

RELAÇÃO ENTRE RADIAÇÃO UV, TEMPERATURA DO AR E CÂNCER DE PELEDaniel Roubert Patrocínio Nonato¹ (IC), Marcelo de Paula Corrêa (PQ)¹¹Universidade Federal de Itajubá. ¹Universidade Federal de Itajubá..**Palavras-chave:** Radiação UV. Câncer de pele. Melanoma.**Introdução**

Ao longo dos anos, a incidência dos diversos tipos de câncer tem aumentado

globalmente, em grande parte devido às mudanças nos hábitos de vida da população. O câncer de pele é o tipo de maior incidência, sendo identificado em duas formas principais, o câncer de pele não melanoma (CPNM) e o melanoma cutâneo (MC). O CPNM corresponde aos carcinomas basocelular e espinocelular. O carcinoma basocelular é o mais frequente, apresenta crescimento lento e é menos propenso a metastatizar, enquanto o carcinoma espinocelular é mais agressivo, mas ainda apresenta um comportamento geralmente controlável quando diagnosticado precocemente. O CPNM está entre os tipos de câncer mais frequentemente diagnosticados no mundo, ao lado dos cânceres de pulmão, mama, colorretal, próstata e estômago.

Embora o MC seja menos prevalente que o CPNM, ele é consideravelmente mais

agressivo e perigoso, com um maior potencial de causar metástases. Caracterizado por sua letalidade, o MC é responsável pela maioria das mortes relacionadas ao câncer de pele, devido à sua rápida disseminação para outros órgãos quando não diagnosticado precocemente. A incidência de MC tem aumentado em várias regiões do mundo, especialmente em países com alta exposição solar e entre populações de pele clara, onde os fatores de risco, como a sensibilidade à radiação ultravioleta, são mais pronunciados.

Nas regiões tropicais, a combinação de fatores como as altas temperaturas e

intensidade da radiação solar ultravioleta (RUV), o comportamento da população em relação à exposição solar e a limitada conscientização sobre a importância de métodos para se proteger da radiação solar, contribuem para uma alta incidência de câncer de pele. A exposição prolongada e não protegida ao sol pode resultar em mutações nas células da pele, levando ao aparecimento de carcinomas basocelular e espinocelular, além de aumentar o risco de melanoma.

O Brasil é um dos países com maiores ocorrências de CPNM no mundo. Esse tipo de

câncer é o mais comum, representando cerca de 30% dos novos casos de câncer diagnosticados a cada ano no país

(INCA, 2022). Como observado, a alta ocorrência de CPNM está relacionada com a grande disponibilidade de radiação solar no Brasil. Além da disponibilidade de radiação solar, o Brasil também apresenta temperaturas elevadas em boa parte do ano. Como alguns estudos correlacionam a temperatura do ar com o número de casos de CPNM (van Der Leun et al., 2008), este estudo tem como objetivo verificar esse tipo de associação no Brasil.

A pesquisa teve como principal objetivo correlacionar a temperatura do ar e os níveis

de RUV com a incidência de câncer de pele nas capitais do Brasil. Considerando que o Brasil possui diversos fatores que favorecem a alta incidência de novos casos de câncer de pele, investigar a relação da doença com as variáveis meteorológicas pode abrir oportunidades para novos estudos que analisem como esse cenário pode se agravar no futuro. Além de possibilitar a identificação das regiões do país mais afetadas por esse conjunto de fatores, essa análise pode auxiliar na fundamentação de políticas públicas mais eficazes e na distribuição estratégica de recursos para o enfrentamento do câncer de pele, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de prevenção, diagnóstico precoce e tratamento adequado nas áreas que mais necessitam de suporte.

Metodologia

Para as análises realizadas foram utilizados dados de estimativa de casos de câncer de

pele provenientes do INCA e dados meteorológicos provenientes do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) pelo modelo ERA5 (Hersbatch, et al. 2020). Para as variáveis de incidência de câncer de pele foi utilizado o período máximo disponível pelo INCA, que consiste entre 2005 e 2023, e para as variáveis meteorológicas foram utilizados dados entre 2000 e 2023.

Os dados do INCA utilizados não possuem um banco de dados em arquivos digitais de

fácil manipulação, cada dado utilizado foi extraído dos arquivos pdfs “Incidência de Câncer no Brasil”, os arquivos possuem edições anuais, posteriormente adicionados a uma tabela de Excel onde foram divididos a nível nacional, regional, estadual e capital, para o

gênero masculino e feminino. A partir deste novo banco de dados adaptados, foi utilizado a taxa de número de casos anuais de CPNM entre homens (H) e mulheres (M) – vide tabela 1.

Os dados do ERA5 possuem resolução espacial de 0,25° x 0,25°, para cada capital do

Brasil foram utilizadas as variáveis temperatura do ar em 2 metros e RUV-b incidente, para o horário das 15:00 UTC. Para os dados de temperatura foi utilizada a diferença de temperatura média do ar no verão em relação a média do ano (ΔT) e para os dados de RUV-b foi utilizada a média anual de todo o período – vide tabela 1.

Capital	Latitude	RUV	ΔT (DJF)	CPNM - H	CPNM - M
BOA VISTA	2,82	2,74	2,3	7,1	17,0
MACAPA	0,03	2,93	1,3	5,4	13,6
BELEM	-1,45	3,27	1,2	14,7	42,3
SÃO LUIZ	-2,52	3,44	-0,8	52,9	47,6
MANAUS	-3,1	2,70	0,6	7,4	17,4
FORTALEZA	-3,72	3,55	0,7	84,0	68,4
TERESINA	-5,09	3,40	3,3	55,7	33,0
NATAL	-5,79	3,53	-0,5	76,5	76,0
JOAO PESSOA	-7,12	3,34	0,9	197,2	119,1
RECIFE	-8,04	3,27	1,7	60,2	49,6
PORTO VELHO	-8,76	2,70	-0,6	13,8	19,3
MACEIO	-9,66	3,26	2,0	53,3	29,8
RIO BRANCO	-9,98	2,64	-0,2	13,6	16,7
PALMAS	-10,24	3,39	0,7	15,0	15,8
ARACAJU	-10,91	3,38	-0,1	181,6	197,0
SALVADOR	-12,97	3,50	-1,4	63,1	49,9
BRASILIA	-15,78	3,31	-2,3	41,3	27,8
GUIABA	-15,6	3,11	2,2	80,3	51,5
GOIANIA	-16,68	3,28	-1,2	96,0	119,2
BELO HORIZONTE	-19,92	3,17	-2,1	126,1	173,2
VITORIA	-20,32	3,10	-1,0	14,1	19,1
CAMPO GRANDE	-20,45	3,06	-0,1	88,8	68,1
RIO DE JANEIRO	-22,91	2,95	0,5	171,4	131,1
SÃO PAULO	-23,55	2,88	-2,2	58,8	53,5
CURITIBA	-25,43	2,53	-4,1	70,7	71,7
FLORIANOPOLIS	-27,59	2,59	-1,5	525,3	451,3
PORTO ALEGRE	-30,03	2,60	0,3	145,6	163,3

Tabela 1 - Dados utilizados para análise de relação entre RUV, temperatura e câncer de pele.

A partir dos dados contidos na Tabela 1 foram realizadas as seguintes análises:

1. Análise da relação entre a variação latitudinal da distribuição de RUV e o número de casos de CPNM:

$$\ln(\text{CPNM}) = a \ln(\text{RUV}) + b \quad (1)$$

2. Análise da relação entre a variação de temperatura e os resíduos observados entre a distribuição do item anterior:

$$\text{resíduo} [\ln(\text{CPNM})] = a \Delta T + b \quad (2)$$

Obs: O coeficiente de regressão ‘a’ é comumente chamado de fator de amplificação biológica (FAB), que fornece o aumento percentual na incidência por aumento percentual da variável (RUV ou ΔT)

3. Ajuste dos resíduos em $\ln(\text{CPNM})$ à temperatura máxima do verão após a regressão em $\ln(\text{RUV})$. Assim, ambas as variáveis, $\Delta \ln(\text{RUV})$ e ΔT , devem ser ajustadas simultaneamente à $\ln(\text{CPNM})$, por regressão múltipla, de acordo com a equação:

$$\ln(\text{CPNM}) = a \Delta \ln(\text{RUV}) + b \Delta T + c \quad (3)$$

O ajuste de ambas as variáveis, $\Delta \ln(\text{RUV})$ e ΔT , devem ser reajustados simultaneamente a $\ln(\text{CPNM})$, de acordo com a equação (3). Usando um ajuste por regressão múltipla em um código Python, encontramos os seguintes valores ajustados:

HOMENS: $\rightarrow a = 4,376, b = -0,288$ e $c = 3,893$ (valor-p < 0,001 e F = 0,002)

MULHERES $\rightarrow a = 2,340, b = -0,230$ e $c = 3,794$ (valor-p < 0,001 e F = 0,003)

Resultados e discussão

Como esperado, os resultados observados na Figura 1 indicam um ‘fator de amplificação biológica’ (FAB) da RUV de aproximadamente 4,4 e 2,3 para homens e mulheres respectivamente. Por outro lado, ambos os fatores ‘b’ da equação são negativos, indicando uma associação negativa entre variações positivas da temperatura do ar e número de casos de CPNM. Isto é, na Figura 1-b encontramos evidências de que parte da variação restante na incidência de CPNM pode ser atribuída à temperatura, com uma diminuição entre 23 a 28% na incidência de CPNM.

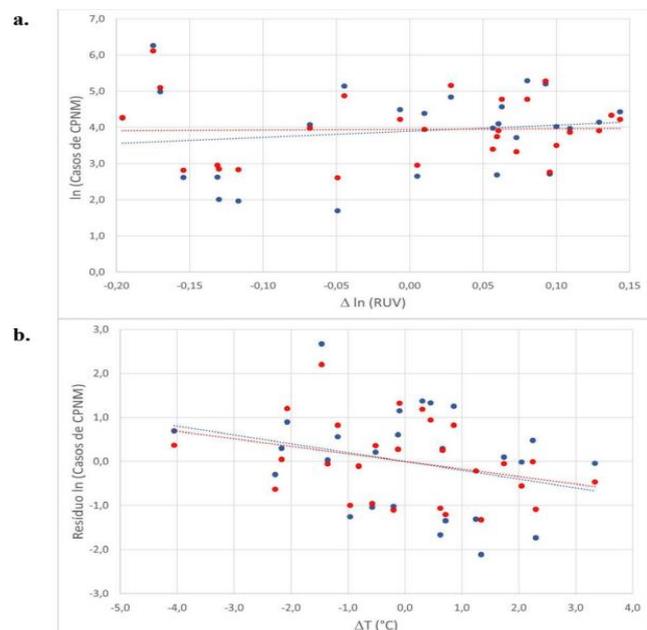


Figura 1 - Resultados obtidos a partir das análises obtidas por meio da metodologia de van Der Leun et al, (2008). a: Duplo log de incidências de CPNM (azul: homens, vermelho: mulheres) em 2023 versus desvio da dose anual da média geométrica de RUV (2000 a 2023). Todos os parâmetros ajustados diferem significativamente de 0 ($p < 0,001$). b: Resíduos da incidência CPNM) para homens (azul) e mulheres (vermelho) versus ΔT ($^{\circ}\text{C}$).

Conclusões

O FAB calculado reforça o papel central da exposição à RUV na incidência de CPNM,

sobretudo entre os homens, que apresentam um FAB de 4,4 em comparação a 2,3 nas mulheres. Isso destaca a vulnerabilidade diferencial entre os sexos frente à exposição solar. No entanto, os resultados encontrados na análise da relação entre a temperatura e CPNM divergem dos encontrados por van der Leun et al. (2008), que sugeriram um aumento nos casos de câncer de pele com temperaturas mais altas. A explicação plausível para essa contradição pode estar nos comportamentos adaptativos da população. Por exemplo, em dias de altas temperaturas, as pessoas tendem a reduzir o tempo de exposição ao sol, buscar abrigo em locais fechados ou adotar medidas de proteção.

Embora esses resultados fornecem novas perspectivas sobre a interação entre temperatura e incidência de CPNM, trata-se de um estudo muito preliminar. É essencial realizar novos estudos para entender melhor essa dinâmica e explorar a importância de outras variáveis ambientais, comportamentais e fenotípicas (cor de pele, etc) que podem estar associadas às variáveis meteorológicas e a incidência da doença.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto de Recursos Naturais, Pró-Reitoria de Graduação e Reitoria da Universidade Federal de Itajubá e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências

Instituto Nacional de Câncer - INCA. Câncer de pele não melanoma. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/pele-nao-melanoma>. Acesso em: 4, Out, 2024.

J. C. van Der Leun and F. R. de Gruijl, Climate change and skin cancer, Photochem. Photobiol. Sci., 2002, 1, 324–326.