



CONFORTO TÉRMICO NO ENTORNO DO IFMT – CAMPUS CUABÁ, CEL. OCTAYDE JORGE DA SILVA

THERMAL CONFORT SURROUNDING OF THE IFMT – CAMPUS CUIABÁ, CEL. OCTAYDE JORGE DA SILVA

Mauro Sergio de França¹
Gabriel Vinícius Martins de Oliveira²
Kelven dos Reis da Cunha Candido³

Resumo

As questões envolvendo o conforto térmico são indispensáveis para conhecimento da qualidade de vida nas cidades, principalmente em regiões tropicais onde não há uma grande quantidade ou um bom aproveitamento de estudos que visam analisar essa temática, especificamente em locais de grande circulação de pessoas, notadamente em ambientes circunvizinhos de prédios escolares. Nesse sentido, este estudo objetivou estimar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) no entorno do IFMT – Campus Cuiabá com intuito de analisar o conforto térmico nas adjacências e a ocorrência de Ilhas de Calor Urbano (ICU). Para isso, foram feitas coletas de dados móveis a pé, metodologia denominada de transecto móvel, na qual foram mensurados dados de variáveis meteorológicas (temperatura instantânea do ar (T) e umidade relativa do ar (UR)) em 10 pontos distintos no entorno, durante 24 dias da primavera de 2019 com leituras em três períodos: 8h, 14h e 20h. Os resultados mostraram que em todos dos pontos e horários, através de médias horárias diárias, as condições de conforto térmico são extremamente desconfortáveis ($ITU > 26$). Percebeu-se que o uso do solo excessivamente pavimentado, o uso de materiais urbanizados, o fluxo de calor antropogênico e a escassez de superfícies efetivamente vegetadas foram fatores fundamentais para essa constatação.

Palavras-chave: qualidade de vida, ambiente escolar, índice de temperatura e umidade.

¹ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT)

² Estudante do Curso Técnico Integrado em Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT)

³ Estudante do Curso Técnico Integrado em Edificações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT)

Abstract

Issues involving thermal comfort are indispensable for knowledge of the quality of life in cities, especially in tropical regions where there is not a large amount or a good use of studies aimed at analyzing this subject, specifically in places of great circulation of people, notably in surroundings of school buildings. In this sense, this study aimed to estimate the Temperature and Humidity Index (ITU) around the IFMT - Cuiabá Campus in order to analyze the thermal comfort in the surroundings and the occurrence of Urban Heat Islands (ICU). For this purpose, mobile data were collected on foot, methodology called a mobile transect, in which data on meteorological variables (instantaneous air temperature (T) and relative air humidity (UR) were measured at 10 different points in the surrounding area, during 24 days of spring 2019 with readings in three periods: 08h, 14h and 20h. The results showed that at all points and times, through daily averages, the thermal comfort conditions are extremely uncomfortable (ITU > 26). It was noticed that the use of excessively paved soil, the use of urbanized materials, the anthropogenic heat flow and the scarcity of effectively vegetated surfaces were fundamental factors for this finding.

Keywords: quality of life, school environment, temperature and humidity index.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação humana com a questão climática global tem crescido notavelmente, embora a atuação antrópica sobre o clima seja tão antiga quanto a própria humanidade. Segundo Junior et al. (2012), a interação entre humanidade e clima ambiental pode ocorrer positiva ou negativamente, sendo a primeira responsável por consolidar, historicamente, sociedades e a segunda por motivar novos métodos e técnicas para mitigar os prejuízos de âmbito climático. Com efeito, as primeiras pesquisas em climatologia surgiram motivadas por alterações climáticas ocorridas nas primeiras metrópoles a saborearem os malefícios ambientais da Revolução Industrial, sendo de Howard (1818) o primeiro estudo climatológico, realizado em Londres (COSTA et al., 2013).

Com o passar do tempo, outros trabalhos se somaram a esse pioneiro, agregando conceituações, conhecimentos, metodologias e técnicas para garantir um melhor aproveitamento das condições climáticas de um local em prol do conforto térmico humano (SOUZA e NERY, 2012). Essa variável, motivadora de estudos em climatologia, diz respeito à neutralidade térmica entre as pessoas e o meio onde vivem, de modo que quaisquer alterações térmicas no ambiente sejam escusáveis (FRANÇA, 2016). Sob essas condições, o ser humano demonstra satisfação e boa capacidade de realizar suas funções (TALAIA, 2013). Percebe-se, portanto, que o clima, definido como “uma série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual” (MATIAS e COSTA, 2012), é altamente influente no conforto térmico de uma população. Dessa forma, como o clima, global ou regional, pode sofrer alterações de ordem natural ou antrópicas ao longo do tempo, caracterizando o fenômeno de mudança climática (MATIAS e COSTA, 2012), o conforto térmico caracteriza-se por ser suscetível a sofrer alterações capazes de exercerem considerável influência na vida humana.

Ocorre que, graças à crescente emissão de gases estufa oriundos das atividades humanas, o clima global tem sofrido modificações cada vez mais intensas. Colabora para isso o processo de urbanização (SANTOS et al., 2013), que se caracteriza pelo aumento das áreas urbanas em detrimento de áreas com vegetação, ocasionando, assim, substituições de superfícies e, consequentemente, alterações do albedo de zonas urbanas (SHINZATO e DUARTE, 2018). Além disso, esse processo proporcionou, à maior parte das cidades, um crescimento rápido, desordenado e parcamente amparado por programas de planejamento urbano (SANTOS et al., 2011; COSTA et al., 2013). Logo, paralelamente aos prejuízos de âmbito climático-ecológico decorrentes do adensamento urbano, a urbanização traz consigo prejuízos paisagísticos (em consequência da diminuição de áreas verdes), sociais (pelo não

aproveitamento de espaços para a promoção de lazer) e na qualidade de vida dos cidadãos, uma vez que áreas verdes reduzem o desconforto térmico e a poluição sonora inerentes à vida urbana (SANTOS et al., 2011). Consequentemente, nas áreas urbanas, a urbanização colabora para a baixa qualidade de vida e para as altas temperaturas se comparadas às de áreas rurais ou verdes em seus arredores, caracterizando, assim, o fenômeno de Ilha de Calor Urbana (ICU), analisado no trabalho de França (2016). Esse fenômeno tende a deixar as regiões centrais das cidades – seja de pequeno, médio ou grande porte, ainda mais desconfortáveis o que corrobora e justifica estudos dessa natureza, inclusive este, em plena região tropical no qual características geográficas afetam diretamente as condições ambientais.

Graças a essas particularidades dos centros urbanos modernos, Monteiro (1976) passou a considerar um clima próprio às cidades, denominando-o clima urbano. Assim, possibilitou-se o estudo dos elementos climáticos urbanos de modo interligado, o que configura o Sistema Clima Urbano (SCU), definido por Monteiro em 1976 (SOUZA e NERY, 2012). Para esse sistema de estudo do clima, o conforto térmico é diretamente relacionado ao fenômeno de Ilha de Calor e às alterações nos níveis de precipitação e de ventilação; é, também, intimamente ligado ao desempenho humano em nível individual, visto influir em questões fisiológicas e psicológicas, e social, por depender de questões sanitárias e de higiene pública (VIANA, 2013). Portanto, visualizar e entender os problemas que se inserem sobre o clima urbano é parte do escopo da Climatologia Geográfica, área de estudo que analisa as relações entre sistemas naturais e sociais (SOUZA e NERY, 2012), e são etapas necessárias para a redução e os efeitos sociais, econômicos e salutaros que a mudança climática tende a causar (WELZER, 2010; CONFALONIERE, 2007).

No âmbito da realidade brasileira, tal necessidade é mais acentuada, visto que o país é majoritariamente classificado com condições climáticas de altas temperaturas tanto na classificação de Köppen (dividida em Af, Cwa, BS e Cfa)¹ quanto na classificação de Strahler (dividida em climas Equatorial Úmido, Tropical Alternadamente Úmido e Seco, Tropical Semiárido e Subtropical Úmido), o que dificulta a obtenção de sensações de conforto térmico e faz com que os brasileiros busquem formas artificiais para obtê-las, assim incluindo a questão energética na esfera de reverberações da urbanização (SOUZA e NERY, 2012). Além disso, a recente urbanização pela qual o país passou a partir de 1950, em que estruturas antrópicas e cidadinas suplantaram as áreas naturais, colaborou para o crescimento de cidades sem

¹ Respectivamente, climas Equatorial, Tropical de Altitude, Semiárido e Subtropical.

planejamentos eficazes e dotadas de anomalias climáticas e ambientais, como ilhas de calor, inundações, deslizamentos de terra, contaminação de corpos d'água e outros danos relacionados à qualidade de vida social (COSTA, 2015; SANTOS et al., 2011). Por tais fatores, o estudo das problemáticas envolvendo a esfera climática e meteorológica no país são pertinentes.

Nesse sentido, este trabalho buscou estimar os níveis de conforto térmico no entorno do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) – Campus Cuiabá, Cel. Octayde Jorge da Silva, instituição de ensino inserida na região central da cidade de Cuiabá, através do Índice de Temperatura e Umidade (ITU). Ressalta-se a importância deste estudo por: demonstrar as condições térmicas em uma região da cidade com intenso grau de urbanização, sendo possível visualizá-la nas construções verticalizadas presentes e na abundância de serviços oferecidos; e pela possibilidade de subsidiar projetos de planejamento urbano a fim de proporcionar melhores condições de conforto térmico aos usuários do Campus, melhorando, pois, as condições laborais e de aprendizado de docentes e discentes, além da comunidade externa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A cidade de Cuiabá, com extensão territorial de 3.266,538 km², é o município mais populoso do Estado de Mato Grosso, contabilizando uma população de 650.877 habitantes em 2022 (IBGE, 2022). Historicamente, o município passou por um processo de urbanização iniciado na década de 1930 e intensificada nos anos 1960 (CALLEJAS et al., 2016), de modo que a sua população saltou de 88.254 habitantes em 1970 para 551.098 em 2010. Entretanto, o crescimento urbano da cidade ocorreu de forma desordenada e suplantou consideravelmente a sua cobertura vegetal, fenômeno que colaborou para a formação de Ilha de Calor Urbano. Soma-se a isso a existência de fatores naturais, tais como a continentalidade e o relevo de depressão (FRANÇA et al., 2016), e o resultado é uma tendência ao desconforto térmico na cidade, sobretudo nas regiões centrais. Ademais, não há ênfase em planejamento urbano em alternativas para a redução da temperatura e aumento da umidade em âmbito microclimático, tendo em visto que, segundo o IBGE (2022) apenas 39,6% de suas vias arborizadas.

Localizada entre as coordenadas geográficas 15°10' e 15°50' de latitude sul e 54°50' e 58°10' de longitude a oeste, a cidade apresenta como relevo predominante a Depressão Cuiabana, com altitudes entre 150 metros e 300 metros (CASTRO-JÚNIOR, SALOMÃO e BORDEST, 2006). Em termos regionais, encontra-se na mesorregião centro sul mato-grossense e na microrregião homogênea de Cuiabá (MIRANDA e AMORIM, 2001). Sua localização a

enquadra no Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido (Aw) segundo a classificação climática de Köppen, o que significa ter temperaturas médias anuais entre 20 °C e 28 °C, com uma estação seca (outono-inverno), por influência da massa tropical continental (mTc), e outra chuvosa (primavera-verão), por influência da massa equatorial continental (mEc) (FRANÇA, 2018; CALLEJAS et al., 2016). Nessa configuração climática, a precipitação pluviométrica anual fica entre 1250 mm a 1500 mm (CAMPELO JUNIOR et al., 1991).

Percebe-se, assim, que fatores naturais, como localização, incidência de massas de ar e relevo, colaboram para a ocorrência de altas temperaturas na metrópole mato-grossense, mas também a recente e desordenada urbanização da cidade pela qual se substituiu o albedo vegetal por elementos urbanos que retêm calor adensando-se sua zona central, e a baixa taxa de arborização pública foram responsáveis por proporcionar condições para a ocorrência de fenômenos térmicos como a Ilha de Calor Urbano e, conseqüentemente, o desconforto térmico.

Inserido na região central de Cuiabá, especificamente na rua Professora Zulmira Canavarros, n. 95, o Campus Cuiabá - Cel. Octayde Jorge da Silva foi fundado em 23 de setembro de 1909, através do decreto n.º 7.566, de 23/09/1909, de autoria do Presidente da República Nilo Peçanha. Inaugurado em 1º de janeiro de 1910 como Escola de Aprendizes Artífices de Mato Grosso (EAAMT), tinha como objetivo munir o aluno de uma arte que o habilitasse a exercer uma profissão e a se manter como artífice. Ao longo do século XX por diferentes leis mudou-se sua denominação, sendo que a última ocorreu com a Lei nº 11.892, de 29/12/2008, publicada no DOU de 30/12/2008, no qual era criado o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), mediante integração dos Centros Federais de Educação Tecnológica de Mato Grosso e de Cuiabá, e da Escola Agrotécnica Federal de Cáceres.

Para a condução deste trabalho, foi necessário, primeiramente, entender a realidade climática cuiabana e a importância de se desenvolverem estudos na área de climatologia, além de adquirir conhecimento conceitual e metodológico nessa área. Para tanto, executou-se pesquisa bibliográfica a respeito da temática em indexadores. Em seguida, deliberou-se a respeito da distribuição dos pontos de coleta no entorno do Campus, optando-se pela quantidade de dez pontos amostrais arranjados, de modo mais ou menos homogêneo, em um raio de até 100 metros a partir do perímetro da construção. Para realizar essa distribuição, o *software Google Maps* foi utilizado para suprir duas necessidades: *i*) estimar, através da escala disponibilizada no mapa do *software*, a área dentro da qual os pontos poderiam estar distribuídos e *ii*) ter uma noção mais abrangente a respeito da distribuição arbórea e dos diferentes usos do solo na região de estudo.

O objetivo dessa distribuição foi contemplar possíveis espaços de circulação dos usuários da Instituição em suas rotinas. Além disso, no intuito de medir a temperatura do ambiente sem a incidência direta da radiação solar, os pontos amostrais foram alocados sob anteparos como árvores ou toldos presentes no espaço. A Figura 1 apresenta a distribuição dos 10 pontos e a ordem de coleta seguida durante o período de obtenção de dados.

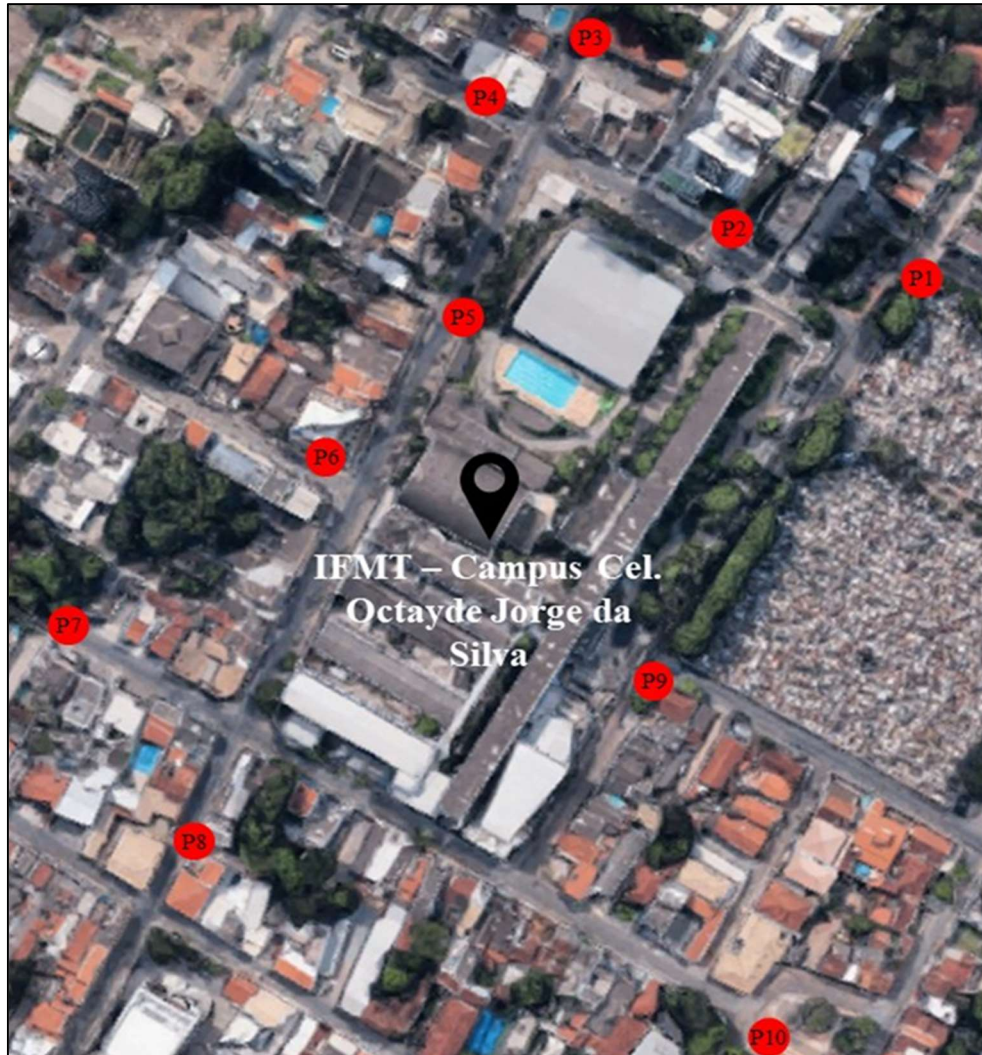


Figura 1 – Distribuição dos pontos de coleta de dados

Fonte: Google Maps.

Para a classificação dos diferentes usos do solo nesses pontos, foram utilizadas as terminologias empregadas por Souza e Maitelli (2005) para a análise do uso do solo em Várzea Grande, município vizinho de Cuiabá e intimamente relacionado à capital mato-grossense. Para transpor tais terminologias a este estudo, foram analisadas similaridades dos pontos com relação a três critérios da classificação original: *i*) abundância da cobertura vegetal, *ii*) fluxo de pedestres e de veículos, *iii*) densidade de construções e a finalidade dessas. Assim, identificaram-se três condições de ocupação do solo, a saber:

- Corredor comercial (CC): área densamente ocupada e caracterizada por pouca arborização viária, alta concentração de atividades, alto grau de pavimentação e intensos fluxos de veículos e de pedestres;
- Alta Densidade Urbana (ADU): área densamente ocupada por construções predominantemente horizontais, mas ainda com densa concentração de concreto e pavimentação asfáltica e intensos fluxos de pedestres e de veículos;
- Média Densidade Urbana (MDU): área caracterizada pelo predomínio de construções residenciais consideravelmente distantes entre si, poucas atividades comerciais e maior cobertura vegetal, visível, sobretudo, na presença de árvores maiores.

O quadro 1 relaciona os pontos, suas características e suas classes de uso do solo.

Quadro 1 - Classificação dos pontos de coleta quanto à classe de uso de solo.

Ponto	Descrição
P1 (R. Zulmira Canavarros)	MDU: adjacente ao Cemitério Piedade, apresenta boa arborização nas calçadas, residências de poucos pavimentos e leve fluxo de veículos e pessoas.
P2 (R. Cursino do Amarante)	ADU: em frente a um edifício residencial, possui árvores de menor porte e considerável fluxo de pessoas e veículos.
P3 (Av. Mal. Deodoro)	CC: é próximo a edifícios residenciais, comércios e árvores de maior porte em quintal; contém parca vegetação na calçada e alto fluxo de veículos e pessoas.
P4 (R. Cursino do Amarante)	CC: por estar próximo ao P3, apresenta as mesmas características, com uma pequena redução no fluxo de pessoas e veículos e maior distância das árvores de maior porte.
P5 (Av. Mal. Deodoro)	ADU: é próximo de pontos comerciais, mas com predomínio de construções horizontais, intensos fluxos de veículos e pessoas e pouca vegetação.
P6 (R. João Bento)	CC: em um estacionamento de estabelecimento comercial, nota-se parca vegetação, alto fluxo de veículos e elementos construtivos tipicamente urbanos.
P7 (R. Mal. Floriano Peixoto)	MDU: apresenta comércios e construções distanciados, maior porte arbóreo em quintais e, apesar de não apresentar alto fluxo de veículos, é próximo de uma rua que possui essa característica.

P8 (Av. Mal. Deodoro)	CC: em frente a um ponto comercial, possui pouca arborização, construções germinadas e alto fluxo de veículos
P9 (R. Zulmira Canavarros)	MDU: próximo ao Cemitério Piedade, possui arborização de maior porte e relativo fluxo de veículos e de pedestres
P10 (Praça Antônio Correa)	MDU: nota-se maiores porte e densidade de árvores e redução na pavimentação, no fluxo de veículos e no uso de concreto

Além disso, em vista da realidade climática cuiabana, fez-se necessário optar por um índice capaz de analisar o conforto térmico em uma localidade de clima tropical e ao ar livre, visto que o objetivo do trabalho é diagnosticar os graus de conforto para os possíveis usuários da instituição. Portanto, optou-se pelo Índice de Temperatura e Umidade (ITU) desenvolvido por Nieuwolt (1977), que se baseia apenas nas variáveis de temperatura e umidade para a classificação do conforto térmico de um local. Segundo França (2015), esse índice pode ser utilizado em zonas tropicais e em ambientes abertos em condição de calor de modo satisfatório, o que permite a aplicação dessa metodologia na realidade cuiabana, sendo corroborado por Souza et al. (2008).

As coletas de temperatura e umidade relativa do ar, a fim de visualizar a oscilação do conforto térmico em um mesmo dia, ocorreram em três períodos distintos: às 08:00, às 15:00 e às 20:00 no horário local (-03:00 UTC), conforme recomendação da Organização Mundial de Meteorologia. Nesse processo, foram utilizados o termo-higro-anemômetro *Instrutherm* modelo THAR-300 (Figura 2), capaz de captar temperaturas de 0 °C a 50 °C, umidades relativas de 10 % a 95 % e velocidade do vento de 0,4 m/s a 30 m/s, e o termohigrômetro *Instrutherm* modelo HT-260 (Figura 3), capaz de medir temperaturas na faixa de -20 °C a 70 °C e umidades relativas de 0 % a 100 %. Cabe salientar que ambos equipamentos possuem características técnicas plausíveis com as exigências desse trabalho e que, apesar de se utilizar um termo-higro-anemômetro, a velocidade do vento não foi coletada para os fins deste projeto de pesquisa.



Figura 2 - Termo-higro-anemômetro Instrutherm THAR-300.



Figura 3 - Termohigrômetro Instrutherm HT-260.

Os dados de temperatura e umidade obtidos nos dias de coleta só foram considerados válidos se coletados nas três faixas de horário em um mesmo dia, visto que só assim poder-se-ia observar a oscilação do conforto térmico ao longo do dia. Os dados considerados válidos foram tabulados em uma planilha no *software Excel*, organizados conforme o dia e o horário de coleta para que, posteriormente, o ITU fosse calculado pela equação 1, desenvolvida por Nieuwolt (1977). Além disso, com o propósito de manter controle sobre os eventos meteorológicos ocorridos nos dias de coleta, foram catalogadas situações do ambiente nos momentos próximos das coletas passíveis de alterar os valores de conforto térmico.

$$ITU = 0,8 * T + \left(\frac{UR * T}{500} \right) \quad (1)$$

Em que: T representa a temperatura ambiente (em °C) e UR representa a umidade relativa (em %). Para a classificação qualitativa do desconforto, foram utilizados os “Critérios de classificação do ITU” descritos por Nóbrega e Lemos (2011) e apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Critérios de classificação do ITU

Níveis de Conforto	ITU
Confortável	$21 < ITU < 24$
Levemente Desconfortável	$24 < ITU < 26$
Extremamente Desconfortável	$ITU > 26$

Fonte: Nóbrega e Lemos, 2011.

A análise estatística das variáveis meteorológicas e do ITU contou com a utilização da Correlação de Pearson (r), seguida do gráfico de regressão linear (r^2) e de um diagrama de dispersão. Todas essas análises foram feitas no *software Excel 2010*, utilizando suas fórmulas, ferramentas de análises de dados e gráficos. A Correlação de Pearson tem por objetivo analisar a intensidade de correlação entre duas variáveis (x , y), ou seja, verificar como a mudança de valor em uma variável fará com que a outra se altere (SOUSA, 2019). Seu resultado é expresso por um valor adimensional que varia de -1 a 1 e corresponde à análise da correlação entre duas matrizes de resultados, nesse caso, portanto, foram feitas duas análises: uma entre temperatura e ITU e outra entre umidade relativa e ITU.

Cumprе salientar que um valor de r positivo representa uma correlação positiva (o aumento de uma variável acarreta o aumento da outra), enquanto um valor de r negativo representa uma correlação negativa (o aumento de uma variável acarreta a diminuição da outra). Tais relações são melhor visualizadas através da regressão linear, visto que esta se configura como uma linha de tendência ascendente no caso de correlação positiva e descendente no caso de correlação negativa.

A análise dos dados empregada neste trabalho também contou com a distribuição espacial dos valores de ITU em mapas feitos pelo *software Surfer 13*. Esse programa recebeu valores médios horários de ITU e de Coordenadas Geográficas em UTM (Universal Transversa de Mercator) dos dez pontos de coleta, construindo um mapa que possibilitou a localização dos pontos em uma malha de valores de conforto térmico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao todo, foram feitas coletas das variáveis meteorológicas em 24 dias da primavera de 2019, sendo nove delas feitas no mês de outubro, cinco no mês de novembro e dez no mês de dezembro. O mês de outubro deteve a maior média mensal de ITU (28,77) e o dia com a maior média de ITU foi em 24/10, com ITU de 30,61. Apenas três dias de medição foram considerados levemente desconfortáveis, sendo os demais classificados como extremamente desconfortáveis, como pode ser visto na Figura 4.

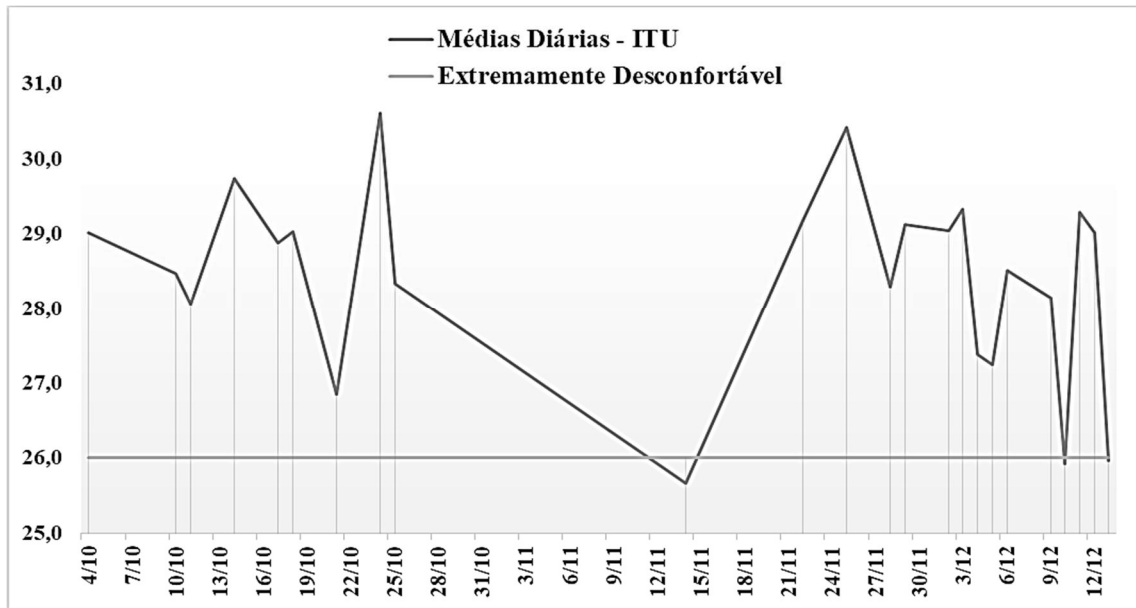


Figura 4 – Valores médios do ITU no período de estudo.

Fonte: Os autores.

Em comum, esses três dias de menor desconforto térmico foram marcados por chuva em pelo menos um momento do dia. O efeito da chuva sobre as variáveis de temperatura e umidade foram analisados por Oliveira *et al.* (2013), que constataram uma menor amplitude térmica e uma maior umidade relativa do ar em Cuiabá durante o período chuvoso, o qual compreende a primavera. Nesse caso, a chuva pode ter colaborado tanto para o aumento da umidade relativa do ar e para a redução da incidência de energia solar através das nuvens que se formam, interceptando parte da radiação solar incidente.

A Figura 5 demonstrou as condições médias de conforto térmico às 08 h no espaço de análise. Nesse horário, todos os pontos foram classificados como extremamente desconfortáveis, em especial os pontos P7, P8, P9 e P10, com valores de ITU de, respectivamente, 28,68; 28,57; 28,48 e 28,76. Os pontos P1 (27,28), P2 (27,19), P3 (27,34) e P4 (27,71) apresentaram valores de ITU abaixo da média geral para as 08 h (28,04). Possivelmente, isso se deve à relação entre a configuração das construções locais e a linha da eclíptica, visto possuírem edificações e elementos paisagísticos que reduzem o aquecimento de suas superfícies próximas durante parte da manhã ao bloquear a radiação solar incidente (OLIVEIRA *et al.*, 2013; MUNIZ-GÄAL *et al.*, 2018). Além disso, a presença de corpos arbóreos e a redução dos fluxos de pessoas e de veículos também podem ter tido influência, visto que, durante a madrugada, vias como as R. Zulmira Canavarros (P1) e Cursino do Amarante (P2 e P4), com pouco ou nenhum comércio e construções predominantemente residenciais, tendem a ser pouco usadas.

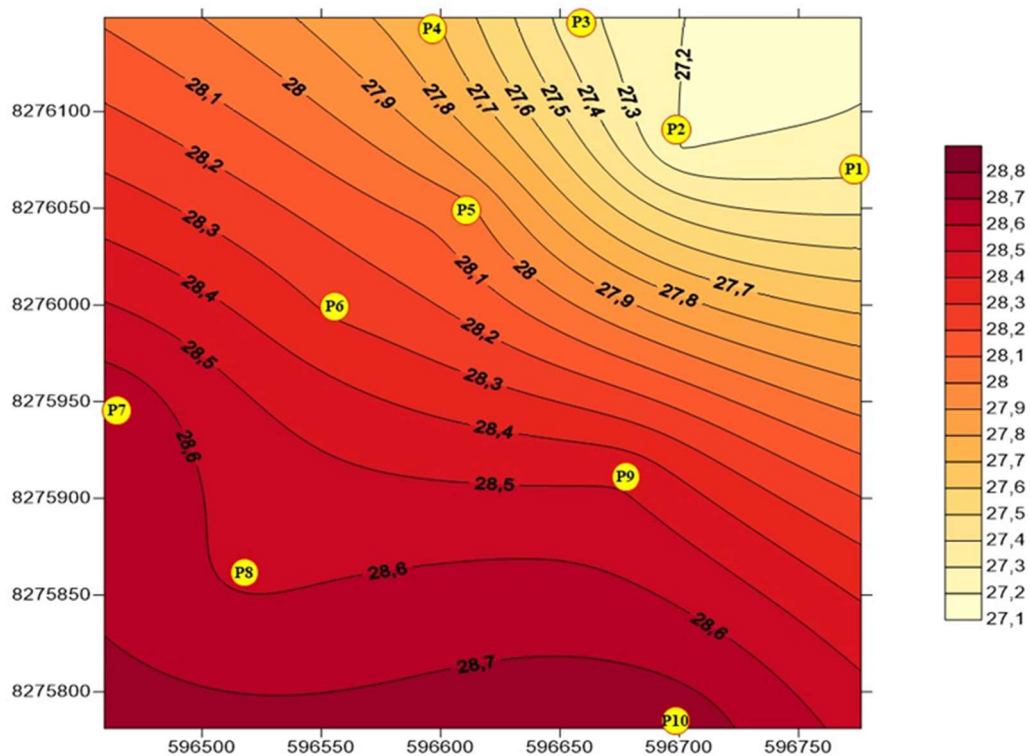


Figura 5 - Espacialização do ITU às 08 h.

Fonte: Os autores.

Já para os valores médios das 14 h (Figura 6), novamente todos os pontos se configuraram como extremamente desconfortáveis com base nos valores de ITU, sobretudo os pontos P4, P5, P7 e P8, os quais apresentam os maiores índices de desconforto, respectivamente: 30,78; 31,01; 30,71 e 30,75. Nesse período, com elevada incidência de radiação solar e acúmulo de sua energia principalmente pelas estruturas antrópicas, visualizou-se uma expressiva elevação nos valores de ITU já extremamente desconfortáveis previamente. Mesmo os pontos com valores de ITU abaixo da média para as 14 h (30,42) apresentaram aumento do desconforto, vide P1 (29,56), P2 (29,76), P3 (30,18) e P10 (30,24). É possível que o menor fluxo de veículos esteja associado à ocorrência dos menores índices de desconforto térmico nesses pontos. No caso do P3, onde há maior fluxo de veículos, a proximidade com árvores de grande porte de um quintal (vide Figura 1) pode ter influenciado em seu relativamente baixo valor de ITU.

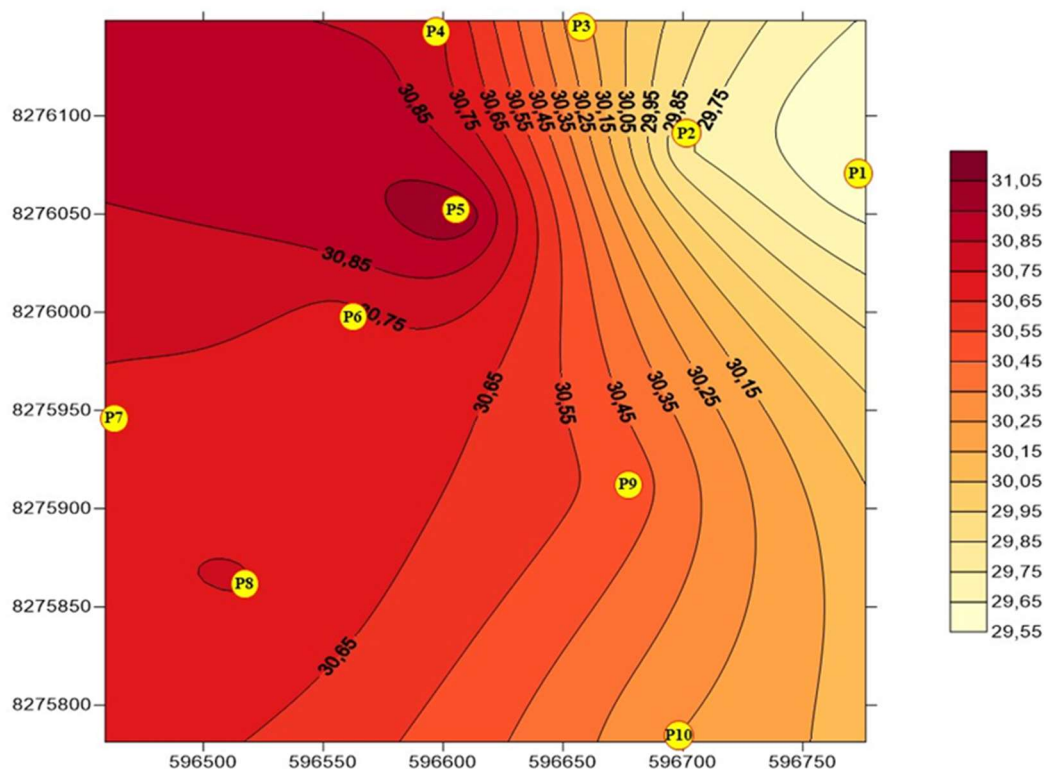


Figura 6 – Espacialização do ITU às 14h

Fonte: Os autores

A Figura 7, por sua vez, distribui os valores médios de ITU para as 20 h, horário este que permite melhor visualizar a formação de Ilha de Calor Urbano, posto que, pela ausência de radiação solar, as superfícies que absorveram calor durante o dia passam a dissipá-lo para a atmosfera (SANTOS, 2013; SANTOS et al., 2014). Nesse período, as médias de todos os pontos levaram-nos a serem classificados como extremamente desconfortáveis, tendo os pontos P4, P5, P6, P7, P8 e P9 os maiores valores de ITU, respectivamente: 26,92; 26,76; 26,75; 26,90; 26,88 e 26,83. Os pontos P1 (26,52), P2 (26,53), P3 (26,69) e P10 (26,52) apresentaram os menores desconfortos térmicos, tendo todos em comum a presença de considerável área de copas arbóreas, proporcionada por árvores de grande porte (P1, P3, P10) ou de porte pequeno (P2).

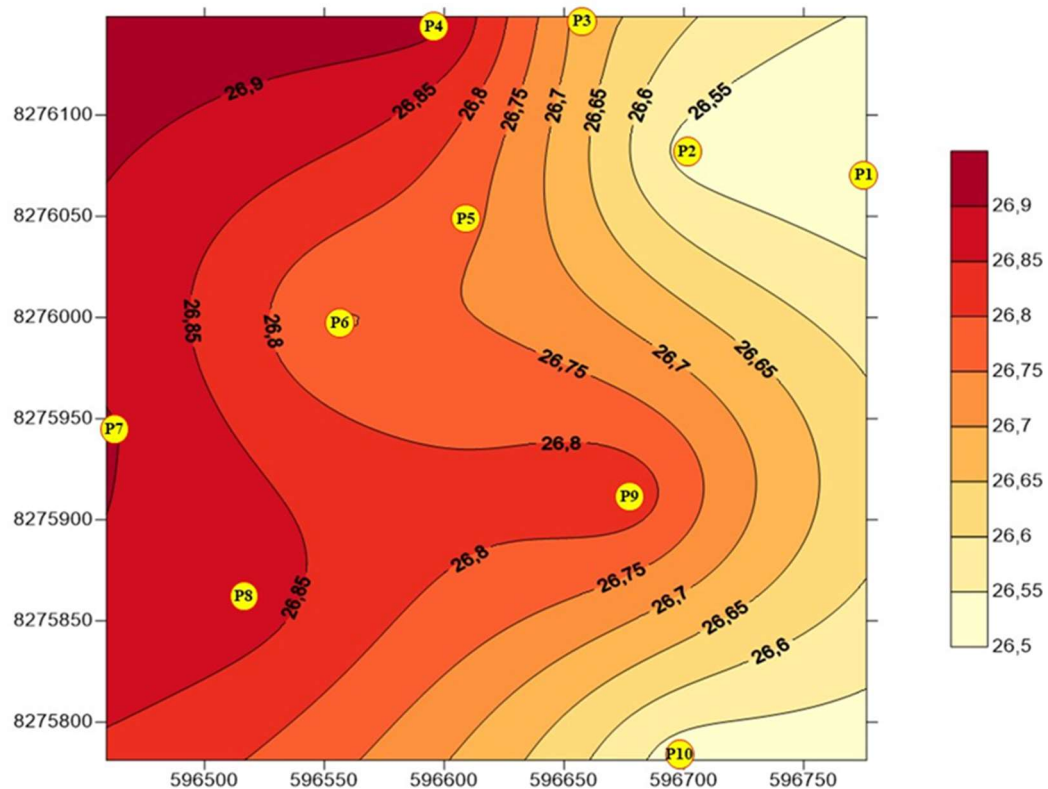


Figura 7– Espacialização do ITU às 20h

Fonte: Os autores.

Cumprir destacar que, nos mapas de espacialização das 14 h e 20 h, onde a ICU é mais nítida, os menores valores de ITU se localizaram em regiões mais arborizadas e afastadas das áreas com maiores fluxo de calor antropogênico e atividades econômicas durante o dia. Santos et al. (2013), em seu trabalho com transectos móveis na cidade de Cuiabá, também perceberam a mesma configuração, isto é, a redução da variável térmica e a elevação da umidade relativa em locais com considerável presença arbórea ou sob influência de corpos d’água.

Ainda assim, a redução das características urbanizadas e o leve aumento na arborização não foram suficientes para reduzir as condições de desconforto nos locais. O trabalho de Oliveira et al. (2013) visualizou realidade semelhante nas praças de Cuiabá, concluindo que as espécies arbóreas, embora capazes de reduzir os efeitos da ICU (DIMOUDI e NIKOLOPOULOU, 2003), por si só não conseguem exercer grandes influências no microclima local, pois dependem das condições do entorno. Nesse caso, um entorno com características tipicamente urbanas tende a dificultar o desenvolvimento do estrato arbóreo, tornando-o menos efetivo para a redução do desconforto térmico.

Quanto à análise estatística, visualizou-se que a temperatura foi a variável meteorológica mais relacionada com o conforto térmico (Tabela 2), porquanto que, pela correlação de Pearson, os valores de temperatura para os três horários alcançaram classificação

forte positiva ($0,8 \leq r < 1$). Já com a umidade relativa do ar, a relação sempre foi negativa, alterando-se apenas a sua intensidade: às 08 h, período que compreende valores de umidade relativamente altos, contabilizaram-se quatro interações fracas negativas ($-0,5 < r \leq -0,1$), três moderadas negativas ($-0,8 < r \leq -0,5$) e três fortes negativas ($-1 < r \leq -0,8$); às 14 h, período em que a umidade sofre expressiva queda em seu valor, todas as interações foram fortes negativas; às 20 h, sem insolação e com considerável elevação dos valores de umidade, foram contabilizadas nove interações moderadas negativas e uma forte negativa.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Pearson para as medições.

	08 h		14 h		20 h	
Ponto	Pearson (TxITU)	Pearson (URxITU)	Pearson (TxITU)	Pearson (URxITU)	Pearson (TxITU)	Pearson (URxITU)
1	0,9863672	-0,7090527	0,9924161	-0,8946183	0,9810339	-0,7577255
2	0,9816804	-0,6861175	0,9953154	-0,9264790	0,9827263	-0,7619930
3	0,9300655	-0,3431404	0,9961838	-0,9368808	0,9841730	-0,7853718
4	0,9467262	-0,4332038	0,9945686	-0,9071110	0,9834646	-0,6971563
5	0,9514240	-0,4153345	0,9959387	-0,9322469	0,9833852	-0,7676755
6	0,9896102	-0,7600640	0,9974568	-0,9699108	0,9789140	-0,7358095
7	0,9923029	-0,8075100	0,9970019	-0,9514437	0,9808516	-0,7710052
8	0,9636929	-0,4483612	0,9962752	-0,9390259	0,9831035	-0,7660934
9	0,9925334	-0,8387220	0,9951464	-0,9176723	0,9835357	-0,7812958
10	0,9908057	-0,8201471	0,9945355	-0,9082369	0,9858232	-0,8152865

Fonte: Os autores.

Dessa forma, pode-se dizer que um aumento da temperatura está intimamente associado a um aumento do desconforto térmico. Além disso, pode-se concluir que o desconforto térmico é inversamente proporcional à umidade relativa do ar, de modo que esta variável meteorológica é mais influente sobre esse índice quando apresenta valores menores.

Tais relações são melhor visualizadas nos gráficos de regressão. Para a temperatura, visualizou-se uma linha de regressão ascendente com coeficiente de Pearson de 0,99 e R quadrado² de 0,98 (Figura 8). Assim, percebeu-se que a temperatura está diretamente associada ao ITU e, logo, às condições de conforto térmico.

² Variável que indica quão próximo os valores estão da linha de regressão.

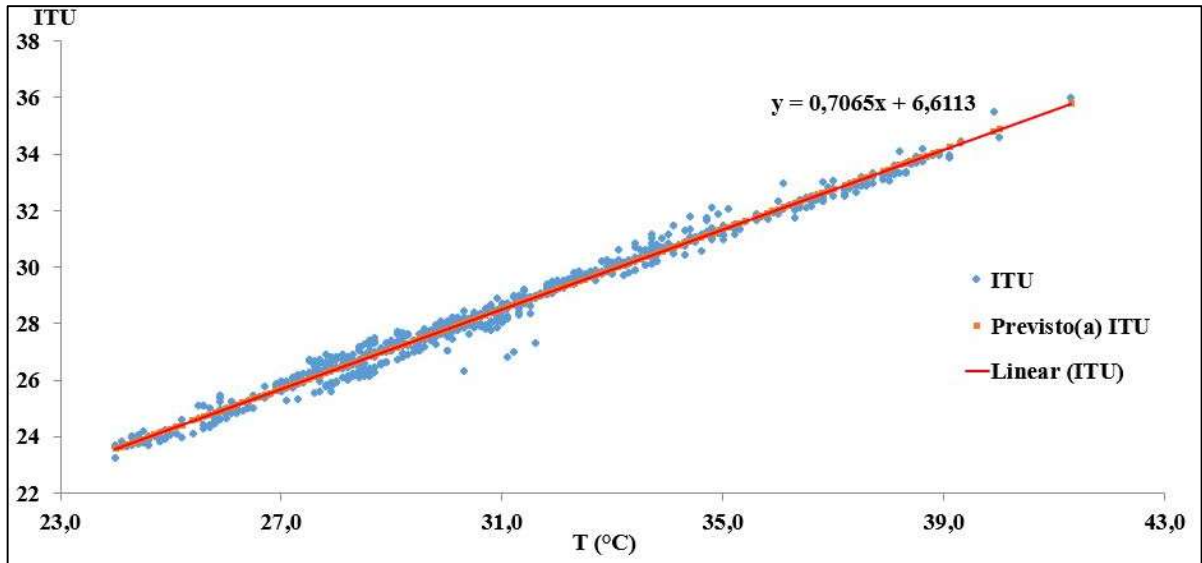


Figura 1 - Linha de regressão para os valores de T (°C) e ITU.

Fonte: Os autores.

Para a umidade relativa do ar, visualizou-se uma linha de regressão descendente com coeficiente de Pearson de 0,87 e R quadrado de 0,76 (Figura 9). Logo, a umidade do ar é inversamente proporcional ao ITU e não foi tão influente como a temperatura sobre o conforto térmico.

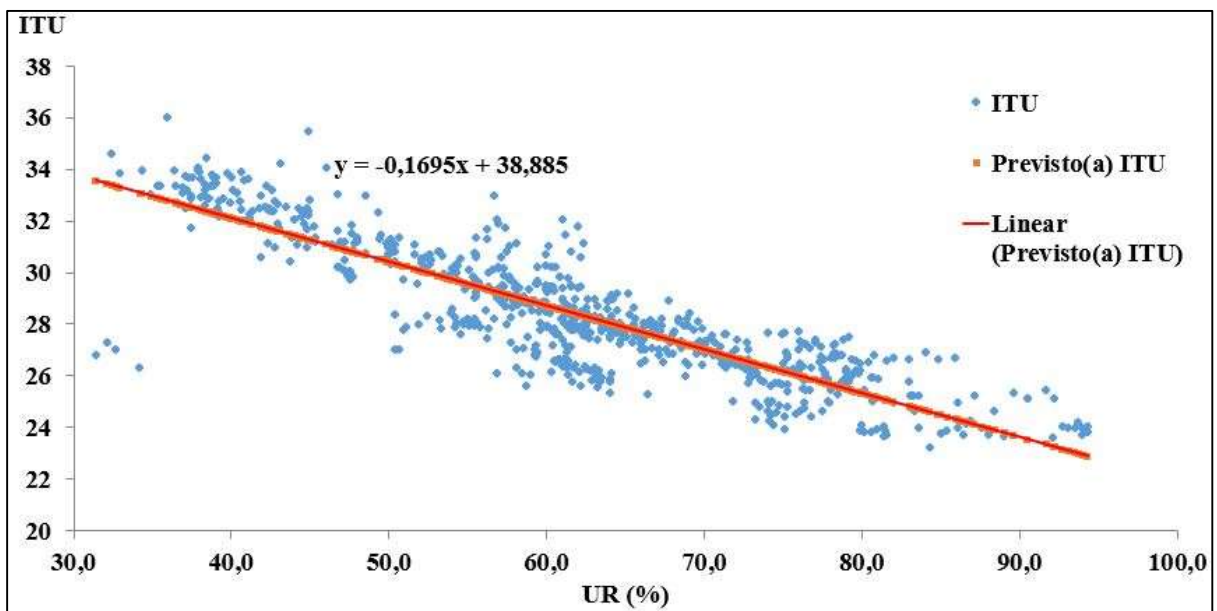


Figura 2 - Linha de regressão para os valores de UR (%) e ITU.

Fonte: Os autores.

Nesse sentido, uma maior presença arbórea na região central da cidade seria importante para mitigar as condições de desconforto térmico, visto que a vegetação absorve o calor da radiação solar e o utiliza em seus processos de transpiração e de metabolismo, de modo a diminuir o calor dissipado à atmosfera (XAVIER et al., 2009).

Notou-se, portanto, que o entorno do IFMT – Campus Cuiabá, Cel. Octayde Jorge da Silva apresentou condições extremamente desconfortáveis no atinente à análise do conforto térmico através do Índice de Temperatura e Umidade. O resultado encontrado mostrou-se consonante a outros estudos, os quais mostram que a intensa e descontrolada urbanização nos centros urbanos proporciona altas temperaturas e retenção de calor na atmosfera urbana inferior (FREITAS e SANTOS, 2015), condição esta que se mostrou acentuada no centro de Cuiabá por conta dos fatores naturais da cidade, como a localização geográfica, o clima e o relevo.

Além disso, apesar de algumas áreas possuírem maior presença arbórea e relativamente menores fluxos de pessoas e veículos, não se percebeu uma redução do ITU suficiente para diminuir o quadro de extremo desconforto. Nesse sentido, pode-se citar o rigor climático da Primavera na cidade como fator colaborador para essa situação, visto que Santos (2013), em seu estudo na cidade, visualizou umidades relativas do ar baixas se comparada às demais estações (só maior que a umidade do inverno) e altas temperaturas médias – ou seja, ambos fatores que colaboram para o desconforto térmico. Outro fator que pode ter colaborado foi a presença de elementos urbanos, suplantando o espaço para áreas verdes capazes de reduzir a temperatura do local (XAVIER et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013; SANTOS et al., 2013).

4. CONCLUSÃO

Concluiu-se que o desconforto térmico na região central de Cuiabá foi predominante sobretudo às 14 h. Além disso, visualizou-se que a temperatura foi a variável meteorológica mais influente nas condições de conforto térmico, posto a sua proximidade com a correlação perfeita positiva para o ITU. O predomínio de baixa umidade relativa do ar na região, por sua vez, mostrou-se como um forte fator para a ocorrência de desconforto térmico, tendo em vista a sua proporcionalidade negativa com o ITU. Observou-se que a manutenção do desconforto às 20 h foi um forte indicativo da presença de Ilha de Calor Urbana na região central de Cuiabá, mesmo em pontos com maiores taxas de arborização, o que pode indicar que a urbanização do entorno danifica o estrato arbóreo. Tal urbanização também impossibilitou o arrefecimento térmico da vegetação, uma vez que retém calor em suas estruturas.

Assim, este estudo propõem medidas que possam contribuir para amenizar as condições de desconforto térmico no entorno da área analisada, tais como: a ampliação da arborização pública a fim de mitigar o efeito térmico decorrente do elevado número de edifícios; a melhor distribuição de serviços e de suas vias de acesso pela cidade, posto que o centro apresenta alto calor antropogênico em virtude do alto fluxo de veículos por suas vias; e o

incentivo ao uso de árvores no paisagismo das construções a fim de reduzir as altas temperaturas localizadas e aumentar a umidade relativa do ar, fatores indispensáveis para melhoria do conforto térmico. Assim, espera-se que os frequentadores do IFMT – Campus Cuiabá possam realizar suas ações rotineiras com maior conforto, o que pode ser proveitoso às atividades educacionais desenvolvidas no local.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Edital nº 50/2019 RTR - PROPES/IFMT, chamada 2019/2020, ao CNPq pelo apoio financeiro nas bolsas de Iniciação Científica (PIBIC – EM) e ao Coordenador do Projeto pelas orientações na condução deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

CALLEJAS, I. J. A. *et al.* *Variação Sazonal Do Balanço De Energia Em Cidade.* **Mercator**, [S. l.], v. 15, p. 85–106, 2016.

CAMPELO, JR. H. *et al.* *Caracterização macroclimática de Cuiabá.* In. Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, 7, 1991. Londrina, **Anais**, v. 1.

COSTA, A. C. L. *et al.* *Índices de conforto térmico e suas variações sazonais em cidades de diferentes dimensões na Região Amazônica.* **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 05, n. 4, 2013.

COSTA, E. R. da. **O Campo Térmico e a Qualidade Ambiental Urbana em Chapecó/SC.** 2015. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós Graduação em Geografia, Presidente Prudente.

FRANÇA, M. S.; GOMES, E. S. *Indícios de ilha de calor urbana em Sorriso/MT.* **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. Santa Maria, v. 14, n. 3, p.3366-3376, mai./ago. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236130813401>

FRANÇA, M. S. *et al.* *Estimativa de índices de conforto na cidade de Cuiabá/MT.* **Caminhos da Geografia**. Uberlândia. v. 16, n. 55, set/2015, p. 141-151.

FRANÇA, G. L. *Condições climáticas em Juazeiro do Norte – CE: A formação de Ilha de Calor.* ID on line **Revista de Psicologia**, v. 10, n. 31, p. 259-278, 2016.

FRANÇA, M. S. *et al.* *Estimativa do conforto térmico na cidade de Cuiabá/MT.* **Revista Ciências Ambientais – RCA**. Canoas, v. 10, n. 1, 2016, p. 3366-3376.

FRANÇA, M. S. *Estimativa de índices de conforto térmico por meio do uso do transecto móvel em Sorriso/MT.* **Nativa**, Sinop, v. 6, p. 648-653, nov/dez. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2022. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/cuiaba/panorama>>. Acesso em 16/11/2023.

JUNIOR J. A. S. *et al.* *Análise da Distribuição Espacial do Conforto Térmico na Cidade de Belém, PA no Período Menos Chuvoso.* **Revista Brasileira de Geografia Física**, p. 218-232, 2012.

MAITELLI, G. T.; SOUZA, S. C. *Mudanças climáticas na interface superfície urbanizada-atmosfera.* In: **X Encontro de Geógrafos da América Latina**, 2005, São Paulo. Por uma Geografia Latino-Americana: do labirinto da solidão ao espaço da solidariedade. São Paulo: Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2005. v. 01. p. 15504-15528.

MATIAS, V. R. S.; COSTA, J. M. *Análise Climática em Belo Horizonte pela variação do conforto a partir de uma série temporal.* **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, p. 15-29, jun. 2012.

MIRANDA, L. & AMORIM, L. *Mato Grosso: atlas geográfico.* Cuiabá: **Entrelinhas**, 2001.

MUNIZ-GAAL, L. P. *et al.* *Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP.* **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 177-196, 2018.

OLIVEIRA, A. S. *et al.* *Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em Cuiabá, Brasil.* **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 389-400, 2013.

SANTOS, F. M. M. *Clima urbano de Cuiabá – MT – Brasil: ocupação do solo e suas influências.* **Revista Monografias Ambientais – REMOA**. Santa Maria, v. 12, n. 12, p. 2749-2763, ago. 2013.

SANTOS, J. S. *et al.* *Análise das condições de conforto térmico em ambiente urbano: estudo de caso em Campus universitário.* **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 2, p. 336-353, 2011.

SANTOS, J. S. *et al.* *Caracterização do Campo Térmico Urbano e suas relações com o Uso e Ocupação do Solo no Campus Central da UFPB.* **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 445-462, 2011.

SANTOS, F. M. M. *et al.* *Análise do clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil por meio de transectos móveis.* **Paranoá**. Brasília, nº 11, p. 45-54, 2013.

SANTOS, F. M. M.; *et al.* *Influência da ocupação do solo no clima urbano de Cuiabá, estado de Mato Grosso, Brasil.* **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium**. v. 4, n. 1, p. 100-121, 2013.

SHINZATO, P.; DUARTE, D. H. S. *Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera.* **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 02, p. 197-215, abril 2018.

SOUSA, Á. *Coeficiente de Correlação Linear de Pearson e Coeficiente de correlação de Spearman. O que medem e em que situações devem ser utilizados?* **Correio dos Açores**, 21 de março de 2019. Disponível em <https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/5365/1/Sousa_CA_21%20Mar%20a7o%202019.pdf>. Acesso em 23/04/2023.

SOUZA, D. M.; NERY, J. T. *Conforto Térmico na Perspectiva da Climatologia Geográfica. Geografia*, Londrina, v. 21, n. 02, maio/ago. 2012.

TALAIA, M. *Riscos no local de trabalho - ambiente térmico quente. Departamento de Física - Universidade de Aveiro, [S. l.]*, p. 1–13, 2013.

VIANA, S. S. M. **Conforto Térmico nas Escolas Estaduais de Presidente Prudente/SP**. 2013. Dissertação (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente.

XAVIER A. L. *et al. Variação da temperatura e umidade entre áreas urbanas de Cuiabá. Engenharia Ambiental*. Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 82-93. Jan/abril 2009.