# SIMULAÇÃO DO CLIMA URBANO COMO FERRAMENTA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL[1]

MORSCH, M. R. S., Universidade de Passo Fundo, email: arq.maiaramorsch@gmail.com; PETRY, B., Universidade de Passo Fundo, email: 149168@upf.br; PERUZZO, K. G., Universidade de Passo Fundo, email: 145897@upf.br; TOMASI, S. C., Universidade de Passo Fundo, email: sabrinactomasi@hotmail.com; TAVARES, R., Universidade de Passo Fundo, email: tavares6642@gmail.com; MARQUES, J. A., Universidade de Passo Fundo, email: 155143@upf.br

## ABSTRACT

*The urban climate differs from the climate of the city in question, since it changes by the specific characteristics of the urban enclosure. In this way cities are formed by a variety of microclimates that are often drastically altered causing damage to the environmental and to people. The study is important in order to look for alternatives to reduce these negative effects in search of environmentally healthy cities. In this sense, several simulation tools emerge to aid in research, such as the ENVI-met software that has been widely disseminated. The objective of this research is to evaluate the acuity of this tool in order to be used in the methodology of a doctoral thesis in progress. The methodology was based on the study of the microclimate in a real case as a feasibility test. In this situation was carried out a physical survey of the site, a climatic survey with dataloggers and finally the simulation. The results generated indicated the positive use of the tool.*

***Keywords**: urban climate, simulation, sustainability.*

## 1 INTRODUÇÃO

O aquecimento global é uma preocupação conhecida e emergente. Estima-se que a temperatura aumente em media 4°C até o ano de 2100 (FAJERSZTAJN et al., 2016). Nesta perspectiva, as buscas pela sustentabilidade e pela diminuição dos efeitos negativos do aquecimento nas cidades devem ocorrer de forma holística. Estes efeitos se dão pela alteração do clima dentro do ambiente urbano e denomina-se como microclima. Os efeitos combinados do aquecimento do clima global com a urbanização resultam em um mosaico de microclimas que influenciam na sensação de conforto dos indivíduos e dão origem a um aumento na intensidade de ilha de calor, levando a maiores demandas de energia.

A avaliação das alterações do microclima que ocorre nos recintos urbanos é uma das ferramentas para combater o aumento do calor urbano, sendo que a compreensão da sua formação e comportamento nas diversas situações é fundamental para a busca por soluções que combatam estes efeitos. O software ENVI-met vem se apresentando como um instrumento que consegue interpolar a complexa formação espacial com os dados

[1] MORSCH, M. R. S., PETRY, B., PERUZZO, K. G., TOMASI, S.C., TAVARES, R.; MARQUES, J. A., Simulação do clima urbano como ferramenta para o desenvolvimento sustentável. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

climáticos específicos de cada lugar e é um meio promissor de contribuir de forma positiva nas investigações de clima urbano.

O objetivo desta pesquisa é o de avaliar o funcionamento do ENVI-met. Este estudo se dá a fim de possibilitar o uso do software para a avaliação do microclima urbano como parte de uma tese de doutorado em andamento pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A simulação do microclima é uma estratégia recente e pouco difundida em meios acadêmicos e profissionais e por isso se faz importante que seja feita uma verificação de sua aplicação a fim de compreender o seu funcionamento e a veracidade dos dados gerados antes de se realizar um estudo aprofundado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos do clima urbano têm mostrado que os efeitos das ilhas de calor estão sempre presentes de alguma forma e ocorrem em cidades de todos os portes. Lombardo (2009) verificou que no território de São Paulo as temperaturas superficiais variam 12°C, dependendo das características de cada recorte. Este fenômeno, que é comum em todas as cidades, ocorre de formas distintas dependendo das suas características próprias. A simulação do microclima consiste em equacionar o balanço de energia existente no dossel urbano devido a transferência de calor entre as superfícies, considerando as características climáticas locais, as relações do sol e ventos, sombras e as particularidades físicas do local, além disso, é possível propor situações alternativas a fim de verificar a interferência de possíveis mudanças no cânion (HÖPPE, 1993; OZKERESTECI et al., 2003; GARTLAND, 2010).

O software ENVI-met é uma ferramenta de livre acesso e se apresenta como uma das metodologias mais utilizadas para a simulação de microclima. Isso se dá por sua facilidade de uso e acesso e por sua confiabilidade ao estimar os dados climáticos. Vários estudos foram realizados por simulações com o apoio deste software (RANGEL et al., 2015; SILVA e ROMERO, 2010; ASSIS et al., 2013; MACIEL et al., 2015, etc.). Em todos os casos o software ENVI-met se mostrou efetivo para o estudo do clima urbano.

O ENVI-met é um modelo não hidrostático tridimensional que tem a finalidade de estudar o microclima urbano. Ele simula as interações entre a superfície a vegetação e a atmosfera e analisa a interação entre o desenho urbano e o microclima em uma microescala, permite a criação de diferentes cenários urbanos de acordo com as necessidades de cada área a ser avaliada conseguindo-se identificar o impacto de diferentes propostas. Ele foi desenvolvido por Michael Bruse e equipe do Instituto de Geografia da Universidade de Mainz, na Alemanha. (BRUSE, 2009).

Para realizar a simulação a primeira etapa é a modelagem da área de estudo dentro de uma grade com células ortogonais. Com a planta desenhada dentro das grades é possível inserir os dados como alturas, tipos

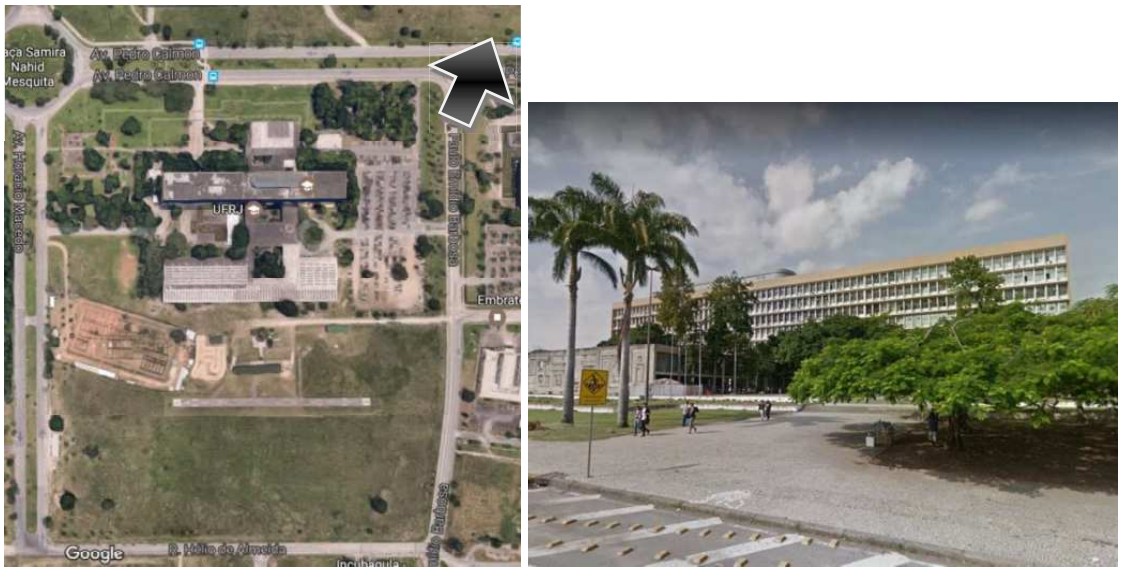
de solo, propriedades dos materiais dos elementos verticais, de cobertura e pavimentação, tipos de vegetação e orientação solar. A segunda etapa é a edição do arquivo que configura o as características do modelo aonde são inseridas as variáveis para que o resultado tenha precisão. O processo de simulação demora em média de 3 horas para cada hora real e os resultados são gerados para cada ponto da grade modelada em um arquivo base. Este arquivo é analisado dentro do programa chamado LEONARDO que gera mapas e gráficos de todos os parâmetros encontrados pela simulação (OZKERESTECI et al., 2003; BRUSE, 2009, NORO e LAZZARIN, 2015).

## 2 MÉTODO DE ESTUDO

### 2.1 Definição da área de estudo de caso

Para o desenvolvimento do estudo de caso escolheu-se o entorno do prédio da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) localizada na Cidade Universitária da UFRJ. A área compreende uma porção de 400x400 metros, aonde 80% do território é livre de edificações, sendo 20% pavimentado e 60% vegetado, os demais 20% são de ocupação composta pelo prédio da FAU e por um pequeno protótipo aos fundos. No entorno do edifício existe arborização de portes diversos. Essas características podem ser visualizadas na figura 1.

Figura 1 – A: Imagem de Satélite da área de estudo; B: Vista do edifício da FAU.




Fonte: Adaptado de Google Earth (2018)

### 2.2 Coleta de dados climáticos

A realização de medições climatológicas, para calibração e validação do

modelo de simulação, foram feitas junto ao protótipo existente aos fundos do prédio principal devido à viabilidade de instalação do equipamento com segurança, protegido de intempéries e à uma altura de 1,20 metros, representando precisamente as condições do canyon urbano. O equipamento utilizado foi o Termômetro Digital e Datalogger modelo - RDXL4SD 4 da marca OMEGA com registrador de dados em tempo real em cartão SD. O equipamento possui 4 entradas para termopares que são sensores de temperatura. O instrumento foi executado durante os dias 9, 10 e 11 de maio de 2017 coletando dados horários no lado externo da edificação (figura 2).

Figura 2- A: Edificação Protótipo; B: Equipamento instalado na parte externa do edifício.



Fonte: Os autores (2017).

Na figura 2 observa-se o equipamento instalado para o lado de fora do brise, na fachada sudoeste. O local sofre influencia do seu entorno, o qual se caracteriza por vegetação e o edifício da FAU à noroeste. Buscou-se também os dados climáticos da cidade a partir dos registros do INMET que são coletados pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática do Rio de Janeiro localizada no Forte de Copacabana-A652, possibilitando a comparação da temperatura entre o ambiente urbano, o ambiente simulado e o ambiente livre de obstruções.

## 2.3 Aplicação da simulação

A modelagem ocorreu no software ENVI-met versão 4.0 disponível para *free download* no site, que disponibiliza um layout em uma malha de no máximo 100x100 grids. Assim, fez-se um recorte de 240x180 metros da área de estudo que foi ajustado em uma malha de 80x60 de forma que cada grid correspondeu a 3 metros. O modelo foi construído de forma genérica nesta escala, inserindo-se os materiais e revestimentos predominantes, assim como a vegetação que foi definida com similaridade a partir dos modelos existentes no programa.

A simulação do microclima da área de estudo foi realizada na data de 10 de maio de 2017, pois os dados climáticos de entrada necessários, como direção dos ventos, velocidade média dos ventos e umidade relativa do ar foram inseridos com base na medição de campo de calibração. Todos os valores utilizados para a configuração do projeto estão na tabela 1.

Tabela 1: Dados de configuração do modelo simulado

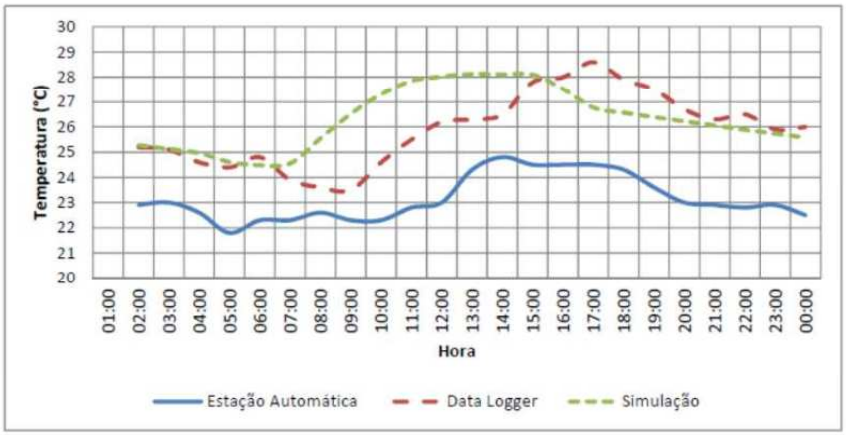
| Variável | Dado | Fonte |
|---|---|---|
| Data | 10/05/2017 | Dia típico escolhido |
| Início da simulação | 05:00:00 | Atmosfera neutra |
| Tempo de simulação | 24 horas | Recomendado |
| Velocidade do vento | 3,0 m/s | Média diária INMET |
| Direção do vento | 270° | Média diária INMET |
| Comprimento de rugosidade | 0,01 | Valor estipulado |
| Temperatura do ar inicial | 23°C | Valor calibrado |
| Umidade relativa do ar inicial | 75% | Valor calibrado |
| | | |

Fonte: Os autores (2017).

## 3 RESULTADOS

Após a realização da simulação, foram extraídos os valores de temperatura do ar dos mesmos horários e no mesmo ponto em que foi realizado o monitoramento no local, o software possibilita a extração de dados de qualquer ponto da área de estudo, na altura desejada, possibilitando a análise de diversas influencias. O gráfico 1 relaciona os dados de temperatura medidos, simulados e da estação meteorológica.

Gráfico 1– Relação entre os dados de temperatura obtidos



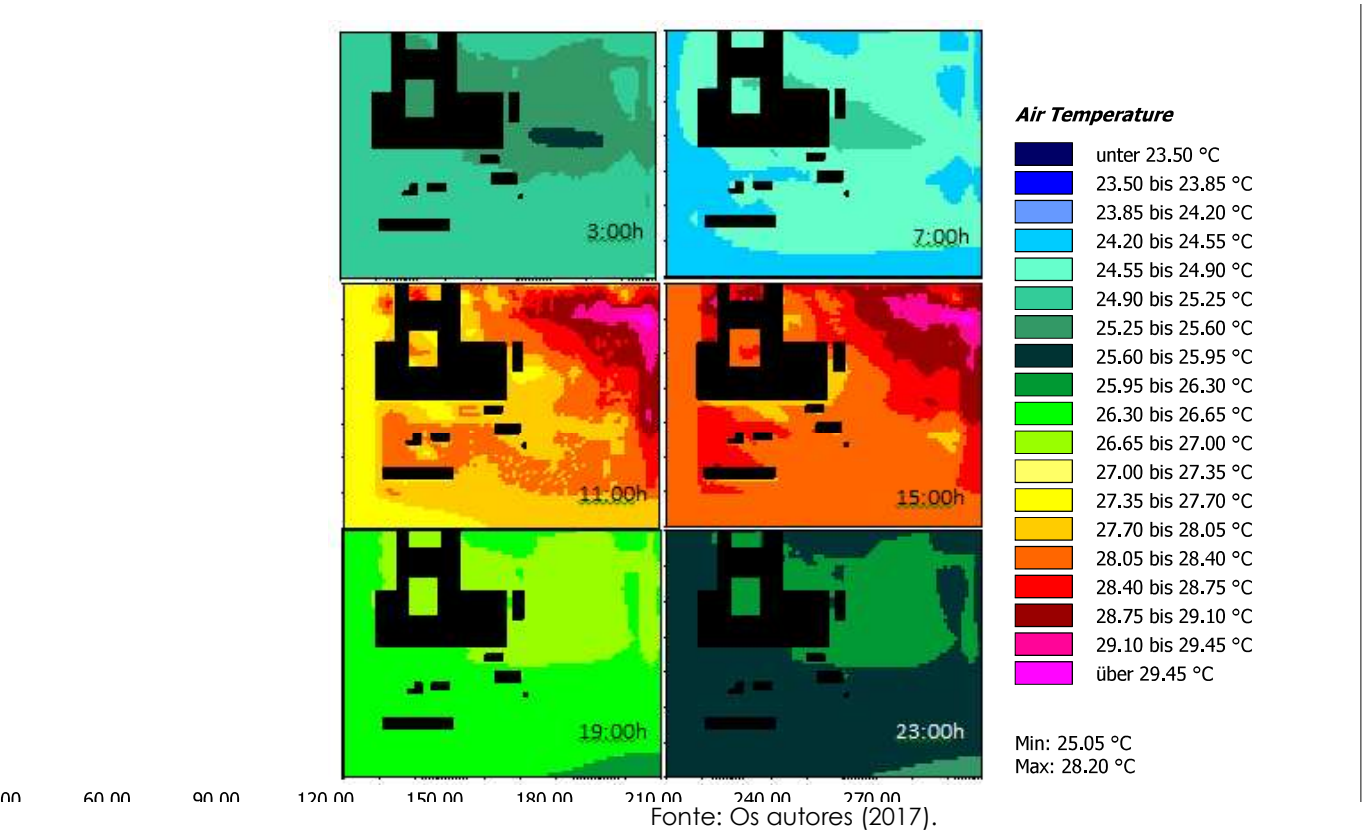

Fonte: Os autores (2017).

Observa-se que as temperaturas de microclima sofrem uma mesma escala

de variação, aumentando no período da tarde, mas com diferentes amplitudes térmicas. O modelo simulado apresentou o aquecimento urbano no período da manhã a partir das 7h, enquanto no local o incremento se deu a partir das 10h. A amplitude térmica simulada foi de 3,5°C, com pico entre às 11h e às 14h e a amplitude medida no local foi de 5°C, com pico às 17h. Percebe-se que o software conseguiu captar a variação térmica sofrida pelo meio urbano ao longo do dia e da noite de forma subestimada, mas é importante de observar que na situação real o datalogger sofre influencia da temperatura radiante da superfície do brise e também da irradiação solar no fim da tarde. O modelo deveria estimar estas influências, mas a generalização dos dados de entrada impossibilitam esta precisão. Já a curva da estação se mantem com temperaturas mais baixas, o que era esperado devido à sua localização sem interferências de entorno.

A figura 3 traz os mapas de temperatura que ilustram claramente a variação térmica ao longo do dia e também as diferenças de temperatura em um mesmo horário, que estão relacionadas com a tipologia construtiva e sua relação com as condições locais.

Figura 3- Mapas de temperatura em algumas horas do dia 10 de maio de 2017.




Fonte: Os autores (2017).

## 5 CONCLUSÕES

A simulação foi processada com o intuito de verificar a acuidade do software escolhido para a sua utilização em uma investigação que objetiva

promover um desenvolvimento urbano mais sustentável. Neste sentido, o mesmo se mostrou eficaz ao captar a variação térmica no meio urbano, mas não resultou em valores precisos com a situação real. O modelo simulado adiantou o aquecimento urbano no período da manhã em 3 horas e não atingiu o pico de aquecimento. A amplitude térmica simulada foi de 3,5°C e a medida no local foi de 5°C. A variação ocorrida possivelmente se dá pela imprecisão de alguns dados inseridos, como por exemplo, a generalização das espécies vegetais e dos materiais construtivos. Neste sentido, há a necessidade de mais avanços com a ferramenta. A simulação do clima urbano é uma forma promissora para se estudar as divergências que ocorrem no ambiente construído, uma vez que cada situação apresenta condições e intervenções específicas difíceis de mensurar e de considerar manualmente sem o uso de ferramentas virtuais. Este estudo é de fundamental importância para a promoção de cidades com condições microclimáticas mais adequadas às pessoas e ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, E. S., SIRQUEIRA, C. A., BAMBERG, A. M., **Influência da Vegetação no Microclima em Ambiente Simulado Controlado.** XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC. Brasília, 2013.

BRUSE, M. **ENVI-met 3.1: online manual. 2009**. Available in: <http://www.envi-met.com/documents/onlinehelpv3/helpindex.htm>. Acessed in: Mar 25 2017.

FAJERSZTAJN, L., ALVES, N. O., COELHO, M. S. Z. S., VERAS, M., SALDIVA, P. H. N. How can ecological urbanism promote human health? **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)** 8, 77-95, 2016.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** Tradução Silvia Helena Gonçalves. Oficina de Textos. São Paulo, 2010.

HÖPPE, P., **Heat balance modelling.** Experientia 49, 741-746, 1993.

LOMBARDO, M. A., Análise das mudanças climáticas nas metrópoles: o exemplo de São Paulo e Lisboa. In: CORTEZ, ATC., and ORTIGOZA, SAG., orgs. **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano [online]**. Editora UNESP; São Paulo, 2009. Available from SciELO Books <http://books.scielo.org>.

MACIEL, C. R., ROSSETI K. A. C.,SANTOS F. M. M., NOGUEIRA J. S., NOGUEIRA M. C. A. **Avaliação do Impacto do Uso de Superfícies Frias em Espaços Urbanos por Meio do Software Envi-Met.** XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. São Paulo, 2015.

NORO, M., LAZZARIN, R., **Urban Heat island in Padua, Italy: Simulation Analysis And Mitigation Strategies.** Urban Climate 14, 187–196, 2015.

OZKERESTECI, I., CREWE, K., BRAZEL, A. J., BRUSE, M. **Use and evaluation of the envi-met model for environmental design and planning: na experiment on linear parks**. 21st International Cartographic Conference (ICC). South Africa, 2003.

RANGEL, P. D., GOMES, M. G. M., COSTA, J. M., BARBIRATO, G. M. **Comportamento Térmico de Espaços Externos Urbanos em Ambiente Tropical Úmido: Efeitos da Ocupação do Solo no Microclima de Ruas e Praças.** XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. São Paulo, 2015.

SILVA, C. F. e ROMERO, M. A. B. **Desempenho Ambiental de Vias Públicas Quanto Ao Conforto Térmico Urbano. Estudo De Caso: Tersina – Piauí – Brasil.** 4º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Algarve, 2010.