

Variações da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes biótopos na Estação Ecológica da UFMG

*Matheus de Oliveira Reis¹
Carlos Henrique Jardim²*

RESUMO

A urbanização desprovida de planejamento adequado pode desencadear impactos ambientais como a formação de microclimas quentes e secos, com repercussões negativas para a qualidade socioambiental nas cidades. Logo, a implementação de estudos sobre áreas verdes urbanas visa sanar parte desses problemas. Contudo, é necessário avaliar o real impacto delas nesse contexto. Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar a variação da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes biótopos da Estação Ecológica da UFMG em Belo Horizonte. A metodologia consistiu na utilização de registradores automáticos de temperatura e umidade relativa do ar e aplicação da Análise Rítmica e Sistema Clima Urbano. Os resultados mostraram variações significativas de temperatura e umidade relativa do ar no interior dos biótopos, concomitante à sucessão do tempo meteorológico, distinguindo situações microclimáticas mais ou menos favoráveis em termos de conforto térmico e hídrico, importantes como parâmetros para aplicação em diagnósticos ambientais e planejamento urbano.

Palavras-Chave: Microclimas, Áreas verdes urbanas, Planejamento urbano.

THE VARIATION OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY OF AIR IN DIFFERENT BIOTOPES OF ESTAÇÃO ECOLÓGICA OF UFMG

ABSTRACT

The urbanization devoid of adequate planning, can trigger environmental impacts such as the formation of hotter and drier microclimates, with negative repercussions for the socioenvironmental quality in cities. Then, the implementation of studies about urban green spaces aims to solve some of these problems. However, it is necessary to assess its real impact in this context. Therefore, this work aims to analyze the variation in temperature and relative humidity in different biotopes of the UFMG Ecological Station in Belo Horizonte. The methodology consisted of the use of automatic temperature and relative humidity recorders and the application of Rhythmic Analysis and Urban Climate System. The results showed significant variations in temperature and relative air humidity inside the biotopes, concomitant with the succession of weather, distinguishing more or less favorable microclimatic situations in terms of thermal and hygroscopic comfort, important as parameters for application in environmental diagnoses and urban planning.

Keywords: Microclimates, Urban green spaces, Urban planning.

¹ Mestrando do Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), matheusor9529@gmail.com

² Docente de ensino superior do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, dxhenrique@gmail.com

Introdução

Ao empregar técnicas para modificar a paisagem e atender suas necessidades, o ser humano deixou as questões socioambientais em segundo plano, promovendo uma relação desarmônica e predatória com a natureza, prejudicando ambos (CASSETI, 1991). Um exemplo desse fato é o processo de urbanização que vem ocorrendo no Brasil nas últimas décadas, sem planejamento adequado. Como consequência, a expansão urbana desordenada degrada o meio ambiente e ainda promove o déficit habitacional, afetando as populações menos favorecidas socialmente. Nessa realidade, certos grupos sociais ficam expostos a eventos adversos associados ao clima, como, por exemplo, eventos de grande precipitação que geram situações como enchentes e movimentos de massa ou eventos de ilhas de calor, que provocam grande desconforto térmico para a população.

Nesse sentido, na cidade de Belo Horizonte e região metropolitana, por exemplo, várias áreas de risco de alagamento e movimentos de massa surgem durante eventos de precipitação (CAMPOS, 2011). Ademais, conforme Assis (2010), Belo Horizonte possui localidades com grande adensamento populacional e impermeabilização nas quais foram constatadas ilhas de calor. Dessa forma, o planejamento urbano deficitário associado a certos fenômenos climáticos têm o potencial de causar perdas humanas e materiais, prejuízos econômicos para o Estado e afetar a qualidade de vida e ambiental das populações urbanas.

Portanto, fica evidente a importância de estudos relacionados aos climas atuantes nos cenários urbanos, que buscam compreender como as formas de uso e ocupação do solo impactam na elevação das temperaturas e redução da umidade relativa do ar nas escalas inferiores do clima e são impactados por fenômenos climáticos associados aos sistemas atmosféricos atuantes em escalas regionais. Por isso, a necessidade, conforme Vide (1999), de entender como as cidades, por serem sistemas abertos, interagem com a atmosfera, pautados em suas particularidades, promovendo trocas de matéria e energia que impactam no clima desses espaços.

Deve-se expor, também, que os fenômenos climáticos respondem a uma hierarquia, ou seja, as escalas superiores do clima influenciam nas escalas inferiores (RIBEIRO, 1993). Assim, a compreensão dos sistemas atmosféricos é importante, já que em situações de instabilidade atmosférica, como a atuação de uma frente fria com marcada nebulosidade e chuvas abrandam as características microclimáticas ou locais. Por outro lado, situações de estabilidade atmosférica, com pouca nebulosidade e baixa velocidade dos ventos, tendem a maximizar as características microclimáticas, ou seja, são as condições ideais para desencadear a formação de ilhas de calor, dependendo da realidade urbana.

Desse modo, em função do contexto apresentando, atualmente as pautas ambientais estão em evidência na mídia, buscando alternativas para contornar a desarmonia entre o homem e a natureza, com o intuito de promover uma maior qualidade socioambiental, embora seja necessário ressaltar que existem interesses econômicos nesse movimento ambientalista (PORTO-GONÇALVES, 2006). Dito isso, na realidade da climatologia, tem-se buscado um planejamento urbano associado à presença de mais áreas verdes nas cidades e o resgate dos cursos d'água ao cenário urbano de modo a mitigar parte dos problemas associados às enchentes e desconforto térmico (ASSIS, 2003). Entretanto, é necessário a realização de estudos mais aprofundados para compreender de fato como e quanto as áreas verdes contribuem para mitigar o desconforto térmico e hídrico, além da qualidade do ar. A recíproca também é verdadeira, ou seja, a necessidade de compreender como as cidades impactam as áreas verdes, intensificando ou atenuando suas funções ecológicas e paisagísticas.

A partir de dados da revista Época (2016), a capital mineira apresenta apenas 3,9% de áreas verdes dentro do perímetro urbano. Nesse sentido, por possuir um número limitado de

áreas verdes, a investigação dos possíveis impactos térmicos e higrométricos promovidos pela realidade urbana dentro dessas áreas torna-se necessária. Nesse sentido, a Estação Ecológica, uma área verde inserida na Universidade Federal de Minas Gerais, e local de realização de diversos projetos de pesquisa, é uma área ideal para promover as análises propostas pela pesquisa. Portanto, o objetivo deste trabalho consistiu em analisar o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes biótopos da Estação Ecológica da UFMG, considerando a influência de fatores antrópicos e naturais como as massas de ar, através da sucessão dos tipos de tempo, do relevo e da vegetação presentes na área de estudo.

Materiais e Métodos

Para a realização da pesquisa foi preciso efetuar um levantamento bibliográfico (livros, artigos, dissertação, teses etc.) abordando questões associadas à climatologia, a partir de temas relacionados ao clima urbano, balanço de radiação, sistemas atmosféricos regionais e escalas climáticas (VIDE, 1999; NIMER, 1989; RIBEIRO, 1993). Além disso, foi essencial a leitura sobre metodologias da Análise Rítmica, Sistema Clima Urbano (SCU) e sobre geossistemas, contribuindo para a construção dos resultados (MONTEIRO, 1971; MONTEIRO, 1976; MONTEIRO, 2001).

Outro ponto chave incluiu a utilização de registradores automáticos termo-higrômetros (datalogger modelo HT 4000), para a mensuração da temperatura e umidade relativa do ar em quatro pontos da Estação Ecológica da UFMG (EECO-UFMG). Esses registradores foram programados para coletar dados em intervalos de 60 minutos e instalados no interior de abrigos de PVC com materiais isolantes, visando a homogeneização das condições de coleta e proteção dos registradores da chuva e irradiação solar direta, sob risco de comprometer as mensurações (JARDIM, 2018). O período da coleta dos dados ocorreu entre 13 de abril de 2023 e 9 de maio de 2023, durante o outono, que possibilitaria a ocorrência de condições meteorológicas associadas tanto ao verão quanto ao inverno, com dias mais quentes e/ou chuvosos e também situações mais frias. Ressalta-se ainda a utilização dos dados da estação meteorológica automática do INMET (A521) Belo Horizonte-Pampulha, presente na porção sul da Estação Ecológica, servindo como referencial de comparação junto aos dados coletados nos quatro pontos selecionados e controle das variáveis locais e regionais de clima. Esses dados foram retirados do próprio site do INMET, sendo analisados, além da temperatura e umidade relativa do ar, os dados sobre irradiação, pluviosidade e ventos. O site forneceu também as normais climatológicas (1991 - 2020) da cidade de Belo Horizonte, utilizada como ferramenta auxiliar na compreensão das características climáticas regionais.

Em relação à escolha dos quatro pontos na Estação Ecológica para a instalação dos registradores, determinou-se localidades com características distintas em termos de vegetação e topografia, a 1,5 metros da superfície (aprox.): Sede, Solo Exposto, Lagoa Seca, Mata das Borboletas e Estação Meteorológica do INMET (Figura 1).

Figura 1. Localização dos pontos de coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar e os biótopos da Estação Ecológica.



Fonte: Autoria própria.

Na Sede, o equipamento foi colocado na latitude 19°52'25.55"S, longitude 43°58'21.41"O e altitude de 838 metros. No local estava presente a infraestrutura do Lar dos Meninos Dom Orione composta pela olaria, galpões, chaminé e forno, o prédio da Sede Administrativa da Estação Ecológica e o Viveiro de Oficinas Ambientais (PLANO DE MANEJO, 2022). Há também uma área gramada com poucas árvores e um estacionamento para os funcionários da Estação Ecológica. A Sede é circundada por vegetação mais densa composta por mata semidecídua com espécies nativas e eucaliptos, capineira e mata semidecídua com espécies nativas e exóticas.

No ponto do Solo Exposto, instalou-se o equipamento na latitude 19°52'37.00"S, longitude 43°58'25.01"O e altitude de 816 metros. Esse local é caracterizado pela presença de solo exposto, com a presença de várias mudas de árvores oriundas de um projeto para reverter a degradação ambiental nesse ponto. No entorno há presença de mata estacional semidecídua com espécies nativas e exóticas, vegetação arbóreo-arbustiva e cerrado/savana florestada. Próximo a esse ponto, em situação topográfica deprimida, encontra-se o ponto do Vertedouro em latitude de 19°52'30.01"S, longitude 43°58'27.63"O e altitude de 825 metros. Esse ponto, próximo à uma das entradas do campus e do prédio da EEEFTO da UFMG, apresenta uma vegetação densa e de transição entre a mata semidecídua (com espécies nativas e exóticas) e biótopos degradados em diferentes estágios de recomposição. Tem-se ainda a presença do Córrego do Mergulhão e de uma estrada de terra para a passagem de veículos.

Por fim, na Mata das Borboletas, o equipamento foi instalado na latitude 19°52'48.18"S, longitude 43°58'26.98"O e altitude de 846 metros. Esse local está constituído pela mata estacional semidecídua com espécies nativas e denso estrato florestal. A estação meteorológica do INMET encontra-se a 862 metros de altitude, latitude de 19°53'2.08"S e longitude de 43°58'9.78"O, em situação topográfica de topo de vertente, local aberto e gramado, circundado

por vegetação de porte baixo arbóreo-arbustiva, com presença de estradas de terra e áreas degradadas de aterro. A Figura 2 abaixo mostra cada um dos pontos citados.

Figura 2. Quatro pontos de coleta dos dados na Estação Ecológica e a estação do INMET.



Fonte: Autoria própria e UFMG.

Após a finalização do período de coleta, procedeu-se à análise dos dados utilizando o software Excel para construir as tabelas e gráficos. Primeiramente, foi feita a correção dos dados, que foram aferidos tendo como referência a estação A521 do INMET. Posteriormente, a interpretação dos dados teve início pela análise geral, baseado na série inteira, para então seguir para a análise específica, em segmentos diários. A construção de tabelas para cada ponto de coleta e da estação do INMET incluiu a definição dos valores máximos e mínimos absolutos e das médias de temperatura e umidade relativa do ar. O próximo passo envolveu a divisão dessa tabela geral em segmentos diários, com a construção de gráficos com os dados de temperatura e umidade relativa do ar para os quatro pontos e estação do INMET, além da obtenção dos valores máximos, médios e mínimos diários, também utilizados para elaboração de tabelas específicas com esses valores.

Associado a essa etapa, foi importante a aplicação da metodologia da Análise Rítmica proposta por Monteiro (1971). Essa metodologia consiste na avaliação dos sucessivos tipos de tempos atuantes na área de estudo dentro de uma escala temporal diária. Uma vez que o clima é dinâmico, é necessário analisar os ritmos climáticos associados aos sistemas atmosféricos (escala regional) que produzem diferentes tipos de tempo (escala local). Assim, ao fazer essa análise diariamente, foi possível compreender a gênese, atuação e dissipação desses sistemas atmosféricos e como interagem com as características geográficas locais da área de estudo, acarretando fenômenos climáticos que impactam nos dados de temperatura e umidade relativa do ar e, conseqüentemente, nos microclimas estudados. Por isso, a construção dos gráficos diários para auxiliar na aplicação da Análise Rítmica.

Adicionalmente, utilizou-se da análise das cartas sinóticas da Marinha juntamente com as imagens de satélites meteorológicos do INPE, GOES 16, canal 13, na faixa do infravermelho, sendo analisadas diariamente, de modo a auxiliar na compreensão dos sistemas atmosféricos atuantes durante o período da coleta dos dados, possibilitando saber a influência desses sistemas e seu impacto sobre os tipos de tempo e na variação da temperatura e umidade relativa do ar.

Por sua vez, a metodologia do Sistema Clima Urbano ou SCU (MONTEIRO, 1976), busca interpretar como os fatores naturais e de uso e ocupação do solo das cidades, interferem nas trocas de matéria e energia entre o meio urbano e a atmosfera, identificando os seus insumos, os fatores ou controles climáticos, os impactos produzidos e as formas de mitigação desses impactos. Sendo assim, buscou-se entender como as características naturais da Estação Ecológica associadas a cobertura vegetal e estruturas antrópicas, impactaram nas variações da temperatura e umidade relativa do ar.

Outro ponto importante foi a utilização de imagens do Google Earth Pro e a construção de mapas no QGIS que serviram para auxiliar na caracterização da Estação Ecológica. Nesse sentido, compreender o conceito de geossistema foi essencial. Conforme Monteiro (2001), os geossistemas representam a interação de diferentes esferas dentro de uma realidade geográfica, devendo-se analisar os componentes físicos (relevo, cursos d'água, litologia e solos), bióticos (fauna e flora), antrópicos (edificações e estradas) e seus respectivos impactos em uma determinada realidade, como nos microclimas, mas também analisar como esses componentes são impactados por esses microclimas, acarretando em uma interação mútua. Por isso, a necessidade de construir perfis geoecológicos, que auxiliam na interpretação das variáveis citadas que integram o geossistema da Estação Ecológica.

Caracterização da área

A Estação Ecológica da UFMG é uma área de preservação ambiental na região da Pampulha. Ela está inserida nos chamados Quarteirões 14 e 15 do campus universitário, embora a pesquisa tenha se limitado ao Quarteirão 14, onde está a Sede Administrativa, bordado a norte e leste pelo campus da UFMG, a oeste pela Avenida Carlos Luz e a sul pelo Anel Rodoviário.

No contexto da flora, a Estação Ecológica possui diferentes tipos de biótopos, destacando-se a mata estacional semidecídua, presença de espécies nativas e exóticas, o cerrado, o biótopo de bambuzal e áreas degradadas e em diferentes estágios de sucessão. Ao todo foram identificadas 555 espécies pertencentes a 310 gêneros e 89 famílias botânicas (PLANO DE MANEJO, 2022). Como exemplo, tem-se o Pau-d'Óleo, Jacarandá da Bahia, a Braúna e a Acácia Pálida. Em se tratando da fauna, destacam-se os mamíferos mico-estrela e caxinguelê, as aves tucano-açu, jacupemba, gralha-do-campo, o raro gavião-pombo pequeno e o teiú entre os répteis. No grupo dos invertebrados, enfatiza-se as moscas, mosquitos, pernilongos, vespas, abelhas, formigas e borboletas.

No contexto físico, conforme a Prefeitura de Belo Horizonte (2022), a Estação Ecológica da UFMG integra as bacias do Córrego do Mergulhão e do Córrego Engenho Nogueira, sendo que estas são sub bacias do Ribeirão do Onça. Em relação ao compartimento do relevo, segundo o IDE-SISEMA (2023), trata-se de patamares e nesse contexto, a Estação Ecológica possui uma altitude que varia entre 814 m e 880 m. Os solos presentes na área de estudo são os cambissolos, classe predominante no local, os latossolos vermelhos e os gleissolos (Plano de Manejo, 2022). Já a litologia, conforme o CPRM (2009), corresponde ao complexo Belo Horizonte (A3bh) oriundo do mesoarqueano.

Adentrando na realidade climática, a Estação Ecológica está inserida no Clima Tropical Brasil Central subquente, com temperatura média entre 15,0°C e 18,0°C em pelo menos um

mês do ano e semi-úmido, com período de seca entre quatro a cinco meses do ano (IDESSEMA, 2023). Por sua vez, as normais climatológicas do INMET (1991-2020) mostram que o mês mais quente do ano é fevereiro, com temperatura média de 24,0°C e o mês mais frio é julho, com temperatura média de 19,4°C. A temperatura máxima média anual é de 27,3°C, a temperatura média anual é de 22,1°C e a temperatura mínima média anual é de 18,0°C. Em relação a umidade relativa do ar, esta possui média anual de 63% e a pluviosidade média anual é de 1578 mm.

Resultados e Discussões

Apresentação geral dos dados coletados

A Tabela 1, a seguir, mostra informações referentes aos dados coletados na Estação Ecológica entre os dias 13/04/2023 e 09/05/2023.

Tabela 1. Dados sobre a temperatura e a umidade relativa do ar referentes ao período entre 13/04/2023 e 09/05/2023.

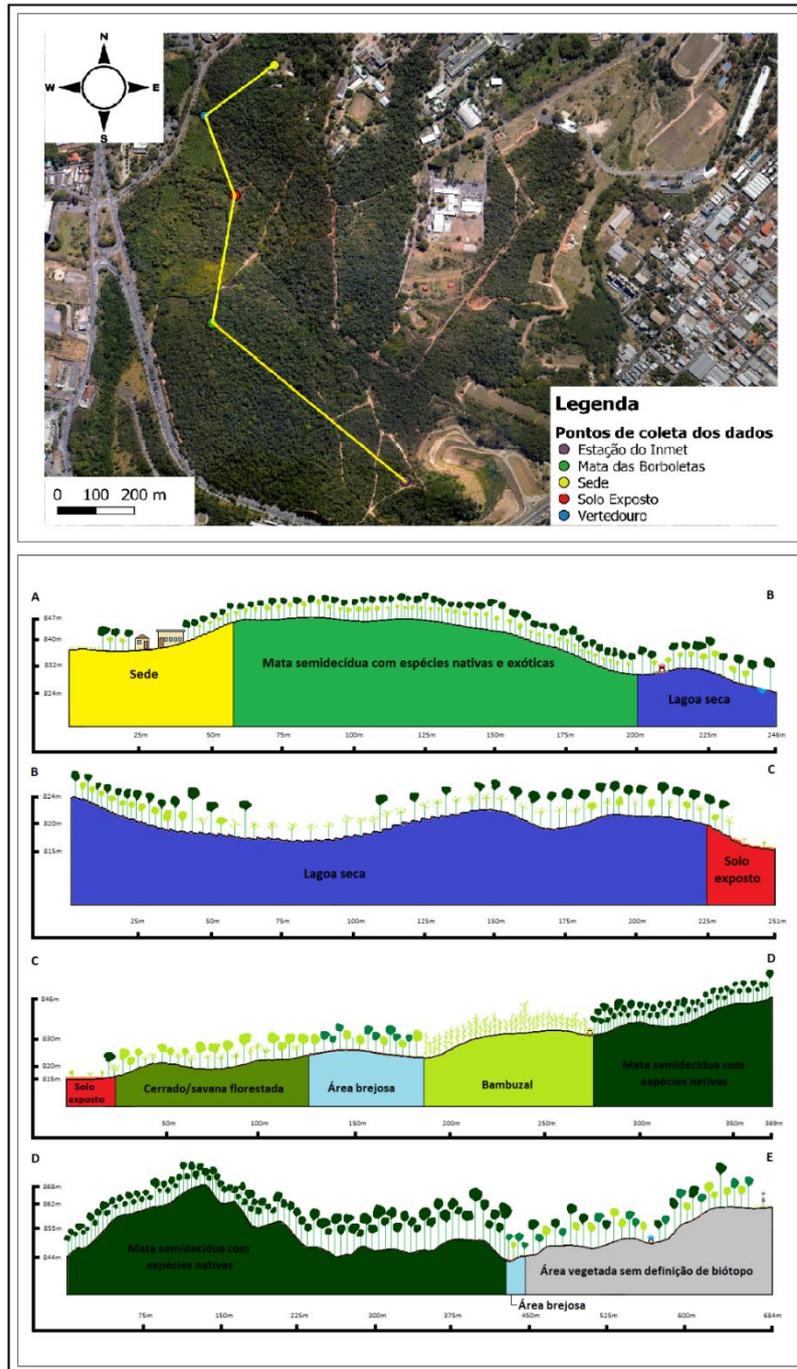
Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%)	Sede	Solo Exposto	Vertedouro	Mata das Borboletas	INMET
Máxima Absoluta	29,5°C/ 100%	31,3°C/ 100%	28,1°C/ 101%	26,8°C/ 101%	30,4°C/ 93%
Máxima Média	26,6°C/ 97%	27,7°C/ 99%	25,1°C/ 100%	23,4°C/ 98%	27,2°C/ 86%
Média	20,8°C/ 82%	19,9°C/ 83%	19,0°C/ 89%	19,5°C/ 88%	21,5°C/ 69%
Mínima Média	17,2°C/ 57%	14,9°C/ 53%	15,2°C/ 65%	16,9°C/ 70%	17,2°C/ 47%
Mínima Absoluta	14,7°C/ 42%	12,2°C/ 37%	12,4°C/ 48%	14,3°C/ 52%	14,3°C/ 29%

Fonte: Autoria própria.

Perfis geocológicos da área de estudo

Pautado na ideia dos geossistemas, estão expostos abaixo os perfis geocológicos (Figura 3), revelando as variáveis (relevo e usos do solo) que impactam diretamente nos microclimas da área de estudo, repercutindo assim nos dados coletados.

Figura 3. Perfis geocológicos dos locais analisados na Estação Ecológica da UFMG.

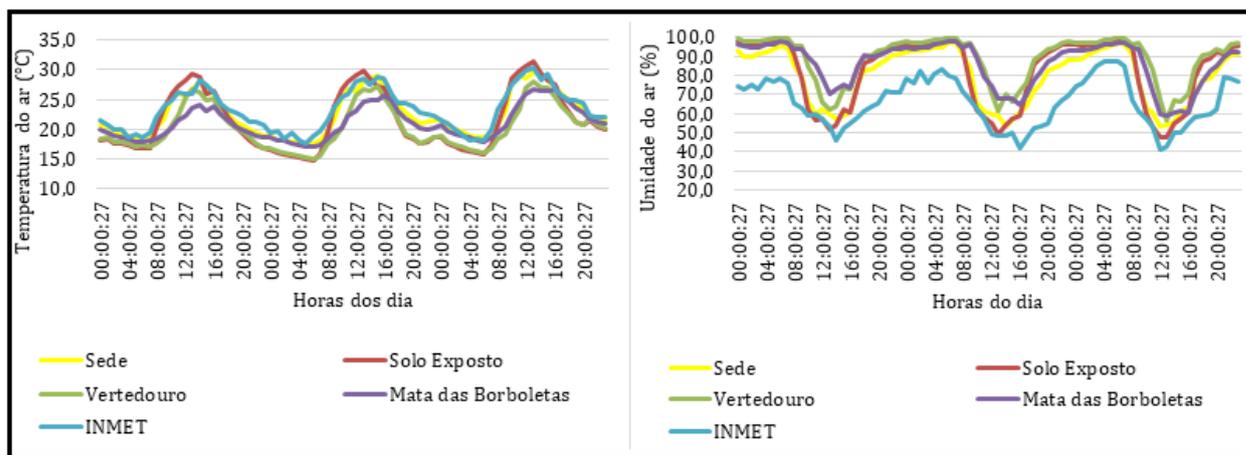


Fonte: Autoria própria.

Exemplos de situações que maximizaram as condições microclimáticas nos pontos de coleta dos dados

16 a 18 de abril

Figura 4. Temperatura do ar e umidade relativa do ar entre 16/04/2023 e 18/04/2023.



Fonte: Autoria própria.

Esse período (Figura 4) marcou o avanço da massa polar atlântica (mPa) tropicalizada, uma vez que não houve redução significativa das temperaturas mínimas e as temperaturas máximas estiveram elevadas (próximas dos 30°C), sendo que no Solo Exposto e Inmet, ultrapassou os 30°C no dia 18 de abril. Assim, favoreceu-se as condições microclimáticas dos pontos de coleta dos dados. Segundo o INMET (2023), associado a observação das cartas sinóticas e de satélite meteorológico, esses três dias tiveram pouca nebulosidade e alta taxa de irradiação. No dia 17 de abril, por exemplo, foi registrado 3141,20 KJ/m² de radiação. Esse contexto de poucas nuvens e consequentemente maior irradiação direta incidente é esperado, uma vez que as mPa são sistemas de alta pressão, o que reduzem bastante a taxa de nebulosidade, acarretando em tempos abertos. Ademais, as mPa promovem tempos mais secos, já que o ar frio comporta menor quantidade de vapor d'água por unidade de volume.

Na Sede, verificou-se temperaturas máximas próximas aos 30°C (29,5°C no dia 18 de abril) e temperaturas mínimas acima dos 17°C (a maior mínima foi de 18,5°C em 18 de abril). A umidade relativa do ar oscilou nesse período entre 53% e 96%. Essas informações revelam que nessas condições de tempo a Sede, por possuir uma área gramada com algumas árvores, recebe uma parcela significativa de irradiação solar direta, aquecendo mais a superfície que irá emitir irradiação térmica (ondas longas) que, por sua vez, vai interagir com as edificações presentes no local e também com a vegetação. A própria presença dessas edificações também favorece a absorção de irradiação, uma vez que em geral as propriedades dos materiais utilizados na construção civil acarretam menor albedo, aumentando a taxa de conservação de calor e, consequentemente, elevando a emissão das ondas longas. A vegetação mais densa, destacando-se a mata semidecídua, no entorno, evita aquecimento maior do local, criando sombreamentos que geram incidência maior de irradiação difusa. Essa vegetação promove ainda, juntamente com o solo, o aumento da umidade relativa do ar no local o que, por outro

lado, auxilia na retenção de calor. No período noturno, a redução da temperatura é limitada pela presença das edificações presentes no local, especialmente pela maior presença de umidade relativa do ar, evitando perda maior da irradiação térmica para a atmosfera.

No Solo Exposto, as temperaturas apresentam as maiores máximas (destaque para os 31,3°C registrados no dia 18 de abril), mas, também as menores temperaturas mínimas (menor mínima registrada de 14,7°C em 17 de abril). A umidade relativa do ar variou entre 47% e 99% no período. Nessa realidade, percebe-se que o solo degradado e exposto, com pouca vegetação, aquece mais em função da incidência de radiação solar direta, emitindo maior quantidade de ondas longas que aquecem o local. A vegetação esparsa contribui para a absorção dessa irradiação. Outro ponto importante é que parte da vegetação circundante, composta pelo cerrado e vegetação arbórea arbustiva, ao contrário da mata semidecídua, permite que a irradiação solar incida de maneira mais eficiente, aquecendo a superfície. Ao mesmo tempo, essa mesma vegetação consegue aprisionar a irradiação térmica emitida, aumentando as temperaturas desse ambiente.

Por outro lado, ela apresenta menor quantidade de folhas, como mecanismo para reduzir a perda de umidade em períodos de seca, o que a torna menos eficiente para fornecer umidade para o ambiente igual a mata semidecídua. Esse fato contribui para os menores valores de umidade relativa do ar entre os quatro pontos, exceto a estação do INMET. Outro fator é a própria temperatura elevada, que também reduz os valores de umidade relativa do ar. De noite, o solo degradado com limitação de vegetação, juntamente com a presença menor de umidade contribui com as perdas de radiação térmica para a atmosfera. Entretanto, o resfriamento mais acentuado do local, comparando-se com os outros pontos ocorre em função da topografia rebaixada do local, o que promove o escoamento do ar frio mais denso do período noturno para as partes mais baixas da Estação Ecológica (vento catabático). Esse fato pode ser favorecido pela estrada de terra que passa ao lado do local, que escoaria esse ar denso oriundo dos setores mais elevados da Estação Ecológica, na localidade da estação do INMET. Esse resfriamento reduz o valor de saturação do ar, acarretando em alto valor de umidade relativa do ar nas horas mais frias do dia.

O Vertedouro teve temperaturas máximas menos elevadas (a maior máxima foi de 28,1°C no dia 18 de abril) e mínimas próximas às registradas no Solo Exposto (menor mínima de 14,9°C em 17 de abril). Por sua vez, a umidade relativa do ar esteve entre 56% e 100% nesse período. A presença local predominante da mata estacional semidecídua, mas associada à vegetação arbórea arbustiva, limitou a incidência de irradiação solar direta e, conseqüentemente, causando temperaturas máximas inferiores aos pontos citados acima (as máximas oscilaram nesse período entre os 26,8°C e 28,1°C). Por outro lado, a vegetação mais densa e a umidade relativa do ar oriunda dessa vegetação possibilitam aprisionar a irradiação térmica emitida em decorrência do aquecimento, mesmo em menor proporção, promovida pela irradiação solar, que é predominante difusa nesse caso. Destaca-se, também, a presença do Córrego do Mergulhão, que também fornece umidade para o ambiente. No período noturno, a vegetação, juntamente com a umidade mais elevada, auxilia na retenção da irradiação térmica, o que reduz as perdas noturnas para a atmosfera. Contudo, o mesmo cenário do escoamento do ar frio descrito no Solo Exposto acontece nessa localidade, em função da topografia rebaixada. Nesse caso, tanto a estrada de terra da Estação Ecológica quanto a Rua Quatorze, no limite norte da Estação permitem escoar esse ar frio denso durante a noite, o que reduz as temperaturas de modo mais significativo, embora não seja frio igual no Solo Exposto, já que a umidade no ambiente é maior, retendo mais irradiação térmica. Este fato, somado com o ar mais frio, causou os valores altos da umidade relativa do ar (superiores a 99%).

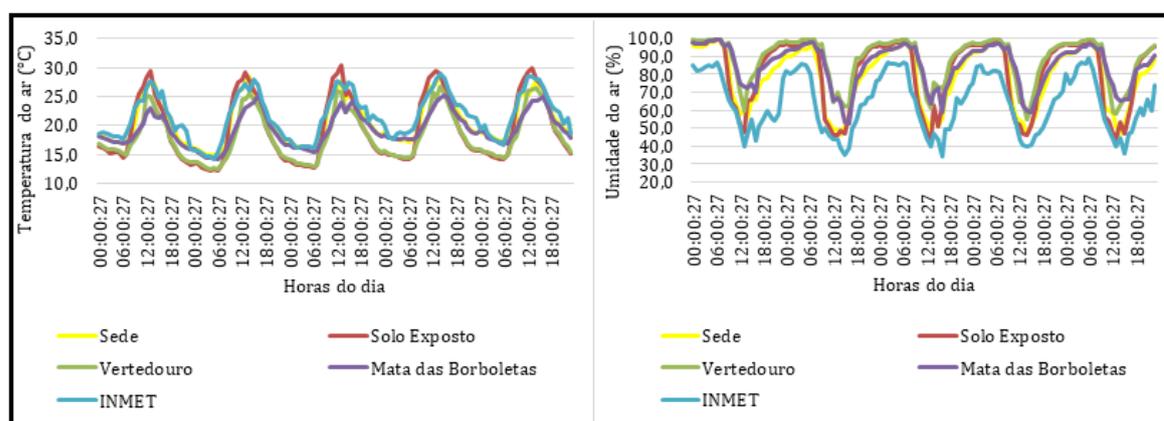
Na Mata das Borboletas, as temperaturas máximas também foram mais baixas (máxima mais elevada de 26,8°C no dia 18 de abril), com mínimas superiores aos valores presentes no Solo Exposto e Vertedouro (menor mínima de 17,0°C em 17 de abril) e umidade relativa do ar

variando entre 58% e 97% nos três dias. Esse ponto é marcado pela menor amplitude térmica e também obteve as maiores mínimas de umidade relativa do ar. A presença de ampla área de mata estacional semidecídua, com denso estrato arbóreo, limita a entrada de irradiação direta, prevalecendo o componente difuso. Além disso, as características da vegetação favorecem a presença de umidade nesse ambiente. Assim, o aquecimento da superfície é inferior ao relatado nos outros pontos, mas a irradiação térmica oriunda desse aquecimento fica parcialmente retida, tanto pela vegetação quanto pela umidade relativa do ar, reduzindo o aquecimento desse ambiente durante o dia e conservando essa fração no período noturno, além de registrar altos valores das máximas de umidade relativa do ar.

Na estação do INMET, os dados registrados mostraram temperaturas máximas mais próximas aos 30,0°C (maior máxima de 28,7°C em 18 de abril) e temperaturas mínimas semelhantes aos valores averiguados na Sede (menor mínima de 17,5°C em 17 de abril). Nesse período, a umidade relativa do ar esteve entre 41% e 87%. A estação, presente em uma área aberta e gramada em topo de vertente, está sujeita a irradiação solar direta e também a circulação de ventos local, registrando no dia 18 de abril rajadas de 8,9 m/s ou 32 km/h. Assim, da mesma forma que esse local aquece mais, os ventos transportam o calor com mais eficiência. Ademais, a grama não aquece tanto igual ao solo degradado presente no ponto de Solo Exposto, o que faz com que a estação do Inmet não tenha as máximas tão elevadas igual ao referido ponto. Por sua vez, os menores valores de umidade relativa do ar são decorrentes, além do aquecimento do local, da vegetação arbórea arbustiva, que fornece menos umidade e também devido aos ventos, que podem carregar a umidade do local. Durante a noite, o ambiente aberto favorece as perdas das ondas longas para a atmosfera, gerando resfriamento e aumento da umidade relativa do ar. Contudo, esse resfriamento é inferior às áreas mais rebaixadas (Solo Exposto e Vertedouro) em função do ar frio e denso noturno escoar dessa parte mais alta da Estação Ecológica para essas porções referidas, limitando o resfriamento local.

1 a 5 de maio

Figura 5. Temperatura do ar e umidade relativa do ar entre 01/05/2023 e 05/05/2023.



Fonte: Autoria própria.

Esse período (Figura 5) foi caracterizado pelo afastamento de uma mPa tropicalizada e pela atuação da mTa (massa tropical Atlântica), marcado por redução da umidade relativa do ar e da nebulosidade e maior radiação solar incidente, o que elevou as temperaturas máximas e mínimas ao longo do período, próximas aos 30°C, atingindo ocasionalmente esse valor no Solo

Exposto. As taxas de irradiação, segundo INMET (2023), atingiram em 1° de maio o valor de 3082,80 KJ/m². Assim, esse contexto favoreceu novamente as características microclimáticas dos locais de coleta dos dados.

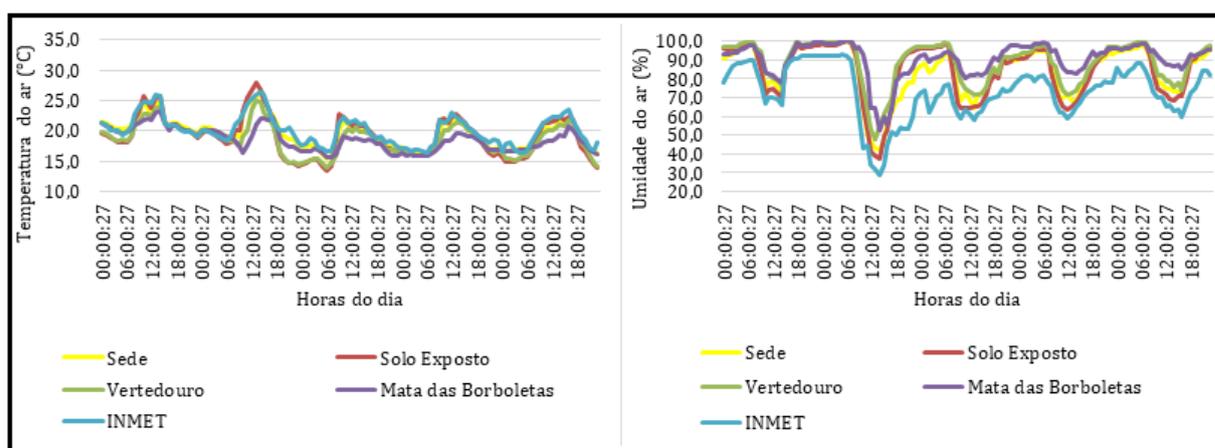
Nesse sentido, no dia 3 de maio, por exemplo, um dia com temperaturas mais elevadas, as máximas registradas nos quatro pontos e na estação do INMET foram as seguintes: (Sede: 27,7°C, Solo Exposto: 30,3°C, Vertedouro: 25,9°C, Mata das Borboletas: 24,3°C e Inmet: 27,7°C). Já as mínimas da umidade relativa do ar foram: (Sede: 49%, Solo Exposto: 42%, Vertedouro: 61%, Mata das Borboletas: 59% e Inmet: 34%). Dessa forma, em geral, esse cenário foi marcado pelo mesmo padrão descrito nos quatro pontos e na estação do Inmet do período anterior.

Exemplos de situações que abrandaram as condições microclimáticas nos pontos de coleta dos dados

19 a 23 de abril

Nesse período (Figura 6) ocorreu a atuação de uma frente fria e posterior avanço de uma mPa. No dia 19 de abril houve a presença de grande nebulosidade, ocorrência de chuva e redução das temperaturas, comparando-se com o período anterior. No dia seguinte, a frente fria enfraqueceu consideravelmente, com redução da nebulosidade e aumento das temperaturas. No dia 21, com a entrada da mPa, as temperaturas reduziram, com máximas em todos os pontos e na estação do INMET ficou abaixo dos 25°C. Mesmo com a atuação da mPa, teve-se também certa nebulosidade, reduzindo as taxas de irradiação incidente. Segundo o INMET (2023), a irradiação incidente máxima diária foi de 1481,50 KJ/m² no dia da atuação da frente fria, elevando-se para 3033,50 KJ/m² no dia posterior. A precipitação relatada ocorreu no dia 19 de abril entre as 15 horas e 18 horas, acumulando 4 mm. Destaca-se baixo valor de precipitação de 0,2 mm no dia seguinte, às 4 horas.

Figura 6. Temperatura do ar e umidade relativa do ar entre 19/04/2023 e 23/04/2023.



Fonte: Autoria própria.

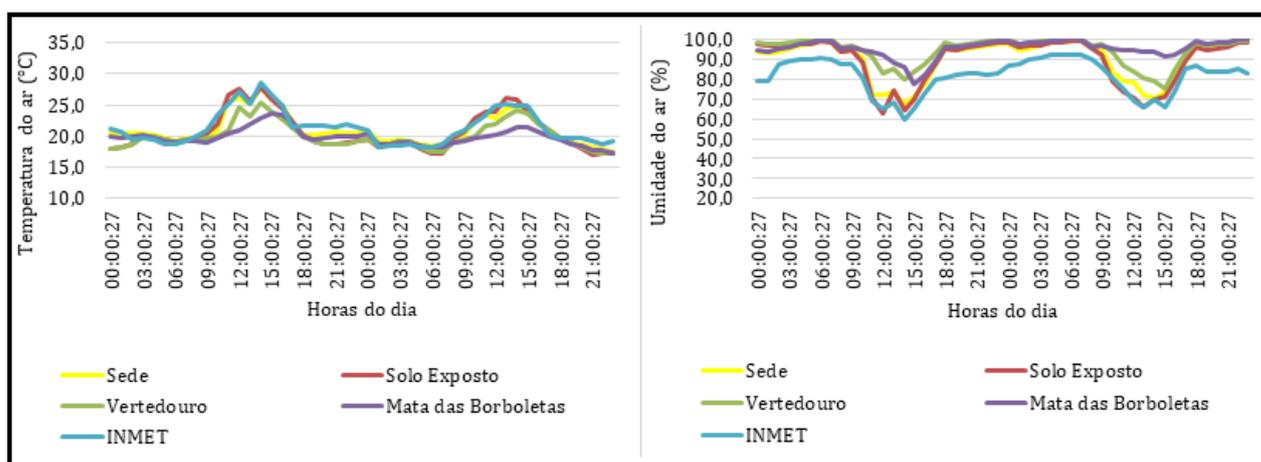
Essas situações que acarretam em instabilidade atmosférica ou então o avanço de uma massa de ar polar que causa a queda brusca da temperatura, abrandam as condições microclimáticas expostas anteriormente. Uma vez que esses sistemas atmosféricos regionais atuam, por pertencerem a uma escala climática de maior hierarquia, eles influenciam

diretamente nas escalas climáticas abaixo, como nos microclimas da área de estudo, repercutindo nos valores de temperatura e umidade relativa do ar. No caso da atuação de uma frente fria, a alta nebulosidade reduz de forma considerável a irradiação solar direta e, nesse contexto, pode-se ter eventos de precipitação com aumento significativo da umidade relativa do ar, além do aumento das rajadas de vento, auxiliando na retirada de calor do ambiente. Logo, tal contexto tende a homogeneizar os microclimas afetados pelas condições climáticas expostas. No caso do avanço da mPa, uma massa de ar fria e seca, esta impõe suas características na área de atuação, embora também incorpore as características climáticas dessa área, gradativamente enfraquecida enquanto avança pelo país. Assim, a mPa também tende a tornar mais homogêneo os microclimas impactados.

Os gráficos revelam esse contexto (Figura 6). A precipitação no dia 19 de abril deixou próximas as temperaturas entre os quatro pontos e na estação do INMET. Às 15 horas, as temperaturas do ar registradas pelos sensores foram: Sede: 21,4°C, Solo Exposto: 21,6°C, Vertedouro: 21,2°C, Mata das Borboletas: 21,2°C e Inmet: 21,3°C. Por sua vez, os dados de umidade relativa do ar eram: Sede: 85%, Solo Exposto: 85%, Vertedouro: 87%, Mata das Borboletas: 86% e Inmet: 85%. Assim, esse cenário reduziu de forma significativa as características microclimáticas locais promovidas pelas suas especificidades. A atuação da mPa no dia 21 de abril, também aproximou as temperaturas, embora de forma menos pronunciada. As máximas registradas foram: Sede: 21,6°C, Solo Exposto: 22,7°C, Vertedouro: 20,6°C, Mata das Borboletas: 19,0°C e Inmet: 22,4°C. Nesse caso, mesmo abrandados, os padrões microclimáticos relatados previamente foram averiguados.

28 e 29 de abril

Figura 7. Temperatura do ar e umidade relativa do ar entre 28/04/2023 e 29/04/2023.



Fonte: Autoria própria.

Nesse período, que ocorreu entre os dias 28 e 29 de abril (Figura 7), o avanço de uma frente fria foi seguido de aumento de nebulosidade e chuva, além de redução das temperaturas. Entre os dias 29 e 30 de abril houve o avanço de uma mPa tropicalizada. A irradiação máxima diária para o período, segundo o Inmet, foi: 28/04: 2845,10 KJ/m² e 29/04: 2139,50 KJ/m². Os eventos de precipitação ocorreram principalmente de madrugada. No dia 28 de abril choveu 7,8 mm entre às 2 horas e 5 horas. Às 10 horas choveu 0,2 mm e entre 17 horas e 18 horas choveu

mais 0,6 mm. No dia 29 de abril choveu 8,2 mm entre 1 hora e 4 horas, depois às 7 horas foram mais 2 mm de chuva e por fim choveu 1,2 mm entre às 17 e 18 horas.

Mais uma vez, nos cenários de instabilidade atmosférica, os padrões microclimáticos foram atenuados. Às 3 horas do dia 28 de abril, as temperaturas do ar registradas eram: Sede: 20,4°C, Solo Exposto: 19,9°C, Vertedouro: 20,0°C, Mata das Borboletas: 20,1°C e Inmet: 19,7°C. No dia 29 de abril, às 18 horas, os dados de temperatura do ar eram: Sede: 19,8°C, Solo Exposto: 19,8°C, Vertedouro: 19,7°C, Mata das Borboletas: 19,4°C e Inmet: 19,7°C.

Os dados interpretados, juntamente com os perfis geocológicos expostos anteriormente (Figura 3), auxiliam na análise dos componentes presentes na área de estudo e impactam nos microclimas. Consequentemente, eles configuram como importantes ferramentas para o planejamento urbano, buscando integrar de maneira mais eficiente as áreas verdes nas cidades e promovendo mais qualidade de vida para as populações urbanas, melhorando o conforto térmico e hídrico. Considera-se como conforto térmico o contexto microclimático que favoreça temperaturas que sejam mais favoráveis às pessoas, exigindo menos em termos de comprometimento físico do organismo e da realização de suas atividades diárias. Estudos apontam, por exemplo, que trabalhar em ambientes com desconforto térmico reduzem o rendimento do serviço e pode aumentar o risco de acidentes, em certas profissões (FROTA; SCHIFFER, 2001). Em relação ao conforto hídrico, segundo a CGE (2023), pautado em dados da OMS, valores de umidade relativa do ar abaixo dos 30% causam problemas de saúde, em especial no sistema respiratório, embora valores elevados também promovam problemas respiratórios e até mesmo desconforto térmico, por atrapalhar a dissipação de calor do organismo.

Considerações Finais

A análise dos resultados expostos em situações que maximizaram os microclimas da Estação Ecológica, associando às possibilidades de planejamento urbano, visando melhorar o conforto térmico e hídrico, revelam que o Solo Exposto foi aquele que apresentou, em geral, as situações mais desfavoráveis. As temperaturas elevadas, próximas ou superiores a 30°C, reduzindo os valores de umidade relativa do ar, favorecem o desconforto térmico e hídrico. Ademais, por registrar sempre as menores temperaturas mínimas (em alguns dias abaixo dos 13°C), o ponto possui a maior amplitude térmica (amplitude térmica diária de 15,5°C em 18 de abril). Nesse contexto, maiores variações de temperatura durante o dia representam também maior desconforto térmico para as populações urbanas, por terem que lidar com valores mais extremos ao longo do dia.

A Mata das Borboletas e o Vertedouro mostraram condições microclimáticas que atendem melhor esses requisitos. Esse fato é explicado pelas temperaturas máximas mais baixas nesses dois pontos (sempre inferior aos 29°C) e pela umidade relativa do ar não apresentar valores abaixo dos 45%. Por outro lado, a amplitude térmica no Vertedouro é maior do que na Mata das Borboletas, já que na comparação entre esses dois pontos, o Vertedouro sempre apresentou temperaturas máximas maiores, mas também temperaturas mínimas menores. No dia 18 de abril, por exemplo, a amplitude térmica diária no Vertedouro foi de 12,1°C e na Mata das Borboletas foi de 9,0°C. Nesse caso, variações menores de temperatura durante o dia representam maior conforto térmico para as populações urbanas.

Presume-se que a Mata das Borboletas apresente o microclima mais interessante para se viver dentre os pontos analisados na Estação Ecológica. Contudo, na prática, pautado no modo de organização dos espaços urbanos pelo homem e nas suas consequentes necessidades, essa perspectiva é inconcebível, uma vez que uma cidade não pode ser composta apenas por uma

mata densa e fechada. Assim, a realidade que mais se aproximaria de uma relação mais harmônica com o meio ambiente, buscando maior equilíbrio entre a natureza e o urbano e, conseqüentemente, maior qualidade microclimática para os interesses humanos, está presente na Sede. Nos dois cenários (16 a 18 de abril e 1 a 5 de maio) que amplificaram as características microclimáticas dos pontos de coleta dos dados, a temperatura média na Sede foi de 22,6°C e 20,7°C, com máximas absolutas de 29,5°C e 29,0°C e mínimas absolutas de 17,5°C e 14,7°C. Para esses mesmos períodos, a umidade relativa do ar média foi de 79% e 78%, com máximas absolutas de 96% e 99% e mínimas absolutas de 53% e 46%.

Por fim, dentro dessa perspectiva do planejamento urbano associado às áreas verdes, deve-se considerar também o fato de que a vegetação não possui um papel primordial de manter condições microclimáticas ideais para os modos de vida das sociedades humanas (JARDIM; GALVANI, 2022). A vegetação possui, em primeiro lugar, funções ecológicas, que favorecem as suas necessidades vitais para manter a sua sobrevivência e a dos ecossistemas associados. Assim, alguns tipos de vegetação promovem maior conforto térmico, como a mata estacional semidecídua, ou então desfavorecem, como certas fitofisionomias do cerrado.

De qualquer modo, fica exposto a importância da aplicação das pautas ambientais, embora seja essencial ter um olhar crítico também, uma vez que existem muitos interesses econômicos em várias dessas pautas socioambientais. Ademais, a necessidade de realização de novos estudos é essencial, na busca por técnicas que promovam um planejamento urbano envolvendo áreas verdes que seja mais eficiente, com foco principal na qualidade de vida das populações urbanas, mas também no aprimoramento da qualidade ambiental das cidades.

Referências Bibliográficas

ASSIS, E. S. Métodos preditivos da climatologia como subsídios ao planejamento urbano: aplicação em conforto térmico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, ano 19 - v. 1. n. 20 p. 145-158, 2003.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano no município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espaço**. 2010. 322 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BELO HORIZONTE, Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura – SMOBI. **Bacias e sub-bacias hidrográficas do município de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 2022.

CAMPOS, L. C. **Proposta de reanálise do risco geológico-geotécnico de escorregamentos em Belo Horizonte – Minas Gerais**. 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Ed. Contexto, 1991. 147p.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA PREFEITURA DE SÃO PAULO (CGE). **Umidade relativa do ar**. 2023. Disponível em: < <https://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). **Folha SE.23-Z-C-VI Belo Horizonte**. 2009. Disponível em: < https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/11135/36/carta_geologica_belo_horizonte.pdf>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. **Manuel de conforto térmico**. 5 ed. São Paulo, Studio Nobel, 2001. 243 p.

GOOGLE EARTH PRO. **Google**. 2023. Disponível em: <<https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/versions/>> Acesso em: 29 de junho de 2023.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS (IDE- SISEMA). 2023. Disponível em:< <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

Reis, Matheus de Oliveira; Jardim, Carlos Henrique; *Variações da temperatura e umidade relativa do ar em diferentes biótopos na Estação Ecológica da UFMG*. Revista Pantaneira, V. 24, EDIÇÃO ESPECIAL CIGEPAM(UFC), UFMS, Aquidauana-MS, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação: Belo Horizonte (Pampulha) A521**. 2023. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A521>>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais Climatológicas (1991-2020)**. 2023. Disponível em:< <https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Imagens de satélite meteorológicos**. 2023. Disponível em:< [http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic](http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16/formulario.logic)>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

JARDIM, C. H. Construção e avaliação de desempenho de modelo de mini-abrigo meteorológico de ventilação passiva para experimentos em campo de climatologia. In. GALVANI, E.; GOBO, J. P. A.; LIMA, N. G. B. (Orgs.) **Climatologia Aplicada**. Vol. II. 1.ed. Curitiba: CRV, 2018, p. 223-234.

JARDIM, C. H.; GALVANI, E. Unidades topoclimáticas no Parque Nacional da Serra do Cipó. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 30, p. 219-245, jan./jun. 2022.

MANSUR, A. Belo Horizonte tem menos área verde entre as 10 maiores capitais do Brasil. **Época**. 6 de outubro de 2016. Disponível em:< <https://epoca.globo.com/columnas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2016/10/belo-horizonte-tem-menos-area-verde-entre-10-maiores-capitais-do-brasil.html>>. Acesso em 26 de junho de 2023.

Marinha do Brasil. **Imagens de cartas sinóticas**. 2023. Disponível em:< <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**. São Paulo, n. 1, p. 1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas a história de uma procura**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2001. 127 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. 1976. 181 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2a Edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

Plano de Manejo da Estação Ecológica da UFMG – Desafios e oportunidades para os anos 2022-2017. 2022. Disponível em:< https://www.ufmg.br/estacaoecologica/wp-content/uploads/2022/06/PLANO-DE-MANEJO-FINAL_11_maio.pdf>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 14 ed. São Paulo: Contexto, 2006. 148 p.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, [S. l.], v. 23, p. 288-294, 1993.

UFMG inaugura estação meteorológica no campus Pampulha. **UFMG**. 1º de dezembro de 2006. Disponível em:< <https://www.ufmg.br/online/arquivos/004774.shtml>>. Acesso em: 29 de junho de 2023.

VIDE, J. M. **Fundamentos de Climatologia Analítica**. Madrid: Ed. Sintesis, 1999. 157p.