XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

A utilização da Simulação computacional como ferramenta para a análise do microclima urbano do *Campus* Universitário São Cristóvão – SE

Use of computer simulation to analyze the urban microclimate of the São Cristóvão Campus - SE

Anneli Maricielo Cárdenas Celis
Universidade Federal do Amapá | Macapá | Brasil | anneli.2792@gmail.com
Janaina Costa Lima
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | janacostalima@hotmail.com
Jordana Teixeira da Silva Lima Santos
Universidade Federal de Alagoas |Maceió | Brasil | jordana.teixeiraa@gmail.com
Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | lucia.oiticica@gmail.com

Resumo
O estudo do microclima urbano é fundamental importância para oferecer condições térmicas favoráveis aos usuários. O objetivo é analisar o microclima urbano do Campus Universitário São Cristóvão inserido na (ZB8), a partir da simulação computacional no software ENVI-met 5.0.2. Modela-se o cenário real e analisa-se os dados de temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, radiação solar direta e PMV no mês mais quente (21 de abril de 2021) conforme o INMET. Os resultados identificaram o aumento de temperatura em espaços não arborizados e na incorreta utilização de materiais em climas quentes, como o asfalto e o concreto.

Palavras-chave: Microclima. Simulação Computacional. ENVI-met 5.0.2. *Campus* Universitário.

Como citar:
CELIS, A.M; LIMA, J; SANTOS, J; OITICICA, M.L. A utilização da Simulação computacional como ferramenta para a análise do microclima urbano do Campus São Cristóvão- SE. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

Abstract

The study of urban microclimate is of fundamental importance to offer favorable thermal conditions to users. The objective is to analyze the urban microclimate of the São Cristóvão University Campus inserted in (ZB8), from the computer simulation in the ENVI-met 5.0.2 software. The real scenario is modeled and air temperature, wind speed, relative humidity, direct solar radiation and PMV data are analyzed in the hottest month (April 21, 2021) according to INMET. The results identified the temperature increase in non-wooded spaces and the incorrect use of materials in hot climates, such as asphalt and concrete.

Keywords: Microclimate. Computational Simulation. ENVI-met 5.0.2. University Campus.

INTRODUÇÃO

No meio urbano, o microclima de um determinado local, exerce influência direta no conforto térmico humano. Nas áreas urbanas, a superfície do solo é mais aquecida, devido às atividades humanas que interferem no espaço, como o asfalto, diminuição de áreas verdes, entre outras. Aspectos que interferem na atmosfera local, tais como: o aumento da temperatura do ar e das superfícies, a diminuição da umidade relativa do ar, além de elementos arquitetônicos que podem influenciar no fluxo de vento e, podem dificultar o processo de dispersão de poluentes e de calor, podendo gerar ilhas de calor urbanas.

Algumas das causas para a formação de ilhas de calor nas cidades, são: o efeito estufa, a utilização de equipamentos, propriedades do material urbano, concentração de edifícios, entre outros [1]. Devido ao crescimento urbano, as superfícies são substituídas por materiais que absorvem mais radiação e retém o calor, tendo como consequências o desconforto térmico em regiões quentes.

O calor gerado pela radiação solar, pode ser reduzido, utilizando alguns princípios, como a utilização de materiais com baixa capacidade de armazenamento de calor, otimização da circulação de ar [1]. Uma estratégia para amenizar a temperatura de superfície é a utilização de materiais de revestimento com maior albedo. O albedo de superfícies urbanas está diretamente relacionado à sua capacidade de absorver energia ou refleti-la para as superfícies adjacentes, influindo sobre as condições microclimáticas e de conforto térmico em nível do pedestre no espaço aberto.

Outro fator importante no equilíbrio térmico dos espaços urbanos, é o papel da vegetação como atenuante da radiação solar incidente e na obtenção de um microclima que proporcione melhores condições de conforto térmico, além de outras vantagens como a umidificação do ar por meio da evapotranspiração, proteção contra ventos fortes, efeito acústico, sombreamento, possibilitando, assim, o equilíbrio de diversos ciclos naturais e a economia de energia elétrica com redução das temperaturas das superfícies [2].

Sobre os estudos do microclima urbano, se faz necessário a compreensão das variáveis climáticas, mas também a análise das variáveis pessoais, já que o conforto térmico varia de indivíduo para indivíduo [3]. Para [4] a temperatura é a variável mais perceptível, e interfere diretamente na transmissão de calor por condução, perdas por evaporação, convecção e radiação. Em centros urbanos devido a presença de

aglomeração de edificações, é primordial compreender os materiais com elevada absorção solar e a importância de áreas verdes que diminuem a temperatura [5].

[6] as áreas verdes em campus universitários são necessários, especialmente em climas tropicais, pois exercem como um instrumento estratégico para a qualidade e a sustentabilidade ambiental. Ribeiro [7] destaca os benefícios proporcionados por esses espaços, como o fornecimento de sombra, redução da temperatura, além do bem-estar transmitido pelo verde.

OBJETIVO

Analisar o microclima urbano mediante a simulação computacional, com obtenção dos dados de temperatura do ar, umidade relativa, temperatura superficial do solo, e o índice de *Predict Mean Vote* (PMV), no período do mês mais quente de acordo com as normais climatológicas, realizando a simulação do dia 21 de abril de 2021, no *Campus* São Cristóvão no município de São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

MÉTODO

O método consiste na simulação computacional mediante o *software* ENVI-met versão 5.0.2 para a análise do microclima urbano do *Campus* São Cristóvão no município de São Cristóvão-SE no período de verão a partir das normais climatológicas do INMET.
As etapas metodológicas empregadas são: modelagem (*Spaces*), inserção de dados climáticos (ENVI-guide), análise do PMV (BIO-met) geração de mapas (Leonardo) e posteriormente e análises dos dados de saída.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O *Campus* de São Cristóvão, localiza-se na região nordeste do Brasil, no município de São Cristóvão, o qual possui em uma área de conurbação urbana com a capital do estado de Sergipe-BR, Aracaju (Figura 1).

Figura 1: Localização Geral do objeto de estudo



Fonte: As autoras.

Com relação aos dados climáticos que podem interferir na análise do microclima, o município de São Cristóvão-SE está situado na Zona Bioclimática Brasileira 8 (ZB8), conforme a NBR 15220-3:2003. Não foi possível obter os dados climáticos das seguintes variáveis de São Cristóvão, logo foram utilizados os dados do município de Aracaju-SE, conforme orientação do PROJETEEE. O índice pluviométrico mensal varia entre 27 mm em janeiro a 267 mm em maio, havendo um verão bastante úmido com umidade relativa de até 80,87% e inverno com no máximo 78,07%. Os ventos predominantes são do Leste atingindo uma velocidade de 4 a 6 m/s com frequência de 26,55% e vento sudeste com velocidade de 2 a 4 m/s em 18,17% do ano.

São Cristóvão-SE apresenta clima do tipo megatérmico úmido e sub-úmido, temperatura média no ano de 25,2°C, precipitação pluviométrica média anual de 1.331,4mm e período chuvoso de março a agosto. O relevo é caracterizado pelas unidades geomorfológicas: Planície Litorânea, Tabuleiros e Superfície dos rios Cotinguiba-Sergipe [8]. Inclusive o recorte de estudo possui topografia considerada plana com desnível máximo de 2 metros, de leste a oeste.

A área de estudo desta pesquisa abrange um recorte do *campus* universitário "Prof. José Aloísio de Campos", sede da Universidade Federal de Sergipe (UFS) no nordeste brasileiro, mais conhecido como *Campus* São Cristóvão. Esta região está próxima à entrada exclusiva para pedestres e ciclistas e ao Terminal Rodoviário Intermunicipal, sendo bastante frequentada pelos usuários. Inclui um aglomerado de dez blocos de salas de aula denominados como Didáticas I, II, III, IV, V e VI, CCSA I e II (Centro de Ciências Sociais Aplicadas) e CECH I e II (Centro de Educação e Ciências Humanas) e áreas de convivência ao ar livre entre os blocos (Figura 2). A Figura 3 representa as áreas de convivência dos usuários entre as didáticas e a localização de materiais de revestimento como asfalto e concreto no recorte de estudo e vegetação.

Figura 2: Localização Geral do objeto de estudo



Fonte: As autoras.

Figura 3: Áreas de convivência, materiais e vegetação no recorte de estudo



Fonte: As autoras.

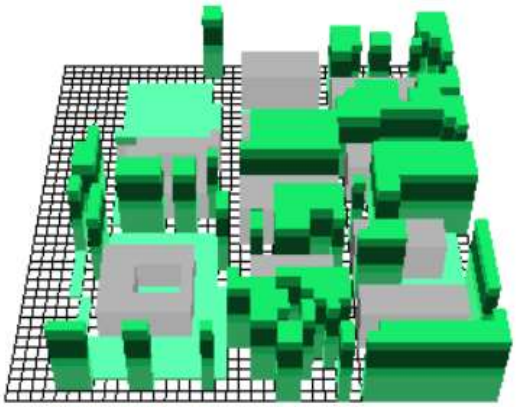
MODELAGEM

Para a modelagem, torna-se necessário inserir os dados de entrada corretamente. De acordo com [9] deve-se cumprir cinco etapas na fase da modelagem, consistindo na configuração da mesa de modelagem, cadastro da cidade a se trabalhar, modelagem dos edifícios, inserção da arborização, solos e superfícies na aba de edição *Spaces 64bit.*

Portanto, modelou-se o *Campus* Universitário São Cristóvão em São Cristóvão, Sergipe, Brasil, sendo necessário configurar inicialmente a altura dos edifícios, variando em alturas de 6 a 8m, onde foram consideradas as configurações de parede do tipo *Concrete Wall (C4) (Filled block)* e cobertura com telhas de cerâmica *(Roof*: (R2) e telhas de concreto *Roofing Tile (R1),* conforme (Figura 4).

Para a arborização, utiliza-se a configuração padrão do programa, optando pela opção *Deciduos trees*, visto que são espécies que mantêm suas folhas durante todo o ano com 10 metros de altura.

Figura 4: Modelagem da área de estudo



Fonte: As autoras.

INSERÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS E PARÂMETROS INDIVIDUAIS

Para a inserção de dados climáticos, extrai-se a partir de dados da plataforma PROJETEEE [10] e do INMET, a partir das recomendações da ISSO 7730 [11]. O quadro 1 a seguir apresenta os dados locais e climáticos que foram inseridos no programa.

Quadro 1: Dados locais e climáticos inseridos na aba ENVI-Guide

Nome do Local	**Latitude**	**Longitude**	**Reference time zone**
São Cristóvão-SE	-10.94	-37.24	GMT-3
Velocidade do vento (INMET)	**Direção do vento (PROJETEEE)**		**Rugosidade (UWYO Soundings)**
4.0	90° Leste		0.01
Temperatura da atmosfera (INMET)		**Umidade relativa (PROJETEEE)**	
Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
24°C	28°C	72,39%	80,87%

Fonte: As autoras.

Para a inserção dos parâmetros individuais, parâmetros da vestimenta, atividades físicas, considerou-se de acordo com a [12], os seguintes valores demonstrados a seguir no quadro 2 a seguir.

Quadro 2: Parâmetros individuais adotados

Parâmetros do corpo	**Vestimenta (clo)**	**Atividade**	**Biomet**
Gênero: masculino Idade: 30 anos Altura: 1,75m Peso: 70 kg	Camiseta com mangas curtas: 0,14 Calça leve: 0,36 Tenis: 0,04 Cueca: 0,05 Meias finas: 0,03 Total: 0,52	Caminhando a 3km – 140 W/m²	Taxa metabólica total: 120,98 W/m² Met: 2.08

Fonte: As autoras.

EXTRAÇÃO DE DADOS

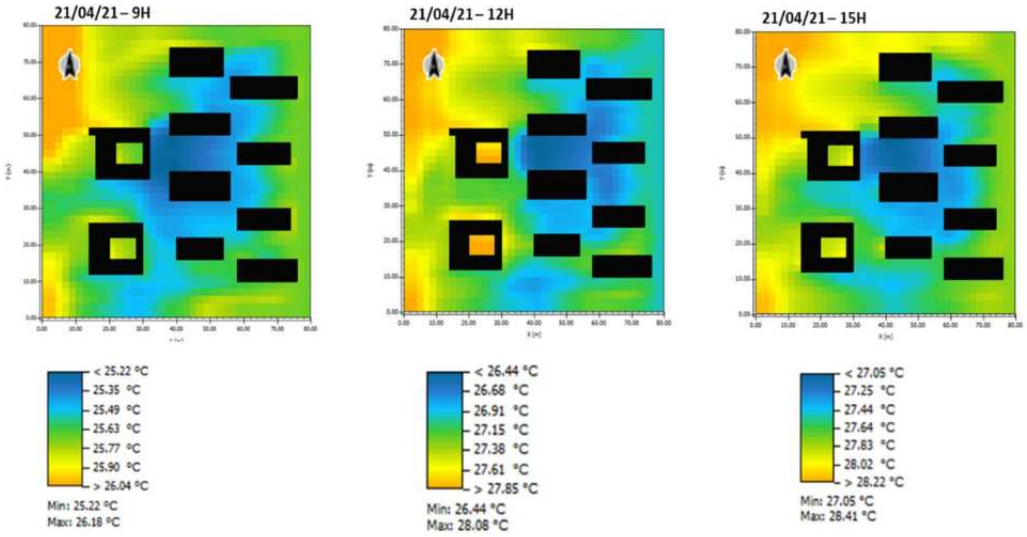
Para a extração de dados e geração de mapas, utilizou-se a ferramenta de visualização Leonardo 64bit, no qual realiza-se a análise para o dia do mês mais quente de 21 de abril de 2021, de acordo com os dados do INMET e nos horários recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), analisando os horários das 09h, 12h e 15h. Foram extraídos dados de temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa, radiação solar e o índice de voto médio estimado (PMV).

RESULTADOS

TEMPERATURA DO AR

Para os dados de temperatura do ar, nota-se que as maiores temperaturas se encontram onde não existe a presença de arborização, com o maior valor às 15h com 28.41°C e menor valor às 9h com 26,18°C (Figura 5).

Figura 5: Resultados da temperatura do ar com a utilização do *software* ENVI-met 5.0.2



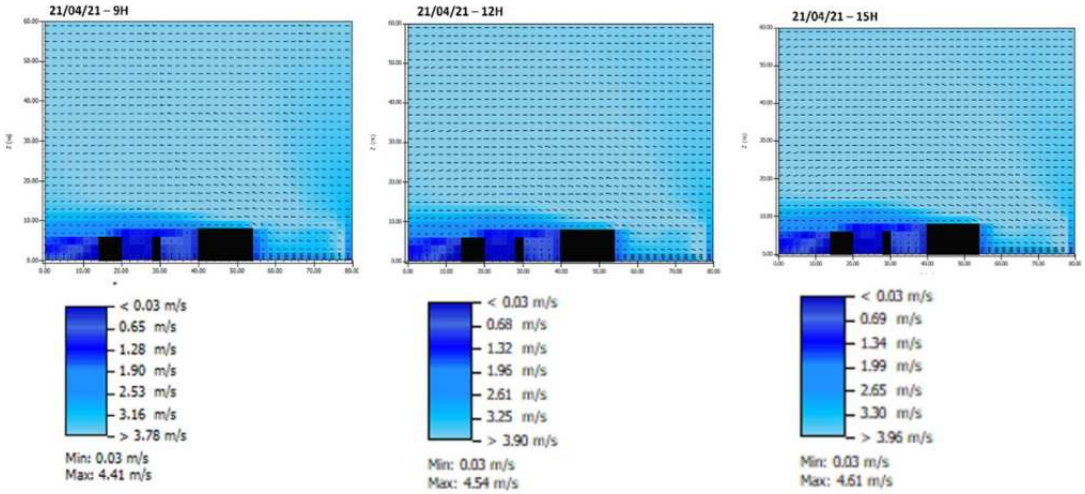
Fonte: As autoras.

Observa-se que a arborização possui um papel importante na diminuição da temperatura, devido ao efeito de evapotranspiração. [13], a arborização atenua o calor pelo sombreamento, reduzindo a quantidade de calor armazenado pelas superfícies e materiais presentes no meio urbano.

VELOCIDADE DO VENTO

Neste caso do *Campus* São Cristóvão- SE, a interferência das alturas ocasiona uma diferença de pressão na saída da ventilação [14], e o efeito de barreira cria um desvio, ocasionando a estagnação da ventilação entre as edificações. Próximo aos blocos onde há presença de arborização, de modo que a ventilação natural é reduzida, com valores entre 0,65 m/s e 0,69 m/s nos três respectivos horários (Figura 6).

Figura 6: Resultados da velocidade do vento em corte com a utilização do *software* ENVI-met 5.0.2

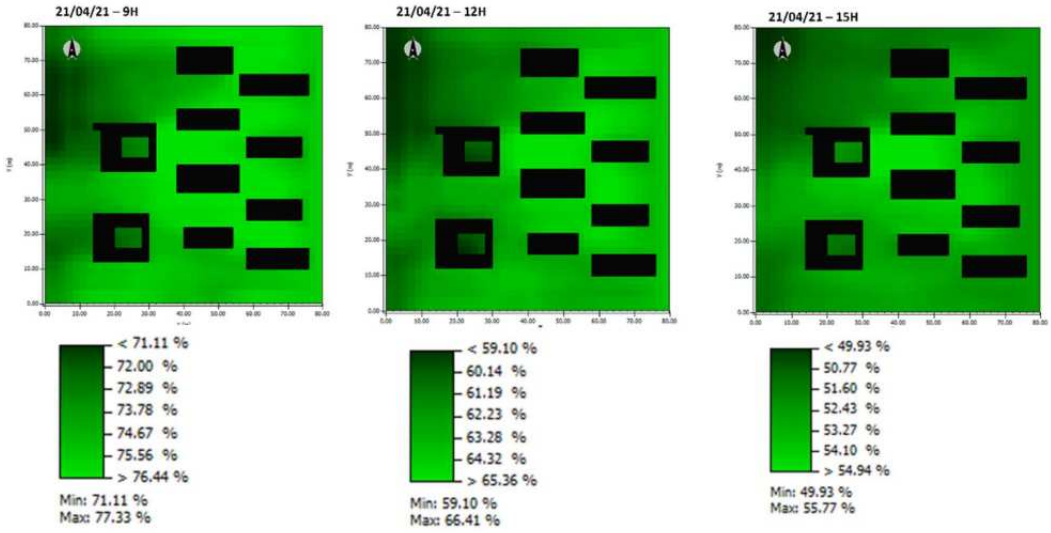


Fonte: As autoras.

UMIDADE RELATIVA DO AR

A amplitude dos valores de umidade relativa varia entre 49,93% e 71,11%. Observa-se que os menores valores se encontram onde são empregados materiais que armazenam calor, e a ausência de presença de arborização que fazem com que a umidade seja reduzida (Figura 7).

Figura 7: Resultados da umidade relativa do ar com a utilização do software ENVI-met 5.0.2

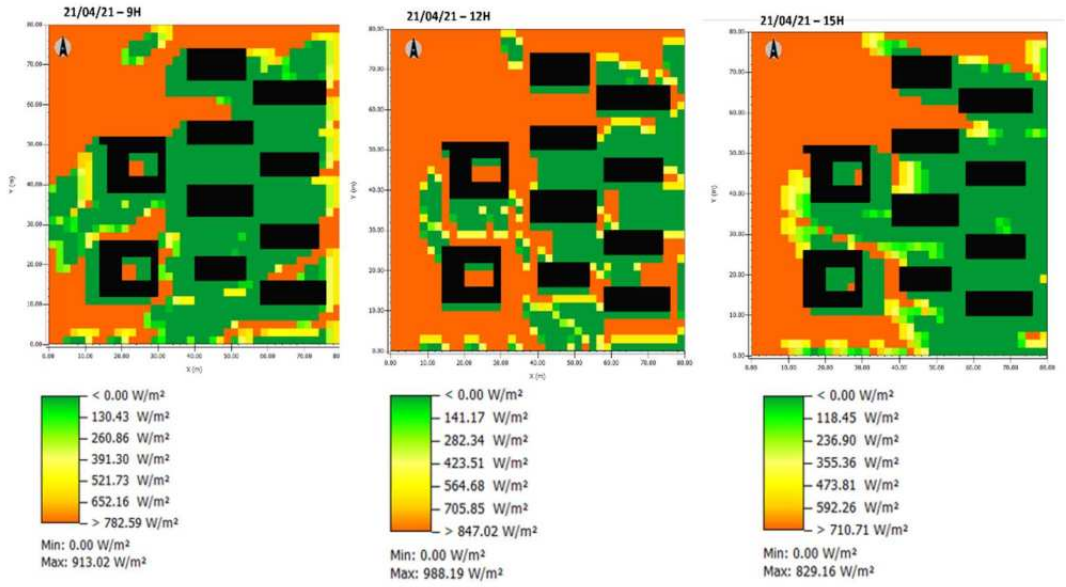


Fonte: As autoras.

RADIAÇÃO SOLAR DIRETA

Os menores valores de radiação solar direta devem-se à presença de arborização, que como comentado em Romero [15], possui um papel fundamental na absorção dos raios solares, funcionando como um coletor de luz, obtendo o menor valor de 130.43 W/m² às 9h. Materiais como o asfalto e concreto, armazenam mais calor devido a seu albedo e condutividade térmica, neste caso obtendo-se os maiores valores de 988.19 W/m² às 12h (Figura 7).

Figura 7: Resultados da Radiação Solar com a utilização do software ENVI-met 5.0.2

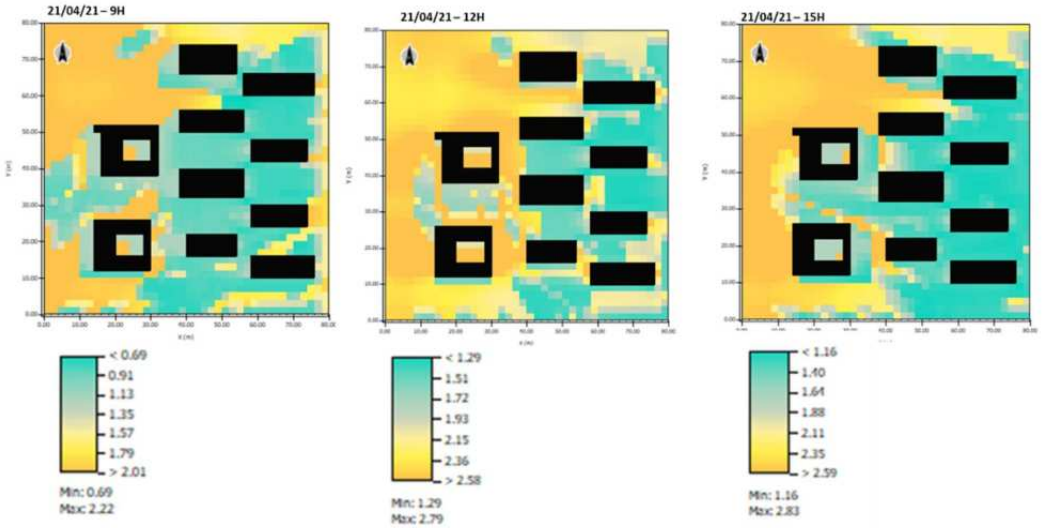


Fonte: As autoras.

PMV

O voto médio estimado, observa a sensação térmica de acordo com a escala climática de Fanger. Para [16] a escala é classificada: – 3 (muito frio), -2 (frio), -1 (ligeiramente frio); 0 (neutro), + 1 (ligeiramente quente), +2 (quente) e +3 (muito quente). Observa-se que o desconforto térmico é mais elevado onde há a presença de materiais como o asfalto e o concreto, obtendo valores até 2,83 (quente) às 15h, e mais confortavelmente onde há a presença de abundante arborização, chegando até 1,13 (ligeiramente quente) como se observa na Figura 8.

Figura 8: Resultados do PMV com a utilização do software ENVI-met 5.0.2



Fonte: As autoras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do presente trabalho, com o alcance do objetivo proposto, foi possível investigar acerca das principais variáveis interferem diretamente o microclima da área de estudo, pode-se observar os principais aspectos que influenciaram diretamente o aumento de temperatura. Sendo relacionados aos tipos de materiais empregados no *Campus* São Cristóvão- SE e na ausência de arborização. A manutenção de áreas arborizadas é uma estratégia eficiente para o sombreamento e bem-estar dos usuários.

Se faz necessário a adição de corredores verdes e a substituição de materiais escuros por mais claros na pavimentação, especialmente em cidades tropicais que recebem alta incidência de radiação solar.

Destaca-se a importância da análise do microclima urbano e das condicionantes ambientais para adotar as melhores estratégias de condicionamento térmico, oferecendo condições de conforto favoráveis ao ambiente urbano.

A presente investigação abre espaço para novas simulações com comparações entre cenários hipotéticos, com novos arranjos, outros tipos de materiais na pavimentação e de arborização. Ademais, como sugestão para trabalhos futuros, novos estudos podem ser desenvolvidos como a reaplicação do protocolo de pesquisa em outros campi com as mesmas características climáticas e para o período de inverno.

REFERÊNCIAS

[1] ESTULANO, G.A. **O Comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade Cuiabá\MT-Avaliação pós ocupação**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT, 2004.

[2] PAULA, R. **A Influência da Vegetação no Conforto Térmico do Ambiente Construído**. Dissertação de Mestrado. UNICAMP, 2004.

[3] Oliveira, A. **Avaliação da Incerteza na Determinação dos Índices de Conforto Térmico PMV e PPD.** Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2008.

[4] ASSIS, E. S. **A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória**. In Anais do 8º Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (p. 92-101). Maceió: ENCAC, 2005.

[5] TUMINI, I. **El microclima urbano en los espacios abiertos**. Estudios de casos en Madri. Tese doctoral. Universidad Politécnico de Madri, España, 2012.

[6] PAIVA, B; LUZ, L; SILVA, C. **Sistemas de áreas verdes da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, da UFPA, Belém**. Novos Cadernos NAEA, V15, n.1, p 297-323. Jan./Abr, 2022.

[7] RIBEIRO, V. **Percepção Ambiental de Gestores sobre as áreas verdes em Instituição de Ensino Superior**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, São Paulo, Vo.7, n.2 p. 340-358. Mai./Ago., 2018.

[8] BONFIM, L. F. C.; COSTA, I. V. G. da; BENVENUTI, S. M. P. **Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. Diagnóstico do Município São Cristóvão**. Aracaju: CPRM, 2002. p. 29.

[9] SILVA, C.F. **Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Terezina – PI.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2009.

[10] PROJETEEE. **Dados climáticos de cidades brasileiras**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/>. Acesso em: 20 mai. 2020.

[11] CELIS, A.M; SILVA, C.F. **Protocolo de Arquivo climático de cidades brasileiras para o software ENVI-met 4.0**. Revista Paranoá, n.22, p.32-50, 2008.

[12] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARD. ISO 7730: **moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the conditions of Thermal Comfort.** Geneva, 2005.

[13] Dimoudi e Nikopoulou (2003). **Vegetation in the Urban Environment: Microclimate Analysis and Benefits**. Energy Build, 35, p. 69-76, 2003.

[14] GREGORIO, A; LUKIANTCHUCKI, M; **Morfologia Urbana e o Conforto Ambiental: Ventilação Natural e Insolação como Condicionantes Da Forma Urbana**. Anais 29º Encontro Anual de Iniciação Científica, 2020.

[15] ROMERO, M. **Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano**. [s.1], p.66, 2020.

[16] BATIZ, E; GOEDERT, J; MARSCH, J; JUNIOR, P; VENSKE, R. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória**. Scielo, v.19, n.3, p. 477-488, 2009.