

ANÁLISE DA PERTURBAÇÃO DOS COEFICIENTES DE DIFUSÃO E PROLIFERAÇÃO DA TAXA DE CONCENTRAÇÃO DE CÉLULAS TUMORAIS

JORGE LUIZ DE MELLO CAURIO JUNIOR¹; AQUILES ALMEIDA RIBEIRO²; FERNANDA TUMELERO³; CLAUDIO ZEN PETERSEN⁴

¹UFPEl – juniorcaurio@gmail.com

²UFPEl – aquilesalmeida00@gmail.com

³UFPEl – fernanda.tumelero@ufpel.edu.br

⁴UFPEl – claudio.petersen@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O câncer é o principal problema de saúde pública no mundo, figurando como uma das principais causas de morte e, como consequência, uma das principais barreiras para o aumento da expectativa de vida (SANTOS et al., 2023). São doenças que são caracterizadas pelo crescimento anormal e incontrolável de células que se multiplicam de forma desordenada. As células cancerosas em comparação com suas contrapartes saudáveis frequentemente exibem uma menor especialização em relação às suas funções específicas. Conforme essas células cancerosas substituem as células normais em um tecido afetado, os órgãos e tecidos invadidos tendem a perder gradualmente suas funções fisiológicas normais. Esse processo desregulado é um dos principais fatores que contribuem para a complexidade e agravamento da doença.

O objetivo deste estudo é fazer uma análise de um modelo já utilizado para simulações computacionais, verificando como se desenvolve a taxa de concentração das células cancerígenas em pré-determinadas condições. Pretende-se estudar como o câncer se desenvolve ao longo de um tempo estabelecido quando perturbamos a difusão celular e a proliferação celular. Para isso utiliza-se o modelo de SWANSON et al. (2009) que é um modelo que aproxima a taxa de concentração de células cancerígenas em um tumor cerebral, desconsiderando o termo referente ao tratamento de quimioterapia e radioterapia. Neste trabalho buscam-se soluções exatas, conforme CAURIO Jr et al. (2023).

2. METODOLOGIA

Uma vez encontrada a solução exata do modelo, efetuam-se simulações computacionais do comportamento da solução do modelo e verifica-se sua sensibilidade à perturbação efetuada. Usa-se sua solução exata proposta em CAURIO Jr et al. (2023) e faz-se variar os parâmetros dos coeficientes de difusão celular e de proliferação celular de maneira individual e em torno de 10% do valor considerado ideal em SWANSON et al. (2009), que é 1,43 mm² para o coeficiente de Difusão e 16,25 por ano para o coeficiente de proliferação.

Em cada um dos casos, a variação do coeficiente de difusão e a variação do coeficiente de proliferação, foram feitas dez iterações randômicas dentro do intervalo estipulado de variação, ou seja, uma margem que abrange 10% a mais e a menos do valor padrão e o tempo de um ano de observação para as taxas de concentração celular.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, simulou-se a solução variando somente o coeficiente de difusão celular. Observa-se que a variação pouco afetou o resultado da taxa de concentração celular ao longo do ano decorrido, como pode-se observar na Tabela 1 e pela Figura 1.

Tabela 1: Taxa de concentração com variação do coeficiente de difusão.

Iteração	$D (mm^2)$	$\rho (ano^{-1})$	10%	30%	70%	100%
1	1,53	16,25	0,53	43,34	66.624,94	2.205.666,20
2	1,45	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
3	1,50	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
4	1,33	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
5	1,42	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
6	1,51	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
7	1,39	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
8	1,40	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
9	1,43	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20
10	1,37	16,25	0,56	43,34	66.624,94	2.205.666,20

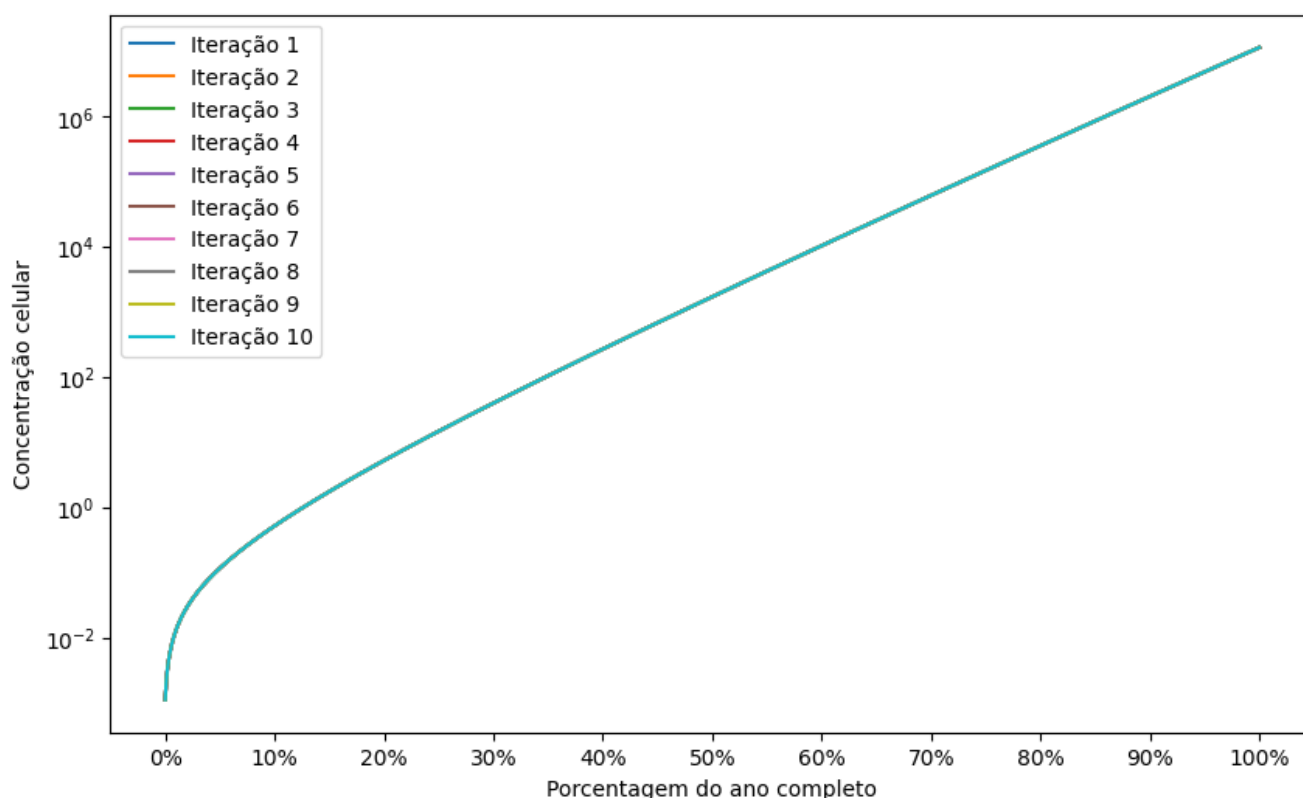


Figura 1: Taxa de concentração com variação do coeficiente de difusão.

Já quando simulou-se o modelo perturbando o coeficiente de proliferação, foi possível notar uma discrepância nos valores ao decorrer do ano, como observa-se na Tabela 2 e na Figura 2.

Tabela 2: Taxa de concentração com variação do coeficiente de proliferação.

Iteração	$D (mm^2)$	$\rho (ano^{-1})$	10%	30%	70%	100%
1	1,43	15,59	0,52	35,47	41.944,91	1.217.791,54
2	1,43	16,49	0,57	46,64	78.966,10	2.743.347,90
3	1,43	14,88	0,48	28,62	25.529,78	643.826,09
4	1,43	17,14	0,61	56,89	124.961,86	4.945.009,18
5	1,43	16,10	0,55	41,51	60.317,33	1.941.293,59
6	1,43	16,09	0,55	41,39	59.920,07	1.924.896,06
7	1,43	15,93	0,54	39,42	53.511,67	1.664.744,88
8	1,43	16,59	0,58	48,15	84.996,04	3.015.122,62
9	1,43	15,92	0,54	39,24	52.963,84	1.642.898,73
10	1,43	15,15	0,50	31,03	30.776,01	818.388,42

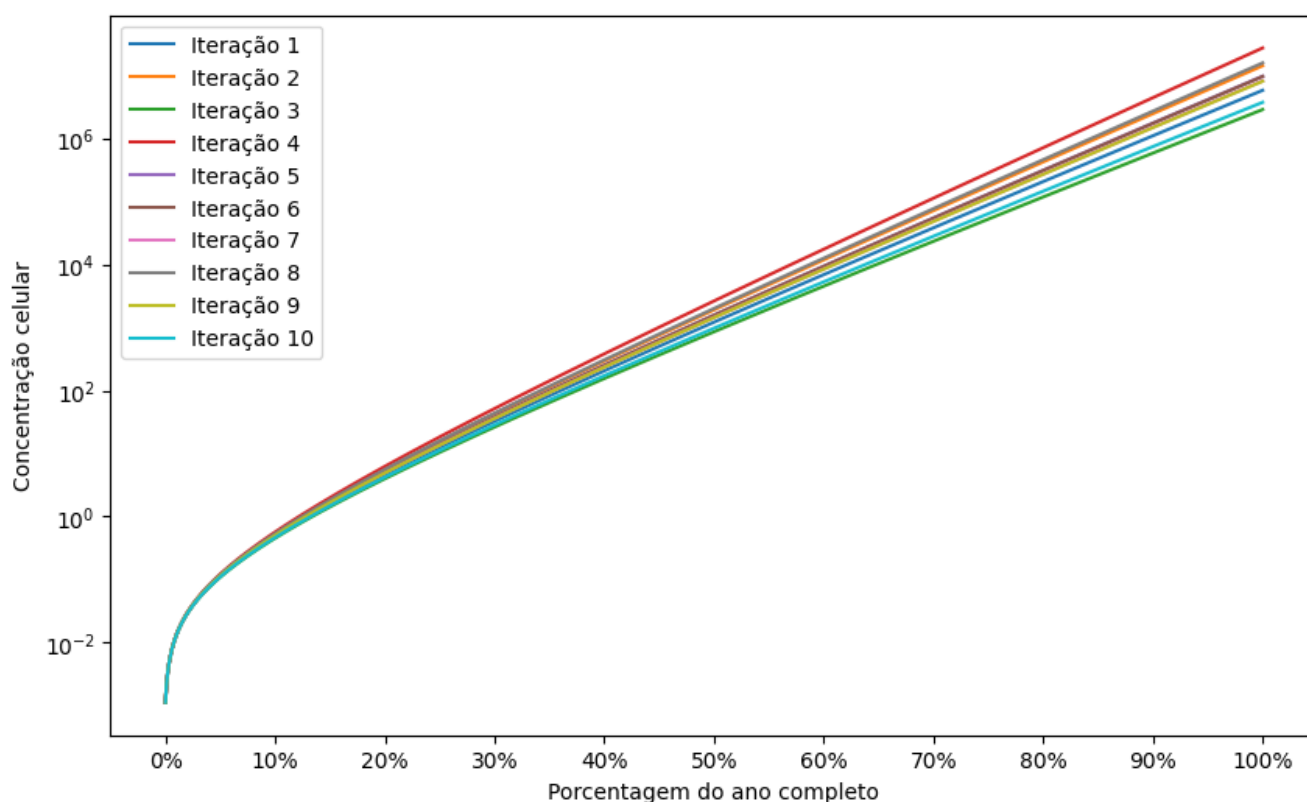


Figura 2: Taxa de concentração com variação do coeficiente de proliferação.

4. CONCLUSÕES

Através da análise dos resultados obtidos foi possível observar que o coeficiente de difusão celular mostrou importância significativa somente nos primeiros meses. Além disso, a partir da metade do quarto mês de estudo, a perturbação feita se tornou quase imperceptível. Já analisando a sensibilidade do parâmetro do coeficiente de proliferação celular, observa-se que conforme o tempo passa mais discrepante se torna a diferença da perturbação feita.

Pode-se concluir através do estudo e análise feita que o coeficiente de proliferação se torna mais significativo no desenvolvimento da taxa de concentração de células cancerígenas para o problema proposto.

Como perspectivas futuras, espera-se encontrar uma solução para o modelo completo, com o termo do tratamento de quimioterapia e radioterapia para fazer-se a análise comportamental do problema com os novos resultados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, M. O.; LIMA, F. C. S.; MARTINS, L. F. L.; OLIVEIRA, J. F. P.; ALMEIDA, L. M.; CANCELA, M. C. Estimativa de incidência de câncer no Brasil, 2023-2025. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v.69, n.1, p. 1 - 12, 2023.

SWANSON, K. R.; ROCKNE, R.; ALVORD Jr, E. C.; ROCKHILL, J. K. A mathematical model for brain tumor response to radiation therapy. **J. Math. Biol.**, Washington, v.58, p. 561 – 578, 2009.

CAURIO Jr, J. L. M. C.; PETERSEN, C. Z.; TUMELERO, F.; TOMASCHEWSKI, F.; ALMEIDA, A. Solução do modelo de reação difusão de Swanson via split e simetrias. In: **XI ERMAC-RS**, Pelotas, 2023. **ANAI DO ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL DO RIO GRANDE DO SUL** Pelotas: Campus Capão do Leão - UFPEL, 2023.