

Monitoramento das condições ambientais (CO₂, temperatura e umidade) através de sensores de baixo custo em ambiente escolar

Rodolfo Antonio Jeronimo do Prado¹, Luiz Filipe Alves Cordeiro², Joanna Lúcia de Almeida Alexandre³ e Aldo Torres Sales²

¹Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental. Av. Prof. Luís Freire, 700. Cidade Universitária. Recife-PE, Brasil (CEP 50740-540). E-mail: prado-rodolfo@hotmail.com.

²Instituto de Tecnologia de Pernambuco. Av. Prof. Luís Freire, 700. Cidade Universitária. Recife-PE, Brasil (CEP 50740-540).

³Instituto Aggeu Magalhães. Fiocruz. Av. Moraes Rego, S/Nº. Campus da UFPE. Cidade Universitária. Recife-PE, Brasil (CEP 50670-420).

Resumo. Grandes centros urbanos sofrem com problemas de qualidade do ar, os indivíduos são altamente expostos a partículas de poluentes que influenciam negativamente os sistemas do corpo humano. Essa alta exposição parece comprometer de forma diferente as diversas categorias das fases humanas. Alguns estudos apontam que a exposição a altas concentrações de poluentes atmosféricos podem causar sonolência e redução na capacidade cognitiva de jovens estudantes. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade do ar atmosférico em sala do ensino médio de uma escola da Grande Recife. As coletas foram realizadas durante 15 dias em duas salas de aulas de uma escola na zona metropolitana na cidade do Recife-PE. As variáveis analisadas foram concentração de CO₂, temperatura e a umidade do ar. Os dados foram tabulados e analisados através de estatística descritiva. Os resultados revelam pequenas variações na concentração de CO₂ ao longo do dia. No turno da manhã as concentrações de CO₂ não ultrapassaram 1.000 ppm, enquanto à tarde as concentrações ultrapassaram 1.000 ppm, tendo seu maior pico por volta das 16:00 h (1.593 ppm). Os valores obtidos em determinados períodos estão em desconformidade com a norma vigente, sendo referenciados como grande causa de bocejo, sonolência e redução de rendimento. Como esperado, as menores temperaturas do ar foram observadas pela manhã (25,65 °C), porém não se observou temperaturas superiores a 26 °C durante todo o dia. A umidade relativa do ar média observada teve como mínima 51,9% e máxima de 61,5%. No período da tarde, exibiu umidade relativa do ar mínima de 57,8%

Recebido
24/10/2021

Aceito
14/02/2022

Disponível *on line*
24/03/2022

Publicado
30/04/2022



Acesso aberto



e a máxima de 65,425%. De acordo com a classificação fornecida pela OMS, a umidade ideal para a saúde dos seres humanos está entre 50% e 60%, ou seja, dentro valores coletados na escola durante a pesquisa ficaram classificados como recomendado à saúde humana. Conclui-se que em termos de temperatura e umidade relativa do Ar o ambiente escolar está em conformidade com as normas regulatórias recomendadas, no entanto, em alguns momentos do dia a concentração de CO₂ esteve acima dos limites estabelecidos como ideais para ambientes fechados, o que se recomenda definir estratégias de circulação do ar periódica ao longo do turno escolar.

Palavras-chave: Ambiente escolar; Qualidade do ar interior; Temperatura; Umidade; Variação de CO₂.

Abstract. *Monitoring of environmental conditions (CO₂, temperature and humidity) through low-cost sensors in a school environment.* Large urban centers suffer from air quality problems, individuals are highly exposed to pollutant particles that negatively influence the human body systems. This high exposure seems to compromise the different categories of human phases differently. Some studies indicate that high concentrations of air pollutants cause drowsiness, a reduction in the cognitive capacity of young students. Thus, the present study aimed to analyze the air quality in a high school classroom in a school in Recife. The collections were carried out in two monitored classrooms between April 20th and May 7th, 2021, in a school in the neighborhood of Cordeiro (Recife-PE, Brazil). The variables analyzed were CO₂ concentration, air temperature and air humidity. Data tabulated and analyzed using descriptive statistics. The results reveal small variations in the concentration of CO₂ throughout the day, not exceeding 1,000 ppm. In the afternoon, the concentration exceeded 1,000 ppm, having its highest peak around 4 pm (1,593 ppm). The values obtained in certain periods do not comply with the current standard, being referred to as a major cause of yawning, drowsiness and reduced performance. The average air temperature in the morning was minimum with 25.65 °C and did not show a temperature higher than 26 °C throughout the day. In the afternoon, the average was 26.25 °C, which is the highest average temperature among the classrooms surveyed. It is worth noting that in the early morning temperatures are generally lower and that with the passing of hours the changes are more accentuated. The monitoring of the morning class showed a minimum relative humidity of 51.9% and a maximum of 61.5%. In the afternoon, it exhibited a minimum relative humidity of 57.8% and a maximum of 65.425%. According to the classification provided by WHO, the ideal humidity for the health of human beings is between 50% and 60%, that is, all values collected at the school during the research were classified as recommended for human health.

ORCID

0000-0002-3220-2905

Rodolfo Antonio
Jeronimo do Prado

0000-0001-8146-9465

Luiz Filipe Alves
Cordeiro

0000-0001-5703-9553

Joanna Lúcia de
Almeida Alexandre

0000-0003-2585-3221

Aldo Torres Sales

Keywords: School environment; Indoor air quality; Temperature; Moisture; CO₂ variation.

Introdução

O crescimento populacional associado ao aumento crescente da expansão urbana sem o planejamento adequado tem produzido perda da qualidade ambiental e problemas significativos para a sociedade de um modo geral (Tucci et al., 2001). O desenvolvimento das cidades provocou acréscimo considerável na quantidade e tipo de poluentes de origem doméstica e industrial (Gaspar, 2009), proporcionando condições favoráveis aos vetores de doenças de veiculação atmosférica, à perda da qualidade do ar (OMS, 2004).

Atualmente, a contaminação da atmosfera tem sido alvo de muitas discussões, tanto a nível local quanto global, principalmente no que se refere à emissão do dióxido de carbono. A qualidade do ar em muitas regiões do mundo revela o descaso com que sociedade tem em relação à saúde coletiva e particular, bem como das instituições públicas. A crescente degradação ambiental, presente no final do século XX tem originado muitos questionamentos acerca dos problemas que a poluição urbana poderia desencadear sobre a saúde da população. Nesse contexto, o aumento na quantidade e na variedade dos gases poluentes produzidas pelas atividades antrópicas, emerge como um dos problemas prioritários da sociedade contemporânea (Muñoz, 2002).

Ao analisar o tempo gasto pela população em ambientes fechados, verificamos a importância de uma boa qualidade do ar nesses locais. Um estudo realizado por Robinson e Nelson (1995), mostrou que um habitante urbano passa em média 87% do seu tempo em ambiente interior, e 6% em ambientes exteriores, sendo que os outros 7% seriam gastos na transição entre esses dois ambientes, como por exemplo, em automóvel (Robinson e Nelson, 1995). Isto significa que, na maior parte do tempo, estamos sujeitos a um ambiente artificial que é definido pelo espaço fechado do edifício.

A qualidade do ar interior está relacionada à contaminação do ar exterior, da eficiência do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado, na remoção de contaminantes do ar e das próprias atividades realizadas nas áreas internas, como poluição causada por materiais de construção, equipamentos e pelas próprias pessoas usuárias do ambiente (ANVISA, 2013).

No âmbito escolar não é diferente, os gases liberados em altas concentrações ocasiona sonolência, redução na produtividade e outros efeitos deletérios e na maioria das vezes, passa-se despercebido (Araújo et al., 2018). Normalmente, as salas de aula são ambientes que de uma forma geral mantém alta densidade de pessoas por longos períodos e com renovação de ar deficitária, o que favorece a concentração de um conjunto diversificado de poluentes, principalmente o dióxido de carbono (CO₂) liberado pela respiração. Em salas com uso de climatização artificial, esse cenário pode ser ainda mais perigoso, pois há aspiração de ar viciado durante horas, e a má qualidade desse ar pode estar relacionada a diversos fatores, inclusive a redução de desempenho do estudante (Araújo et al., 2018). Assim a implantação de sistemas de monitoramento em tempo real da qualidade do ar faz necessária na busca de criação de um ambiente mais salubre e de maior rendimento por parte dos alunos.

No entanto, os altos custos de aquisição de equipamentos para o monitoramento do ar disponíveis no mercado parece ser um fator limitante para implementação de programas de qualidade de ar em escolas. Nesse sentido o uso de robótica de baixo custo vem possibilitando o desenvolvimento de equipamentos de baixo custo de aquisição e com relativa precisão (Torres et al., 2015). Dentre as tecnologias disponíveis destaque para o sistema Arduino que apresenta programação simples com uma grande variedade de

dispositivos que podem ser facilmente serem integrados a sistemas e desenvolver atividade ou realizar leituras de interesse da sociedade.

No campo do monitoramento ambiental, Sistemas Arduino vêm contribuindo de forma positiva para a expansão da malha de dados ambientais coletados e na análise em tempo real. Nesse sentido o presente trabalho objetivou analisar a qualidade do ar de um ambiente escolar através do desenvolvendo de um sistema de monitoramento baseado em robótica de baixo custo.

Materiais e métodos

O estudo foi desenvolvido em duas salas de aula, de tamanhos diferentes, em uma escola da rede privada de ensino, localizada na região metropolitana do estado de Pernambuco, Bairro do Cordeiro.

A escolha do Bairro de Cordeiro é pelo mesmo representar um polo importante de escolas de ensino regular na cidade, tanta da rede pública quanto privada, totalizando um número de 28 escolas. Impactos dessa alta densidade de escolas pode ser sentidos diariamente pelo elevado fluxo de veículos durante os períodos da manhã e tarde devido ao deslocamento dos alunos.

Caracterização da área de estudo

A escola atende alunos de faixa etária entre dois e dezoito anos, matriculados nas turmas de Educação Infantil, Ensino Fundamental I e II e Ensino Médio, desse universo de amostragem aleatoriamente selecionou-se duas salas de aulas para monitoramento da concentração de CO₂, umidade e temperatura, durante um período de 5 a 10 dias úteis (de segunda a sexta), tanto no período da manhã (7:00 h às 12:30 h) quanto no período da tarde (13:15 h às 18:20 h) a fim de verificar também a variação de acordo com o turno de estudo.

As turmas selecionadas foram a da manhã do 3º ano do ensino médio (Figura 1A) e no turno da tarde do 2º ano do ensino médio (Figura 1B).



Figura 1. Estrutura das salas de aula. **A.** Sala de aula da turma do turno matutino. **B.** Sala de aula da turma do turno vespertino.

Ambas as salas de aula selecionadas, localizadas no segundo andar da instituição com áreas respectivamente de 28.84 m² (possui uma porta para entrada e saída dos alunos, com uma janela de 1,00 m x 2,00 m) e 68.95m² (possui uma porta para entrada de

saída com duas janelas, cada uma medindo 1,00 m x 2,00 m) e capacidade máxima de ocupação de 25 e 50 alunos, respectivamente. Ambas as salas possuem piso em cerâmica e teto forrado em gesso. Além disso, para que ambas as salas possam ser adequadamente climatizadas, possui um equipamento de 18.000 BTUs na sala de 28,84 m² e um equipamento de 30.000 BTUs na sala de 68,95 m².

Dado às condições atípicas referentes ao momento da pandemia, as salas não estavam com a lotação máxima permitida e os alunos, durante o período monitorado estavam utilizando máscaras de diversos tipos e modelos, todos permitidos pela agência reguladora de saúde local, somente as retirando para alimentação e beber água no horário do intervalo.

Ambas as salas possuíam equipamento de multimídia com Datashow, computador e equipamento de som. As permaneceram entreabertas devido as medidas sanitárias da pandemia, favorecendo a troca de ar com o ambiente externo. As coletas foram realizadas entre os dias 20 de abril de 2021 e 7 de maio de 2021 durante o expediente de aula. É importante salientar que o número de alunos estava abaixo do que a capacidade máxima de ocupação das salas permite, podendo alterar os resultados.

De acordo com as normas técnicas da Resolução ANVISA nº 09/2003 (ANVISA, 2003), para monitoramento de interiores, quando a área construída é de até 1.000 m² apenas um ponto amostral é necessário e este deve estar localizado na altura de 1,5 m do piso, no centro do ambiente ou em zona ocupada. Como as salas têm aproximadamente entre 28 m² e 68 m², fixou-se um ponto de monitoramento ao lado esquerdo da lousa evitando dificultar o deslocamento e visão dos alunos. As medições decorreram no período normal de funcionamento das aulas e o processo de coleta constituiu do armazenamento dos valores indicados no visor do equipamento.

O equipamento de monitoramento foi construído em Plataforma Arduino, que é uma base de computação física ou embarcada de código aberto baseado em hardware e software de fácil utilização, onde pode ser programada para processar as entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele. Foram acoplados a essa plataforma dois sensores, sendo para monitoramento da temperatura do ar e umidade o sensor DHT 22 e para mensurar as concentrações de CO₂ o sensor MQ32. Os dados foram coletados em intervalos de 2 min e os dados foram armazenados em cartão SD.

Uma vez coletado os dados, esses foram submetidos a estatística descritiva e posteriormente utilizando o software Excel.

Resultados e discussão

A partir das Figuras 2A e B, é possível observar nas salas do 3º e 2º ano (respectivamente) as concentrações médias de CO₂ em função do horário, com a ocupação de alunos na sala, percebendo-se o comportamento dessa variável ao longo do turno da aula.

Na medição de concentração de CO₂, no período manhã, ao longo do dia, houve pequenas variações do limite de 1.000 ppm recomendado pela ANVISA para ambientes fechados. No horário inicial, para os estudantes de ambas as turmas, das 8:15 h às 8:29 h e das 13:00 h às 14:19 h, a concentração de CO₂ estava dentro do limite.

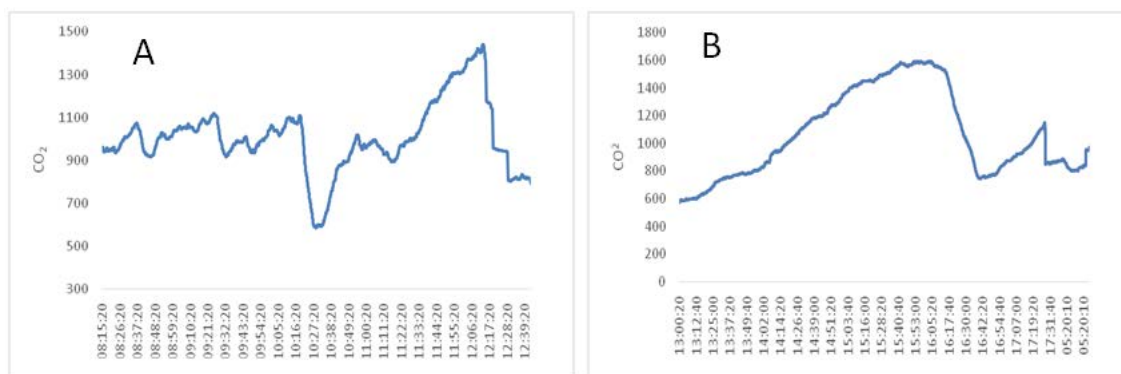


Figura 2. Média horária da concentração de CO₂ durante ciclo de aulas de uma turma do 3º ano matutino (A) e do 2º ano vespertino (B) do ensino médio de uma escola particular na cidade do Recife – Pernambuco – Brasil.

Esses resultados podem estar associados, principalmente, ao número reduzido de alunos e ao seu período de chegada na sala, favorecido também com permanência da porta e janelas abertas, dessa maneira, criando uma maior troca do ar interno com o ar externo.

No período da manhã, a concentração de CO₂ tem uma baixa substancial, chegando a aproximadamente 600 ppm, tal comportamento coincide com o horário do intervalo, onde os alunos saem da sala e retornam às 10:45 h, horário em que a concentração volta a aumentar. No período da tarde, ocorre o mesmo processo entre os horários de 16:20 h até as 16:45 h, quando também saem e retornam do intervalo.

No horário da tarde, a concentração ultrapassou 1.000 ppm a partir das 14:19 h e manteve-se acima do permitido até às 16:31 h, tendo seu maior pico às 15:54 h (1.593 ppm). De forma similar ao turno da manhã, momentos antes do final do turno de aula a concentração de CO₂ atingiu valores de 1.047 ppm às 17:25 h. Com desocupação total da sala, após às 17:28 h a taxa média obtida foi de 840 ppm.

A Figura 2B também demonstrou que de forma contrária ao turno da manhã, a variação constante que ocorreu em pequenos intervalos de tempo. Já no turno da tarde, a média de concentração de CO₂ se manteve constante apenas durante um determinado período de tempo. Ou seja, em ambos os gráficos foi possível verificar uma acentuada baixa da concentração de CO₂ em determinado horário.

Em relação ao momento antes da finalização das aulas, verificamos que os gráficos também mantêm certa tendência. A concentração sofre uma elevação, possivelmente devido à euforia dos alunos no momento que precede o fim da última aula. No período da manhã, a concentração chega a atingir valores de 1.441 ppm às 12:10 h, instantes antes da liberação da turma. Após às 12:20 h, os valores baixam a uma concentração sempre inferior a 1.000 ppm.

Também foi avaliada a concentração de CO₂, em paralelo com as disciplinas que estavam sendo ministrada naquele momento (Figura 3A e B).

Como podemos observar na Figura 3B, durante o período da tarde observou-se um aumento na linear na concentração de CO₂ a partir da segunda aula com concentrações acima de 1.000 ppm até o fim da tarde, no entanto, as aulas após o intervalo, a concentração aumenta, mas não em grandes proporções, no qual podemos relacionar a pouca concentração e interação dos alunos, supostamente pelo fato de as disciplinas nos dois últimos horários serem da área de humanas.

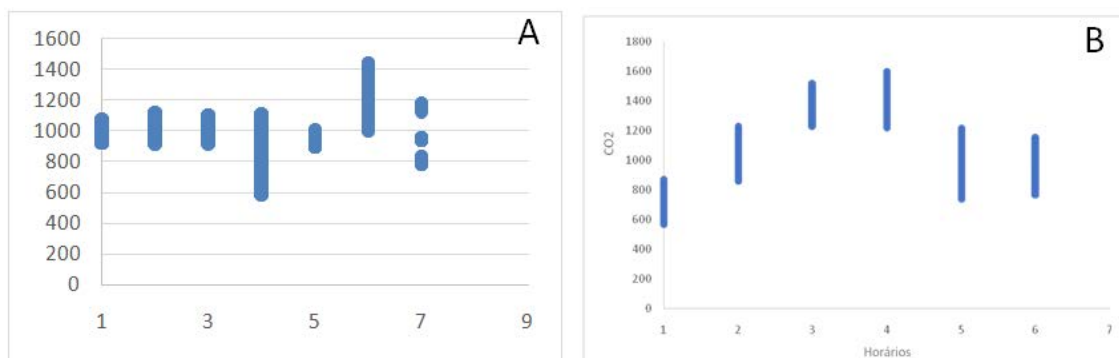


Figura 3. Concentração média de CO₂ por aula-disciplina da durante ciclo de aulas de uma turma do 3º ano matutino (A) e do 2º ano vespertino (B) do ensino médio de um escola particular no Município de Recife.

Já pela manhã ocorre um aumento bem significativo na média de concentração de CO₂ durante a aula de número 6. Um fato a considerar é que na escola em estudo esses horários são destinados a disciplinas de cursos de exatas que, via de regra, demandam maior concentração dos alunos.

Os valores obtidos, em determinados períodos, estão em desconformidade com a norma vigente, sendo referenciados como grande causa de bocejo, sonolência e redução de rendimento, muito embora, os resultados estão bem abaixo dos patamares com risco de asfixia, perda de consciência (Prochnow, 2003; Odisi, 2013).

Durante todo o ciclo de monitoramento em ambos os períodos as janelas e portas de ambas as salas se mantiveram abertas. Além disso, a quantidade no número de alunos estava bem reduzida, no entanto os valores para CO₂, foram incrementando de forma linear com a permanência prolongada de ocupantes no ambiente. Sendo assim, o presente estudo demonstrou que existe naturalmente um deficiente sistema de circulação e troca de ar com o ambiente externo nas salas estudadas.

Foi verificada também se as condições da temperatura ao longo das aulas ministradas também estão em conformidade com a ANVISA. No turno da manhã (Figura 4A), o equipamento apontou à temperatura do ar mínima com 25,65 °C às 07:40 h. No período da tarde (Figura 4B), às 13:00 h a temperatura apontava uma média de 26,25 °C, sendo esta a mais elevada temperatura medida entre as salas de aulas pesquisadas.

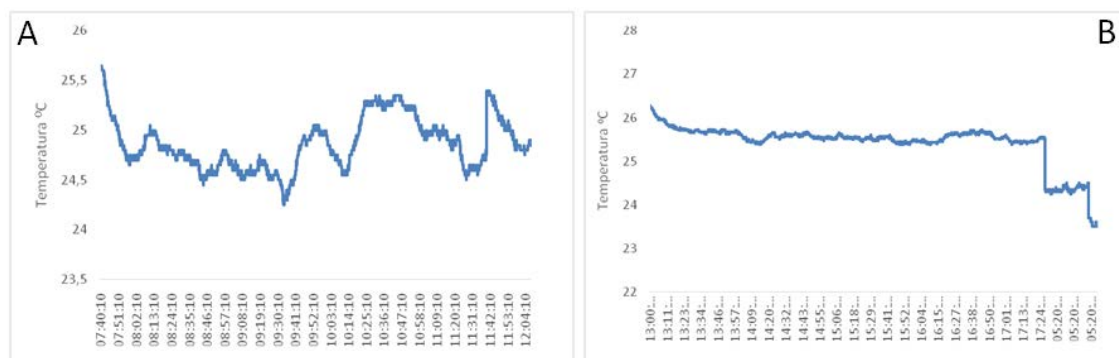


Figura 4. A. Média horária da temperatura do ar (°C) durante ciclo de aulas de uma turma do 3º ano matutino (A) e do 2º ano vespertino (B) do ensino médio de uma escola particular no Município de Recife.

De acordo com a Resolução ANVISA nº 09/2003 (ANVISA, 2003), recomenda-se que a faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23 °C a 26 °C. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5 °C a 27 °C. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20 °C a 22 °C.

Em nosso estudo vê-se que a recomendação para a temperatura ambiente é atendida, haja vista que nas medições a temperatura verificada foi abaixo faixa máxima de operação, quando o recomendado é de 27 °C.

É ressaltante que no início da manhã as temperaturas são geralmente mais baixas e que com o passar das horas, a partir da intensificação da incidência da radiação solar e com o acréscimo da temperatura do ar, inquietações dos alunos, as alterações são mais acentuadas, como podemos observar na Figura 13, a partir das às 10:00 h há um aumento da amplitude térmica onde o aumento se estabiliza após o fim do intervalo, momento em que os alunos retornam a sala de aula.

Para os alunos do turno da manhã, o equipamento não apontou temperatura maior que 26 °C durante todo o dia, mesmo nas diferentes disciplinas (Figura 5A). O mesmo ocorreu para o turno da tarde (Figura 5B), que não foi verificada grande variação de temperatura, mesmo com a saída dos alunos e mudanças de aula durante o turno.

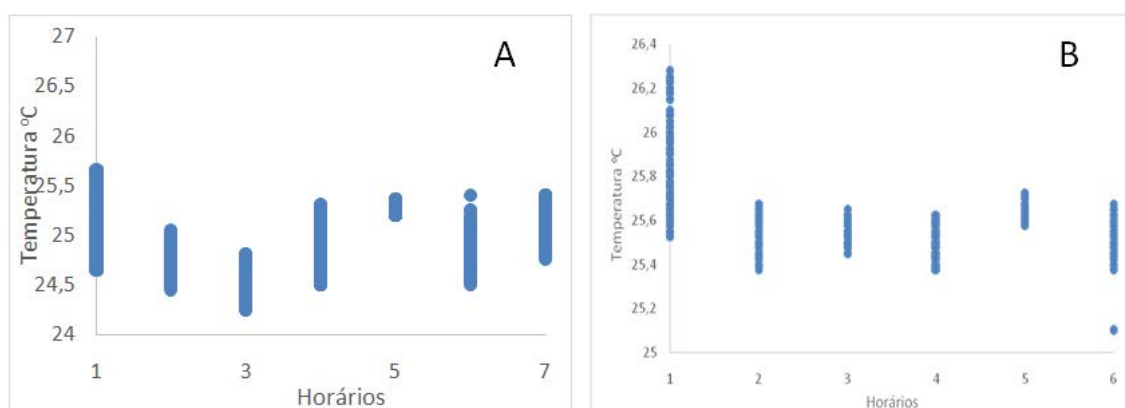


Figura 5. A. Temperatura média do ar (°C) por aula-disciplina da durante ciclo de aulas de uma turma do 3º ano matutino (A) e do 2º ano vespertino (B) do ensino médio de um escola particular na cidade do Recife.

Ambas as salas de aula monitoradas conta com sistema de ar-condicionado do tipo SPLIT da marca Carrier em ambas as salas. Na sala menor é utilizado um equipamento de 18.000 BTUS enquanto que na sala maior são utilizados dois equipamentos. Os aparelhos eram ligados cinco minutos antes do início da primeira aula e estes permaneciam ligados até o final da ultima aula, programados a uma temperatura de 23 °C, não havendo modificações em sua configuração. Além de possuir janelas e portas, estas que permaneceram abertas durante todas as aulas.

As condições térmicas em ambientes fechados são de extrema importância para as reações e sentidos relacionados ao conforto térmico. O bem-estar térmico de cada indivíduo está relacionado às condições necessárias de confortabilidade do local onde o mesmo está inserido sendo responsável pelo seu sentimento de satisfação (Ruas, 1999; Alcoforado, 2001).

O desconforto térmico nas escolas é uma problemática que necessita de atenção, pois ambientes insalubre podem prejudicar a saúde física e psicológica das pessoas que trabalham ou estudam nestes ambientes, além de prejudicar a concentração e os rendimentos das atividades desempenhadas (Nogueira et al., 2005; Ochoa et al., 2012).

Outro parâmetro importante para análise é a Umidade Relativa dos ambientes e, segundo recomendações da ANVISA, a faixa recomendável da Umidade Relativa, em ambientes interno para verão, deverá variar de 40% a 65%. Para condições internas para inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35% a 65%.

A Figura 6 (A e B) demonstra o monitoramento da turma do turno da manhã, tanto pelo horário, quanto por aulas ministradas, apresentou a umidade relativa do ar mínima de 51,9% às 09:17 h e máxima de 61,5% às 12h.

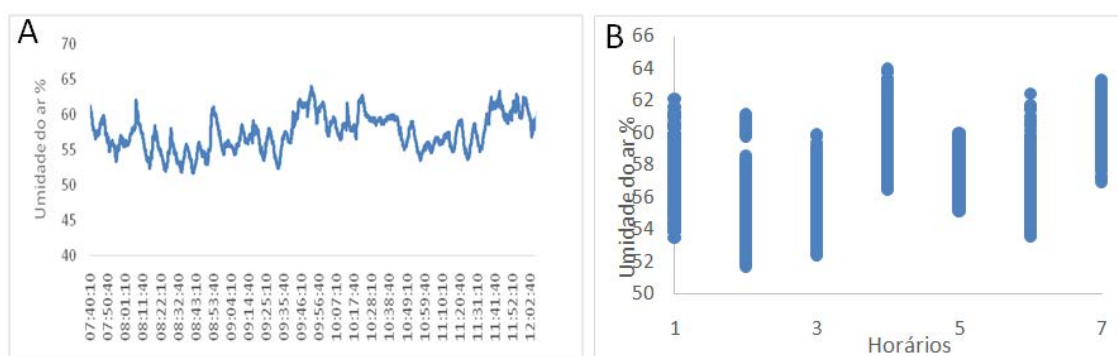


Figura 6. A. Média da variação da umidade do ar em salas de aula do 3º ano do ensino médio do turno da manhã. B. Média da umidade do ar em salas de aula do 2º ano do ensino médio do turno da manhã, em função das aulas, de uma escola da rede privada no Município de Recife.

Podemos observar na Figura 7A e B, que os resultados médios para umidade relativa do ar mínima foram 57,8% às 15:44 h, e a máxima de 65,425%, às 13:01 h. Durante as aulas ministradas, a média da umidade não ultrapassou 66%.

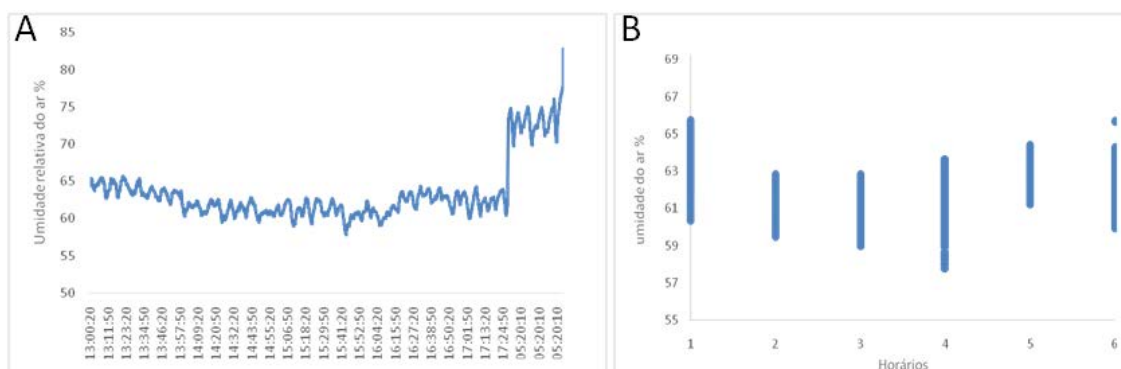


Figura 7. A. Média da variação da umidade do ar em salas de aula do 3º ano do ensino médio do turno da tarde. B. de uma escola da rede privada no Município de Recife.

No turno da manhã, todos os valores coletados na escola durante a pesquisa ficaram classificados como recomendado à saúde humana, em contrapartida, o turno vespertino apresentou, em um determinado horário, um valor acima do que é recomendado. É válido ressaltar que o resultado pode estar sendo influenciado pela concentração de água no ar no momento da coleta.

A umidade relativa do ar, quando abaixo dos limites críticos pode causar problemas de saúde, portanto requer sempre uma atenção especial a esta variável. Garantir o conforto do corpo em ambientes de aprendizagem é premissa básica para bom desempenho intelectual.

Compreendendo que, segundo Ruas (1999), o bem-estar do homem é um conceito amplo que engloba desde os fatores necessários à manutenção de sua saúde física, até aqueles responsáveis pelo seu sentimento de satisfação, sendo o conforto térmico uma necessidade fundamental para a qualidade de vida da população. E principalmente quando está se tratando de locais quentes ao longo do ano, como é caso do Município de Recife.

Conclusões

Os resultados revelam que mesmo com reduzido número de alunos por turma devido às medidas restritivas da pandemia as concentrações de CO₂ em salas de aula em determinados momentos do turno escolar ficam acima da concentração máxima de referência legislada.

Dado que a única fonte que poderia causar o aumento da concentração de CO₂ nas salas de aula é o metabolismo dos discentes e docentes, recomenda-se a implementação de sistemas de monitoramento da qualidade do ar em salas de aula. Permitindo criar base de dados para análises mais precisa por conseguinte traçar estratégias para melhoria da qualidade de ar em salas de aula.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

Alcoforado, M. J. **Alguns aspectos da bioclimatologia**: o clima e o organismo humano. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2001.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0009_16_01_2003.html>. Acesso em: 06 out. 2021.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia da Qualidade para Sistemas de Tratamento de Ar e Monitoramento Ambiental na Indústria Farmacêutica**. 1. ed. Brasília: ANVISA, 2013.

Araújo, S. N. R.; Farias, S. A. R.; Farias, D. S. C. R. Concentração de dióxido de carbono em salas de aula da UFCG, climatizadas artificialmente. Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC'2018, Maceió, 2018.

Gaspar, F. L. **Análise da concentração de fósforo em sedimentos dos Rios Botafogo e Carrapicho, no Sistema Estuarino do Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2009. (Dissertação de mestrado).

- Muñoz, S. I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP**: Avaliação dos níveis de metais pesados. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2002. (Tese de doutorado).
- Nogueira, M. C. J. A.; Duarte, L. C.; Nogueira, J. S. Conforto térmico na escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 14, p. 37-49, 2005.
- Ochoa, J. H.; Araújo, D. L.; Sattler, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 91-114, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000100007>
- Odisi, F. **Avaliação da evolução e estratégias para controle da concentração do dióxido de carbono em uma sala de aula**. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau, 2013. (Dissertação mestrado).
- OMS - Organização Mundial da Saúde. **Relacion del agua, el saneamiento y la higiene con la salud**. Geneva: OMS, 2004.
- Prochnow, M. A. **Monitoramento de gases**: estudo comparativo das principais tecnologias de sensores e aspectos relacionados. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. (Dissertação mestrado).
- Robinson, J.; Nelson, W. C. **National human activity pattern survey data base**. USEPA, Research Triangle Park, NC, 1995.
- Ruas, Á. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo: FUNDACENTRO, 1999.
- Torres, J. D.; Monteiro, I. O.; Santos, J. R.; Ortiz, M. S. Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados. **Scientia Plena**, v. 11, n. 2, 021712, 2015.
- Tucci, C. E. M.; Hespanhol, I.; Cordeiro Netto, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.