XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Radiação UV em ambientes urbanos: Sombreamento como fator de proteção solar

Radiación UV en entornos urbanos: La sombra como factor de protección solar

UV Radiation in Urban Environments: Shading as Sun Protection Factor

Clima e Planejamento Urbano

Leal, Lilianne de Queiroz
Doutora, UFCG, Campina Grande/PB, Brasil, lilianne.queiroz@professor.ufcg.edu.br

Leder, Solange Maria
Doutora, UFPB, João Pessoa/PB, Brasil, solangeleder@yahoo.com.br

Resumo

Este artigo investigou o impacto das sombras urbanas na incidência de radiação ultravioleta (UV) e sua contribuição para a redução dos riscos à saúde associados à exposição solar. A pesquisa foi conduzida na cidade de João Pessoa/PB, adotando uma abordagem quantitativa. Três estações de monitoramento foram selecionadas e a obstrução da abóbada celeste foi analisada por meio do indicador Sky View Factor (SVF). A radiação UV foi medida considerando os padrões de sombreamento gerados por árvores e edifícios. Os resultados destacam como áreas sombreadas podem atenuar a incidência de radiação UV, promovendo a proteção solar. A pesquisa aponta a importância de equilibrar a exposição aos raios UV, uma vez que tanto a exposição excessiva quanto a insuficiente podem ser prejudiciais à saúde. Compreender o impacto das sombras urbanas sobre a radiação UV oferece subsídios para geração de espaços urbanos saudáveis.

Palavras-chave: Sombras urbanas. Radiação ultravioleta. Proteção solar.

Resumen

Este artículo investigó el impacto de las sombras urbanas en la incidencia de radiación ultravioleta (UV) y su contribución a la reducción de los riesgos para la salud asociados con la exposición solar. La investigación se llevó a cabo en la ciudad de João Pessoa/PB, Brasil, adoptando un enfoque cuantitativo. Se seleccionaron tres estaciones de monitoreo y la obstrucción de la bóveda celeste fue analizada mediante el indicador Sky View Factor (SVF). La radiación UV fue medida considerando los patrones de sombreado generados por árboles y edificios. Los resultados destacan cómo las áreas sombreadas pueden atenuar la incidencia de la radiación UV, promoviendo la protección solar. La investigación resalta la importancia de equilibrar la exposición a los rayos UV, ya que tanto la exposición excesiva como la insuficiente pueden ser perjudiciales para la salud. Comprender el impacto de las sombras urbanas sobre la radiación UV ofrece bases para el desarrollo de espacios urbanos saludables.

Palabras clave: Sombras urbanas. Índice ultravioleta. Protección solar.

Abstract

This study investigated the impact of urban shading on ultraviolet (UV) radiation levels and its contribution to reducing health risks associated with sun exposure. The research was conducted in the city of João Pessoa, PB, Brazil, employing a quantitative approach. Three monitoring stations were selected, and the obstruction of the sky dome was analyzed using the Sky View Factor (SVF) indicator. UV radiation was measured based on shading patterns generated by trees and buildings. The results underscore how shaded areas can reduce UV radiation exposure, thereby enhancing solar protection. The study highlights the importance of balancing UV exposure, as both excessive and insufficient exposure pose health risks. Understanding the effect of urban shading on UV radiation offers valuable insights for the development of healthy urban environments.

Keywords: Urban shade. Ultraviolet radiation. Sun protection.

1. Introdução

Embora a exposição à radiação ultravioleta (UV) possa trazer múltiplos benefícios para a saúde, a exposição excessiva é prejudicial. A radiação UV é responsável por efeitos deletérios aos olhos (Delcourt *et al.*, 2014) e à pele, como câncer e queimaduras (Mullenders, 2018), mas também, por consequências benéficas associadas à sintetização da vitamina D (Heisler e Grant, 2000). Para contrapor essa dicotomia é preciso dosar a exposição, que não pode ser excessiva, mas deve acontecer, com a exposição controlada, o risco de queimadura solar é reduzido e a síntese da vitamina D é estimulada (Holick, 2011).

Ações incentivando a proteção solar têm sido amplamente divulgadas. Na Australia, a conscientização da ameaça do câncer de pele resultou em programas com slogans tipo Slip! Slop! Slap!. No Reino Unido, diretrizes de proteção solar recomendam evitar exposição da pele em horários com maior incidência dos raios UV, entre 11h e 15h, e indicam o uso de roupas de proteção, como boné e chapéu, e aplicação de filtro solar (Cancer Research UK, 2021).

No contexto urbano, os estudos sobre o impacto da morfologia urbana no sombreamento e na proteção contra a radiação UV ainda são limitados, especialmente no que diz respeito à análise do grau de proteção oferecido por áreas sombreadas, considerando a presença de arborização e edificações. A configuração do espaço e os elementos presentes no ambiente urbano, como edifícios e vegetação, influenciam diretamente a intensidade da radiação UV que atinge o solo e, consequentemente, a exposição da população. Embora a sombra não forneça proteção completa contra os raios UV, pesquisas demonstram sua capacidade de reduzir a exposição total aos raios, ao mesmo tempo que ainda possibilita alguma produção de vitamina D induzida pelos raios UV na pele, além disso, ambientes sem sombra adequada impõem aos indivíduos a responsabilidade da proteção solar (Turnbull e Parisi, 2008)

A irradiância eritematosa envolve parte da faixa UVA e UVB, sendo representado pelo Índice Ultravioleta (IUV). O IUV foi estabelecido como padrão internacional pela Organização Mundial da Saúde com diretrizes para exposição solar segura. Este índice é dividido em cinco categorias: IUV inferior a 2, IUV entre 3 e 5, IUV entre 6 e 7, IUV entre 8 e 10 e IUV acima de 10 (11+) definidas como de risco baixo (sem necessidade de proteção); moderado, alto e muito alto (proteção necessária); e extremo (evitar exposição solar), respectivamente (WHO, 2002). A sombra urbana gerada por copas

de árvores pode proporcionar uma significativa redução da radiação UV direta (Gies *et al.*, 2007), criando ambientes mais favoráveis à saúde.

Para promover a qualidade do ambiente urbano é importante caracterizar sua morfologia, acrescida das áreas desobstruídas, obstruídas e ainda seus impactos na visão do céu. Métodos para estimativa de visibilidade de céu, como o *Sky View Factor* (SVF), de aplicação na climatologia urbana (Steyn, 1980), são úteis para quantificar os elementos que obstruem a visão do céu e a insolação. O SVF permite, com o conceito de projeção equiangular e correção geométrica de imagens hemisférica (captura de uma matriz de pixels), distinguir a porção celeste visível e a porção obstruída que corresponde ao sombreamento em um determinado ponto na superfície terrestre (Steyn *et al.*, 1986). Outras soluções permitem a simulação computacional com base em fotografia hemisférica (*fisheye*) e rastreamento dos pixels em softwares com auxílio de imagens digitais que automatizam a estimativa do SVF, a exemplo do *RayMan* (Matzarakis, 2018).

A interação entre a sombra proporcionada por árvores e a obstrução causada pelos edifícios ainda é pouco estudada, especialmente em cidades situadas em regiões de baixa latitude, onde a intensidade da radiação UV tende a ser mais elevada ao longo do ano. Neste sentido, este artigo tem como objetivo investigar como as sombras urbanas interferem na incidência de radiação ultravioleta e contribuem para a redução dos riscos à saúde associados à exposição solar. Deste modo, a interferência da morfologia urbana, seja natural ou construída, e a magnitude da radiação UV foram analisados a partir de porções obstruídas da abóbada celeste em recorte urbano na cidade de João Pessoa/Paraíba.

2. Metodologia

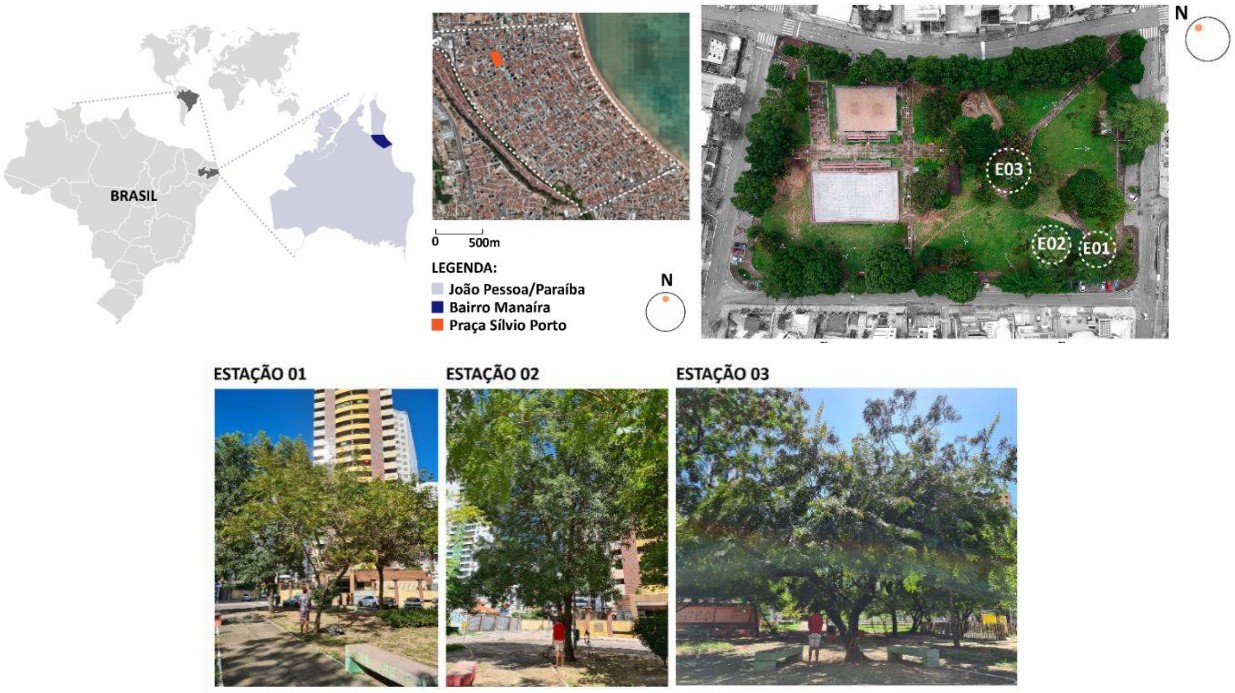
Este estudo foi dividido em 4 etapas: (1) Descrição da área de estudo, definido por áreas urbanas obstruídas em três estações de monitoramento e uma estação sem obstrução; (2) Estimativa da obstrução do céu; (3) Medições de radiação ultravioleta; e (4) Análise descritiva dos dados.

2.1. Descrição da área de estudo

A investigação foi realizada na cidade de João Pessoa/Paraíba, no nordeste brasileiro, localizada a 7° Sul e 34° Oeste com altitude de 43m. Parâmetros meteorológicos do município atingem médias de temperaturas de 27°C (± 2,5°C), umidade relativa de 74% (± 11,6%) e radiação global de 1.502,8 KJ/m² com pico no mês de janeiro (INMET, 2024). O recorte urbano escolhido para realização do

experimento está localizado no bairro no Bairro de Manaíra, delimitado pela Praça Silvio Porto, caracterizado pela presença de arborização com diversas espécies e pelo entorno edificado adensado, composto por edifícios multipavimentos predominantemente residenciais (Figura 1).

Figura 1: Localização da área de estudo e do recorte urbano. Localização de estações de monitoramento.



A escolha das estações de medição ocorreu por meio da seleção de áreas que abrangessem espécies arbóreas e entorno edificado com padrões distintos de sombreamento. A seleção não obedeceu a critério de sombra urbana, com estação contendo desde espécies mais densas e perenes em seu ciclo de vida até as mais jovens e caducifólias, caracterizadas pela perda sazonal das folhagens. Adicionalmente, foram identificadas as sombras decorrentes de edifícios circunvizinhos ou de outras árvores.

A Figura 2 ilustra as três estações de monitoramento, sendo denominadas: Estação 01, 02 e 03, com predominância das espécies *Handroanthus heptaphyllus* (cient.) ou Ipê Rosa (pop.), *Jacaranda mimosifolia* (cient.) ou Jacarandá Mimoso (pop.), respectivamente e *Adenanthera Pavonina* (cient.) ou Olho de Pombo/Carolina (pop.). As características das estações de medição são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Características das espécies

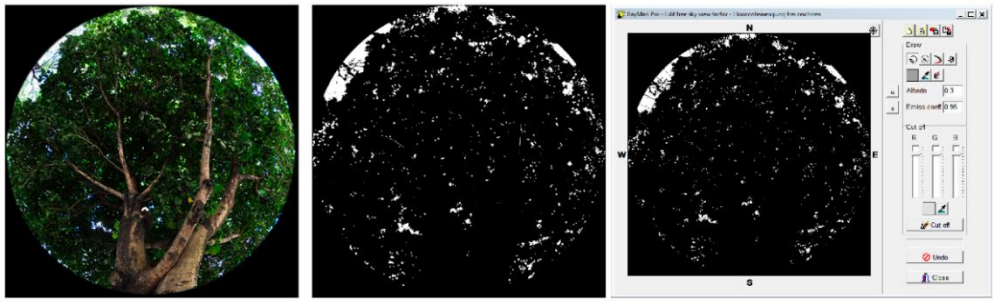
Espécies	Altura total	Altura tronco	Diâmetro da copa	Diâmetro do tronco	Ciclo de vida
Ipê Rosa	7,60m	2,20m	8,55m	0,22m	Caduca
Jacarandá Mimoso	7,25m	3,15m	7,60	0,22m	Perene
Olho de Pombo	7,35m	1,85m	10,85m	0,75m	Perene

O levantamento das estações ocorreu em agosto e setembro de 2022 e foram avaliadas sua geometria, ciclo de vida das espécies, concentração das folhas e a condição de céu predominante por turno. Por meio dos registros fotográficos, foi realizada uma estimativa das dimensões das árvores, redimensionando e ajustando conforme uma dimensão real predefinida. As alturas totais foram em média 7,00m, com troncos entre 1,85 e 3,15 de altura e copas com diâmetros acima de 7m.

2.2. Estimativa da obstrução do céu – Sky View Factor

Os impactos do entorno nas três estações, bem como a estação desobstruída, foram averiguados utilizando o indicador Sky View Factor (SVF). Para estimativa do SVF, foi utilizado o programa *Rayman* com base em imagens hemisféricas em formato 1080x1080px (Figura 2a), posicionada ao centro, tangenciando os quatro lados, e com conversão para arquivo de extensão bitmap ou *.bmp* (Figura 2b).

Figura 2: (a) Imagem hemisférica; (b) Imagem com extensão Bitmap; (c) Software Rayman



(a) (b) (c)

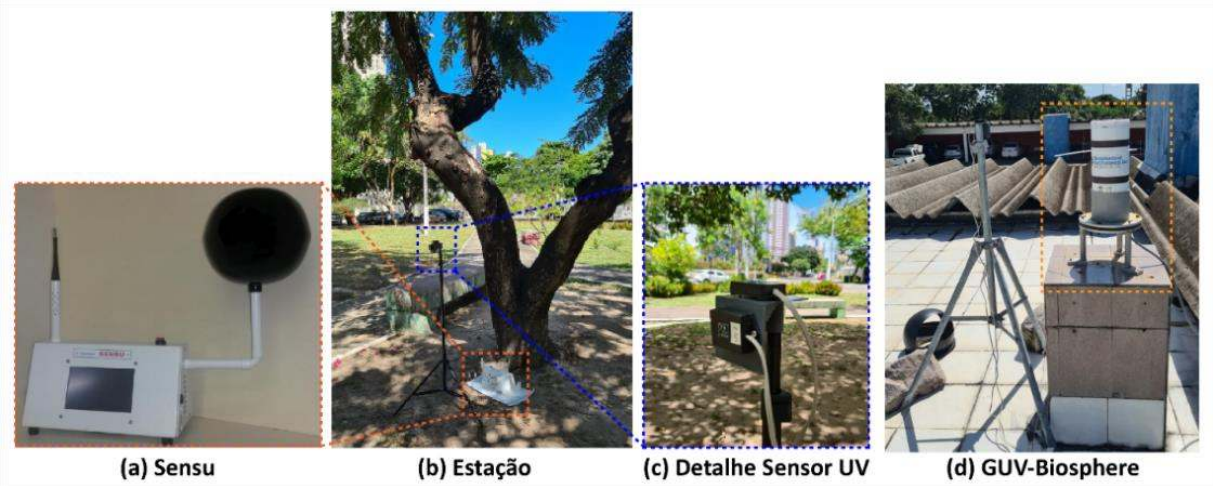
A orientação teve como referência do Norte geográfico no topo da imagem (Matzarakis, 2018). No *Rayman*, a estimativa do indicador SVF (Figura 2c) ocorre por meio da captura de uma matriz de pixels, distinguindo a porção celeste em pixel 255, ou branco, e a porção obstruída em pixel 0, ou preto (Steyn *et al.*, 1986). A estimativa do SVF também pode ser extraída com aplicação da lei dos cossenos, considerando o ângulo sólido da abóbada, ou com a contagem de pixels, que

determina o SVF geométrico. Os valores resultantes atingem escala entre 0 e 1, sendo o céu completamente obstruído e desobstruído, respectivamente.

2.3. Medições de radiação ultravioleta

Os dados de exposição à radiação solar ultravioleta foram coletados com a utilização do equipamento Confortímetro SENSU + sensor UV (Figura 3a), como alternativa de instrumento de medição de baixo custo. Desenvolvido pelo de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas dos Materiais – LMPT/UFSC, o equipamento foi construído para monitoramento de variáveis microclimáticas associadas ao conforto térmico. Para essa pesquisa foi adicionado o sensor adicional do tipo ML8511 (Lapis, 2013; Serrano; Abril-Gago; García-Orellana, 2022).

Figura 3: Equipamentos e sensores utilizados nas medições.



$$\boldsymbol{UVI = 0,04 * UVTotal\ (0,94 * k1 + 0,059 * k2)}$$ **(Equação 01)**

Seu fotodiodo é sensível às faixas UVA e UVB fornecendo uma saída analógica de tensão linearmente relacionada à intensidade UV (Figura 3b e 3c). Sua resposta espectral atinge comprimentos de onda entre 280 e 400nm e pico em 365nm em microwatt por centímetro quadrado – mW/cm². A ficha técnica do fabricante do sensor fornece uma conversão da tensão de saída à radiação UV e, em nota de aplicação, inclui o cálculo de conversão (Equação 01) dos dados em UV gerados para valores aproximados de Índice Ultravioleta (IUV) em concordância com o espectro de ação do CIE (*Commission Internationale de l´Eclairage*). O equipamento foi calibrado com o Radiômetro GUV-

2511 (*Ground-based Utraviolet Radiometer – Biophere Instruments Inc.* - Figura 3d) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sediado em Natal/RN.

Para as medições, o sensor UV (Sensu - LMPT) foi posicionado sobre um plano horizontal fixado em um tripé e instalado em estações de medição sob a copa das árvores com distância de aproximadamente 1,00m da base do tronco e altura de 1,20m em relação ao solo. As medições foram realizadas nos meses de agosto e setembro de 2022. Foram programados registros a cada minuto em dois recortes temporais: 7h às 12h (no início do dia até o meio-dia solar); 12h às 17h (início da tarde até final do dia), sendo medidos em dias distintos e não consecutivos. Os ângulos de elevação solar variaram de 11° a 64° para este período de amostragem, referente ao final do solstício de inverno e início do equinócio de primavera.

2.4. Análise descritiva dos dados

Para análise dos dados, foi realizada a etapa de pré-processamento para remoção de valores ausentes ou inconsistentes e, assim, não comprometer a precisão dos resultados. Além disso, os dados foram estruturados com a criação de tabelas e gráficos de modo a facilitar as análises. Para uma melhor visualização da distribuição e variabilidade, gráficos de caixas (boxplots) foram gerados, permitindo a identificação do comportamento dos dados e possíveis valores discrepantes. Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando a plataforma Anaconda com aplicações na interface JupyterLab e instalação de pacotes (pandas, matplotlib e seaborn), onde foram criados e executados scripts python. As variáveis estudadas foram as Estações de monitoramento obstruídas a partir de sombras urbanas e desobstruídas, com menor impacto do entorno, os dados de medição de Radiação Ultravioleta (mW/cm²) e as estimativas de Índices UV (adimensional), convertido das medições. Adicionalmente, os impactos das obstruções urbanas foram avaliados segundo o SVF e verificados quanto o indicador explica a variabilidade da radiação e dos Índices UV em cada estação.

3. Resultados e discussões

3.1. Características das estações

Todas as estações apresentaram semelhanças no padrão de sombreamento, com a presença de elementos arbóreos e construídos, definidos como a área de obstrução. A Estação 01 (Ipê Rosa) se destacou pela presença do céu aberto no turno da manhã e céu parcialmente nublado à tarde,

com a concentração de sombras, resultando em uma baixa frequência de horas de sol no ponto de medição. De maneira similar, a Estação 3 (Olho de Pombo) apresentou faixas de céu desobstruídas, tanto à tarde quanto nas orientações Norte e Sul. As condições de céu seguiram o padrão da Estação 1, com céu claro e maior duração do sol, sobretudo pela manhã (Tabela 2).

Tabela 2: Características das estações de monitoramento

Estação	Árvore predominante	Data	Duração do sol[3]	Condição de céu	Obstrução
Estação 01	Ipê Rosa	10/08/2022[1]	7	Claro	Árvore + edifícios
		12/09/2022[2]	10	Parcial. nublado	
Estação 02	Jacarandá Mimoso	20/09/2023[1]	164	Claro	Árvore + edifícios
		19/09/2023[2]	26	Claro	
Estação 03	Olho de Pombo	09/09/2022[1]	171	Claro	Árvore + edifícios
		16/09/2022[2]	78	Parcial. nublado	
Estação 0	_	_	_	_	Desobstruída

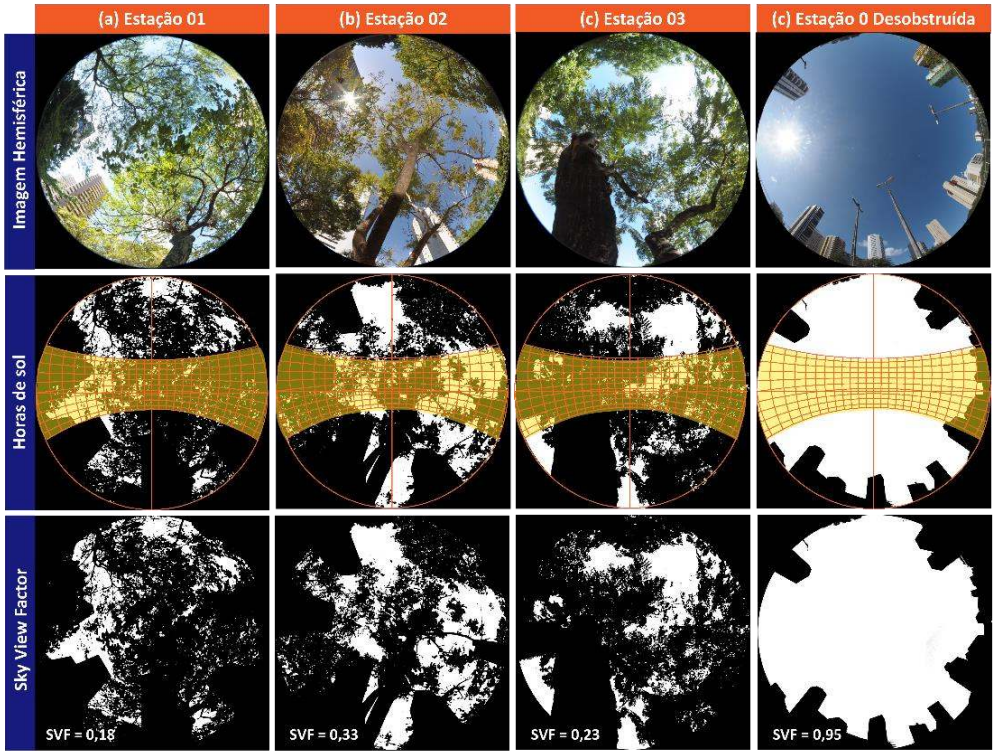
[1]Turno manhã; [2] Turno tarde; [3]Medidas em minutos.

A Estação 2, representada pela espécie Jacarandá Mimoso, é caracterizada pela copa menos densa e lacunas mais evidentes em comparação com as demais estações. Apesar da combinação entre árvores e edifícios, essa estação permitiu uma maior duração da incidência solar, especialmente no período da manhã. O céu claro foi a condição predominante igualmente nos dois turnos. A Estação 0 foi definida como o ponto de monitoramento padrão para as demais, pois apresentou menor interferência do entorno e uma maior porção de céu visível.

3.2. Obstrução urbana e o Sky View Factor

A obstrução urbana foi avaliada por meio do indicador Sky View Factor (SVF) e algumas particularidades foram observadas nas estações investigadas. As Estações 1 e 2 apresentaram SVF aproximados (0,18 e 0,23, respectivamente), mas com definições de sombras distintas. Árvores com copas mais densas e tronco mais espessos causaram obstruções semelhantes às geradas pelos edifícios. A distribuição do céu variou entre as estações, sendo mais homogênea na Estação 1, enquanto nas demais houve uma maior concentração de céu visível (Figura 4).

Figura 4: Estações com representação das horas de sol e estimativa de Sky View Factor



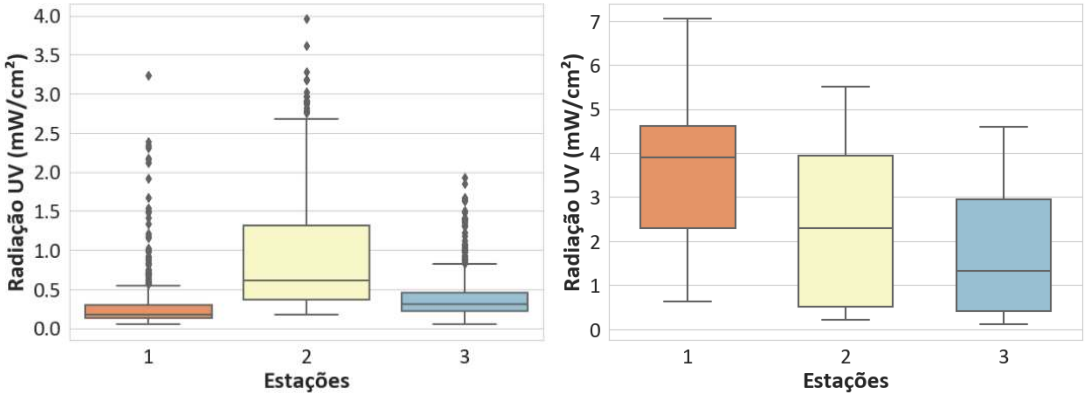
A Estação 3 se destacou pela visibilidade da abóbada celeste. Com 33% de céu visível, a imagem hemisférica revela uma predominância de obstrução causada por edifícios, em comparação com as árvores. Além disso, essa estação apresentou maior abertura de copa do que as demais. O Sky View Factor (SVF) da Estação (0) desobstruída, localizada próxima ao recorte urbano, totalizou 95% de céu visível, com obstrução composta exclusivamente por edifícios multipavimentos. Como resultado, essa estação teve o maior número de horas de sol ao longo do ano, exceto nas primeiras horas do dia.

3.3. Radiação UV e estimativa de Índice UV no meio urbano

Quantos aos registros de radiação ultravioleta (UV), observou-se similaridade no comportamento dos dados nas Estações 1 e 3, atingindo valores mínimos quase nulos, predominantes nas áreas obstruídas, próximo ao nascer e por dor sol, e no turno com maior ocorrência de céu parcialmente nublado. Ambas apresentaram dados discrepantes acima da margem superior, com máxima de 3,2 e 2,0 mW/cm², respectivamente. A Estação 2 foi destacada com maior variabilidade dos

dados, registrando valores máximos próximos de 3,0mW/cm², com valores atípicos acima do limite máximo atingindo 4,0mW/cm². Este resultado reforça a possível interferência da condição de céu claro e da maior faixa de céu desobstruída no aumento da incidência de raios UV e, consequentemente, na redução da proteção solar (Figura 5a).

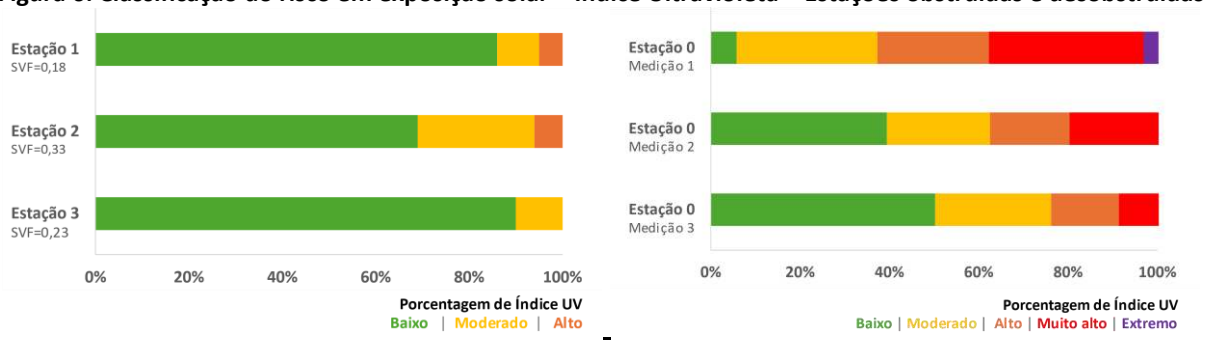
Figura 5: Radiação UV nas estações de medição (a) obstruída e (b) desobstruída



Na Estação 0, definida como o ponto de menor interferência do entorno, as medições foram realizadas ao mesmo tempo das estações mais obstruídas. O monitoramento paralelo à Estação 1 revelou um maior número de ocorrências tanto para os dados mínimos quanto para os máximos, com um intervalo entre 0,7 mW/cm² e 7,1 mW/cm², e uma mediana de 3,9 mW/cm². Embora os registros de raios UV na Estação 0 tenham sido mais elevados, o sombreamento na Estação 1 proporcionou uma atenuação mais eficaz da incidência de radiação, resultando em mais horas no dia com proteção solar, em comparação com as demais estações. Comportamento semelhante também ocorreu na estação 3, no entanto, com intervalo de mínima e máxima entre 0,1 e 4,8 mW/cm², respectivamente (Figura 5b).

Quanto ao Índice Ultravioleta (IUV) estimado, a Figura 6 ilustra o percentual de risco de exposição solar, conforme a classificação da OMS. Observou-se um maior percentual de IUV na Estação 3, classificado como baixo risco (IUV ≤ 2), com apenas 10% dos registros indicando IUV entre 3 e 5 (risco moderado). Isso confirma que as sombras urbanas podem oferecer elevado grau de proteção contra raios nocivos. As Estações 1 e 2 apresentaram alto risco de ocorrência de queimaduras solares (aproximadamente 10%), o que torna necessário acrescentar mais barreiras de proteção solar para criar ambientes mais favoráveis à saúde da pele.

Figura 6: Classificação do risco em exposição solar – Índice Ultravioleta – Estações obstruídas e desobstruídas



Ao contrário do monitoramento nas áreas sombreadas, a estação desobstruída, que registrou maior ocorrência de radiação direta, obteve taxas preocupantes, atingindo uma classificação de risco muito alta ($8 \leq IUV < 10$) a extremo ($IUV \geq 10$) entre 10% e 40% dos dados. Esse resultado evidencia a magnitude da exposição à radiação em áreas urbanas desobstruídas, cujo efeito deletério em algumas horas do dia induz à não utilização desses espaços, em atendimento à recomendação de evitar exposição solar no horário próximo às 12h, a fim de reduzir o risco de queimaduras solares e danos à pele.

4. Considerações finais

Este estudo analisou o impacto do sombreamento urbano sobre a radiação ultravioleta (UV) em três estações de monitoramento. Os resultados apontaram uma maior atenuação da radiação UV, com áreas sombreadas oferecendo significativa proteção solar. Por outro lado, pontos de medição com maior abertura de copa de árvores permitiram maior incidência de radiação solar, especialmente no período da manhã. A avaliação do Sky View Factor (SVF) revelou que a combinação de árvores densas e edificações resultou em diferentes padrões de sombreamento e proteção contra a radiação UV. Já a análise do Índice Ultravioleta (IUV) mostrou que a estação com SVF=0,33 teve o maior percentual de IUV classificado como baixo risco, enquanto as estações com 18% e 23% apresentaram riscos moderado a alto. A estação desobstruída, com maior exposição direta à radiação solar, registrou IUV com risco muito alto a extremo. Esses resultados destacam os efeitos associados às sombras urbanas, reforçando a importância do planejamento urbano e da municipalidade na promoção da proteção solar. A pesquisa sugere o sombreamento como uma estratégia de controle da radiação UV em espaços urbanos, dividindo e amenizando com a população os custos da proteção individual. Parques, praças, passeios e demais espaços de lazer sombreados são alternativas urbanas saudáveis, sem limites ou com menor restrição de uso.

Referências

CANCER RESEARCH UK. **Sun and vitamin D.** 2021. Disponível em: https://www.cancerresearchuk.org/about-cancer/causes-of-cancer/sun-uv-and-cancer/sun-and-vitamin-d.

DELCOURT, C. *et al.* Lifetime exposure to ambient ultraviolet radiation and the risk for cataract extraction and age-related macular degeneration: The alienor study. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 55, n. 11, 2014, p. 7619–7627.

GIES, P. *et al.* Assessment of the UVR Protection Provided by Different Tree Species. **Photchemistry and Photobiology**, v. 83, 2007, p. 1465–1470.

HEISLER, G. M.; GRANT, R. H. Ultraviolet radiation, human health, and the urban forest. 2000.

HOLICK, M. F. Vitamin D: A D-Lightful solution for health. **J Investig Med**, v. 59, n. 6, 2011, p. 872–880.

INMET**. Banco de dados meteorológico para ensino e pesquisa-João Pessoa/PB**. 2024. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/.

LAPIS, S. **ML8511 - UV Sensor with Voltage Output**. 2013. Disponível em: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf.

MATZARAKIS, A. Rayman Pro: A tool for Applied Climatology., 2018. Disponível em: https://www.urbanclimate.net/rayman/.

MULLENDERS, L. H. F. Solar UV damage to cellular DNA: from mechanisms to biological effects. **Photochemical & Photobiological Sciences**, v. 17, n. 12, 2018, p. 1842–1852.

SERRANO, A.; ABRIL-GAGO, J.; GARCÍA-ORELLANA, C. J. Development of a Low-Cost Device for Measuring Ultraviolet Solar Radiation. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 2022.

STEYN, D. G. The calculation of view factors from fisheye-lens photographs: Research note. **Atmosphere - Ocean**, v. 18, n. 3, 1980, p. 254–258.

STEYN, D. G. *et al.* The determinantion of sky view-factors in urban environments using video imagery. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 3, 1986, p. 759–764.

TURNBULL, D. J.; PARISI, A. V. Utilising shade to optimize UV exposure for vitamin D. **Atmos. Chem. Phys**, v. 8, 2008, p. 2841–2846.

WHO. **Global solar UV index: a practical guide**. World Health Organization, 2002. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42459/9241590076.pdf.