



Instrumentação para medições na escala microclimática: uma proposta de Mochila Bioclimática

***Instrumentation for measurements on the microclimate scale:
bioclimatic backpack proposal***

***Instrumentación para mediciones en escala micro-climática:
propuesta de Bolso Bioclimático***

ROMERO, Marta Adriana Bustos¹
LIMA, Erondina Azevedo de²
WERNECK, Daniela Rocha³
PAZOS, Valmor⁴

¹Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. romero@unb.br
ORCID: 0000-0002-4222-8463

²Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. erondinaazevedo@unb.br
ORCID: 0000-0002-9503-9607

³Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília,
daniela.werneck@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0054-3868

⁴Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília,
pazos@unb.br
ORCID: 0000-0002-8268-6514

Recebido em 07/02/2020 Aceito em 15/05/2020



Resumo

O monitoramento da temperatura do ar, entre outras variáveis microclimáticas, é fundamental para o entendimento da distribuição de temperatura em escala compatível com a do espaço urbano. Na cidade, os pedestres experimentam condições microclimáticas variáveis a curtas distâncias, sujeito às variações tanto de conforto quanto ao desconforto ambiental, em particular o térmico. O aquecimento do ambiente urbano revela-se, então, como uma oportunidade para estudos multidisciplinares que, neste trabalho, é explorado visando contextualizar o ensino de arquitetura, urbanismo e de física com a temática do clima urbano. Por meio de uma pesquisa, em andamento desde 2019, foi desenvolvido no Laboratório de Sustentabilidade aplicada na Arquitetura e no Urbanismo – LaSUS um protótipo de mochila micrometeorológica para medições em campo baseada na plataforma Arduino. Um protótipo foi projetado, testado e, quando finalizado, foi denominado Mochila Bioclimática. Os resultados reforçam o valor da integração das diferentes áreas de conhecimentos para projeto, construção, teste e validação do protótipo visando uma alternativa replicável de baixo custo para o estudo do campo térmico na cidade.

Palavras-Chave: Microclima urbano; Arduino; hardware livre; trajeto a pé; espaço público.

Abstract

The monitoring of air temperature, among other microclimate variables, is essential for understanding the temperature distribution on a scale compatible with that of urban space. In the city, pedestrians experience different microclimate conditions over short distances, subject to variations in both environmental comfort and discomfort, particularly the thermal discomfort. The warm up of the urban environment reveals itself, then, as an opportunity for multidisciplinary studies that, in this work, is explored aiming to contextualize the teaching of architecture, urbanism and physics with the theme of the urban climate. Through research, ongoing since 2019, a prototype micrometeorological backpack for field measurements based on the Arduino platform was developed at Sustainable Laboratory of Urbanism and Architecture - LaSUS. A prototype was designed, tested and, when completed, it was called Bioclimatic Backpack. The results reinforce the value of integrating the different areas of knowledge for the design, construction, testing and validation of the prototype aiming at a low-cost replicable alternative for the study of the thermal environment in the city.

Key-Words: Urban microclimate; Arduino; open hardware; walking; public space.

Resumen

El monitoreo de la temperatura del aire, entre otras variables del microclima, es esencial para comprender la distribución de la temperatura en una escala compatible con la del espacio urbano. En la ciudad, los peatones experimentan condiciones variables de microclima en distancias cortas, sujetas a las variaciones del confort ambiental o la falta de este y particularmente, al confort térmico. En tal caso, el calentamiento del entorno urbano se revela como una oportunidad para estudios multidisciplinares. Así, este trabajo tiene como objetivo contextualizar la enseñanza de la arquitectura, el urbanismo y la física en el ámbito del clima urbano. Dentro de una investigación iniciada en 2019 se diseñó y probó, en el Laboratorio de Sostenibilidad Aplicada a la Arquitectura y Urbanismo – LaSUS, un bolso mini-meteorológico basado en la plataforma Arduino para medir en campo las variables de microclima. Este prototipo fue llamado Bolso Bioclimático. Os resultados obtenidos hasta el momento demuestran la importancia de integrar diferentes áreas del conocimiento a fin de mejorar el prototipo planteado y presentar una alternativa de bajo costo que pueda ser aplicado para el estudio del entorno térmico en la ciudad.

Palabras clave: microclima urbano; hardware abierto – Arduino; caminando; espacio público.

1. Introdução

Mudanças climáticas globais estão ocorrendo e as iniciativas de mitigação dos efeitos nocivos à saúde humana decorrentes destas mudanças se apresentam de forma discreta e não acompanham a urgência da crise ambiental. O Brasil assumiu compromissos voluntários para a redução de emissões dos gases do efeito estufa, mas medidas de adaptação, especialmente para as áreas urbanas, ficaram desassistidas. Mudanças no clima do DF e na Região Integrada de desenvolvimento do DF e Entorno - RIDE vêm sendo detectadas nos últimos 60 anos, confirmando as sinalizações das projeções climáticas, tanto estatísticas quanto dinâmicas. O lugar de Brasília foi escolhido desde o final do século XIX principalmente por suas condições climáticas (ROMERO, 2011), e as características bioclimáticas do Plano Piloto desenvolvido pelo urbanista Lucio Costa possuem uma vastidão de lições para o planejamento urbano resiliente ao calor extremo. Porém o crescimento desordenado tem alterado sensivelmente o clima do DF (SEMA-DF, 2016).

O desenvolvimento urbano produz diversos impactos relacionados ao clima urbano. Essa constante transformação urbana implica em emissões de poluentes e calor, redução da cobertura natural do solo e modificações nos padrões de uso e ocupação do solo. Soma-se a isso as características térmicas e óticas dos materiais urbanos e alterações dos parâmetros de ventilação contribuindo para alterações no clima local. Um dos efeitos mais destacado é a ilha de calor urbana (ICU), caracterizada por áreas urbanas mais quentes que a vizinhança menos urbanizada ou rural, podendo ser observada na superfície e na atmosfera urbana (OKE, 1987; LOMBARDO, 1985; GARTLAND, 2010, ROMERO *et al.*, 2019). Nesse contexto, as escalas de análise são fundamentais para o entendimento da ICU integrando desde a qualidade ambiental do cidadão até os impactos da ICU no clima regional.

A maioria das análises sobre o aquecimento urbano utilizam medições de temperatura do ar em locais fixos a partir de estações mantidas por universidades e órgãos do governo local, regional ou federal como o Instituto Nacional de Meteorologia no Brasil (INMET). Embora a qualidade desses dados seja alta, a sua capacidade de refletir a variabilidade da temperatura experimentada pela população urbana é ineficaz devido à inexistência de uma rede de monitoramento e também porque registram variáveis meteorológicas em escala local (Oke, 1987; OMM, 2008). Além disso, essas estações meteorológicas geralmente estão localizadas em áreas abertas para excluir a interferência do ambiente construído e seus respectivos efeitos urbanos (WMO, 2008), portanto elas não refletem a microescala, ou seja, a escala do pedestre que é onde se desenvolvem grande parte das atividades humanas.

Os espaços públicos são importantes na promoção da qualidade de vida nas cidades, mas a experiência térmica em um ambiente urbano é uma questão complexa para o pedestre. Os estímulos ambientais (ou seja, som, luz, vento etc.) são fatores que afetam as sensações térmicas e as avaliações de conforto das pessoas, lembrando que essas avaliações também são dinâmicas e subjetivas (ROMERO, 2015).

Para superar as limitações das medições locais fixas, alguns estudos visaram coletar e interpretar a variabilidade nas temperaturas do ar urbano usando o monitoramento móvel por veículo (ROMERO *et al.*, 2019). Outros se concentraram em técnicas de sensoriamento remoto para investigar as correlações entre a temperatura de superfície com materiais, parâmetros como fator de visão do céu e vegetação (FERREIRA E DUARTE, 2018; VIANNA, 2018). Mas, para estudos da temperatura do ar na cidade, as metodologias e instrumentação direcionadas para essa finalidade ainda são incipientes.

Dessa forma, observou-se que monitorar variáveis do microclima urbano é uma oportunidade para estudos multidisciplinares que, neste trabalho, é explorado visando contextualizar o ensino de arquitetura, urbanismo e de física com a temática do clima urbano. Por meio de uma ação de iniciação



científica¹ na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, em andamento desde 2019, o projeto coordenado pela Profa. Titular Marta Romero foi desenvolvido no LaSus/UnB2 em parceria com o Instituto de Física/UnB, sob a orientação da Prof. Erondina Azevedo. O objetivo é a criação de um protótipo de mochila micrometeorológica para medições em campo por meio de transectos a pé, denominada “Mochila Bioclimática”.

Essa modalidade de campanha de medição foi reportada em estudos de conforto térmico. Lau *et al.* (2017) realizaram um estudo sobre a natureza dinâmica do conforto térmico dos pedestres em rotas por áreas comerciais de Hong Kong investigando a contribuição da geometria urbana com sensores abrigados em uma mochila. Tsin *et al.* (2016) também utilizou a mesma técnica para a exposição do pedestre ao aquecimento urbano de Vancouver, Canadá. Em ambos estudos os equipamentos foram montados com sensores de fabricantes especializados em laboratórios universitários sem apresentar os custos para sua elaboração.

A pesquisa desenvolvida para a Mochila Bioclimática baseia-se no desenvolvimento de um protótipo fundamentado na funcionalidade e fácil acesso, que foi viabilizada com a utilização da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino. O Arduino é um projeto composto por hardware e software criado em 2005 na Itália pelos pesquisadores do *Interaction Design Institute* (IDII) com o objetivo de desenvolver equipamentos de baixo custo e fáceis de programar, viabilizando estudos em variadas áreas do conhecimento. Com a adoção do conceito de hardware livre, a proposta abre possibilidades de personalizar os dispositivos conforme conveniência.

2. Métodos

Para obter informações sobre as condições micrometeorológicas que os pedestres estão expostos quando se deslocam no ambiente urbano, foi desenvolvido um instrumento de medições para transectos a pé. Os detalhes das configurações instrumentais e do transecto móvel a pé são fornecidos nas seções a seguir.

2.1. Desenvolvimento da plataforma Arduino para a mochila bioclimática

2.1.1. Introdução

O conceito do sistema parte do princípio da facilidade do uso, montagem e replicabilidade. As informações devem ser obtidas prontamente e o acesso ao circuito deve ser fácil para uma possível substituição de sensores ou para futuras adaptações. Também foi um requisito que o sistema indicasse visualmente para o usuário o seu funcionamento.

Para atender os requisitos deste projeto, foram utilizados os sensores específicos e o Arduino Uno (Figura 1), sendo essa uma versão didática do Arduino com conectividade USB. Para facilitar a visualização das informações, foi colocado um painel LCD 16x2 cm. Para coleta de temperatura e umidade, contamos com o DHT11, a qual possui dois segmentos, um que mede a umidade e o outro que mede a temperatura (NTC), ligados a um controlador de 8-bits.

Na mesma linha de raciocínio temos o BMP180, para leituras de pressão. O interessante deste componente é que ele também pode medir temperatura, mas o objetivo principal é fazer leituras de pressão, e com base nisso, ele obtém valores de altitude.

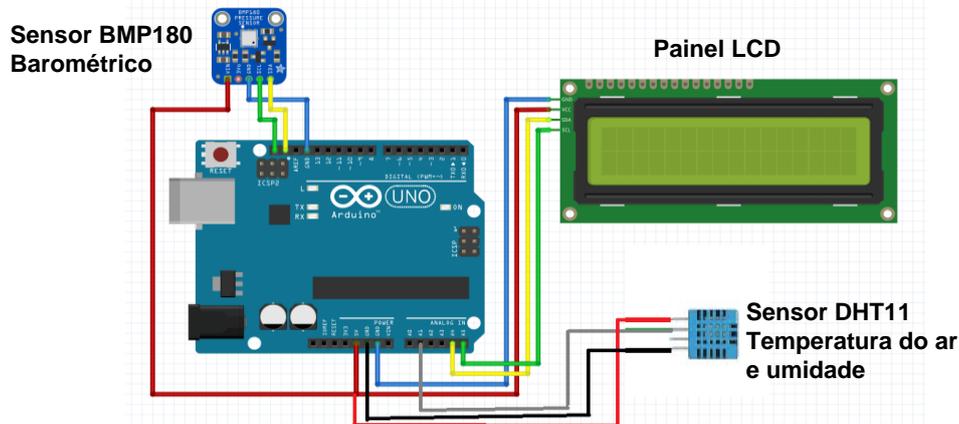
A interação sistema-usuário acontece por meio de um botão que inicia o sistema para registro de dados micrometeorológicos e pressionando o botão novamente o sistema para sua execução. Como a

¹ Projeto de pesquisa: Mudanças climáticas e ilhas de calor urbana: ênfase na configuração urbana e na avaliação da sustentabilidade e desempenho ambiental. Os alunos participantes são: João Vitor Lopes Lima Farias, Roberta Borges dos Santos, Matheus Lima Ribeiro, Larissa Gameiro Rega da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Tobias Teles do Instituto de Física.

² O LaSus é o Laboratório de Sustentabilidade aplicada à Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, coordenado pela Prof. Titular Marta Adriana Bustos Romero.

mochila bioclimática para coleta de dados por períodos de até 24 horas, o sistema de alimentação é constituído por uma bateria selada de 12 volts e capacidade de 2,3 ampère-hora.

Figura 1: Esquema de montagem da placa utilizada no sistema da mochila bioclimática.



2.1.2. Desenvolvimento do programa para o sistema

O programa foi desenvolvido para funcionar nos dois estados de operação do sistema controlados pelo botão liga/desliga. No estado de execução (ligado) o sistema apenas faz coleta de dados. No estado desligado, o sistema está em pausa permitindo modificações como substituição dos sensores.

A programação é baseada na linguagem de programação C++, do tipo alto nível orientada a objetos (POO – programação orientada a objetos) que trabalha com conjunto de variáveis e rotinas. Sendo uma linguagem de alto nível, é necessário uma conversão para linguagem de máquina por meio de um compilador. No caso do Arduino, é utilizado o Arduino IDE, cuja sigla significa ambiente de desenvolvimento integrado, ou seja, o Arduino possui um compilador integrado onde se escreve o texto contendo o programa, chamado código fonte, e, posteriormente basta compila-lo.

Outra funcionalidade da POO é a reutilização de códigos que reduzem o tempo de desenvolvimento, e aumentam a confiabilidade do software, uma vez que os códigos reutilizados já foram amplamente testados. Neste projeto, foram utilizadas rotinas das bibliotecas de programas do Arduino que facilitaram a comunicação com os sensores (ex.: Wire.h, LiquidCrystal_I2C.h, Adafruit_BMP085.h e DHT.h).

2.2. Integração da plataforma Arduino com seu abrigo: a mochila bioclimática

Como o projeto foi pensado para medições em espaços urbanos abertos, no nível do pedestre, a plataforma desenvolvida precisaria de um abrigo para evitar sua exposição direta à radiação solar e que possibilitasse o seu transporte e utilização para as medições. Foi então criado o conceito da mochila para o transecto a pé.

Uma vez que esta placa está dentro da mochila, é importante que os elementos estejam posicionados de forma a tornar a utilização do sistema prática. O conceito é que todos os módulos que são manipulados pelo usuário estejam posicionados de forma a facilitar seu acesso. Vejamos a evolução dos desenhos para essa finalidade nos tópicos a seguir.

2.2.1. Modelo 1

O primeiro modelo de mochila foi construído a partir da utilização de materiais acessíveis e prontamente distribuídos no mercado. Foi reaproveitado um quadro de distribuição do tipo VDI (voz, dados e imagem) com alças de mochila adaptadas (Figura 2). O modelo foi testado e observou-se que seria necessário um aprimoramento para possibilitar ventilação passiva no interior do quadro para evitar superaquecimento da placa.

Figura 2: Modelo construído com quadro de distribuição.



2.2.2. Modelo 2

O modelo 2 veio para incorporar a ventilação passiva destacada no tópico anterior. A estrutura do segundo modelo é facilmente entendida como uma justaposição de chapas de mdf (*Medium-Density Fiberboard*) que criam um abrigo ao software e aos sensores.

Seu desenho foi idealizado considerando as questões funcionais e estéticas. No que se refere às questões funcionais, cita-se a necessidade da permeabilidade do vento e também a facilidade de manuseio do equipamento. No que tange a estética, a preocupação se ateu ao desenho objetivando ser casual e de formato simples considerando a praticidade de utilização e o resguardo do pesquisador (Figura 3 e Figura 4).

Figura 3: Modelo 2 montado.

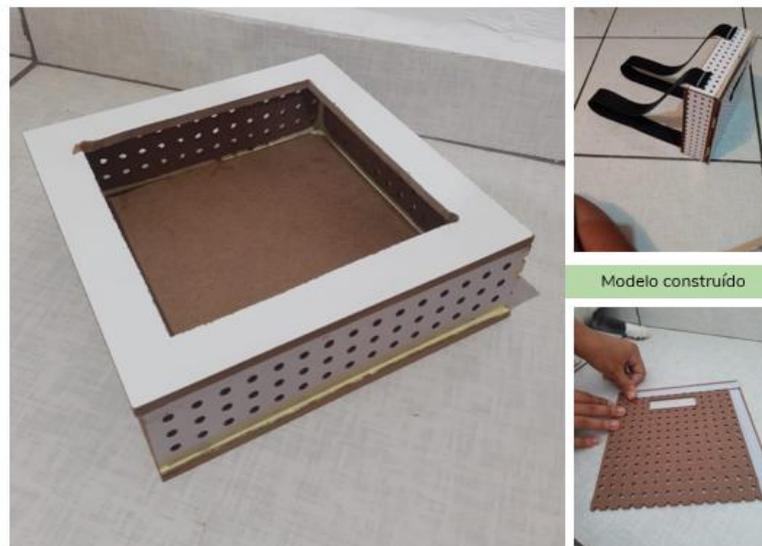
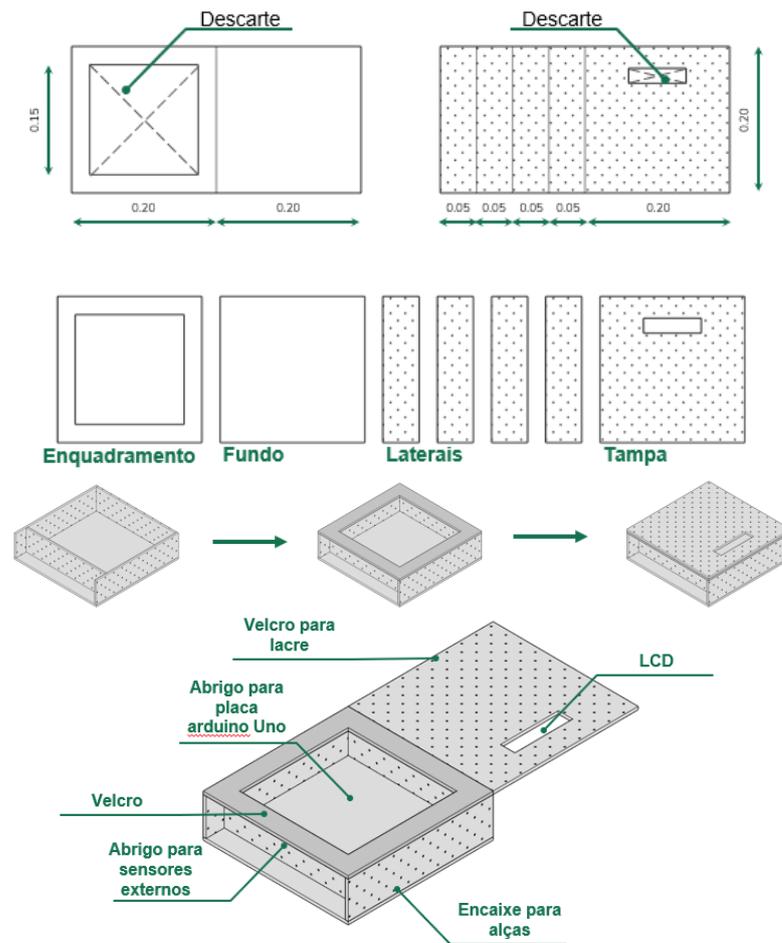


Figura 4: Esquema de corte e montagem do modelo 2 da Mochila Bioclimática.



2.3. Teste com transecto móvel para monitoramento de variáveis microclimáticas

Os transectos móveis são geralmente utilizados de forma suplementar à estação fixa para levantamento das variáveis climáticas. Trata-se da utilização de veículos ou por meio de caminhada para realizar a medição dos dados podendo abranger diversos pontos da cidade em um percurso, mostrando as diferenças entre as variáveis medidas. Tendo em vista a diversidade e heterogeneidade das cidades e, simultaneamente uma diversidade de microclimas, esse tipo de levantamento gera avanços em climatologia urbana em termos qualitativos e quantitativos sobre a distribuição das variáveis medidas em microescala, o que permite uma resolução espacial mais alta.

Para o teste da Mochila Bioclimática, foi realizado um transecto a pé em Brasília. A cidade está localizada na região Centro-Oeste do Brasil, entre os paralelos 15°30' e 16°03' e os meridianos 47°18' e 48°17' (oeste de Greenwich) e aproximadamente 1.070 metros acima do nível do mar. Apresenta o clima Tropical Brasil Central (IBGE, 2017) e Aw na classificação climática de Köppen-Geiger com duas estações com características distintas: estação quente e úmida de outubro até abril e estação quente e seca de maio até setembro.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2017), a temperatura média máxima ocorre em setembro com 28.30°C e a temperatura média mínima em julho com 12.90°C, observando-se importante amplitude térmica diária acentuada pela continentalidade. A precipitação média é mais baixa em junho, cerca de 7 mm. A maior média ocorre em janeiro com 247.40 mm. A umidade relativa do ar diminui com o término do período chuvoso, atingindo níveis abaixo de 30%. Foi incorporado neste estudo o mês de fevereiro para a aplicação dos métodos de transecto móvel como

representativo do período quente e úmido, com condições de céu claro que favorecerem altas temperaturas. Os testes acontecerem no dia 05 de fevereiro de 2020.

Foi selecionada uma rota de caminhada com um percurso aproximado de 1,2 km, percorrido em aproximadamente 12 minutos na Universidade de Brasília envolvendo o Instituto Central de Ciências, Restaurante Universitário, Reitoria e Biblioteca Central. A seleção de rotas foi baseada em fatores que poderiam aumentar a vulnerabilidade individual para ao estresse térmico e que fosse frequentada pelos estudantes cotidianamente acessíveis apenas à pedestres e bicicletas devido ao desenho do campus (Figura 5). A velocidade de caminhada é lenta em torno de 3,0 km/h, característica para atividades de pedestres em um centro urbano (FANGER, 1973) e os períodos de medição foram: 09:00h, 12:00 h, 15:00 h e 18:00 h.

Figura 5: Alunos de iniciação científica participando do transecto no campus universitário.



3. Resultados esperados e discussões

A obtenção de dados climáticos compatíveis com a escala do pedestre e da cidade mostra-se necessária e a utilização de novas tecnologias a fim de maximizar a eficiência na coleta e reduzir os custos de aquisição são fundamentais para a pesquisa e o planejamento urbano. Nesse sentido, deve-se ressaltar a questão dos custos envolvidos na montagem do modelo proposto, o qual possui uma diferença significativa em relação aos equipamentos mercado e também pela originalidade de sua montagem que foi direcionada para a problemática do aquecimento urbano. Um produto como esse não existe à venda, seja para fins didáticos ou comerciais. Diante disso, as principais contribuições desse trabalho estão associadas ao desenvolvimento da instrumentação meteorológica como alternativa aos métodos convencionais de medição e ao avanço na capacidade do trabalho multidisciplinar. Os custos são apresentados na Tabela 1.

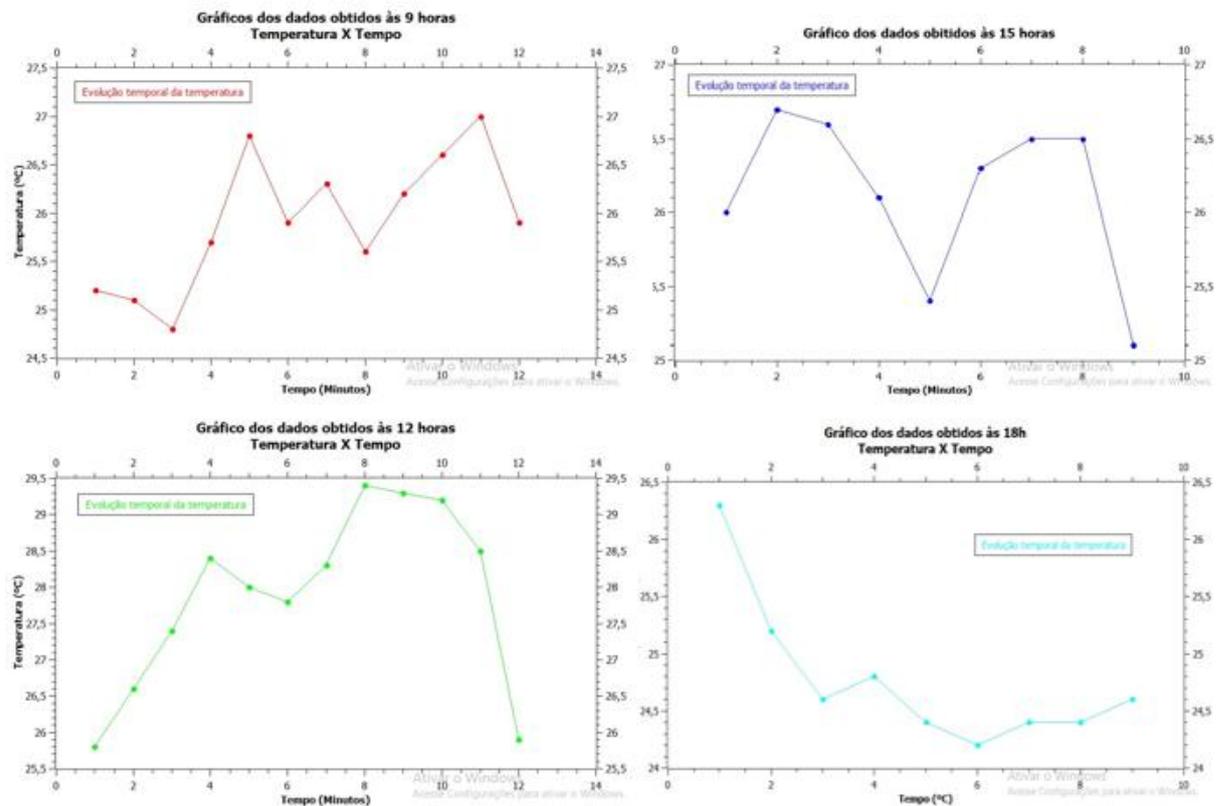
Tabela 1: Custos unitários do protótipo.

| Materiais | Custo Un. R\$ | Qtde. | Total R\$ |
|---|------------------|-------|--------------|
| <i>Sensor de temperatura e umidade</i> | 20,00 | 1 | 20,00 |
| <i>Sensor de pressão atmosférica</i> | 25,00 | 1 | 25,00 |
| <i>Arduino Uno – placa</i> | 95,00 | 1 | 95,00 |
| <i>Tela LCD 16x2 cm + módulo serial</i> | 35,00 | 1 | 35,00 |
| <i>Protoboard 170 pontos</i> | 15,00 | 1 | 15,00 |
| <i>Bateria</i> | 20,00 | 1 | 20,00 |
| <i>Placa MDF e acessórios</i> | 30,00 | 1 | 30,00 |
| <i>Par de alças</i> | 20,00 | 1 | 20,00 |

Total investido**260,00**

Com a finalidade de ser utilizada no espaço público, a Mochila Bioclimática foi testada dentro do ambiente universitário para avaliação do desempenho dos sensores e do abrigo, bem como esforços mecânicos durante o percurso. A Figura 6 apresenta os gráficos de temperatura gerados a partir deste método experimental. Os dados foram registrados e plotados no gráfico a cada minuto. O percurso é heterogêneo, começando e finalizando em uma área de transição entre ambiente interno e externo. Aqui está um resultado de um teste de funcionamento, sendo necessário posteriormente uma integração com a análise arquitetônica e urbanística de cada ponto e marcação de suas coordenadas com auxílio de um sistema de posicionamento global (GPS).

Figura 6: Gráfico de temperatura gerado a partir dos registros do teste de campo.



4. Conclusões e trabalhos futuros

Este trabalho explorou a prática contextualizada do ensino e pesquisa multidisciplinar sobre clima urbano envolvendo as áreas de arquitetura, urbanismo e física. Os protótipos de mochilas micrometeorológicas aqui batizadas Mochilas Bioclimáticas foram desenvolvidos com foco na investigação de microclimas urbanos, ou seja, na escala do pedestre e onde se desenvolvem grande parte das atividades humanas. A primeira fase do projeto abarcou o planejamento, projeto, montagem e testes do protótipo que foi aprovado para a segunda fase de calibração para então ser utilizado na produção de pesquisa científica. Durante o processo de aprimoramento do protótipo, outros objetivos foram alcançados como a compreensão do funcionamento da plataforma *open hardware*, a produção com baixo custo face aos valores de equipamentos de mercado e a redução do consumo de energia do sistema.

Sendo assim, a montagem das Mochilas Bioclimáticas mostrou-se viável para a realização de pesquisas de coleta de dados micrometeorológicos, contudo, para a próxima etapa, aponta-se a importância para testes que comprovem a precisão dos registros por meio de testes de validação para posteriormente ser empregada em estudos de microclimas urbanos. Todo o trabalho foi realizado



dentro de um projeto de iniciação científica que, contribuiu para a interação entre os cursos e mostra-se promissor na articulação dos conhecimentos de exatas e humanidades.

6. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ – Projeto Universal nº 428670/2018-0), à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF – nº 00193.0000204/2019-11) pelo fomento ao desenvolvimento da pesquisa e ao Edital DPI 04/2019.

7. Referências

- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível online em: www.ibge.gov.br.
- Brasil. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível online em: www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos.
- FANGER, P.O. Assessment of man's thermal comfort in practice. **British Journal of Industrial Medicine**. V.30, p.313-324, 1973.
- FERREIRA, L. e DUARTE, D. Exploring the potential of WUDAPT local climate zones maps to detect vegetation loss. In: *Passive and Low Energy Architecture, Hong Kong, 2018. Proceedings*. Hong Kong: p. 953 -954, 2018.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo, Oficina de Textos, 2010.
- LAU, K.; SHI, Y. e NG, E. Dynamic response of pedestrian thermal comfort under outdoor transient conditions. In: *URBANECQ 2017 International Conference on Urban Comfort and Environmental Quality*. 28-29 Setembro de 2017, p. 69-75, Genova, Itália, 2017.
- LOMBARDO, Magda A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Editora Hucitec, 1985. 244p.
- OKE. T. R. **Boundary layer climates**. 2 ed. London: Methuen, 1987.
- ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. de M.; LIMA, E. A. de; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALES, G. de L. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. 1. ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2019. v. 1. 151p. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/34661>
- _____. M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. 4ª reimpressão. Brasília: Editora Unb, 2015. 226p.
- ROMERO, Marta Bustos: *Arquitetura do Lugar. Uma visão Bioclimática da Sustentabilidade em Brasília*. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011.
- SEMA-DF. **Mudanças Climáticas no DF e RIDE**. Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Distrito Federal. [S.l.], p. 173. 2016.
- TSIN, P.K.; KNUDBY, A.; KRAYENHOFF, E.; HO, H.C.; BRAUER, M. e HENDERSON, S. Microscale mobile monitoring of urban air temperature. **Urban Climate**. V.18, p.58-72, 2016.
- VIANNA, E. O. **O campo térmico urbano: ilhas de calor em Brasília – DF**. Tese de Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2018.
- WMO. World Meteorological Organization. *Guide to meteorological instruments and methods of observation*, 2008. Disponível online em: <https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/OLD-pages/CIMO-Guide-7th-Edition-2008.html>