

Aether - Sistema de Monitoramento da Qualidade do Ar em Salas de Aulas

Soffia de Souza Oliveira Becker

Prof. Dr. Glauber da Rocha Balthazar, Prof. Dr. Márcio André Miranda.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP Câmpus Campinas

INTRODUÇÃO

A qualidade do ar em ambientes escolares tem impacto direto na saúde e no desempenho cognitivo dos estudantes (KUMAR, et al., 2023). Ventilação inadequada, altas concentrações de CO₂ e CO, além de variações de temperatura e umidade, estão associadas a sintomas como fadiga, dor de cabeça e queda na concentração (HOSSAIN, et al., 2024). Este projeto propõe o Aether, um dispositivo para monitorar continuamente essas variáveis em salas de aula, seguindo os limites recomendados pela OMS (2022).

METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido com a metodologia ágil Scrum, organizado em sprints quinzenais. O dispositivo utiliza sensores (DHT22 para temperatura e umidade, MQ-7 para CO e MQ-135 para CO₂) conectados a um microcontrolador ESP32. Os dados são armazenados em cartão SD e transmitidos para a nuvem via Wi-Fi. A estrutura física foi modelada no Tinkercad e produzida em MDF. Os sensores foram calibrados com equações de ajuste baseadas em referências da literatura. A coleta de dados ocorreu em uma sala de aula durante uma semana, com medições a cada 5 minutos. A análise microclimática utilizou o Índice de Calor (Heat Index) para avaliação do conforto térmico (FEITOSA, 2018) - Eq. 1.

$$HI = c_1 + c_2T + c_3RH + c_4TRH + c_5T^2 + c_6RH^2 + c_7T^2RH + c_8TRH^2 + c_9T^2RH^2$$

Onde:

- HI: Índice de Calor (°C);
- T: Temperatura do ar (°C);
- RH: Umidade relativa do ar (%);
- c1...c9: constantes empíricas

RESULTADOS

O circuito eletrônico foi diagramado no Fritzing, permitindo a visualização clara das conexões entre os componentes. Isso permitiu contemplar a integração dos sensores de gases e de temperatura com o microcontrolador, além da interface de exibição (Figura 1).

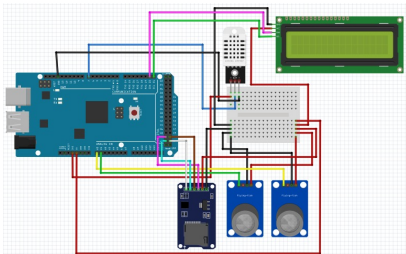


Figura 1. Diagrama do circuito eletrônico.

Foram coletados 1311 registros durante os turnos de aula e períodos sem aula (Fig. 2). A temperatura média durante as aulas foi de 26,42°C, acima do limite superior recomendado por parte da literatura (26°C) (Fig. 3). A umidade manteve-se dentro da faixa ideal (52,85%) (Fig. 4). A concentração média de CO₂ foi de 969,30 ppm (classificação “Boa” pela OMS [OMS, 2022]) (Fig. 5), enquanto a de CO atingiu 33,35 ppm (“Ruim”) (Fig. 6), indicando necessidade de melhor ventilação. A ocupação da sala influenciou positivamente a estabilidade da umidade e aumentou a variabilidade do CO₂ (Tabela 1).



Figura 2. Dispositivo implantado em sala de aula.

Tabela 1: Medidas descritivas das variáveis.

	Temperatura (°C)		Umidade (%)		CO (ppm)		CO ² (ppm)	
	A	SA	A	SA	A	SA	A	SA
M	26,42	25,60	52,85	52,07	33,35	32,48	969,30	945,93
MD	26,55	25,37	23,32	52,64	32,17	33,42	983,56	960,62
DP	1,14	0,90	3,07	3,31	23,42	23,73	111,85	85,04
CV	4,31	3,53	5,81	6,36	70,23	73,05	11,54	8,99
M: Média; MD: Mediana; DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variação A: Aula ocorrendo; SA: Sem Aula ocorrendo								

O Índice de Calor médio foi maior durante as aulas (26,68 °C) do que fora delas (25,65 °C), indicando incremento de ~1,0 °C. A ocupação elevou também a variabilidade (CV 5,16% vs. 3,87%), evidenciando maior instabilidade térmica.Exposições prolongadas nas variações entre 27-32°C podem causar fadiga nas pessoas.

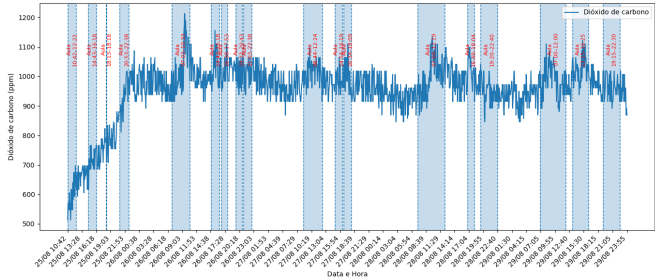


Figura 6. Variação do Dióxido de Carbono.

CONCLUSÕES

O dispositivo Aether demonstra viabilidade técnica e funcional para o monitoramento ambiental em salas de aula. Os resultados indicam que a temperatura e os níveis de CO estão em desacordo com os padrões ideais, enquanto a umidade e o CO₂ mantêm-se dentro de limites aceitáveis. O sistema permite identificar condições críticas e subsidia ações corretivas, contribuindo para a promoção de ambientes escolares mais saudáveis e adequados ao aprendizado.

REFERÊNCIAS

FEITOSA, R. C.; WILKINSON, S. J. Attenuating heat stress through green roof and green wall retrofit. Building and Environment, 2018.

HOSSAIN, M. M. et al. Indoor air quality and schoolchildren’s performance. Heliyon, 2024.

KUMAR, Pradeep et al. Critical review on emerging health effects associated with the indoor air quality and its sustainable management. Science of the Total Environment, v. 872, p. 162163, maio 2023.

OMS. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. World Health Organization, 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, aos meus pais pelo apoio incondicional e incentivo constante, e aos meus orientadores, Prof. Dr. Glauber da Rocha Balthazar e Prof. Dr. Márcio André Miranda, pela orientação valiosa, conhecimento compartilhado e dedicação ao longo do desenvolvimento deste projeto. Agradeço também ao Instituto Federal de São Paulo, câmpus Campinas, pela estrutura e oportunidades oferecidas, e a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

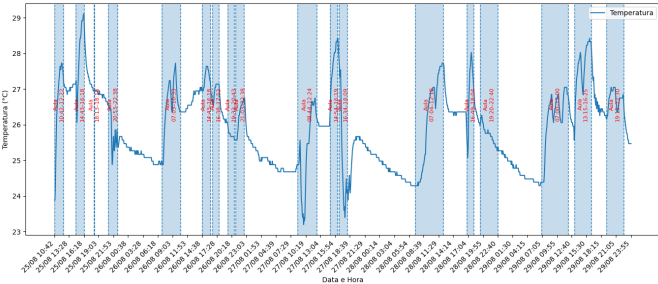


Figura 3. Variação da Temperatura.

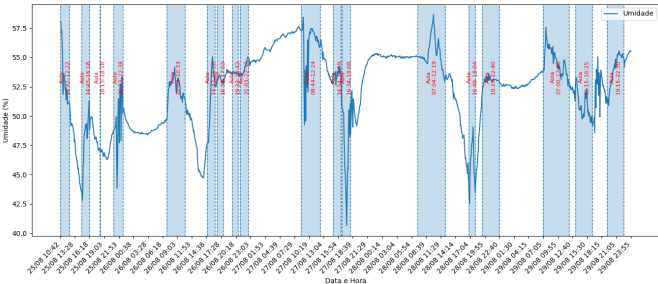


Figura 4. Variação da umidade.

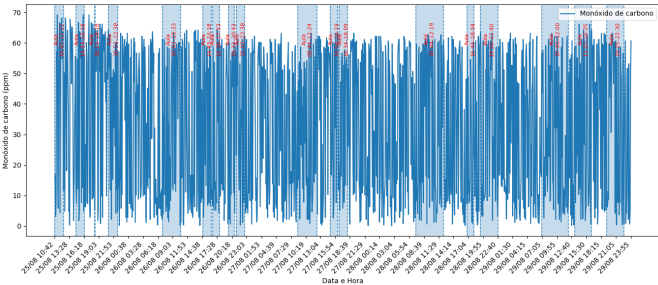


Figura 5. Variação do Monóxido de carbono.