

Algoritmo Clarkson Modificado na verificação do cálculo de dose no software Rt Connect

Juliana Campos de Freitas¹, Pedro Argolo Piedade^{2,3}, Carlos Queiroz², Gilney Matias²,
Thiago Schmelting Fontana³

¹Programa de pós-graduação em Biometria, UNESP, Botucatu-SP, Brasil

²RT Medical Systems LTDA, Florianópolis-SC, Brasil

³Radioterapia São Sebastião, LCCC, Florianópolis-SC, Brasil

Resumo: RT Connect é um software desenvolvido para verificação de planejamento de tratamento de radioterapia. Através da inclusão de arquivos no formato dicom provenientes do sistema de planejamento, o RT Connect é capaz de calcular a quantidade de Unidade Monitora do tratamento. Para o cálculo de Radioterapia por Intensidade Modulada é utilizado o Algoritmo de Clarkson Modificado, em que o feixe é decomposto em relação às lâminas do colimador, e o cálculo é realizado através da soma da contribuição de cada lâminas a um ponto de cálculo de tratamento. Múltiplos pontos podem ser definidos de modo que os feixes possuam pontos não colimados. Outros fatores de correção são considerados, e podem ser editados e configurados de acordo com as preferências do usuário.

Palavras-chave: física médica; radioterapia; verificação de dose; algoritmo de Clarkson modificado.

Abstract: RT Connect is software designed for verification of radiotherapy treatment planning. By including files in dicom format from TPS, RT Connect is able to calculate the amount of Monitor Unit of the treatment. For the calculation of Intensity Modulated Radiotherapy, Modified Clarkson Algorithm is used, in which the beam is decomposed in relation to the collimator leaves, and the calculation is performed by adding the contribution of each leaf to a calculation point of treatment. Multiple points can be defined so the beams do not have collimated points. Other correction factors are considered, and can be edited and configured according to user preferences.

Keywords: medical physics; radiation oncology; dose verification; modified Clarkson algorithm.

Introdução: O planejamento da radioterapia envolve diversas etapas, e uma delas exigida pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) na Norma 6.10¹, é que exista um sistema de verificação do cálculo de dose. A complexa geometria de campos utilizando Radioterapia de Intensidade Modulada (IMRT), dificulta a realização do cálculo de verificação de dose como descrito nos relatórios AAPM TG 114² e TG 218³. Assim, para o cálculo de tratamento de IMRT com geometria isocêntrica, foi implementado no software RT Connect⁴ o Algoritmo de Clarkson Modificado inicialmente proposto por Kung et al.⁵, e discutido e utilizado em diversos trabalhos. É considerado a geometria do campo a partir de um ponto de cálculo, e que para campos estáticos este deve ser preferencialmente não colimado, e o cálculo é realizado através da soma de cada configuração de abertura de lâminas definida (*control point*), considerando assim outros fatores de correção no cálculo, como o fator de transmissão de lâminas (F_t), o qual é alterado se o ponto de cálculo está colimado ou em região de penumbra, e o peso acumulado (w) de cada *control point*.

Métodos: O Algoritmo de Clarkson Modificado implementado considera determinados fatores de cálculo de acordo com distância do ponto de cálculo definido às lâminas do campo, em que para campos dinâmicos é realizado a soma de cada *control point*. Os fatores que variam são o fator espalhamento (S_p), o fator de razão tecido máximo (TMR), e também a razão de espalhamento máximo (SMR). Todos os pares de lâminas são avaliados, em que os pares são divididos entre as duas lâminas, classificados como lâmina 1 e lâmina 2. Além disso, é considerado no cálculo o espalhamento primário de cada campo, representado pelo índice '0' em cada fator em que é aplicado. Quanto ao fator de transmissão de lâminas é avaliado se o ponto de cálculo está na região de penumbra, aberto ou colimado. Assim, se o ponto está colimado o fator atribuído é de 1% do fator de transmissão da máquina utilizada no tratamento; o fator não é alterado caso o ponto esteja em região de penumbra; e não é aplicado nenhum fator de transmissão caso o ponto não esteja colimado. O cálculo da Unidade Monitora (UM) realizado está descrito no Algoritmo 1, em que a dose de referência do campo é representada por D_{ref} , fatores relacionados a correção do eixo com e sem filtro respectivamente por $F_{off-axis\ filtro}$ e $F_{off-axis}$; fator de inverso quadrado da distância como IQD ; fator campo por S_c ; fator calibração da máquina de tratamento por F_{cal} , e em casos com utilização de filtro de atenuação, utiliza-se fator filtro como F_f ; e se necessário fator bandeja representado por F_b . O cálculo é considerado aceitável se a diferença entre o valor da UM importada do sistema de planejamento e do obtido no RT Connect seja inferior a um limite definido pelo usuário, em que de acordo com a recomendação do relatório AAPM TG 114², este limite de tolerância deve ser definido como 5%.

Algoritmo 1: Clarkson Modificado

```

1 início
2   N ← Número Lâminas;
3   SMR ← 0;
4   Spsoma ← 0;
5   Ft ← Fator transmissão de lâminas.
6   para i=1:N faça
7     Calcule a distância ri1 e ri2 do ponto de cálculo aos limites
8     dos pares de lâmina i;
9     Calcule o fator Sp1 e Sp2 para as distâncias ri1 e ri2;
10    Spsoma ← SpsomaSp1 + Sp2;
11    Calcule TMR1 e TMR2 com os fatores Sp obtidos;
12    Calcule SMR ← SMR + TMR1 ·  $\frac{S_{p1}}{S_{p0}}$  + TMR2 ·  $\frac{S_{p2}}{S_{p0}}$  - TMR0;
13    Analise a localização do ponto de cálculo;
14    se colimado então
15      Ft ← 1%Ft;
16      senão
17        se penumbra então
18          Ft ← Ft;
19          senão
20            Ft ← 1;
21          fim
22        fim
23      fim
24    fim
25  fim
26  SPR =  $\frac{SMR}{N}$ ;
27  TPR = (Foff-axis filtro · Foff-axis · SMR + TMR0) ·  $\frac{S_{p0}}{S_{psoma}/N}$ ;
28  UM =  $\frac{100 \cdot D_{ref}}{w \cdot F_t \cdot TPR \cdot F_b \cdot IQD \cdot IC \cdot F \cdot S_c \cdot S_p \cdot F_{cal} \cdot F_f}$ 
29 fim

```

Resultados: O Algoritmo de Clarkson Modificado implementado, é utilizado através do software RT Connect atualmente em nove clínicas e hospitais espalhados pelo Brasil, com diferentes modelos de acelerador linear (máquina utilizada na radioterapia). Para análise da implementação do Algoritmo 1 pelo software RT Connect, foi escolhido um caso de tratamento de próstata de uma das clínicas, em que este é realizado em duas fases com seis campos de tratamento na primeira e cinco campos na segunda, ainda nesta segunda fase é utilizado filtro de atenuação em dois campos. A Tabela 1 relata o valor de UM obtido no sistema de planejamento (TPS), a UM calculada no RT Connect, e a diferença entre elas.

Tabela 1 - Diferença entre cálculo de dose do TPS e do Rt Connect utilizando o Algoritmo de Clarkson Modificado

UM TPS	42,7	47,9	46,3	46,8	48,3	42,7	66,9	49,8	47,8	49,8	68,2
UM RT Connect	43	48,2	46,9	47,5	49,1	42,9	67,8	50,4	49,3	50,9	69,3
Diferença [%]	0,71	0,63	1,2	1,58	1,73	0,51	1,39	1,21	3,03	2,22	1,57

Fonte: O autor (2022).

Discussão e Conclusões: O exemplo ilustrado mostra valores de diferença entre UM do TPS e do RT Connect inferiores do limite de 5% de como referenciado por meio do relatório AAPM TG 114¹. Este padrão de valores é encontrado nas clínicas que utilizam o RT Connect para a verificação do cálculo de dose com a implementação do algoritmo descrito, considerando campos estáticos e dinâmicos de IMRT. Além disso, a utilização do algoritmo através do RT Connect facilita o cálculo de verificação de dose na rotina clínica, uma vez que os dados são importados diretamente do arquivo proveniente do software de planejamento, e o cálculo é automatizado.

Referências:

1. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma CNEN NN 6.10 Requisitos de Segurança e proteção radiológica para serviços de radioterapia. 2014.
2. Stern, R. L., Heaton, R., Fraser, M. W., Murty Goddu, S., Kirby, T. H., Lam, K. L., et al. Verification of monitor unit calculations for non-IMRT clinical radiotherapy: report of AAPM Task Group 114. Medical physics. 2011; 38(1): 504-530.
3. Miften, M., Olch, A., Mihailidis, D., Moran, J., Pawlicki, T., Molineu, et al. Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: recommendations of AAPM Task Group No. 218. Medical physics. 2018; 45(4): e53-e83.
4. RT Medical Systems LTDA. Manual do Usuário do Software Revisão 1.0: Instruções de uso. Florianópolis; 2022.



**XXVI Congresso Brasileiro de Física Médica
IX Congresso Latino Americano de Física Médica
Fortaleza – Brasil
07 a 11 de junho de 2022**

5. Kung, J. H., Chen, G. T. Y., & Kuchnir, F. K.. A monitor unit verification calculation in intensity modulated radiotherapy as a dosimetry quality assurance. Medical physics. 2000; 27(10):: 2226-2230.