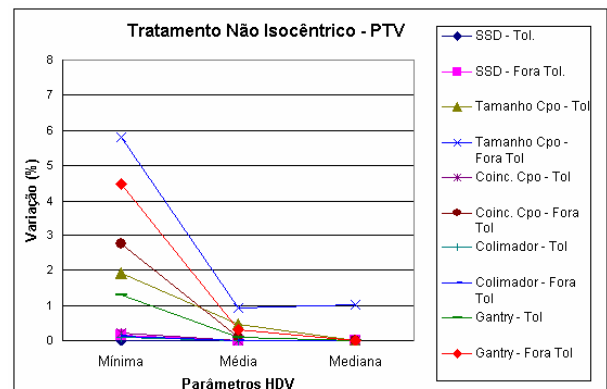
Fora dos níveis de tolerância esse valor chega até  $\pm 5,5\%$  para tratamento isocêntrico e até  $\pm 5,8\%$  para tratamento não isocêntrico. Os principais contribuintes para esta variação foram o tamanho de campo:  $\pm 5,5\%$ , a DFS:  $\pm 5,4\%$  e a coincidência do campo luminoso com o de radiação:  $\pm 3,1\%$  para o tratamento isocêntrico; o tamanho de campo:  $\pm 0,8\%$ , a angulação

do *gantry*:  $y \pm 4,5\%$  e a coincidência do campo luminoso com o de radiação:  $\pm 2,8\%$ , para tratamento não isocêntrico.

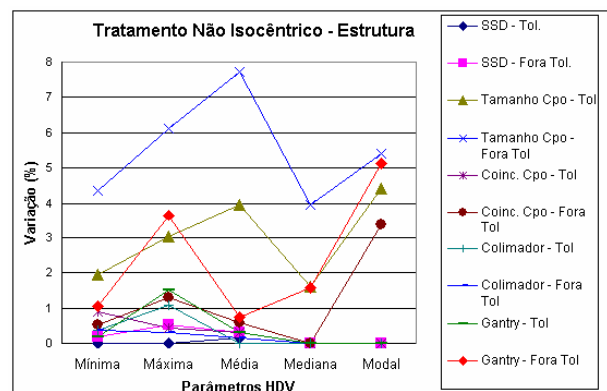


**Figura 2 – Variação da Dose no PTV TRATAMENTO NÃO ISOCÊNTRICO.**

Em relação à estrutura crítica adjacente ao alvo, verificamos que, mesmo dentro dos limites de tolerância, as doses máxima e média podem variar em até  $\pm 4,0\%$  e fora desses limites em até  $\pm 6,5\%$  para tratamento isocêntrico e até  $\pm 7,7\%$  para tratamento não isocêntrico; variação esta decorrente do tamanho de campo. Para tratamentos não isocêntricos, verificou-se também uma variação de  $\pm 3,7\%$  na dose máxima devido à angulação do *gantry*.



**Figura 3 – Variação da Dose na Estrutura Crítica TRATAMENTO ISOCÊNTRICO.**



**Figura 4 – Variação da Dose na Estrutura Crítica TRATAMENTO NÃO ISOCÊNTRICO.**

Enquanto a angulação do *gantry* tem pouco impacto no volume alvo, na estrutura adjacente ela pode acarretar uma variação na dose mediana em até  $\pm 1,5\%$ . Foi observado também que, em geral, as variações são mais significativas para o tratamento não isocêntrico em relação à estrutura crítica.

## Discussão

Foram analisados apenas estes cinco parâmetros eletro-mecânicos descritos acima por considerarmos que os demais testes descritos no TECDOC-1151 terão uma influência equivalente a um destes, ou a uma combinação de dois ou mais deles. Por exemplo: a não coincidência entre o campo luminoso e o campo de radiação tem efeito equivalente ao deslocamento do isocentro; os lasers posicionados fora do isocentro podem acarretar um efeito equivalente a um erro na DFS, na posição do isocentro, na angulação do colimador ou do *gantry*, ou uma combinação de dois ou mais destes fatores, dependendo da posição de cada laser e das considerações feitas pelo operador no posicionamento do paciente.

Fatores dosimétricos, tais como: fator de abertura do colimador, de calibração, bandeja, filtro, espalhamento máximo, percentual de dose em profundidade, razão tecido-fantoma, não foram avaliados neste trabalho por já conhecermos sua repercussão direta na incerteza da dose, influenciando no resultado da unidade monitor na mesma percentagem do erro neles cometidos.

## Conclusões

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, concluímos que o funcionamento de um equipamento fora dos níveis de tolerância recomendados pelo TECDOC-1151 pode acarretar uma variação de dose de até  $\pm 5,8\%$  no volume tumoral e de até  $\pm 7,7\%$  em uma estrutura crítica adjacente. A tolerância e a periodicidade dos testes sugeridos pelo TECDOC-1151 podem ser reduzidas de acordo com as necessidades específicas de cada Instituição.

Os parâmetros que podem afetar mais seriamente a exatidão da dose (DFS, tamanho de campo, *lasers* e fator de calibração) devem ser verificados diariamente, conforme recomendação do TECDOC-1151, pois têm um grande impacto nas doses recebidas pelo volume alvo e estruturas adjacentes.

Tendo em vista que a probabilidade de controle tumoral e a probabilidade de complicação no tecido normal são extremamente dependentes da dose, (em alguns casos, uma redução de 10% na dose, diminui a probabilidade de cura do tumor de 70% para 10%) [6], cada serviço deve elaborar e executar de maneira prática e eficaz o seu programa de qualidade, assegurando-se

que a dose liberada tenha uma incerteza aceitável para o controle tumoral com mínima toxicidade.

## Referências

1 – ICRU Report 62 - *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy*, (Supplement to ICRU Report 50). International Commission on Radiology Units and Measurements, Bethesda, MD, 1999.

2 – IAEA/TEDOC – 1151, *Aspectos Físicos da Garantia da Qualidade em Radioterapia* – Protocolo de Garantia de Qualidade. Tradução para o Português do ARCAL XXX.

3 – Comprehensive QA on Radiation Oncology: *Report AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40*. American Association of Physicist in Medicine, Med. Phys. 21 (1994) 581-618.

4 – AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators: *Report AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 45*. American Association of Physicist in Medicine, Med. Phys. 21 (1994) 1093-1121.

5 – IAEA TRS 277 – *Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams*. An International Code of Practice, Technical Report Series 277, 2<sup>nd</sup> Edition.. International Atomic Energy Agency

6 – ICRU Report 24 - *Determination of Absorbed dose in a Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedure*. International Commission on Radiology Units and Measurements, Bethesda, MD, 1976.

7 – ICRU Report 50 - *Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy*. International Commission on Radiology Units and Measurements, Bethesda, MD, 1993.

## Contatos

Maria Eliane de Moraes, Programa de Qualidade em Radioterapia, Instituto Nacional de Câncer. Tel (21) 3970-7830.

[memorais@yahoo.com.br](mailto:memorais@yahoo.com.br)

Joel Francisco Gonçalves, Serviço de Física Médica, Instituto Nacional de Câncer. Tel (21) 2506-6308.

[joelfgoncalves@yahoo.com.br](mailto:joelfgoncalves@yahoo.com.br)

Maria Lucia Ferreira, Centro Radioterápico Gávea. Tel (21) 2259-6097.

[mluciaf@yahoo.com](mailto:mluciaf@yahoo.com)

Anna Maria Campos, Programa de Qualidade em Radioterapia, Instituto Nacional de Câncer. Tel (21) 3970-7829.

[amcampos@inca.gov.br](mailto:amcampos@inca.gov.br)