CONSTRUÇÃO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO PARA MEDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS PARA TRANSECTO A PÉ

Erondina Azevedo (1); Mariana Vieira (2); Tobias Teles (3); Daniela Werneck (4); Marta Romero (5)

(1) Física, Doutora, Professora do Departamento de Física, erondinaazevedo@gmail.com, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília – DF.

(2) Cientista da Computação, m.espindolavieira@gmail.com, Universidade de Brasília, PPG/FAU/UnB - Campus Darcy Ribeiro, Brasília – DF.

(3) Graduando em Física, tobias.teles@gmail.com, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília – DF.

(4) Arquiteta Urbanista, Mestre, daniela.werneck@gmail.com, Universidade de Brasília, PPG/FAU/UnB - Campus Darcy Ribeiro, Brasília – DF.

(5) Arquiteta Urbanista, Doutora, Professora titular da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, romero@unb.br , Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Brasília – DF.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é descrever as fases de criação e de implementações adicionais de sensores do protótipo da mochila micrometeorológica para medições em campo por meio de transectos a pé. Por meio de uma pesquisa multidisciplinar em andamento desde 2019, foi desenvolvido no Laboratório de Sustentabilidade aplicada na Arquitetura e no Urbanismo – LaSUS e no Laboratório de Ciência dos Materiais um protótipo de mochila micrometeorológica baseada na plataforma Arduino com o objetivo de realizar medições em campo. Um protótipo foi projetado, testado e, quando finalizado, foi denominado Mochila Bioclimática. Em uma segunda fase, dando continuidade ao uso de tecnologias de *open hardware* e *open software*, novos sensores foram adicionados e buscou-se uma alternativa para armazenamento dos dados. Os resultados reforçam o valor da integração da tecnologia no repertório de conhecimentos visando o trabalho colaborativo com outras disciplinas para o estudo do campo térmico na cidade.

Palavras-chave: microclima urbano, Arduino, campo térmico.

ABSTRACT

This paper aims to describe the steps of the creation of a prototype of a micrometeorological backpack for a traverse and the subsequent addition of sensors. Through multidisciplinary research in progress since 2019, a prototype of a micrometeorological backpack based on the Arduino platform was developed at the Sustainability Laboratory applied in Architecture and Urbanism - LaSUS and Physics Teaching Laboratory – LADEF to carry out measurements in the field. A prototype was designed, tested and, when finalized, it was called Bioclimatic Backpack. In a second phase, new sensors were added and an alternative was sought for data storage. The results reinforce the value of integrating technology in the repertoire of knowledge aiming at collaborative work with open hardware and open software for the study of the thermal field in the city.

Keywords: urban microclimate, Arduino, thermal field.

1. INTRODUÇÃO

O registro de variáveis microclimáticas é fundamental para o estudo do clima na escala compatível com a dos pedestres, uma vez que esses experimentam variações de temperatura do ar, entre outras variáveis, a curtas distâncias, sujeitos tanto ao conforto quanto ao desconforto ambiental, em particular o térmico. Frequentemente, os dados microclimáticos são escassos, seja pelo alto custo dos equipamentos e pela necessidade de quantidade elevada de pontos de avaliação. Essa temática tem sido importante na discussão de estratégias para mitigar o aquecimento urbano ao nível do pedestre em cidades de clima tropical. Assim, a busca por formas alternativas de registro do microclima aponta para a necessidade de otimização dos custos das estações meteorológicas fixas e móveis. Soma-se a isso a verificação da precisão e capacidade de armazenamento dos dados.

As estações devem medir as variáveis como temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento para, por exemplo, avaliar índices de conforto térmico humano. Métodos com uso de estações móveis ou fixas variam de acordo com os objetivos das pesquisas. Lau et al. (2017) realizaram um estudo sobre o conforto térmico dos pedestres em áreas comerciais de Hong Kong com sensores abrigados em uma mochila para o transecto a pé. Tsin et al. (2016) também utilizaram o transecto a pé para avaliar a exposição do pedestre ao aquecimento urbano de Vancouver. Nesses estudos os sensores são provenientes de fabricantes especializados e adaptados em suportes customizados.

Nos trabalhos de Vieira (2018) e Müller (2019) foram utilizados estudos de tecnologia da computação para desenvolver protótipos de confortímetro, para medição do microclima em áreas internas de edifícios baseados na arquitetura bioclimática. Foram utilizados sensores de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e pressão atmosférica para a avaliação dados microclimáticos destinados às pesquisas em Arquitetura e Urbanismo.

Dessa forma, observou-se uma oportunidade para estudos multidisciplinares que, neste trabalho, é explorado visando contextualizar o ensino de arquitetura, urbanismo e da física ambiental 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 obteve a parceria do Instituto de Física/UnB com o propósito de contribuir com os trabalhos sobre os microclimas urbanos com o uso de inovações tecnológicas. Foi então criado um protótipo de mochila micrometeorológica para medições em campo por meio de transectos a pé, denominada de “Mochila Bioclimática”.

A pesquisa desenvolvida para a Mochila Bioclimática baseou-se no desenvolvimento de um protótipo fundamentado na funcionalidade, redução de custos e fácil acesso, que foi viabilizada com a utilização da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino (ROMERO et al., 2020). O Arduino é um projeto composto por hardware e software criado em 2005 na Itália pelos pesquisadores do *Interaction Design InstituteIvrea* (IDII) com o objetivo de desenvolver equipamentos de baixo custo e fáceis de programar, viabilizando projetos em variadas áreas do conhecimento. Com a adoção do conceito de *hardware* e *software* livre, a proposta abre possibilidades de personalizar os dispositivos conforme conveniência.

Foram implementados sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, altitude e pressão atmosférica (ROMERO et al., 2020). Na sequência do desenvolvimento do primeiro protótipo, uma segunda fase acrescentou com implementações de novos sensores: ruído, dióxido de carbono e temperatura de globo. Observando as dificuldades anteriores, buscou-se também soluções para o armazenamento de dados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é descrever as fases de criação e de implementações adicionais de sensores do protótipo da mochila micrometeorológica para medições em campo por meio de transectos a pé, dando continuidade ao uso de tecnologias de *open hardware* e *open software*.

3. MÉTODO

O estudo é de caráter exploratório e encontra-se dividido em duas fases. Os detalhes das configurações iniciais do protótipo e do teste do transecto a pé são descritos na fase 1. Na fase 2 são detalhados os sensores adicionados ao protótipo e uma proposta para armazenamento de dados.

[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, Marina Batista da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Tobias Teles do Instituto de Física.

3.1. Fase 1: o primeiro protótipo de mochila bioclimática

De acordo com Romero et al. (2020), o conceito do protótipo partiu do princípio da facilidade do uso, customização, montagem e replicabilidade. As informações devem ser obtidas prontamente e o acesso ao circuito eletrônico deve ser fácil para uma possível substituição de sensores danificados ou para futuras customizações. Outro requisito foi a indicação visual para o usuário do funcionamento do sistema e as leituras em tempo real.

3.1.1. Desenvolvimento da plataforma para medição de variáveis microclimáticas

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 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.

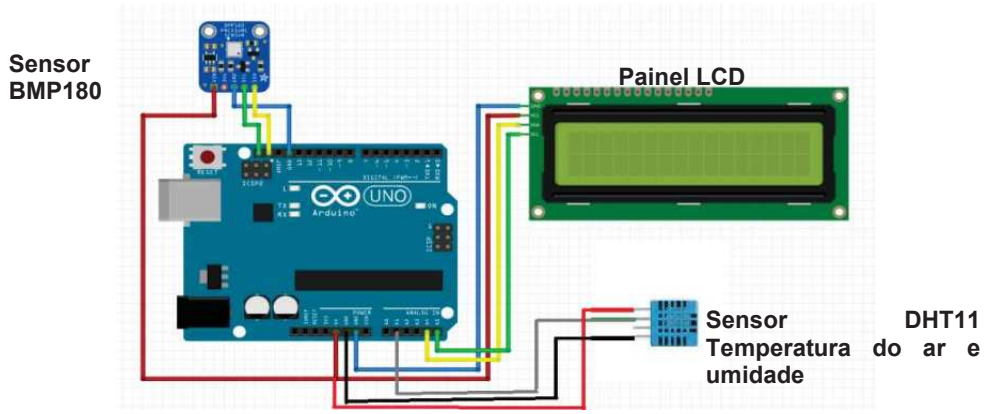

Figura 1 - Esquema de montagem da placa utilizada no sistema da mochila bioclimática.

3.1.2. 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. Foi utilizado o Arduino IDE, que é 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).

3.1.3. 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.

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 dos sensores.



Figura 2 – Primeiro protótipo construído com quadro de distribuição.

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 como a necessidade da permeabilidade para ventilação e também a facilidade de manuseio do equipamento. O desenho proposto é casual e de formato simples considerando a praticidade de utilização e com fundo em placa de MDF dupla para amenizar a transferência de calor entre a mochila e o pesquisador (Figura 3).

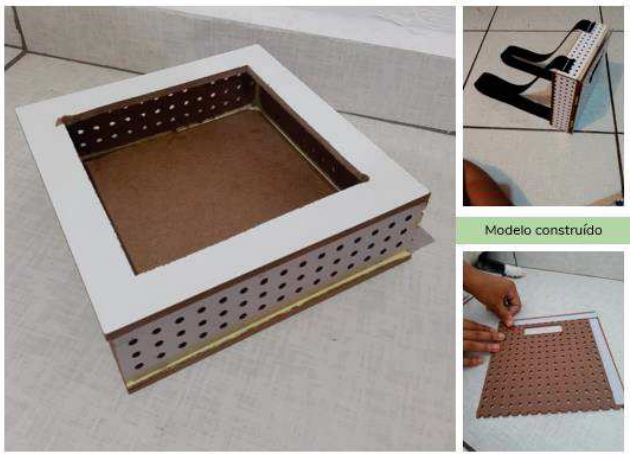

Figura 3 – Modelo de abrigo construído com MDF.

3.1.4. Planejamento do teste com transecto móvel

Os transectos móveis são geralmente utilizados de forma suplementar a 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 47º18’ e 48º17’ (oeste de Greenwich) e aproximadamente 1.070 metros acima do nível do mar. Apresenta o clima Tropical Brasil Central (IBGE, 2021) 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 (2021), 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 aconteceram no dia 05 de fevereiro de 2020.

Foi selecionada uma rota de caminhada com um percurso aproximado de 1,5 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 como ausência de sombreamento e que fosse frequentada pelos estudantes cotidianamente acessíveis apenas à pedestres e bicicletas devido ao desenho do campus (Figura 4). A velocidade de caminhada é lenta em torno de 2,0 km/h, tomando-se como base o valor de 3,0 km/h, característico para atividades de pedestres em um centro urbano (FANGER, 1973). Os períodos de medição foram: 09:00h, 12:00 h, 15:00 h e 18:00 h. O tempo de estabilização adotado para os sensores foi de 10 minutos.

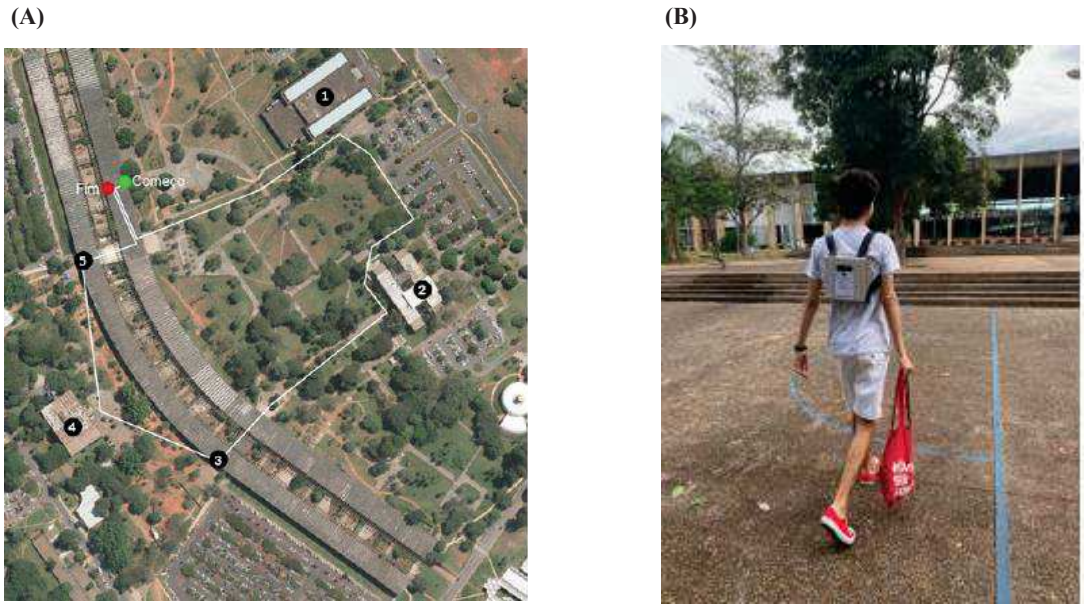

Figura 4 – Rota do transecto no Campus Universitário (A) e estudante realizando o teste (B).

3.2. Fase 2: Expansão de sensores e alternativa para armazenamento de dados

Este experimento utilizou quatro sensores inseridos na protoboard conectados no Arduino Mega, ligado ao computador via cabo USB, em que a IDE do Arduino armazenou no Monitor Serial os dados recebidos dos sensores. Os sensores selecionados foram o de dióxido de carbono no ar, temperatura do globo, ruído, umidade relativa do ar e temperatura do ar, a saber:

1. MQ135 - dióxido de carbono: este sensor capta substâncias tóxicas no ar, dentre elas o dióxido de carbono, em uma faixa de 10ppm até 200ppm;

2. DS18B20 - sensor de temperatura no globo: utilizado para a obtenção do índice de Temperatura Média Radiante (TMR), métrica importante para calcular índice de conforto térmico (Figura 5). Para isso se utilizou o sensor DS18B20 dentro de uma bola de Ping Pong pintada de tinta preta (THORSSON et al., 2007; VIEIRA, 2018);

3. KY-038 - sensor de intensidade sonora: sensor para captação de variações do som na sua proximidade.

4. DHT11 - umidade relativa do ar e temperatura do ar: mantendo a especificação do primeiro protótipo.

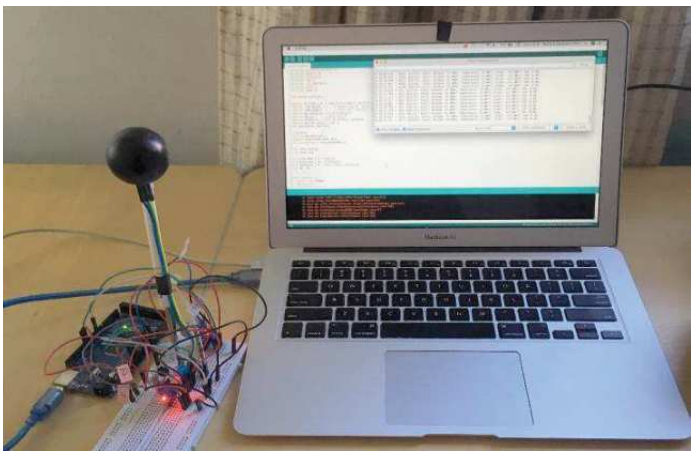

Figura 5 – Teste com o sensor de temperatura de globo (VIEIRA, 2020).

Para solucionar a dificuldade de armazenamento de dados apontada na fase anterior, buscou-se a utilização do módulo Wi-Fi NodeMCU para enviar os dados captados pelos sensores à nuvem[2] por meio da ferramenta Salesforce. Dessa forma, o acesso aos dados pode ocorrer por dispositivos que se conectam à rede de internet, como computadores, smartphones, tablets e módulos Wi-Fi para microcontroladores (SALESFORCE PAAS, 2020).

Para este estudo foi selecionada a nuvem da Salesforce que, apesar de ser uma plataforma comercial para serviços de vendas, também é um ambiente de desenvolvimento gratuito.

A criação desse ambiente de desenvolvimento é realizada no seu portal de estudo e ambiente de teste, chamado *Trailhead*[3]. Nesse ambiente foi possível criar a nuvem e iniciar os primeiros testes deste trabalho.

4. RESULTADOS

Os resultados são apresentados separados de acordo com as fases de desenvolvimento. Os custos do primeiro protótipo estão apresentados na Tabela 1 e os custos do segundo protótipo estão na Tabela 2. Os gráficos dos testes do transecto a pé dentro do Campus Universitário e os testes internos do segundo protótipo estão divididos nos itens a seguir.

Tabela 1 – Custos unitários do protótipo da fase 1 (Ref. Ano 2019)

Componente	**Especificação**	**Total R$**
Sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar	DTH11	20,00
Sensor de pressão atmosférica	BMP 180	25,00
Microcontrolador	Arduíno Uno	95,00
Display + módulo serial	LCD 16 x 2 cm	35,00
Protoboard	170 pontos	15,00
Bateria	12V/2,3 ampère-hora	20,00
Placa MDF e acessórios	-	50,00
	Total	260,00

Tabela 2 – Custos unitários do protótipo da fase 2 (Ref. Ano 2020)

Componente	**Especificação**	**Total R$**
Sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar	DTH11	20,00
Sensor de temperatura de globo	DSI8B20	15,00
Sensor percentual de CO_2	MQ135	35,00
Sensor de ruído	KY-038	11,00
Módulo Wi-Fi	Node MCU	39,00
Microcontrolador	Arduino Mega	100,00
	Total	220,00

4.1. Fase 1

[2] A computação em nuvem nos oferece espaço para o armazenamento e acesso de dados em arquivos por meio de sistemas em um servidor conectado à rede de internet com segurança de acesso.

[3] Disponível em: https://trailhead.salesforce.com/en/home. Acesso em: 23 jun. 2020.

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 de temperatura foram registrados e plotados no gráfico a cada minuto. Os resultados demonstram variações refletindo a heterogeneidade do ambiente urbano do percurso, começando e finalizando em uma área de transição entre ambiente interno e externo.

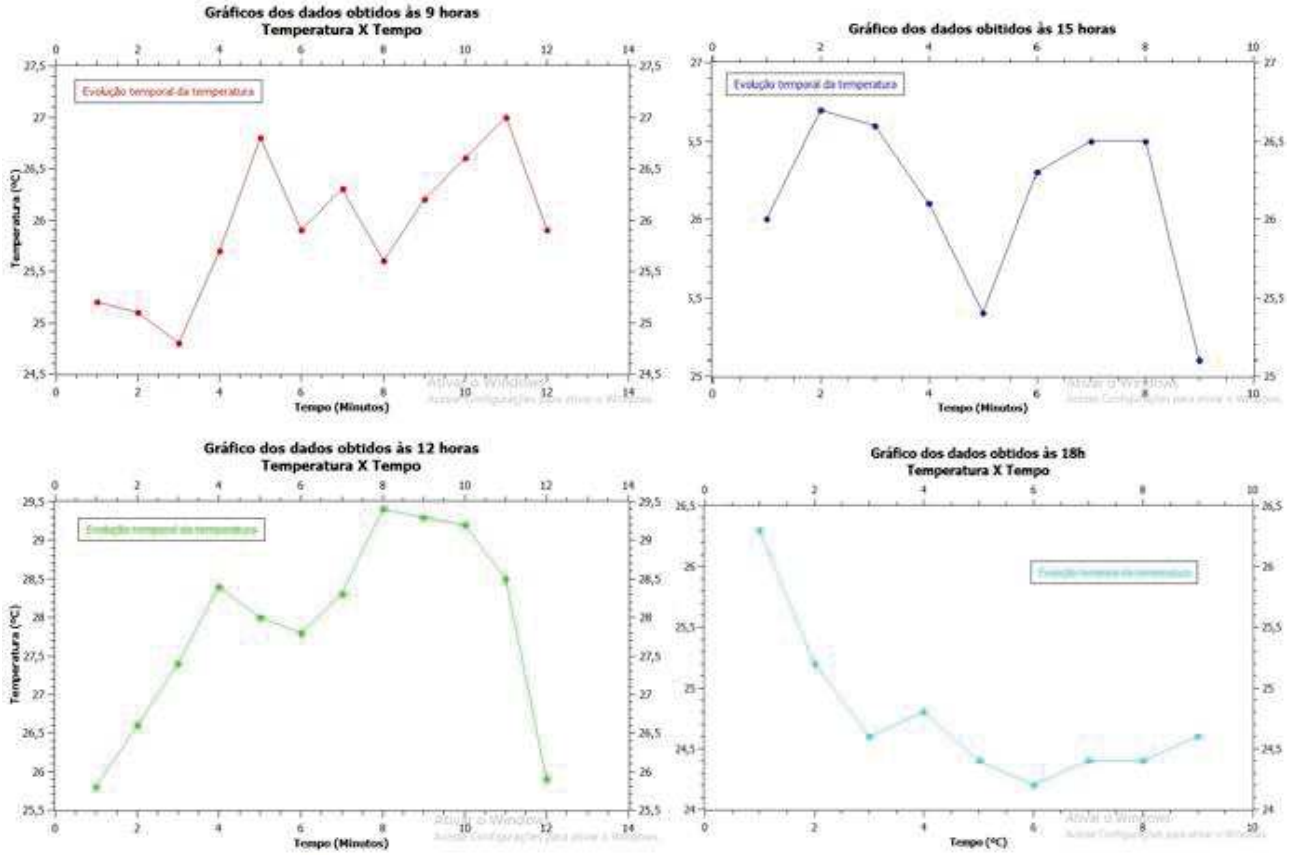

Figura 6 – Gráfico de temperatura gerado a partir dos registros do teste de campo.

4.2. Fase 2

O desenvolvimento e os testes desta fase foram realizados em um ambiente interno, residencial, na cidade de Campinas, no interior do Estado de São Paulo, durante o período do isolamento social, atendendo às recomendações sanitárias em função da pandemia de COVID-19. A coleta aconteceu na estação de inverno, na data de 6 de junho de 2020, no período das 17h17min59s até as 23h11min23s, quase completando 6 horas de leitura. Foram coletados 10.310 linhas de leituras dos sensores das 5 variáveis monitoradas, totalizando 51.550 registros.

Os dados coletados no experimento foram registrados no Monitor Serial da IDE do Arduino no computador. Como podemos observar na Figura 7, antes do início da coleta foi queimado um elemento inflamável para liberar uma quantidade de dióxido de carbono maior que o normal do ambiente. Assim, conseguimos ver aqui que os índices de CO_2 ppm estavam mais altos no início da coleta e foram caindo com o decorrer do tempo.

Na Figura 8 podemos observar que a umidade relativa do ar foi aumentando com o decorrer do tempo, efeito da chuva que teve início durante o experimento. Juntamente com a medição da umidade relativa do ar, o sensor DHT11 também efetuou a medição da temperatura do ar, mas, conforme demonstra a Figura 9. Notou-se que a temperatura do ar reduziu com o aumento da umidade relativa do ar.

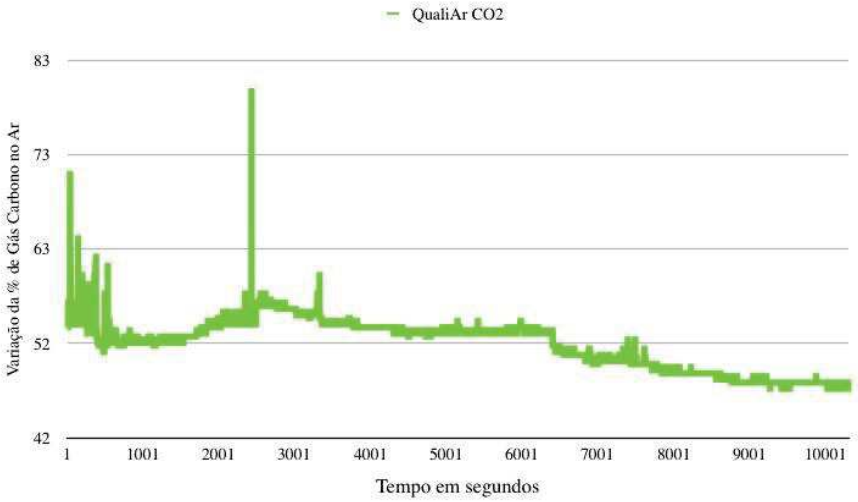

Figura 7 – Leitura do CO_2 coletados com o sensor MQ-135.

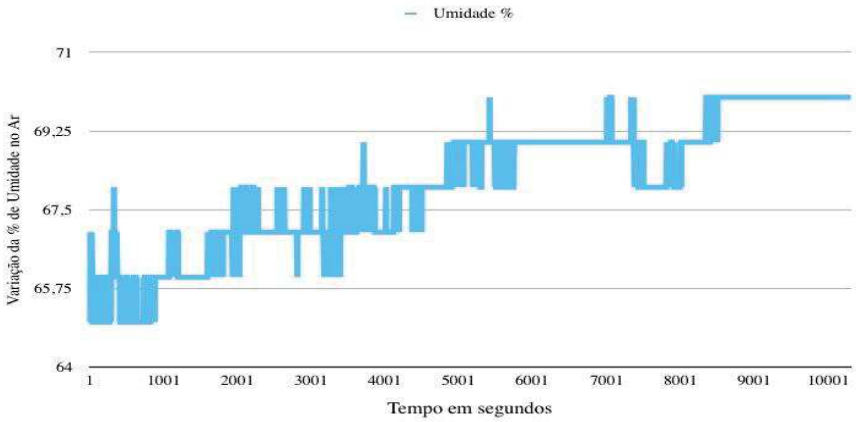

Figura 8 – Leitura da umidade relativa do ar com o sensor DHT11.

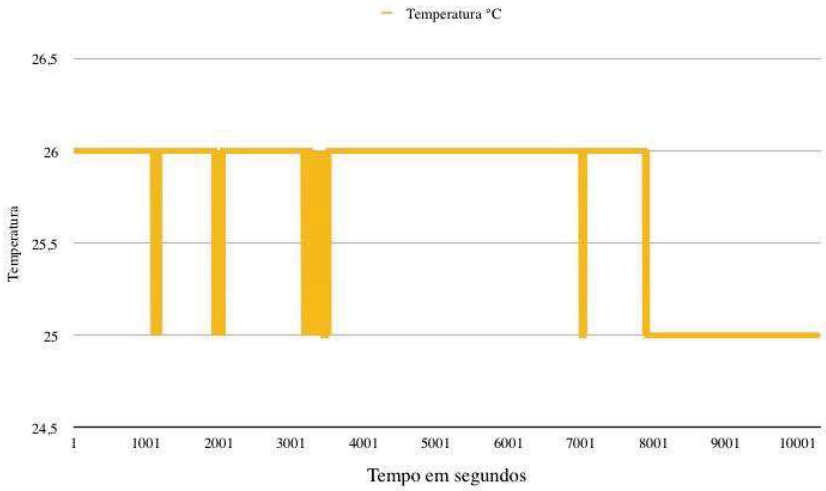

Figura 9 – Leitura da temperatura do ar com o sensor DHT11.

Na análise do sensor de temperatura de globo, Figura 10, observamos que a temperatura variou em torno dos 24 °C, apresentando três leituras discrepantes. Essas leituras foram apontadas como decorrentes do momento do acionamento do elemento inflamável para o teste com o sensor de CO_2.

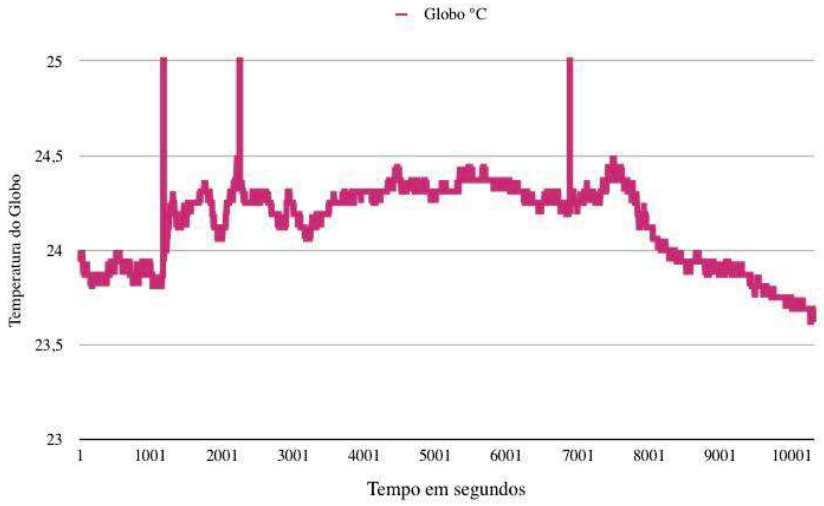

Figura 10 – Leitura da temperatura do globo negro.

Para efetuar a leitura dos sinais analógicos e digitais do sensor de som e convertê-los para a unidade de medida de decibéis, foi pesquisada uma fórmula logarítmica para essa transformação. Porém se notou uma pequena variação constante e não proporcional ao som do ambiente (Figura 11). O sensor KY-038 que foi utilizado com sucesso por Salles (2017), neste trabalho não apresentou um resultado satisfatório.

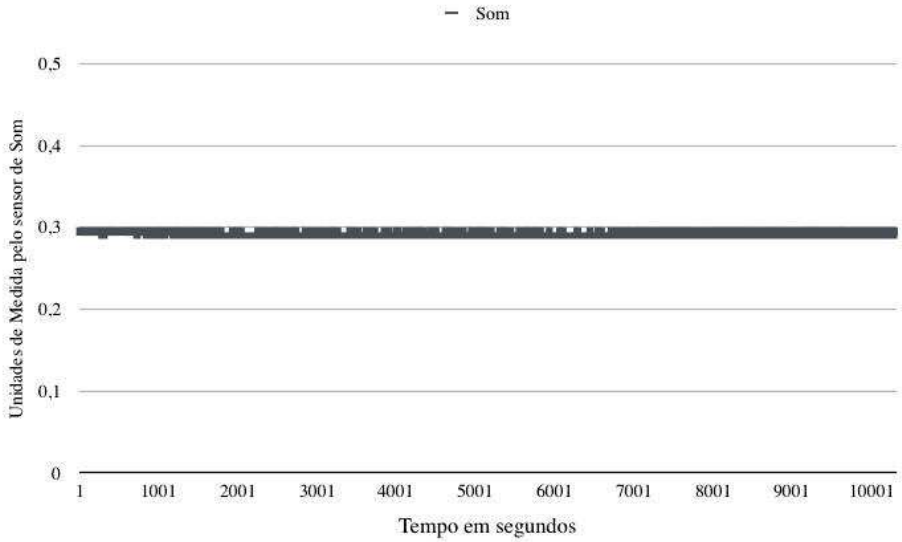

Figura 11 – Captação de ruído com o sensor KY-038.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho explorou a prática contextualizada do ensino e pesquisa multidisciplinar sobre clima urbano envolvendo as áreas de arquitetura, urbanismo e física ambiental. 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. Na fase 2 foram adicionados novos sensores e lançada uma alternativa para armazenamento de dados em nuvem. Porém não foi possível a conclusão da comunicação entre o Arduino Mega e o NodeMCU pois ainda está em fase de testes. O código foi desenvolvido e a implementação ocorrerá em nova tentativa. Também procuramos uma melhoria do abrigo dos sensores para promover melhor ventilação passiva.

Foi compreendido que o protótipo está liberado para calibração e validação dos resultados para, só posteriormente, ser empregado em estudos de microclimas urbanos. Durante o processo de aprimoramento

do protótipo, outros objetivos foram alcançados como a compreensão do funcionamento da plataforma *open hardware* e a produção com baixo custo face aos valores de equipamentos de mercado.

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. 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.

Percebemos que a revolução da Indústria 4.0, pautada em conceitos de automação e integração de tecnologias como internet das coisas, inteligência artificial, *big data*, computação em núvens e robótica, têm auxiliado os estudos para produção e aquisição de dados urbanos. Assim, podemos nos aproximar dessas tecnologias e sensibilizar os alunos para o surgimento de novas oportunidades para sua qualificação profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

LAU, K.; SHI, Y. e NG, E. Dynamic response of pedestrian thermal comfort under outdoor transient conditions. In: URBANCEQ 2017 International Conference on Urban Comfort and Environmental Quality. 28-29 Setembro de 2017, p. 69-75, Genova, Itália, 2017.

MÜLLER, C. G. **Confortímetro Lotus: Um Sistema Móvel de Baixo Consumo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Computação) – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2019, 57p.

ROMERO, M. A. B., AZEVEDO de LIMA, E., WERNECK, D., & PAZOS, V. Instrumentação para medições na escala microclimática: uma proposta de mochila bioclimática. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, [S. l.], n. 26, p. 96–105, 2020. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n26.2020.07. Disponível em: https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/29544. Acesso em: 31 mar. 2021.

SALLES, L. M. M. 2017. **Desenvolvimento de um dispositivo de medição de ruído com base no sistema OpenWrt**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 83p.

SALESFORCE. Salesforce PAAS. Disponível em: https://www.salesforce.com/ca/paas/. Acesso em: 23 de jun, 2020.

THORSSON, S.; LINDBERG, F.; ELIASSON, I.; HOLMER, B. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. **International Journal of Climatology**, v.27, n.14, p.1983–1993, 2007.

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.

VIEIRA, M. E. **Estudo e desenvolvimento do confortímetro lotus na plataforma arduino**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2018, 61p.

VIEIRA, M. E. **Estudo das Ferramentas Arduino e Salesforce para Coleta e Armazenamento de Dados para Monitoramento do Microclima**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Reabilitação Ambiental e Sustentável Arquitetônica e Urbanística) – Universidade de Brasília, 2020.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ – Projeto Universal nº 428670/2018-0) e 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.