

Sistema de monitoramento da qualidade do ar por meio de micro sensores aplicado ao conceito de cidade inteligente

RESUMO

Bruno Lo Frano Machado
bmachado!@alunos.utfpr.edu.br
Estudante do curso de Engenharia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

Admir Créso de Lima Targino
admirtargino@utfpr.edu.br
Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil.

OBJETIVO: Desenvolver um sistema de monitoramento de dados ambientais de baixo custo por meio de micro sensores. Calibrar sensores com equipamentos de referência e disponibilizar dados para a população em tempo real em uma plataforma *online*. **MÉTODOS:** O sistema de coleta de dados usou a plataforma Arduino® e comunicação via internet, com micro sensores de temperatura e umidade do ar, partículas atmosféricas (com diâmetro $>1 \mu\text{m}$) e monóxido de carbono. A calibração foi realizada em laboratório em um amplo espectro de condições ambientais e seguindo a *Environmental Protection Agency*. Após calibração, a plataforma foi instalada em campo, com dados disponibilizados em tempo real em uma página *web*. **RESULTADOS:** Os dados de temperatura e umidade do ar obtidos com os micro sensores foram intercomparados com sensores de referência por um período de dois meses e apresentam alto coeficiente de determinação ($R^2 = 1$ e $0,98$, respectivamente). O sensor de partículas tem resultados preliminares de calibração em laboratório ($R^2 = 0,79$), necessitando aprimoramento antes de disponibilizar para a população. Os dados de temperatura e umidade do ar estão disponíveis online para o campus da UTFPR e Lago Igapó. **CONCLUSÕES:** Os sensores de temperatura e umidade apresentaram alta correlação com o equipamento de referência e estabilidade durante o período de operação. O sistema mostrou estabilidade na comunicação via cabo e *wireless* com a plataforma *online* e, assim, viabilidade de aplicação em campo. A metodologia é uma alternativa econômica e cientificamente robusta para disponibilizar dados ambientais para a população e tomadores de decisão.

PALAVRAS-CHAVE: Poluentes atmosféricos. Temperatura e umidade do ar. Sistema de monitoramento.

INTRODUÇÃO

A maioria das cidades em todo o mundo sofre de graves problemas de qualidade ar e tem recebido cada vez mais atenção nos últimos anos. O problema de degradação da qualidade do ar não afeta apenas cidades de grande porte ou megacidades (com mais de 10 milhões de habitantes), mas também cidades de médio porte (com população entre 100 e 500 mil) (WILLIAMS et al., 2006). Com o crescimento da população observa-se aumento na geração de energia, processos industriais, utilização de combustíveis fósseis e da frota veicular. Uma das consequências da industrialização e desenvolvimento urbano é a emissão de poluentes atmosféricos, principalmente pelo tráfego motorizado e processos industriais.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a poluição do ar é responsável por cerca de 8 milhões de mortes anualmente devido a doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), como doenças respiratórias crônicas e doenças cardiovasculares (OMS, 2016). Os riscos à saúde relacionados aos níveis inseguros de poluição do ar são mais evidentes em cidades com frotas veiculares antigas e mal preservadas, atividade industrial intensa e afetadas pelo transporte de poluentes atmosféricos de outras regiões. Esses riscos aumentam quando episódios de poluição do ar ocorrem em conjunto com eventos extremos de temperatura e baixa umidade relativa do ar, especialmente em áreas urbanas que aquecem de forma mais rápida que os arredores (BREITNER et al., 2014).

As metodologias atuais de monitoramento de poluição atmosférica geralmente utilizam equipamentos em locais fixos. No entanto, a cobertura espacial é limitada em função do alto custo de instalação e manutenção de uma rede (o preço atual de uma estação de monitoramento pode chegar a 1 milhão de reais). Além disso, muitas vezes o acesso aos dados é limitado, se não ausente, e estão disponíveis para apenas uma parcela da população. Nesse sentido, é desejável ter acesso a medições em tempo real de forma mais frequente e com maior abrangência espacial com o objetivo de identificar rapidamente níveis alarmantes de poluentes de forma que a população possa ser informada (DEVARAKONDA et al., 2013).

Portanto, o desenvolvimento de um sistema de monitoramento da qualidade do ar e conforto térmico baseado no conceito de cidade inteligente com baixo custo, onde se usa tecnologias de informação e comunicação para disseminar dados ambientais, pode suprir a falta de dados de poluição do ar e meteorológicos em centros urbanos de forma contínua e acessiva (BAKICI et al., 2013). Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de monitoramento de qualidade do ar e conforto térmico de baixo custo por meio de micro sensores, bem como disponibilizar os dados para a população em tempo real em uma plataforma *online*.

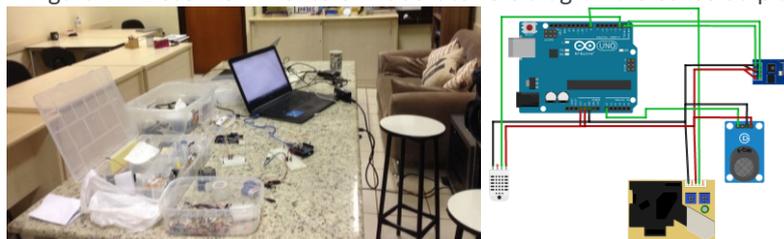
METODOLOGIA

O sistema de coleta de dados por micro sensores é baseado na tecnologia Arduino®, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto. Seu componente principal é o microcontrolador ATmega328P, que por intermédio de compiladores pode ser programado de acordo com a função desejada. O Arduino® possui pinos de entrada, onde sensores de temperatura e umidade relativa do ar (DHT22), partículas atmosféricas (>1 µm) (DSM501A) e

monóxido de carbono (MQ-9) foram conectados para aquisição de dados ambientais. Para a comunicação *web*, utilizaram-se módulos de conexão ethernet e *wireless* e uma plataforma *online* de recebimento de dados (*ThingSpeak*).

O processo de desenvolvimento da plataforma teve início com o sensor de temperatura e umidade relativa do ar. Após a montagem da plataforma no laboratório de pesquisa *Atmospher* localizado na UTFPR (Câmpus Londrina) (Figura 1), foi necessária a programação em *software* para aquisição e processamento dos dados e posterior calibração.

Figura 1 – Desenvolvimento em laboratório e diagrama elétrico da plataforma.



Fonte: Autoria própria. (2017).

O objetivo da calibração é converter uma resposta do sensor (que é geralmente algum tipo de sinal eletrônico) em unidades úteis, por exemplo, em valores de concentração de um dado poluente. Para isso, é necessário criar uma curva de calibração que relaciona as respostas do sensor com as respostas do instrumento de referência. Isto é feito criando um gráfico de dispersão de pontos, comparando as medições feitas pelo sensor com as concentrações ou medições padronizadas do instrumento de referência em laboratório, relacionando-as através de uma equação de regressão (EPA, 2014).

Neste estudo, os sensores foram colocados lado a lado e operados por um período sete dias de forma a capturar diferentes condições meteorológicas e de poluição do ar, representativas dos pontos a serem monitorados. A Tabela 1 descreve os microsensores usados e os equipamentos de referência:

Tabela 1 – Descrição dos equipamentos utilizados.

Variável	Microsensor	Instrumento de referência
Temperatura e umidade do ar	DHT22	HOBO U23
Concentração de partículas finas (MP _{2,5})	DSM501A	DUSTTRAK 8520

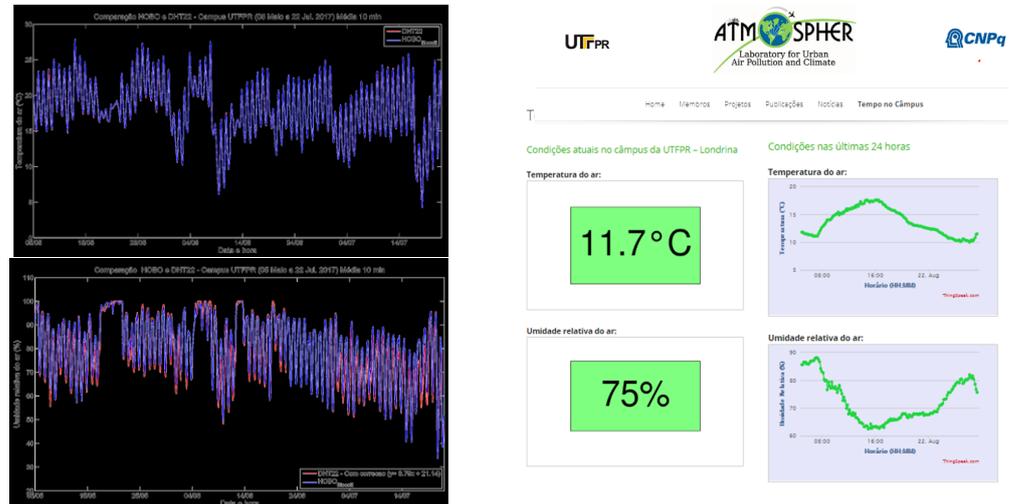
Fonte: Autoria própria (2017).

RESULTADOS

A calibração do sensor DHT22 foi realizada em área externa ao laboratório, por um período de sete dias. A variável temperatura apresentou alta correlação com o instrumento de referência (coeficiente de determinação, $R^2 = 1$), com inclinação de 0,99 e intercepção 0,12 °C, portanto não foi necessário aplicar correções aos dados originais. Os valores de umidade relativa do ar do sensor DHT22 tiveram inclinação de 0,79 e intercepção 21 %, apesar de $R^2 = 0,98$. Dessa forma, os dados foram corrigidos de acordo com esses parâmetros. Após a correção aplicada, deu-se início aos testes da plataforma em campo. Pode ser observado um bom comportamento do sensor por um período de dois meses no

Câmpus UTFPR/Londrina. A Figura 3a mostra a evolução da temperatura e umidade no campus coletados com o microsensor DHT22. Os dados são disponibilizados online em tempo real através da página do projeto *Atmospher.org* (Figura 3b).

Figura 3 – Disponibilização dos dados em plataforma web (site).
 (a) (b)



Fonte: Autoria própria (2017).

No mês de Agosto de 2017 iniciou-se a instalação da plataforma de temperatura e umidade próximo ao Lago Igapó 2 (Londrina). O local é comumente utilizado pela população para a prática de exercícios ao ar livre e, portanto, os dados servirão para indicar as condições térmicas na área. Três pontos adicionais de monitoramentos serão instalados em 2017 com dados disponibilizados em tempo real em www.rtairqual.com. O sensor de poluição do ar DSM501 encontra-se em fase de calibração, com resultados preliminares satisfatórios ($R^2 = 0,79$). Porém, é necessário um aprimoramento do desenho do experimento, para obtenção de melhores resultados e futura implantação em campo. O processo de calibração do sensor de monóxido de carbono MQ-9 será iniciado em breve.

CONCLUSÃO

O projeto está em andamento desde Janeiro de 2017. Até o momento, o sensor DHT22 apresentou boa correlação com equipamento referência e ótima estabilidade durante longo período de funcionamento. Em relação ao sensor DSM501, é necessário aprimorar o processo de calibração, apesar de resultados preliminares positivos. O sistema de comunicação com a internet apresentou eficiência tanto via cabo, quanto via *wireless*, resultando assim em bom funcionamento da página *web* e potencial viabilidade de aplicação em diferentes pontos da cidade. A metodologia oferece vantagem do ponto de vista econômico e de portabilidade para o monitoramento e dados ambientais.

Air quality monitoring system applied to the smart city concept

ABSTRACT

OBJECTIVE: Development of a low-cost monitoring system for environmental variables. Calibration of micro sensors against reference instrumentation. Set-up of a real time web service platform to manage environmental data. **METHODS:** The system was based on Arduino® technology and internet communication, with micro sensors for air temperature and relative humidity, atmospheric particles (with diameter > 1 µm) and carbon monoxide. The calibration was performed by collocating the microsensors with reference instruments under a wide range of environmental conditions. After validating the data, the platform was installed in field with real time data available on a web page. **RESULTS:** The air temperature and relative humidity sensors showed high correlations with the reference sensor (coefficient of determination $R^2 = 1$ and 0.98, respectively), for a two-month monitoring period. The results of the particle sensor showed acceptable R^2 (0.79), but further intercomparison must be conducted to improve the results. Air temperature and relative humidity data are available on line for two locations in Londrina. **CONCLUSIONS:** The temperature and humidity sensors showed high correlation with the reference equipment and good stability during operation. The communication both via cable and wireless with the online platform was stable and, thus, feasible for field application. We showed that this technology is an economic and scientifically robust alternative to provide environmental data to the population and decision makers.

KEY WORDS: Atmospheric pollutants. Air temperature and humidity. Monitoring system.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária, pela concessão da bolsa de iniciação científica, aos orientadores Dr. Admir Targino e Dr. Patrícia Krecl e a todo o grupo *Atmospher* pelo apoio ao longo do projeto.

REFERÊNCIAS

BAKICI, T. et al. **A smart city initiative: the case of Barcelona**. Journal of the Knowledge Economy, v. 4, n. 2, p. 135-148, 2013.

BREITNER, S. et al. **Short-term effects of air temperature on mortality and effect modification by air pollution in three cities of Bavaria, Germany: a time-series analysis**. Sci Total Environ, v. 485, p. 49-61, 2014.

DEVARAKONDA, S. et al. **Real-time air quality monitoring through mobile sensing in metropolitan areas**. In: Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD international workshop on urban computing. ACM, 2013. p. 15.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Preventing disease through healthy environments**. A global assessment of the burden of disease from environmental risks. 2016.

WILLIAMS, E. J. et al. **Comparison of ultraviolet absorbance, chemiluminescence, and DOAS instruments for ambient ozone monitoring**. Environ Sci Tech, v. 40, n. 18, p. 5755-5762, 2006.

WILLIAMS, R. et al. **Air Sensor Guidebook**. Technical report, United States Environmental Protection Agency, 2014.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

MACHADO, B. L. F. et al. Sistema de monitoramento da qualidade do ar aplicado ao conceito de cidade inteligente. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Bruno Lo Frano Machado

Rua Pq. Nacional Chapada dos Guimarães, número 199, Bairro Esperança, Londrina, Paraná, Brasil.

Direito autoral:

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

