2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

A INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES NO MICROCLIMA AMAZÔNICO: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO CLIMA QUENTE E ÚMIDO EQUATORIAL[1]

PEREIRA, Tiago (1); CELIS, Anneli (2); SILVA, Marcelle (3)

(1) UFSC, tiago_vp12@hotmail.com
(2) UNIFAP, anneli.2792@gmail.com
(3) UNIFAP, cellevilar86@yahoo.com.br

RESUMO

Neste trabalho foi analisada a implantação de uma proposta de uma área densamente arborizada para a cidade de Macapá-AP, mediante a utilização da ferramenta de simulação computacional no programa ENVI-met versão 4.0, analisando o espaço urbano atual e o espaço urbano "hipotético". Ao realizar a implantação "hipotética" de áreas verdes, constatou-se os seguintes resultados: a redução da radiação direta com números superiores a 675,25 W/m² as 9:00 horas e valores acima de 705,17 W/m² as 15:00 horas; temperatura da superfície alcançando uma redução de 4,88°C as 9:00 horas e 9,08°C às 15:00 horas; PMV no período da manhã se apresentava na escala entre o "muito quente" na situação atual e em um intervalo entre o "neutro" e "ligeiramente quente" na situação proposta. No período da tarde há um decréscimo da escala de "muito quente" na situação atual se posicionando em um intervalo entre o "quente" e "muito quente" na situação proposta; E o PPD reduz em até 30,63% o percentual de pessoas insatisfeitas no período da manhã, enquanto no período da tarde alcança valores de redução acima de 90%. Destaca-se assim, a importância e influência de áreas verdes para a melhoria do conforto térmico urbano e qualificação do espaço urbano em clima quente amazônico.

Palavras-chave: *Áreas verdes. ENVI-met 4.0. Clima quente e úmido. Densidade arbórea. Conforto urbano*

ABSTRACT

In this work, the implementation of a proposal for a densely wooded area for the city of Macapá-AP was analyzed, using the computer simulation tool in the program ENVI-met version 4.0, analyzing the current urban space and the "hypothetical" urban space . When implementing the "hypothetical" implantation of green areas, the following results were found: the reduction of direct radiation with numbers above 675.25 W / m² at 9:00 am and values above 705.17 W / m² at 15: 00 hours; surface temperature reaching a reduction of 4.88 ° C at 9:00 am and 9,08 ° C at 3:00 pm; PMV in the morning was on the scale between "very hot" in the current situation and an interval between "neutral" and "slightly hot" in the proposed situation. In the afternoon there is a decrease in the scale of "very hot" in the current situation,

[1] PEREIRA, Tiago; CELIS, Anneli; SILVA, Marcelle. A influência das áreas verdes no microclima amazônico: simulação computacional no clima quente e úmido equatorial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

positioning itself in an interval between "hot" and "very hot" in the proposed situation; And the PPD reduces by up to 30.63% the percentage of dissatisfied people in the morning, while in the afternoon it reaches reduction values above 90%. Thus, the importance and influence of green areas for the improvement of urban thermal comfort and qualification of urban space in hot Amazonian climate is highlighted.

***Keywords**: Green areas. ENVI-met 4.0. Hot and humid climate. Tree density. Urban comfort*

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional urbano gerou ao longo do tempo um problema na forma de ocupação com o ambiente, por vezes de forma desordenada e insustentável ao longo do tempo. As cidades amazônicas, sobretudo a cidade de Macapá, sofrem constantemente as consequências dessa "urbanização" desordenada, destacando-se a carência de estudos locais sobre o planejamento urbano, especialmente ao que tange na implementação de áreas verdes.

Lamberts (2014) aponta o sombreamento como a estratégia mais importante para o Brasil e se tratando de composição urbana dos parques e espaços públicos é necessário pontuar a atuação dos componentes arbóreos como mecanismo eficaz para a construção de um ambiente harmônico entre o ser humano e o entorno. Para Bartholomei (2003) trata-se de criar microclimas mais favoráveis ao convívio podendo a arborização ser uma estratégia em áreas externas destacando o papel fundamental da atenuação da radiação solar incidente para a diminuição das temperaturas.

Com base nesses estudos fomenta-se um olhar mais direcionado para o clima quente úmido, que se encontra entre os trópicos de capricórnio (23°27'S) e câncer (23°27'N). Tavares (2014) afirma que é possível determinar que a cidade de Macapá (Latitude 0°) recebe elevadas taxas de radiação solar, devido ao tempo que o sol permanece na abóbada celeste e ao ângulo de elevação ao meio dia no equinócio que alcança 90°, possuindo uma variação pequena desse valor ao longo do ano, esclarecendo que temperatura média do ar não possui elevada amplitude térmica, variando próximo aos 27°C.

A proposta de intervenção para o espaço urbano subutilizado (Figura 1) é um modelo teste, para verificação da potencialidade de um espaço densamente arborizado como alternativa para áreas urbanas no clima quente e úmido. Na proposta (Figura 2) o foco seria avaliar os valores alcançados ao comparar o espaço subutilizado atualmente e após a implantação de um bosque em seu centro. E assim analisar a influência de áreas verdes para o clima quente e úmido da cidade de Macapá.

Figura 1 – Vista superior da área estudada



Fonte: Pereira (2019)

Figura 2 – Vista superior a proposta



Fonte: Pereira (2019)

2 MÉTODOS

Foram realizadas simulações no programa ENVI-met Headquarter V4.4.2 para a geração de dados estatísticos para comprovar a eficácia das alterações propostas. Foram realizadas 3 etapas, tanto na situação atual (Figura 4) quanto na situação "hipotética" proposta (Figura 5), para culminar a análise do espaço. As etapas foram: Modelagem; inserção dos dados climáticos e simulação; geração dos mapas e análises. Estas aferiram os valores da radiação direta, temperatura da superfície, o PMV (Predict mean vote ou Índice do voto médio estimado) criado por Fanger (1972) e o PPD (Predicted percentage of dissatisfied ou Percentagem de pessoas insatisfeitas)

2.1 Modelagem

Nesta etapa utilizou-se a ferramenta de edição Spaces 64Bit, inserindo inicialmente dos dados de solo e superfície (Soil and surface), adotando-se para a proposta a utilização do solo argiloso, para manter a permeabilidade e introdução de piso drenante para o passeio.

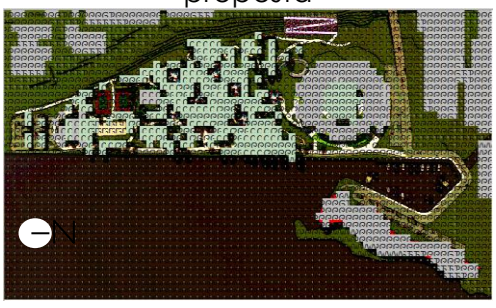
A modelagem prosseguiu com a inserção dos edifícios (Buildings), locando pequenas barracas inadequadas para o uso comercial e as edificações circundantes variando suas alturas que de 3 a 7 metros, analisadas a partir de fotos do local. Por último foram inseridas as vegetações, sendo árvores de médio porte na situação atual (Figura 3) e pequeno e médio porte com copa larga na proposta (Figura 4), para possibilitar maior projeção de sombra e sem bloquear a visão do rio para a rua Binga Uchôa que fica mais elevada.

Figura 3 – Modelagem da vegetação (cor verde) e dos edifícios (cor cinza) na situação atual



Fonte: Pereira (2019)

Figura 4 – Modelagem da vegetação (cor verde) e dos edifícios (cor cinza) proposta



Fonte: Pereira (2019)

2.2 Inserção dos dados

Foi utilizada a ferramenta de simulação EnviGuide para introduzir os dados e realizar a Inserção dos dados climáticos. A figura 5 e o quadro 1 apresentam os dados locacionais e climáticos inseridos no programa respectivamente.

Quadro 1 – Dados climáticos adotados.

Nome do local	Latitude	Longitude	Reference time zone	Longitude de referência
Macapá	0,04	-51,07	Gmt-3	-50

Velocidade do vento (INMET)	Direção do vento (INMET)	Rugosidade (UWYO SOUNDINGS)	
5.15	53°	0.01	
Temperatura da atmosfera (INMET)		Umidade relativa (Plataforma Projeteee)	
Min.	Max.	Min.	Max
25°c	33°c	49,74%	85,81%

Fonte: Pereira (2019)

Para a inserção dos dados individuais utilizou-se a ferramenta de processamento BioMet, na qual se inseriu as características físicas, vestimenta, atividade metabólica do (Quadro 2).

Quadro 2 – Dados individuais para o gênero masculino adotados.

Característica física	Vestimenta (LAMBERTS, 2014)	Atividade (LAMBERTS, 2014)	Biomet
Idade: 30 anos Altura: 1,73 m Peso: 70 Kg	Cueca 0,03 Bermuda 0,15 Camisa manga curta 0,15 Sandálias 0,02 Total= 0,35	Caminhando em local plano 3 km – 140 W/m²	Taxa metabólica total: 120,98 W/m² Met: 2.08

Fonte: Pereira (2019)

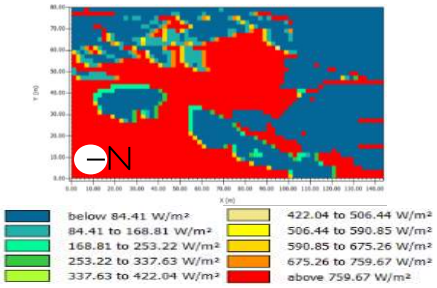
2.3 Geração de Mapas e análises

A ferramenta de visualização LEONARDO 64Bit para geração dos mapas. Adotou-se como parâmetros climáticos para a geração dos mapas a radiação direta, temperatura da superfície, PMV e PPD. Segundo Tavares (2014) agosto e outubro possuem as mais altas temperaturas do ano na cidade de Macapá, então adota-se como período de análise: as 7:00 do dia 14 de outubro de 2017, até as 7:00 do dia 15 de outubro de 2017, gerando assim, dados equivalentes a 24 horas. Outra recomendação é dada pela OMM (Organização Meteorológica Mundial), são: 9:00, 15:00 e 21:00, entretanto os mapas gerados no horário de 21 horas apresentaram poucas variações de cores e valores muito baixos devido a ausência de radiação solar nesse horário, por isso, o trabalho analisa somente os horários das 9:00 e 15:00 horas.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

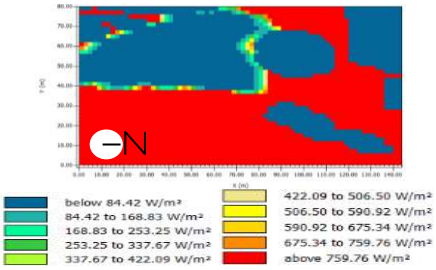
Nas figuras 6 e 8, é possível demonstrar as taxas elevadas de radiação direta na situação atual, enquanto nas figuras 7 e 9, há uma redução drástica no centro da proposta devido a proteção gerada pela implementação maciça de árvores. A variação pode alcançar valores superiores a 675,25 watt por metro quadrado (W/m²) no horário de 9:00 horas e valores acima de 705,17 no horário de 15:00 horas.

Figura 6 - Situação atual radiação direta às 9:00 horas Min:0,00 W/m² e Max:844,07 W/m²



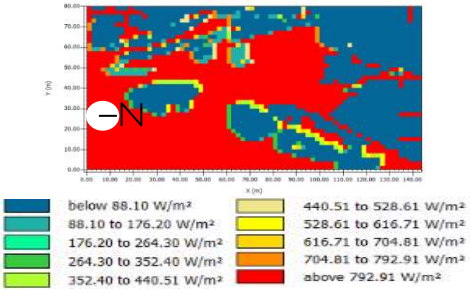
Fonte: Celis e Pereira (2018)

Figura 7 - Situação proposta radiação direta às 9:00 horas Min:0,00 W/m² e Max:844,17 W/m²



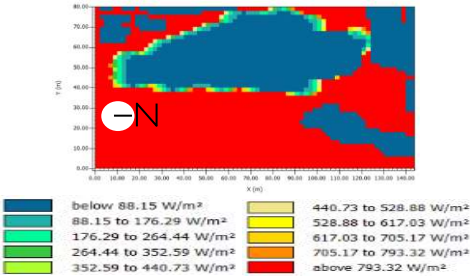
Fonte: Celis e Pereira (2018)

Figura 8 - Situação atual radiação direta às 15:00 horas Min:0,00 W/m² e Max:881,01 W/m².



Fonte: Celis e Pereira (2019)

Figura 9 - Situação proposta radiação direta às 15:00 horas Min:0,00 W/m² e Max:881,46 W/m².

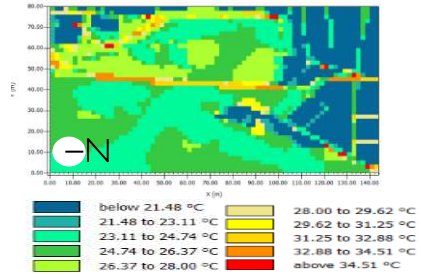


Fonte: Celis e Pereira (2019)

As figuras 10 e 11 apresentam os valores da temperatura da superfície às 9:00 apresentando variações quando analisadas, suas temperaturas máximas e mínimas, alcançam valores de até 28 °C na situação atual, enquanto na situação proposta os valores podem alcançar até 23,12 °C, tendo uma variação em determinados pontos de 4,88 °C. Já as figuras 12 e 13,demonstram a variação de temperatura da superfície às 15 horas, sendo entre 35,57 a 38,72 °C na maior parte da situação atual, e na situação proposta indicando valores entre 29,64 a 32,28 °C, logo uma variação que pode alcançar até 9,08 °C de diferença.

Figura 10 - Situação atual: Temperatura da superfície às 9:00 horas

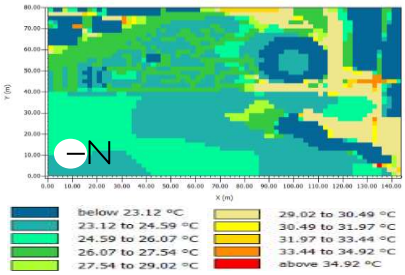
Min:19,85°C e Max:36,14°C



Fonte: Celis e Pereira (2019)

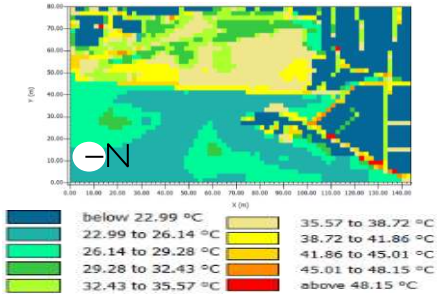
Figura 11- Situação proposta: Temperatura da superfície às 9:00 horas.

Min:21,64°C e Max:36,39°C



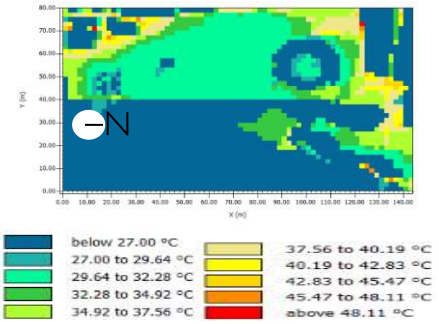
Fonte: Celis e Pereira (2019)

Figura 12- Situação atual: Temperatura da superfície às 15:00 horas. Min:19,85°C e Max:51,30°C



Fonte: Celis e Pereira (2019).

Figura 13- Situação proposta: Temperatura da superfície às 9:00 horas. Min:24,36°C e Max:50,75°C

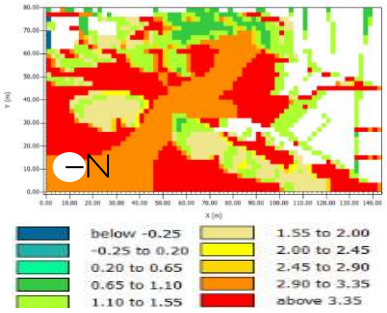


Fonte: Celis e Pereira (2019).

A escala de Fanger (1972), possibilitou determinar as escalas de sensação térmica, sendo que na situação atual da área (figura 14), os valores apresentados são equivalentes a muito quente, ultrapassando 3,35 para os homens no horário das 9 h. A situação da proposta (Figuras 15) apresenta valores melhores, podendo alcançar no máximo 1,56 para os homens e no centro a proposta apresenta valores ainda mais baixos que podem alcançar 0,68. A variação em alguns pontos pode ser de 2,67 °C, mudando a escala de muito quente para um intervalo entre o neutro e o ligeiramente quente.

Figura 14 - PMV às 9:00 horas, situação atual, gênero masculino

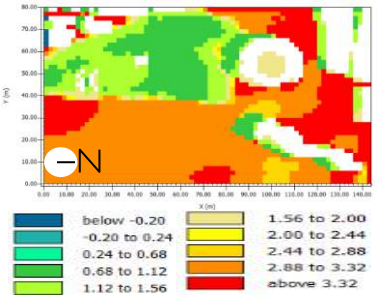
Min:-0,70 e Max:3,80



Fonte: Celis e Pereira (2019)

Figura 15 - PMV às 9:00 horas, situação proposta, gênero masculino

Min:-0,64 e Max:3,76

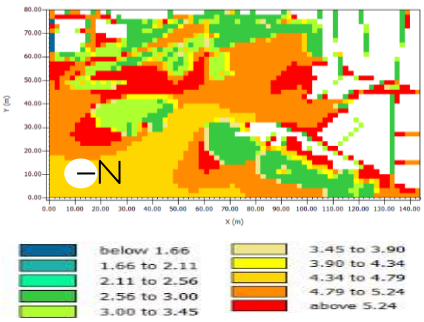


Fonte: Celis e Pereira (2019)

Já para o horário das 15h, os valores apresentados são equivalentes a muito quente, ultrapassando 5,24 . A proposta (Figura 17) apresenta um decréscimo do valor das taxas, alcançando até 2,66 caracterizando na escala o intervalo entre o quente e muito quente.

Figura 16 - PMV às 15:00 horas, situação atual, gênero masculino

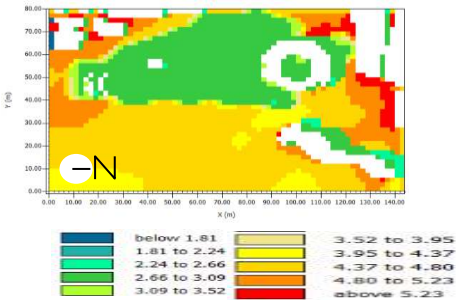
Min:1,22 e Max:5,68.



Fonte: Celis e Pereira (2019)

Figura 17 - PMV às 15:00 horas, situação proposta, gênero masculino

Min:1,38 e Max:5,66.

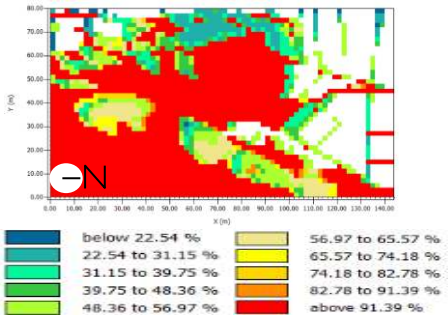


Fonte:Celis e Pereira (2019)

O objeto de estudo na situação atual (Figura 18) apresenta cores mais quentes, abrangendo quase todo o mapa na última cor da paleta, indicando percentual acima de 91,39% de homens insatisfeitos. Enquanto na proposta (Figuras 19) os valores podem variar de 21,96% até 47,97%. Portanto, destacando a implantação de áreas verdes, reduzindo o percentual de pessoas insatisfeitas de 21,96% até 30,63% dos homens.

Figura 18 - PPD às 9:00 horas, situação atual, gênero masculino

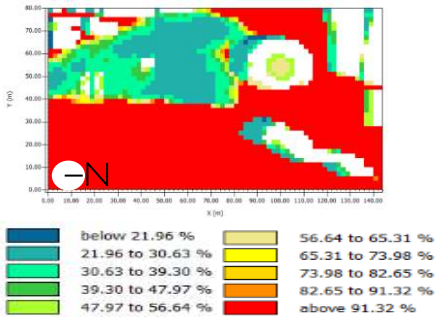
Min:13,93% e Max:100%



Fonte: Celis e Pereira (2019)

Figura 19 - PPD às 9:00 horas, situação proposta, gênero masculino

Min:13,29% e Max:99,99%



Fonte: Celis e Pereira (2019)

As imagens geradas para percentual de pessoas insatisfeitas no período de 15 horas apresentaram apenas manchas na última cor da paleta, sem variação de cor em nenhum ponto, indicando valores acima de 93% de pessoas insatisfeitas na situação atual e na proposta.

4. CONCLUSÃO

Os resultados demonstram a influência da arborização para o clima quente úmido amazônico, onde as temperaturas são elevadas o ano todo. A análise da radiação direta aponta uma variação que pode alcançar valores muito díspares, alcançando uma redução com a implantação da proposta de números superiores a 675,25 W/m² no horário de 9:00 horas e valores acima de 705,17 W/m² no horário de 15:00 horas.

Sobre o PMV é possível determinar que a proposta apresenta um cenário mais positivos nos dois horários, obtendo uma variação que pode alcançar um valor de

2,67 no período da manhã, determinando uma variação na escala entre o "muito quente" (situação atual) e um intervalo entre o "neutro" e "ligeiramente quente" (situação proposta). E no período da tarde há um decréscimo da escala de "muito quente" alcançando até 2,66 de diferença, se posicionando em um intervalo entre o "quente" e "muito quente". Em relação ao PPD a implementação de áreas verdes apresenta um índice de redução do percentual de pessoas insatisfeitas de 21,96% até 30,63% dos homens no período da manhã enquanto no período da tarde há uma pequena variação, apontando um elevado índice de pessoas insatisfeitas.

O volume arbóreo utilizado como estratégia se mostra eficaz para fornecer uma barreira contra a radiação incidente e auxilia na redução temperatura da superfície. Os dados variam nas diferentes horas analisadas, o que poderia se justificar pelo fato do sol ter passado mais 6 horas na abóbada celeste e assim, aquecido ainda mais a superfície, acumulando calor e elevando os níveis de temperatura, visto que a superfície do solo não possui nenhuma proteção nesse período do ano na situação atual. Dessa forma, é possível apontar que o uso de vegetação arbórea atende a necessidade de diminuição das cargas de radiação solar incidente, o que por consequência reduz a temperatura da superfície e assim os níveis de PMV e PPD.

REFERÊNCIAS

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influencia da vegetaçao no conforto térmico urbano e no ambiente construido**. 2003. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BRAGA, M. T.; DURANTE, L. C.; ROSSETI, K. A. C.; CALLEJAS, I. J. A.. **Estudo da influência do sombreamento arbóreo e do revestimento do solo no microclima urbano.** In: SEMINÁRIO MATOGROSSENSE DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 6., 2015, Cuiabá. **Anais...**Cuiabá: UFMT, 2015.

FANGER, P.O. **Thermal comfort:** Analysis and applications in environmental engineering. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970. 244p.

INMET. Instituto Nacional de Metereologia. **Fundamentos das normais climatológicas do Brasil, 2018**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 18 ago. 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras / Procel, 2014.

PROJETEEE. Projetando Edificações Energeticamente Eficiente. **Dados climáticos das cidades brasileiras, 2018**. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/>. Acesso em: 18 ago. 2018.

TAVARES, J. P. N. Características da climatologia de Macapá – AP. **Revista caminhos de geografia**. Uberlandia, v.15, n.50, p. 138-151, Jun/2014.