

VERTICALIZAÇÃO E VARIAÇÕES CLIMÁTICAS URBANAS: ESTUDO DE CASO EM ÁGUAS CLARAS, DISTRITO FEDERAL

Rafael Rodrigues da Franca

Gabriel Klein

Thiago Almeida de Lima

Emilly Caroline Costa Silva

Luana Pereira de Azevedo Lima

Vitor Hugo Jorge Lins

Ercilia Torres Steinke

Universidade de Brasília

RESUMO

Este estudo analisou a influência da verticalização e da morfologia urbana na formação de microclimas em Águas Claras (DF), uma das áreas de maior densidade demográfica do Distrito Federal (3.108,71 habitantes/km²). Para isso, foi realizado um conjunto de medições em transecto móvel durante diferentes períodos do dia e estações do ano, abrangendo pontos estratégicos que refletem distintos padrões de ocupação e uso do solo. Em tais pontos, foram analisados o Fator de Visão do Céu (FVC) e a relação altura/largura (H/W). Os resultados indicam que áreas mais abertas, com baixos valores de H/W e elevados FVC, registraram as maiores temperaturas e menores umidades relativas do ar, enquanto pontos densamente verticalizados, com alto confinamento urbano, apresentaram menores temperaturas médias e maior umidade relativa. A análise evidencia que a forma urbana e o adensamento vertical modulam de maneira significativa o balanço de radiação, o sombreamento e a ventilação, ressaltando a necessidade de incorporar parâmetros morfológicos ao planejamento de cidades tropicais para mitigar o desconforto térmico e a formação de ilhas de calor.

Palavras-chave: Transecto móvel; fator de visão do céu; relação H/W.

ABSTRACT

This study analyzed the influence of verticalization and urban morphology on the formation of microclimates in Águas Claras (Federal District, Brazil), one of the most densely populated areas of the Federal District (3,108.71 inhabitants/km²). To this end, a series of measurements were taken using a mobile transect during different times of day and seasons, covering strategic points that reflect distinct land-use patterns. At these points, the Sky View Factor (SVF) and the height/width ratio (H/W) were analyzed. The results indicate that more open areas, with low H/W values and high SVF, showed the highest temperatures and lowest relative humidity, while densely built-up areas, with high degree of urban enclosure, presented lower average temperatures and higher relative humidity. The analysis shows that urban form and vertical density significantly modulate urban energy balance, shading, and ventilation, highlighting the need to incorporate morphological parameters into the planning of tropical cities to mitigate thermal discomfort and the formation of urban heat island.

Key words: Mobile transect; sky view factor; H/W ratio.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano configura-se como um dos principais fatores de modificação do clima urbano (Monteiro, 1990). As transformações da malha urbana provocam alterações nos fluxos de radiação emitidos pela superfície, o que repercute na temperatura e umidade relativa do ar e na ventilação (Aguiar *et al.*, 2017). É importante entender que as condições climáticas nas cidades podem ser afetadas por fatores diversos, entre eles, materiais de superfície, orientação, a presença ou não de vegetação e a geometria (Muniz-Gaal *et al.*, 2018).

A verticalização de áreas urbanas pode levar à formação de cânions urbanos, afetando ainda mais as condições climáticas (Amorim, 2019). Os cânions urbanos são locais com a presença de grandes quantidades de altos edifícios construídos próximos uns dos outros, apresentando um microclima próprio, que é diferente daqueles encontrados em espaços de campo aberto. A presença de cânions urbanos é esperada em áreas com alta verticalização; no entanto, é importante destacar que os seus efeitos podem ser ambíguos e variar em função de outros fatores (Mendonça, 1995).

Os cânions urbanos podem resultar em efeitos negativos, como a redução da ventilação e circulação do ar, levando ao acúmulo de poluentes e aumento das temperaturas, podendo criar microclimas específicos no ambiente construído (Mendonça, 1995). A geometria estreita dos cânions pode restringir a entrada de luz solar direta, reduzir a disponibilidade de iluminação natural e afetar o conforto visual nas áreas internas dos edifícios (Romero, 2001). Por outro lado, os cânions urbanos também podem ter efeitos positivos, ao promover corredores de ventilação natural, facilitando a circulação do ar e contribuindo para a dissipação de calor. Além disso, a sombra fornecida pelos edifícios altos pode ajudar a reduzir a exposição direta ao sol e o aquecimento excessivo em determinadas áreas, contribuindo para o conforto térmico (Vianna, 2018; Romero, 2011).

O Distrito Federal (DF), onde localiza-se a cidade de Brasília, é composto por 35 subdivisões territoriais conhecidas como Regiões Administrativas (RA). As RA foram criadas com o objetivo de descentralizar a administração pública e facilitar a gestão urbana, garantindo a prestação de serviços e o desenvolvimento equilibrado em todo o território do DF. Devido a essa subdivisão, a área urbana do DF é considerada polinucleada, isso significa que o território apresenta fragmentação entre os núcleos urbanos existentes, com ampla diversidade de geometrias, morfologias e configurações (Melo, 2022). A característica marcante nas áreas urbanas do DF é a horizontalidade e a baixa altura dos edifícios. Isso é especialmente evidente nas superquadras do Plano Piloto, pertencente à RA Brasília, onde os prédios residenciais geralmente têm apenas alguns andares de altura. Essa característica visa manter a paisagem aberta e valorizar o horizonte da cidade.

A RA Águas Claras, área de estudo dessa pesquisa, localizada a cerca de 20 quilômetros do centro de Brasília, não apresenta essa característica. Sua área urbana é caracterizada pela verticalização. A região possui uma grande quantidade de edifícios residenciais, muitos deles com vários andares, incluindo condomínios, apartamentos e flats. Essa verticalização é uma característica marcante da paisagem urbana de Águas Claras. Assim, observa-se que os padrões de ocupação da RA Águas Claras distanciam-se das características originais da área planejada do Plano Piloto em Brasília, com ampla verticalização e escassa arborização de vias, produzindo microclimas específicos (Vianna, 2018). A cidade surgiu para atender a uma demanda das classes média e alta por meio da atuação de grandes incorporadores imobiliários (Moreira, 2015). Inicialmente, Águas

Claras foi destinada a moradias com edifícios de até 12 andares, mas atualmente há edifícios que superam os 30 andares (Nogueira, 2023).

Nesse contexto, o objetivo geral é analisar a formação de microclimas urbanos na região verticalizada de Águas Claras, DF, a partir de diferentes métodos amplamente utilizados por pesquisadores da área da Climatologia.

PROCEDIMENTOS METOLÓGICOS

Para alcançar o objetivo, foram avaliados na área de estudo: aspectos termo-higrométricos, por meio de pontos fixos e transectos móveis; avaliação do Fator de Visão do Céu (FVC), por meio de fotografias angulares em pontos estratégicos; e relação altura/largura (H/W), por meio de modelo 3D disponível em *software* livre. A metodologia executada está descrita nos itens a seguir.

Área de estudo

A Região Administrativa de Águas Claras faz parte da malha urbana de Brasília e é uma das 35 regiões administrativas do Distrito Federal. Segundo a Pesquisa Distrital de Amostra por Domicílios - PDAD 2021, a população de Águas Claras era de 120.107 habitantes, 3,99% da população total do DF, e a densidade demográfica era de 3.108,71 habitantes/km². O clima da região caracteriza-se como Tropical Brasil Central subquente – média entre 15°C e 18°C em pelo menos 1 mês, semiúmido 4 a 5 meses seco (IBGE, 2002).

As temperaturas médias anuais revelam um clima predominantemente quente, com 27°C para as temperaturas máximas, 17°C para as mínimas e 21,4°C para a temperatura compensada anual. A região apresenta uma estação chuvosa bem definida de outubro a abril, com um total anual de precipitação de 1478,8 mm. Em contrapartida, os meses de maio a setembro registram níveis de precipitação significativamente baixos. A umidade relativa do ar acompanha essas variações sazonais, atingindo valores mais elevados durante os meses chuvosos, chegando a cerca de 76% em novembro e dezembro, e valores mais baixos durante a estação seca, caindo para 43,5% em agosto. Além disso, a região desfruta de um clima predominantemente ensolarado ao longo do ano, com um total anual de 2415,6 horas de sol. Agosto se destaca como o mês mais ensolarado, com 273,5 horas de sol, enquanto dezembro registra a menor quantidade, com 145 horas (Brasil, 1978).

A ocupação territorial em Águas Claras foi implementada no ano de 1992, como um bairro administrado por Taguatinga e em 2003 a Região foi emancipada. Atualmente possui 918,66 hectares com áreas destinadas ao comércio, lazer e moradias predominantemente verticais, além da presença de áreas verdes como o Parque Ecológico de Águas Claras, Parques Central e Sul e Residência Oficial do Governador que ocupam juntos cerca de 403 hectares de área da Região Administrativa (Distrito Federal, 2021).

Transecto móvel e pontos fixos

Os transectos móveis são utilizados para medições da temperatura do ar ao nível do pedestre (1,5m de altura). Os instrumentos utilizados foram termo-higrômetros digitais *datalogger* modelo AKSO-AK-174. Este equipamento possui uma escala de 0 a 100% para UR com precisão de +/- 3% e de -40°C a 70°C para a temperatura com precisão de +/- 1,0°C. O intervalo dos registros foi estabelecido em 2 segundos ao longo de todo o trajeto.

O uso de *dataloggers* AKSO AK-174 para o registro de temperatura e umidade do ar encontra respaldo em diversos estudos recentes, que empregaram o mesmo modelo de equipamento em contextos de monitoramento ambiental e microclimático, como evidenciado nos trabalhos de Melo (2020), Costella (2021), Rufino *et al.* (2023), Thomasi *et al.* (2025) e Vale (2025). Esses estudos demonstram não apenas a confiabilidade operacional do equipamento, mas também sua capacidade de captar variações termo-higrométricas em escalas finas, aspecto essencial em análises que buscam compreender heterogeneidades espaciais típicas de ambientes urbanizados. O AK-174 conta com uma ótima exatidão ($\pm 0,5$ °C / ± 3 % UR), o que proporciona maior segurança e confiabilidade nos resultados, reduzindo incertezas associadas ao registro contínuo durante deslocamentos. A utilização do equipamento em pesquisas decorre, ainda, de suas características técnicas, como elevada frequência de amostragem, boa estabilidade de leitura e resistência a oscilações rápidas de temperatura ao longo do percurso, que garantem precisão às medições, sobretudo em transectos móveis. Dessa forma, seu emprego na presente investigação reforça a adequação metodológica adotada, assegurando a compatibilidade dos dados obtidos com protocolos validados na literatura e permitindo comparações com outros estudos nacionais que analisam microclimas urbanos sob condições semelhantes.

Na presente pesquisa foram consideradas as recomendações de Valin Jr. & Santos (2020), visando eliminar, ao máximo, possíveis interferências em decorrência da velocidade do veículo, horários e abrigos utilizados. Para tanto, foram pré-estabelecidos parâmetros para o levantamento de dados com transecto móvel. Assim, a velocidade do veículo variou entre 20 e 30 km/h e as coletas foram realizadas nos horários sinóticos de 00h, 12h, 18h GMT (Brasília GMT -3).

O transecto 1 foi realizado em 14 de maio de 2023, às 12h GMT, os transectos 2 e 3 foram realizados em 21 de maio, às 18h e 00h GMT, respectivamente. No dia 08 de junho de 2023, às 12h GMT, houve coleta fixa simultânea em 6 pontos estabelecidos ao longo do trajeto do transecto, nos quais foram obtidas fotografias da cobertura do céu, FVC e relação H/W. Tais pontos foram definidos a fim de abranger características heterogêneas quanto à altitude, orientação das vias, tipos de uso e cobertura do solo e geometria das edificações.

Os sensores e abrigos foram instalados e ligados aproximadamente 10 minutos antes do horário de início da coleta de dados para estabilização. Além disso, Valin Jr. e Santos (2020) sugerem que o tempo de coleta não ultrapasse uma hora, desse modo, o tempo gasto nos trajetos dos transectos foi, em média, de 45 minutos, totalizando 12,7 km de extensão. Visando a padronização dos dados, todos os abrigos utilizados eram de PVC horizontal.

O trajeto definido visou abranger áreas heterogêneas, passando por pontos compostos por corredores de prédios altos (Avenida das Araucárias e Avenida das Castanheiras), áreas

descampadas (Rua Tamboril e parte da Avenida Vereda da Cruz) e área predominantemente composta por vegetação (Parque Ecológico de Águas Claras). Após a realização dos transectos em campo determinou-se 6 pontos fixos que englobassem os diferentes usos do solo em Águas Claras, para os levantamentos referentes ao FVC e relação H/W, sendo a Praça Sabiá ponto de partida e chegada (próxima ao ponto 1).

O uso de transectos móveis é uma abordagem benéfica em áreas com dados climáticos limitados ou com poucas estações meteorológicas, como Águas Claras, que representa adequadamente as diferentes características das cidades e seus arredores (Stewart, 2000).

Fator de visão do céu (FVC)

O FVC constitui um parâmetro adimensional que indica a porção de céu visível em um determinado local a partir de um ponto na superfície terrestre (Souza *et al.*, 2010), o que está diretamente relacionado à dispersão de energia térmica (Minella, Rossi & Krüger, 2009). Conforme o estudo realizado por Collischonn & Ferreira (2015), a metodologia do FVC deve iniciar com a obtenção da fotografia a partir de uma câmera sobre um tripé, a 1,5m de altura, com uma lente olho de peixe com ângulo de 180° acoplada (figura 1).

As fotografias angulares dos 6 pontos fixos foram obtidas e, após, foi utilizado o software de edição gráfica Adobe Photoshop para delimitar a área obstruída por construções, vegetação e outras estruturas, separando o céu em pixels brancos e as demais áreas com pixels pretos e, então, os resultados foram submetidos ao programa *SkyViewFactorCalculator*, desenvolvido pela Universidade de Gotemburgo (Lindberg & Holmer, 2012).

O FVC, então, foi calculado utilizando o método de Johnson & Watson (1984), consistindo no uso de 45 anéis com um intervalo de azimute de 5 graus a partir do centro da imagem, resultando em 3240 pixels utilizados na imagem hemisférica para o cálculo (Lindberg & Holmer, 2012), permitindo a observação da variação do FVC na escala de 0 (obstrução total) a 1 (sem obstrução) para os 6 pontos fixos. Segundo Oke (1981), o FVC está associado à razão entre a altura das edificações/obstáculos (H) e a largura dos cânions (W).

Relação entre altura e largura dos cânions urbanos – relação H/W

Outro parâmetro relevante é a relação entre a altura (H) e a largura (W) dos cânions urbanos – H/W (Megda & Masiero, 2021). A relação H/W é um parâmetro que pode simplificar muito a interpretação da geometria e morfologia urbana nas cidades, por considerar o cânion urbano como um perfil bidimensional, homogêneo e infinito (Nakata-Osaki, Souza & Rodrigues, 2016).

Em cada um dos 6 pontos fixos, o cálculo do H/W foi feito a partir da média das alturas dos prédios dividida pela largura da rua e, posteriormente, foram classificados como cânions profundos aqueles com relação H/W superior a 2 (Battista *et al.*, 2015). A relação H/W foi calculada a partir de modelos 3D disponíveis no *software Google Earth*.

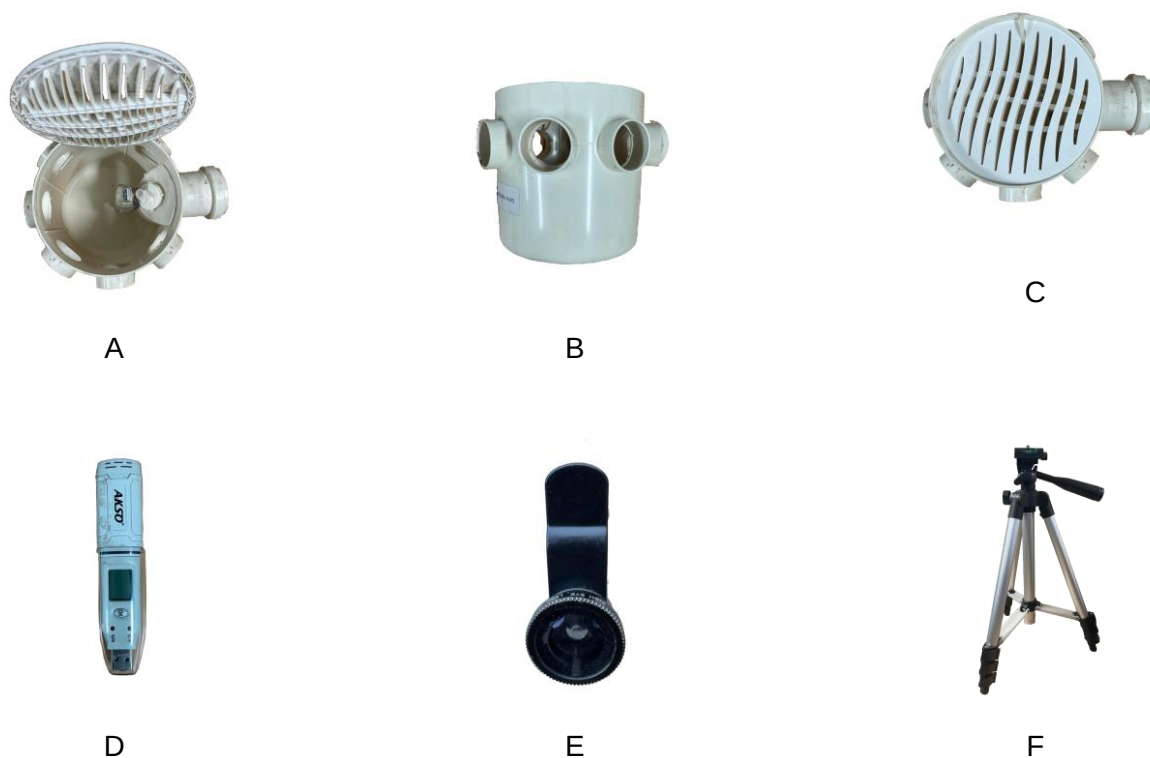


Figura 1 – Equipamentos utilizados para a metodologia FVC: Abrigo para o transecto móvel (A, B e C); Transecto móvel (D); Lente olho de peixe com ângulo de 180° de visão para o FVC (E); Tripé de sustentação do equipamento (F): Fonte: os autores

Trajeto

O Mapa 1 apresenta o uso e cobertura da terra em Águas Claras (SEDUH, 2019), o trajeto com transecto móvel e os pontos fixos escolhidos para o FVC e relação H/W.

RESULTADOS

Os dados coletados em Águas Claras, por meio do transecto móvel, em diferentes horários e em 6 pontos fixos, permitiram uma análise de características microclimáticas locais. Os resultados revelaram variações na temperatura e umidade que guardam estreita relação com variações de altitude, orientação/geometria das vias, relação H/W e FVC.

A Figura 2 exhibe a variação da temperatura do ar ao longo do percurso do transecto móvel nos três horários pré-estabelecidos.



Mapa 1 – Uso e cobertura do solo em Águas Claras (DF), com o trajeto realizado na pesquisa. Fonte: SEDUH, 2019. Elaboração: os autores.

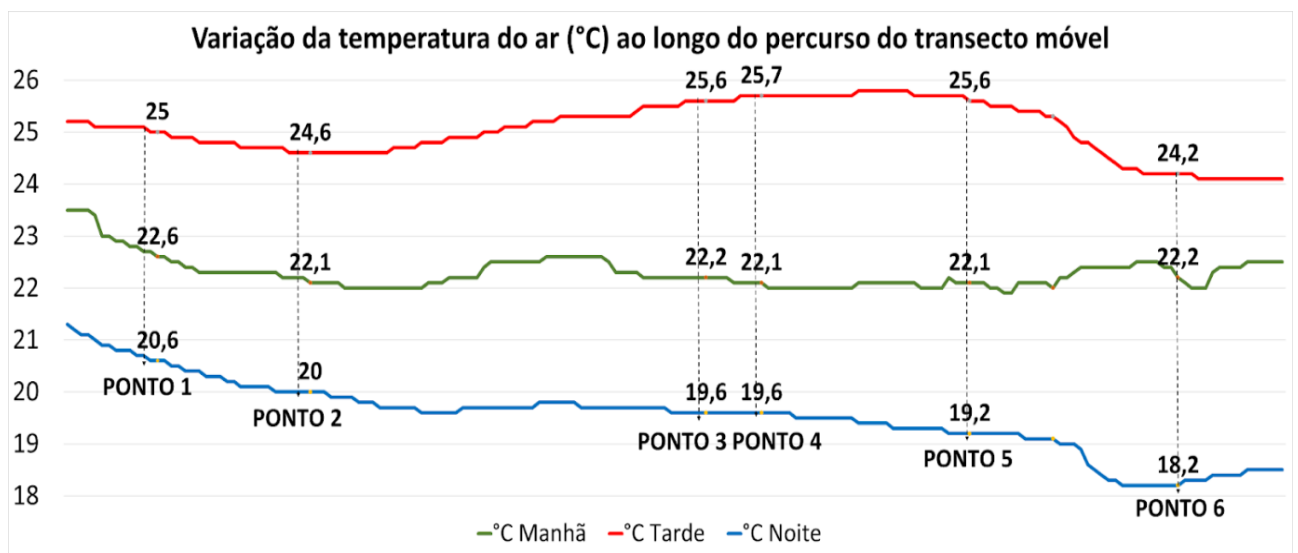


Figura 2 – Variação da temperatura do ar (°C) ao longo dos percursos do transecto móvel nos períodos e pontos pré-estabelecidos. Fonte: os autores.

Os dados coletados em Águas Claras se aproximaram dos dados registrados pela estação meteorológica oficial do INMET, que se localiza a cerca de 13 km da área de estudo, na Região Administrativa do Sudoeste/Octogonal (Quadro 1).

		Transecto móvel Águas Claras		Estação Inmet / Sudoeste				
Data	Hora	T	UR	T	UR	Direção Vento	Velocidade Vento	Sistema sinótico
14/mai	12z	22,3	45	21,4	48,5	123°	3,3 m/s	Massa Tropical Atlântica
21/mai	18z	25,0	37,8	23,5	40,5	110°	2,8 m/s	Massa Tropical Atlântica
22/mai	00z	19,3	53,3	19,1	56,5	101°	2,3 m/s	Massa Tropical Atlântica
08/jun*	12z	20,9	54,9	19,7	59	91°	2,8 m/s	Massa Tropical Atlântica
*pontos fixos								

Quadro 1 – Dados registrados pela estação meteorológica oficial do INMET, que se localiza a cerca de 13km da área de estudo, na Região Administrativa do Sudoeste/Octogonal. Fonte: INMET.

O quadro compara os dados e identifica o sistema sinótico vigente em cada dia e horário da coleta de dados em campo. Nessas datas, o Distrito Federal esteve sob domínio da Massa Tropical Atlântica, associada à atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul, com ventos predominantes do quadrante leste-sudeste, condições de tempo estável, com pouca ou nenhuma nebulosidade, temperaturas amenas e umidade relativa moderada.







Descrição dos pontos durante a medição

Os pontos analisados possuem características distintas, as quais são descritas a seguir com o que foi observado durante as medições (Quadro 2).

Temperatura do ar

Os dados de temperatura nos diferentes horários ao longo do trajeto do transecto móvel em Águas Claras evidenciam que os microclimas variam significativamente. Todos os pontos

apresentam uma variação diária da temperatura, registrando valores mais altos durante a tarde e mais baixos à noite.

Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
					
Área caracterizada pela presença de edifícios em ambos os lados da via de tráfego intenso.	Área com ausência de grandes edifícios, ladeada por área campestre.	Via de mão dupla separada por um pequeno canteiro central, em uma ponte sobre os trilhos do metrô, sem edificações próximas.	Via com três faixas de rolamento e ciclofaixa, presença de edifícios elevados dos dois lados e tráfego intenso.	Ponto nos limites do parque ecológico de Águas Claras, entre uma área de mata nativa de Cerrado e grandes edifícios.	Via estreita, sentido duplo, com presença de edifícios em ambos os lados. Durante as medições, manteve-se sombreada e com ventos.

Quadro 2 – Descrição dos seis pontos de referência das medições. Fonte: Elaborado pelos autores.

O Ponto 1 apresenta uma variação moderada durante o dia (4,4 °C), com a tarde mais quente e a noite um pouco mais fresca, assim como o Ponto 2 (4,6 °C).

O Ponto 3 exibe uma variação mais significativa (6°C), com a tarde apresentando a temperatura máxima do grupo e a noite sendo a mais fria. O Ponto 4 se assemelha ao Ponto 3, com uma variação ligeiramente maior (6,1°C)

O Ponto 5 apresenta a maior variação de temperatura medida ao longo do dia (6,4 °C), com a tarde mais quente e a noite um pouco mais fria.

O Ponto 6 possui uma variação também acentuada (6°C), com a tarde ainda quente e a noite sendo a mais fresca de todos os pontos (18,2 °C).

Umidade relativa do ar

Os dados de umidade relativa do ar obtidos, registram que as médias nos pontos variaram entre 49,1% e 59,3%.

O Ponto 2 apresentou a menor umidade média, chegando a 49,1%. Por outro lado, o Ponto 5 registrou a maior umidade média, atingindo 59,3%. Os demais pontos apresentaram umidades médias variando entre 53,8% e 57,2%. Essas variações podem ser influenciadas por uma combinação de fatores, incluindo a orientação das vias, a presença de áreas verdes e a topografia local, que pode influenciar o movimento do ar e a retenção de umidade.

Altitude

Em termos de elevação acima do nível do mar, as altitudes dos 6 pontos amostrados variam entre 1111 metros e 1206 metros.

O ponto de menor altitude é o Ponto 2, com 1111 metros. A posição mais baixa pode favorecer um clima ligeiramente mais quente em comparação com os pontos de maior altitude, uma vez que áreas mais baixas tendem a aquecer mais no diurnamente.

O Ponto 4 apresentou a maior altitude, com 1206 metros. Em geral, áreas com maior altitude tendem a ser mais frias, especialmente à noite, devido a maior exposição à circulação atmosférica.

Os demais pontos apresentaram altitudes próximas, variando entre 1144 metros e 1197 metros. Essas altitudes relativamente similares podem levar a diferenças climáticas menos significativas entre esses pontos, especialmente considerando que estão localizados na mesma região geográfica.

Orientação da via

As orientações das vias nos pontos do transecto móvel em Águas Claras apresentaram uma diversidade de direções, com diferente distribuição da radiação solar ao longo do dia. Por exemplo, vias orientadas em direção leste-oeste (W-E) podem estar mais expostas à radiação solar matutina e vespertina, enquanto vias orientadas em direção norte-sul (N-S) podem receber maior exposição solar ao meio-dia. Isso pode resultar em microclimas ligeiramente diferentes em cada ponto, influenciando as temperaturas máximas e mínimas ao longo do dia.

As diferentes orientações das vias também podem impactar a circulação do ar e a formação de ventos locais. Vias orientadas em direção a um vale, canal natural ou cânion urbano podem canalizar o vento, criando zonas de maior ventilação e, possivelmente, reduzindo a sensação térmica em dias quentes. Por outro lado, vias orientadas perpendicularmente ao fluxo de vento predominante podem criar barreiras ao vento, resultando em áreas com menor ventilação.


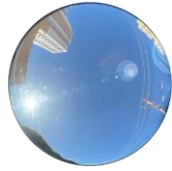










Índice H/W

A relação H/W variou consideravelmente nos pontos amostrados em Águas Claras, apresentando valores que vão desde 0 (Ponto 3) até 3,36 (Ponto 4).

O H/W está relacionado à morfologia urbana e ao grau de adensamento das edificações em determinada área, onde pontos com essa relação baixa indicam que os edifícios são mais baixos ou inexistentes em relação à largura da via, geralmente refletindo uma menor densidade de construções, como visto no Ponto 3. Por outro lado, pontos com relação H/W mais alta indicam que os edifícios são mais altos em relação à largura da via, sugerindo uma maior densidade de construções ou a presença de edifícios mais altos, como exemplo o Ponto 4 e o Ponto 6.

Fator de visão do céu

Os resultados obtidos ao calcular o FVC nos 6 pontos selecionados revelaram variações significativas (Quadro 3).

					
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
X: -48,023511 Y: -15,8412594	X: -48,0092129 Y: -15,8376635	X: -48,0401113 Y: -15,8341228	X: -48,0393776 Y: -15,8367127	X: -48,0327329 Y: -15,832859	X: -48,0291966 Y: -15,837153
FVC: 0,789	FVC: 0,940	FVC: 0,985	FVC: 0,606	FVC: 0,554	FVC: 0,562
					

Quadro 3 – Resultados obtidos para os seis pontos no FVC. Fonte: Elaborado pelos autores. FVC com base em Johnson & Watson, 1984).

O Ponto 3 apresentou o maior FVC registrado (0,985), indicando uma ampla visão do céu nessa localidade, assim como o Ponto 2 (0,940). Os demais pontos exibiram valores intermediários de FVC, com o Ponto 5, situado no Parque de Águas Claras, apresentando o menor FVC (0,554), o qual se aproximou bastante do valor calculado no Ponto 6 (0,562).

DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos ao longo do transecto móvel e nos seis pontos selecionados em Águas Claras-DF, revelou a influência da morfologia urbana, altitude e do uso do solo nos parâmetros microclimáticos, com ênfase no parâmetro temperatura do ar (Quadro 4).

Ponto	Altitude (metros)	Orientação da via	Índice H/W	Fator de Visão do Céu (Johnson & Watson, 1984)	Temperatura do Ar (média)	Umidade Relativa do Ar (média)
1	1144	WSW-ENE	1,23	0,789	20,7	54,6
2	1111	NW-SE	0,22	0,940	24,7	49,1
3	1197	SSW-NNE	0	0,985	21,1	53,8
4	1206	NW-SE	3,36	0,606	19,8	55,6
5	1166	SW-NE	1,87	0,554	19,5	59,3
6	1154	W-E	2,5	0,562	19,6	57,2

Quadro 4 – Resumo dos resultados observados nos seis pontos pelas medições em campo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores do índice altura/largura (H/W) variaram de 0 a 3,36, evidenciando desde áreas completamente abertas (Ponto 3) até cânions urbanos profundos (Ponto 4). Essa variação se refletiu nos valores do FVC, que variaram entre 0,554 e 0,985. Pontos mais verticalizados e com maior relação H/W apresentaram menor FVC, confirmando a relação inversa entre o cânion urbano e a abertura do céu.

Os padrões térmicos e higrométricos acompanharam essa diferenciação morfológica. As maiores temperaturas médias foram registradas no Ponto 2 (24,7 °C) e, em menor escala, no Ponto 3 (21,1 °C). Ambos exibem baixos índices H/W (0,22 e 0,0, respectivamente) e altos FVC (0,940 e 0,985), condições que favorecem a maior incidência direta de radiação solar e maior aquecimento diurno. Em contrapartida, os menores valores de temperatura ocorreram nos Pontos 4, 5 e 6 (19,8 °C; 19,5 °C; 19,6 °C), todos caracterizados por elevados índices H/W ($\geq 1,87$) e reduzidos FVC (0,606; 0,554; 0,562m respectivamente). Nesses pontos, a morfologia verticalizada cria sombreamento persistente e restringe a entrada de radiação, atenuando o aquecimento diurno.

A umidade relativa do ar reforça essa tendência inversa: os pontos mais quentes (2 e 3) exibiram os menores valores médios (49,1 % e 53,8 %), enquanto os pontos menos quentes (4, 5 e 6) apresentaram umidade mais elevada, alcançando 59,3 % no Ponto 5, sem que houvesse uma correlação evidente com os parâmetros de altitude, orientação das vias, relação H/W ou FVC.

Outros fatores, como a proximidade de áreas verdes exerceram maior influência nos níveis de umidade relativa do ar, como o exemplo dos pontos 5 e 6, que apresentaram os maiores valores para esse índice e estão inseridos, respectivamente, no Parque Ecológico de Águas Claras e no entorno dele.

A orientação das vias também desempenhou papel relevante. Pontos com orientação NW–SE (2 e 4) apresentaram extremos opostos de temperatura, mas com morfologias contrastantes: o Ponto 2, mais aberto, aqueceu intensamente; o Ponto 4, altamente verticalizado, manteve-se mais frio, sugerindo que o grau de fechamento do espaço urbano se sobrepõe ao efeito da orientação solar quando a razão H/W é elevada. Importante destacar que no período da pesquisa a direção do vento variou de leste a leste-sudeste, segundo dados da estação meteorológica mais próxima.

Em síntese, os resultados indicam que a verticalização exerce efeito significativo nos parâmetros microclimáticos, especialmente na atenuação da temperatura do ar e no aumento da umidade relativa em áreas de maior confinamento. Esses achados confirmam a importância de considerar a morfologia urbana — em especial os índices H/W e FVC — no planejamento de áreas densamente edificadas, de modo a equilibrar sombreamento, ventilação e conforto térmico em cidades de clima tropical.

A variação de altitude entre os pontos foi relativamente pequena, variando de 1111m a 1206m. Em relação a esse parâmetro, foi observado que o Ponto 2, de menor altitude, apresentou a maior temperatura média, e os pontos de maior altitude apresentaram menor temperatura média. A relação entre altitude e temperatura está em conformidade com o padrão observado em muitas áreas, onde a altitude geralmente está associada a temperaturas mais baixas devido aos efeitos do gradiente térmico vertical.

Na relação H/W, que representa a proporção entre a altura dos edifícios e a largura da via, observou-se que os pontos que apresentaram menor H/W (Ponto 1 - H/W: 1,23; Ponto 2 - H/W: 0,22; e Ponto 3 - H/W: 0), também apresentaram a menor variação de temperatura ao longo do dia (Ponto 1 - 4,4 °C; Ponto 2 - 4,6 °C; e Ponto 3 - 6 °C). Já os pontos com maior relação H/W (Ponto 4 - H/W: 3,36; Ponto 5 - H/W: 1,87; e Ponto 6 - H/W: 2,5), apresentaram as maiores variações de temperatura ao longo do dia (Ponto 4 - 6,1 °C; Ponto 5 - 6,4 °C; e Ponto 6 - 6 °C).

No que se refere ao FVC, neste estudo não foi possível observar a influência direta deste fator sobre a temperatura. Contudo, sabe-se que a obstrução da abóbada celeste por edificações tem efeito amenizador sobre as temperaturas máximas em função da redução da radiação solar incidente no interior de cânions urbanos; já durante o período noturno, a presença de cânions e menor FVC favorece o aumento das temperaturas, tal fato decorre do retardamento do processo de perda radiativa noturna em função da multiplicidade de fachadas emissoras de radiação de onda longa durante a noite. Além disso, cabe destacar a influência de cânions urbanos sobre a ventilação, já que podem configurar corredores de ventilação natural, facilitando a circulação do ar em algumas vias em determinados períodos do ano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo realizado revelou que a verticalização em Águas Claras - DF exerce influência na formação de microclimas urbanos, com variações térmicas e higrométricas diretamente associadas à morfologia urbana, à altitude, ao uso do solo e à relação H/W. Os resultados mostraram que áreas mais densas, com maior relação H/W, tendem a apresentar variações térmicas mais acentuadas, enquanto locais próximos a áreas verdes, como o Parque Ecológico de Águas Claras, demonstraram um microclima mais ameno, com menor temperatura e maior umidade relativa do ar. Isso ressalta a necessidade de considerar parâmetros climáticos no planejamento urbano de regiões verticalizadas, buscando soluções que mitiguem os efeitos adversos dos microclimas.

Como limitação, destacamos que a abrangência espacial da pesquisa foi restrita a uma área específica, o que pode comprometer a generalização dos resultados para outras áreas urbanas. Além disso, a dependência de dados pontuais e a ausência de medições de longo prazo podem ter influenciado a interpretação de certas variáveis, como o FVC e sua relação com a temperatura média. Fatores adicionais, como a composição dos materiais das edificações, vento e o tráfego urbano, também não foram aprofundados, mas podem ter contribuído para as condições observadas. Destacamos a importância de expandir pesquisas para áreas com características urbanas distintas e de incorporar metodologias mais abrangentes, como medições sazonais e simulações computacionais.

Por fim, sugere-se que futuros estudos explorem a influência de variáveis complementares, como a presença de materiais refletivos e estratégias de sombreamento, no conforto térmico urbano. É importante considerar o uso de tecnologias de sensoriamento remoto e modelos climáticos, o que poderá ampliar a compreensão dos microclimas em regiões altamente urbanizadas. Finalmente, para mitigar os efeitos dos microclimas observados, recomenda-se o aumento da cobertura vegetal, a implementação de corredores de ventilação natural e a adoção de medidas de urbanismo sustentável, como ruas mais amplas e fachadas verdes, buscando promover qualidade de vida para os moradores.

Submetido em 29 de maio de 2025

Aceito para publicação em 9 de março de 2026

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. F. M. C.; SILVA, M. V. C. D.; GANDU, A. W.; ROCHA, C. A.; CAVALCANTE, R. M. Caracterização de cânions urbanos e seus efeitos climáticos em área com intenso processo de verticalização na cidade de Fortaleza, Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 10, n. 4, p. 1046-1058, 2017. DOI: <doi.org/10.26848/rbgf.v10.4.p1046-1058>
- AMORIM, M. C. D. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2019. [S. l.], v. 25, 2021. DOI: <[10.5380/abclima.v0i0.65136](https://doi.org/10.5380/abclima.v0i0.65136)>
- BATTISTA, G.; EVANGELISTI, L.; GUATTARI, C.; VOLLARO, R. L. On the influence of geometrical features and Wind direction over an urban canyon applying a FEM analysis. **Energy Procedia**, v. 81, p. 11-21, 2015. DOI: <doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.054>
- COLLISCHONN, E.; FERREIRA, C. V. O. O fator de visão do céu e sua influência sobre as características térmico-higrométricas intraurbanas em Pelotas/RS, Brasil. **Geographia Meridionalis**, v. 1, n. 1, p. 160-178, 2015. DOI: <doi.org/10.15210/gm.v1i1.5716>
- COSTELLA, C. **O uso do estufim e a sazonalidade na produção de mudas de materiais genéticos recalcitrantes ao enraizamento**. Santa Maria, 2021. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.
- DISTRITO FEDERAL. CODEPLAN. Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios 2021: PDAD. In: CODEPLAN (org.). **Brasília**, 2021. Disponível em: <https://pdad2021.ipe.df.gov.br/static/downloads/relatorios/%C3%A1guas_claras.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Clima | 2002 Clima – 1:5.000.000. Vetores**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15817-clima.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 12/03/2026.
- JOHNSON, G.; WATSON, I. The Determination of View-Factors in Urban Canyons. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 23, n. 2. p. 329-335, 1984.
- LINDBERG, F.; HOLMER, B. **Sky View Factor Calculator. User Manual**. Version 1.1. University of Gothenburg, 2012.
- MEGDA, O. R.; MASIERO, E. Análise das Ilhas de Calor Urbano sobre Zonas Climáticas Locais com o uso de VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado – em uma cidade média. **URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 13, 2021. DOI: <doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200333>.
- MELO, M. L. **Proposta de zonas morfoclimáticas locais para a área urbana do Distrito Federal – Brasil**. 2022. 56 f., il. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.
- MENDONÇA, F. **O Clima e o Planejamento de Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposição Teórico-Methodológica e Sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR**. 1995. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- MINELLA, F.; ROSSI, F.; KRÜGER, E. Influência do fator de visão do céu no conforto térmico em duas situações urbanas distintas. **X Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**,

2009. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/322990311>>. Acesso em: 12/03/2026.

MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. **Geosul**, v. 5, n. 9, p. 80-114, 1990.

MOREIRA, P. K. V. **Produção do espaço, qualidade de vida urbana e percepção dos moradores em Águas Claras, Distrito Federal**. 2015. 116 f., il. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H. D.; MOTA, L. T. M. Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP. **Ambiente Construído**, v. 18, n.2. p. 177-196, 2018.

NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L. de; RODRIGUES, D. S. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, p. 73-87, 2016.

NOGUEIRA, Rodrigo Bonna. O direito do uso e ocupação do subsolo em praça pública: estudo de caso da praça da estação de metrô central Águas Claras, Distrito Federal. **Revista da Arquitetura: cidade e habitação**, v. 2, n. 1, 2023. DOI: <doi.org/10.5102/ra.v2i1.8718>

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, n. 3, p. 237-254, 1981. DOI: <doi.org/10.1002/joc.3370010304>

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001

_____. **Arquitetura do Lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília**. 1a. Edição. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011.

SEDUH, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do Distrito Federal. **Geoportal**. 2019. Disponível em: <<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa>>. Acesso: 12/03/2026.

SOUZA, L.; TENTE, C.; GIUNTA, M. B.; NAKATA, C. M. Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 155-167, 2010. DOI: <dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000400011>

STEWART, I.D. Influence of meteorological conditions on the intensity and form of the urban heat island in Regina. **The Canadian Geographer**, v. 44, n.3, p. 271-285, 2000. DOI: <doi.org/10.1111/j.1541-0064.2000.tb00709>

THOMASI, R.M., WESZ, A.M., RUBERT, J. *et al.* Development, growth and seed dormancy of resistant and susceptible Barnyardgrass under two water regimes. **Discover Plants** vol. 2, 251, 2025. DOI: <doi.org/10.1007/s44372-025-00333-x>

VALE, V. H. A. do. **Análise Topoclimática, Geomorfológica e de Percepção Climática em uma Bacia Hidrográfica em Ubatuba-SP**. Brasília, 2025. 107 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de Brasília.

VALIN JR, M. O.; SANTOS, F. M. M. Levantamento bibliográfico da utilização de transectos em pesquisas de clima urbano no Brasil e recomendações de padronização nos procedimentos.

Revista Brasileira de Climatologia, v. 26, p. 425-440, 2020. DOI: [10.5380/abclima.v26i0.67231](https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.67231)

VIANNA, Ellen Oliveira. **O campo térmico urbano: ilhas de calor em Brasília – DF**. 2018. 267 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.