

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Mateheurísticas aplicadas aos problemas de intensidade de dose e escolha de feixes para otimização do planejamento de radioterapia

Juliana Campos de Freitas¹, Daniela Renata Cantane², Helenice de Oliveira Florentino³, Antone dos Santos Benedito⁴

Programa de pós graduação em Biometria - Departamento de Bioestatística, IBB-UNESP, Botucatu, SP

1 Introdução

O câncer é caracterizado pelo crescimento desordenado das células. Dentre os tratamentos disponíveis está a radioterapia, o qual consiste em uma fonte de radiação externa ao paciente. Para o planejamento do tratamento, considera-se o tecido tumoral e os tecidos adjacentes. Os tecidos sensíveis devem receber a menor dose possível, enquanto o tecido tumoral deve receber uma alta dose de radiação. Modelos de otimização são utilizados para se obter um planejamento de radioterapia mais eficiente, determinando o melhor conjunto de feixes que maximiza a dose no tumor e minimiza a dose nos demais tecidos.

2 Modelagem Matemática e Resultados

Holder [1] propôs um modelo para o problema de intensidade de dose. Baseando-se neste modelo, é proposto o Modelo (1) – (9), que consiste na adição da variável (y) de escolha de feixe nas restrições em que se encontram a variável de dose (x) do modelo de [1]. Tem-se que, TUB e TLB são os limitantes de dose superior e inferior respectivamente, que podem variar de 2 – 15% da dose prescrita; CUB e GUB são limitantes superiores de dose para estruturas críticas e saudáveis; A_T , A_C , A_G são submatrizes de dose no tumor, tecidos críticos e saudáveis, respectivamente; L , U_C , U_G são matrizes identidade; l , u_C , u_G são vetores unitários de penalidade às variáveis elásticas α , β e γ , respectivamente.

No Modelo (1) – (9), (1) a função objetivo do problema, sendo $l^T \alpha$ a quantidade de dose faltante para atingir a dose prescrita do tumor, $u_C^T \beta$ e $u_G^T \gamma$ são as doses acima do limite permitido para os tecidos crítico e saudável, as quais devem ser minimizadas; (2), (3) e (4) controlam as correspondentes deposições de dose prescrita; (5), (6) e (7) controlam as

¹juliana.freitas@ibb.unesp.br

²daniela.cantane@unesp.br

³helenice.silva@unesp.br

⁴antone.santos@unesp.br

penalizações; (8) garante que a dose seja positiva, e (9) define o vetor de escolha do feixe como binário, sendo $y = 1$ se o feixe é escolhido e $y = 0$ caso contrário .

$$\text{Minimizar} \quad l^T \alpha + u_C^T \beta + u_G^T \gamma \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a} \quad TLB - L\alpha \leq A_T xy \leq TUB \quad (2)$$

$$A_C xy \leq CUB + U_C \beta \quad (3)$$

$$A_G xy \leq GUB + U_G \gamma \quad (4)$$

$$0 \leq L\alpha \leq TLB \quad (5)$$

$$-CUB \leq U_C \beta \quad (6)$$

$$0 \leq U_G \gamma \quad (7)$$

$$x \geq 0 \quad (8)$$

$$y = 0 \text{ ou } y = 1 \quad (9)$$

Mateheurísticas são usadas para resolver o modelo proposto, utilizando a metaheurística Busca Tabu (BT) [2] para a escolha de feixe, e os métodos exatos Primal Simplex (PS), Dual Simplex (DS) e Método de Pontos Interiores (MPI) [3] para a intensidade de dose.

Comparando os dados obtidos na Tabela 1, por meio das três mateheurística empregadas é possível analisar que o MPI se mostrou mais eficiente, uma vez que apesar de possuir uma iteração mais cara em relação ao Simplex, obteve uma expressiva redução em relação à quantidade média de iterações e, ainda, em relação ao tempo computacional. Assim, como todas as mateheurísticas encontraram a mesma função objetivo e, portanto, o mesmo conjunto de feixes, podemos concluir que a mateheurística Busca Tabu com MPI é a mais eficiente para a resolução do modelo proposto. Os gráficos de quantidade de dose absorvida e o de contorno de dose absorvida serão apresentados e discutidos no evento.

Tabela 1: Resultados obtidos pelas mateheurísticas.

	DS	PS	MPI
Iterações (média)	1555,10	6446,08	23,5
Tempo total (s)	895,24	765,99	478,74
Função objetivo	0,2304	0,2304	0,2304

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES pelo financiamento e incentivo à pesquisa.

Referências

- [1] A. Holder, Designing radiotherapy plans with elastic constraints and interior point methods, *Health Care Management Science*, 6:5–16, 2003.
- [2] H. S. Lopes, L. C. Rodrigues, M. T. A. Steiner. *Meta-heurísticas em pesquisa operacional*. Omnipax, Curitiba, 2013.
- [3] H. A. Taha. *Pesquisa Operacional: uma visão geral*. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2008.