

RENOVAÇÃO DO AR E CONFORTO AMBIENTAL EM AMBIENTES INTERIORES DE UMA UNIVERSIDADE

Caroline Guerra Ramos Almeida¹

André Luis Dantas Ramos²

Saúde Ambiental

RESUMO

A qualidade do ar e o conforto em ambientes internos são fatores que influenciam diretamente o bem-estar, a saúde e a produtividade dos indivíduos. Apesar disso, esse tema ainda é pouco discutido no Brasil, onde são necessários mais estudos adequados à realidade local. O objetivo do presente trabalho é mensurar a taxa de renovação do ar em ambientes interiores de uma universidade, a fim de avaliar a qualidade do ar e o conforto nesses ambientes. Para o alcance desse objetivo, foi realizado o cálculo da vazão de ar com base em uma metodologia descrita na literatura. Os resultados encontrados mostram que, para um nível de ocupação elevado, a taxa de renovação do ar não é satisfatória, fazendo-se necessária a adoção de estratégias a fim de melhorar a qualidade do ar e o conforto nesses ambientes por meio de uma melhoria na renovação do ar.

Palavras-chave: Taxa de renovação do ar; Ambientes Internos; Qualidade do ar.

INTRODUÇÃO

A elevada concentração de poluentes em ambientes internos afeta diretamente a qualidade de vida e a saúde dos indivíduos, podendo vir a ocasionar diversos problemas de saúde, como doenças respiratórias e cardiopulmonares, e até levar à morte (GENNARO et al., 2014). Um fator agravante é que se estima que as pessoas passam mais de 80% do tempo em ambientes fechados, o que ocasiona um maior risco associado à inalação de poluentes presentes nesses ambientes do que no ar externo (CINCINELLI e MARTELLINI, 2017; EPA, 2015).

Além da concentração de poluentes, fatores como temperatura, umidade do ar, ruído, iluminação, taxa de renovação do ar e velocidade do ar estão intimamente relacionados à sensação de conforto ambiental e afetam significativamente a vida das pessoas, podendo, inclusive, reduzir o desempenho humano em atividades intelectuais, manuais e perceptivas (LAMBERTS et al., 2014).

¹Universidade Federal de Sergipe; Departamento de Engenharia Ambiental; cgralmeida@gmail.com.
Aluna do Curso de Mestrado em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade Federal de Sergipe,
Departamento de Engenharia Ambiental, cgralmeida@gmail.com.

²Prof. Dr. André Luis Dantas Ramos, Universidade Federal de Sergipe – Campus de São Cristóvão,
Departamento de Engenharia Ambiental, aldramos@gmail.com.

A renovação do ar nada mais é do que a remoção dos poluentes e da umidade produzidos durante as atividades realizadas em um determinado ambiente, seguida do fornecimento do oxigênio necessário para o metabolismo humano e para aparelhos de combustão (VIEGAS, 2010). A frequência com que ocorrem essas trocas de ar entre os ambientes interno e externo pode ser expressa por um fator chamado taxa de renovação do ar (EPA, 1995).

Dada a relevante e atual importância do tema, objetiva-se com esse trabalho avaliar a qualidade do ar e o conforto em ambientes internos, baseando-se na coleta de dados relativos à taxa de renovação do ar, e posterior comparação com as recomendações estabelecidas por normas nacionais e internacionais. O ambiente selecionado para coleta de dados foi Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM) na Universidade Federal de Sergipe (UFS).

METODOLOGIA

Dentro do prédio do Departamento de Engenharia Ambiental da UFS, foram selecionados dois ambientes para a realização dos experimentos de mensuração da taxa de renovação do ar: uma sala de professor (Gabinete 5), ocupada geralmente por apenas um indivíduo, e um laboratório de informática (Laboratório de Geoprocessamento – LAGEO), com uma capacidade máxima de 22 (vinte e dois) alunos mais o professor. Ambos os ambientes selecionados são climatizados por aparelhos de ar condicionado.

Para o cálculo da taxa de renovação do ar, foi utilizada uma metodologia adaptada de Nascimento (2008), que, por sua vez, utilizou uma metodologia análoga à apresentada por Heinsohn&Cimbala (2003).

Primeiramente, elevava-se a concentração de CO₂ no ambiente através da sua inserção proposital, utilizando-se um cilindro pressurizado contendo o gás puro. Após a concentração de CO₂ atingir um valor elevado, cessava-se a liberação do gás e iniciava-se a medição da sua concentração ao longo do tempo até que atingisse um valor estável. Conhecendo-se o volume do ambiente e o perfil da concentração de CO₂ ao longo do tempo, pode-se calcular a vazão de ar no ambiente através da Equação 1.

$$\ln(C_t - C_e) = \ln(C_0 - C_e) - \frac{Q}{V}t \quad \text{Equação 1}$$

Onde: Q é a vazão de ar na entrada e na saída do ambiente; C_e é a concentração de CO₂ no ar exterior de entrada; V é o volume do ambiente; C_t é a concentração de CO₂ em

função do tempo (t); e C_0 é o valor máximo da concentração de CO_2 obtido (pico de concentração).

Assim, pode-se obter o valor da vazão de ar no ambiente a partir da determinação do coeficiente angular da reta que melhor se ajusta aos pontos no gráfico definido por $\ln(C_t - C_e)$ em função de t .

O valor da taxa de renovação do ar pode ser então obtido (em $\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$) dividindo-se o valor da vazão encontrado (em m^3/h) pelo número de pessoas. Para se obter o valor deste parâmetro em trocas/h, basta dividir o valor da vazão pelo volume do recinto.

Os valores obtidos foram então comparados aos valores de taxa de renovação do ar recomendados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gabinete 5 foram realizadas quatro medições (duas com o ar condicionado ligado e duas com o aparelho desligado). Já no LAGEO foi realizada uma medição para cada situação. As Figuras 1 e 2 mostram os valores de concentração de CO_2 variando com o tempo durante a realização de cada teste e a Tabela 1 apresenta os valores encontrados para vazão e taxa de renovação do ar, bem como os coeficientes de correlação obtidos pelo ajuste linear aos pontos dos gráficos de $\ln(C_t - C_e)$ em função de t .

Nota-se uma excelente correlação com o uso da equação linearizada do modelo (Equação 1), obtendo-se coeficientes de correlação (R^2) acima de 0,98 em todos os experimentos, o que mostra a validade do modelo empregado.

Analisando os valores obtidos para o Gabinete 5, chega-se à conclusão de que esse ambiente possui uma melhor taxa de renovação do ar quando o aparelho de ar condicionado encontra-se ligado. Uma possível explicação para esse resultado é que o aparelho de ar condicionado retira do ambiente um ar menos denso (quente) e devolve para o ambiente um ar mais denso (frio), criando uma pressão positiva no recinto, o que induz a uma maior saída de ar rico em CO_2 para o ambiente externo e a consequente entrada de ar renovado.

Os valores de taxa de renovação do ar encontrados para o LAGEO com ar condicionado ligado e desligado foram praticamente iguais, com uma pequena elevação quando o aparelho estava desligado. Este ambiente está localizado na parte central do prédio do DEAM e não possui nenhuma conexão com o ambiente externo. As únicas entradas de ar

são as frestas da porta e o contato das paredes divisórias com o teto. Mesmo que o aparelho de ar condicionado induza uma saída de ar da sala, o ar de renovação vem, em sua totalidade, de dentro do prédio, o que dificulta a diluição de substâncias dentro do ambiente.

Comparando-se os valores obtidos para taxa de renovação do ar em $\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ com o valor mínimo recomendado pela ANVISA ($27 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$) (ANVISA, 2003), conclui-se que apenas o Gabinete 5, em situação de ar condicionado ligado, se adequa à esta norma. Com o ar condicionado desligado, a taxa de renovação do ar não é suficiente para ocupação por nenhuma pessoa. O mesmo ocorre para o LAGEO, tanto com o ar condicionado ligado quanto desligado.

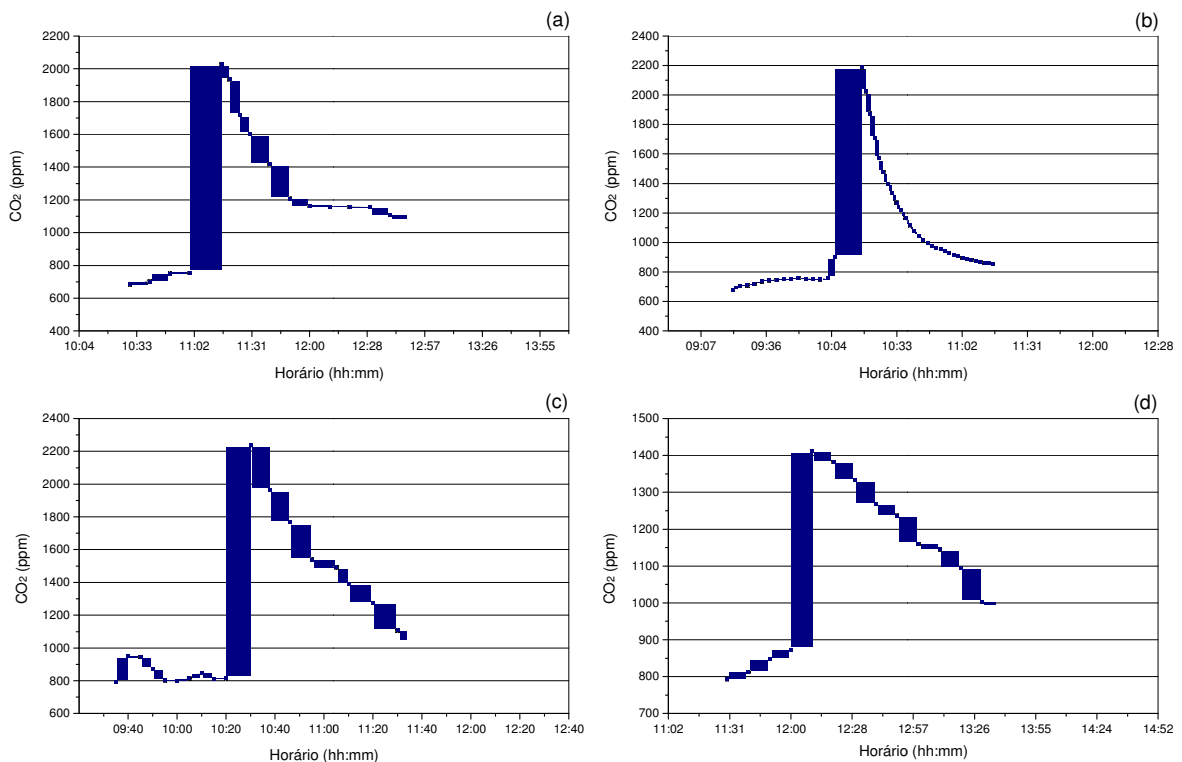


Figura 1 - Perfil de variação da concentração de CO_2 em função do tempo para o Gabinete 5 em situação de ar condicionado ligado: (a) 12/06/2015; (b) 06/11/2015; e desligado: (c) 11/06/2015; (d) 19/06/2015.

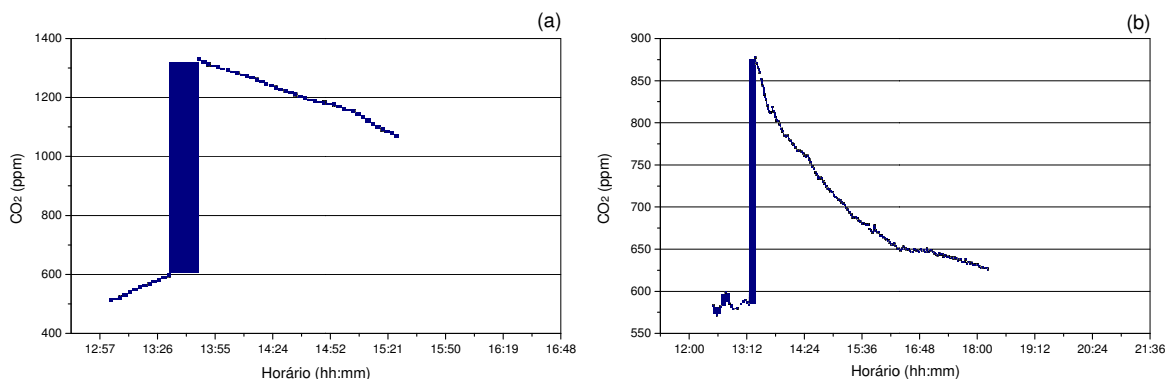


Figura 2 - Perfil de variação da concentração de CO_2 em função do tempo para o LAGEO em situação de ar condicionado ligado: (a) 01/07/2015; e desligado: (b) 13/11/2015.

Tabela 1 - Resultados dos valores de vazão, taxa de renovação do ar e coeficiente de correlação

Local	Ar condicionado	Data	Q (m ³ /h)	Taxa de renovação (m ³ /h/pessoa)	Taxa de renovação (trocas/h)	Coefficiente de correlação (R ²)
Gabinete 5	Ligado	12/06/2015	31,10	31,10	1,28	0,9928
		06/11/2015	60,61	60,61	2,49	0,9848
	Desligado	11/06/2015	21,37	21,37	0,88	0,9869
		19/06/2015	8,70	8,70	0,36	0,9897
LAGEO	Ligado	01/07/2015	22,49	0,98	0,23	0,9802
	Desligado	13/11/2015	23,49	1,02	0,24	0,9857

A ASHRAE faz recomendações quanto à taxa de renovação do ar em trocas/h para diferentes tipos de ambientes. Para escritórios, recomenda-se valores entre 6 e 20 trocas/h e, para salas de conferências, recomenda-se valores entre 25 e 30 trocas/h (MACINTYRE, 1990).

Conclui-se que nenhum dos ambientes, em nenhuma situação, encontra-se com uma taxa de renovação do ar adequada aos padrões da ASHRAE. Isso mostra que a ASHRAE é mais restrita que a ANVISA com relação à taxa de renovação do ar exigida para ambientes internos.

CONCLUSÕES

Dentre os ambientes analisados, a sala do professor apresentou um bom grau de renovação para uma ocupação de, no máximo, uma pessoa com o aparelho de ar condicionado ligado, de acordo com a Resolução nº 09 da ANVISA. O Laboratório de Informática apresentou resultados de taxa de renovação do ar muito abaixo dos limites estabelecidos pelas normas, principalmente se for levada em consideração a sua capacidade de ocupação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução ANVISA nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Publicada no DOU, de 20 de janeiro de 2003.

CINCINELLI, A. MARTELLINI, T. Indoor air quality and health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 11, 2017.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **The inside story: a guide to indoor air quality**. United States, 1995.

GENNARO, G. de et al. Indoor air quality in schools. **Environmental Chemistry Letters**, Suíça, v. 12, p. 467-482, 01 jun. 2014.

HEINSOHN, R. J.; CIMBALA, J. M. **Indoor air quality engineering**: environmental health and control of indoor pollutants. Marcel Dekker, INC, University Park, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, U.S.A, 2003.

LAMBERTS, R. et al. **Conforto e Stress Térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina: Laboratório de Eficiência Energética e Edificações, 2014.

MACINTYRE, A. J. **Ventilação industrial e controle da poluição**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1990. 403 p.

NASCIMENTO, G. C. do. **Avaliação da qualidade do ar em ambientes internos**: salas de aula. Universidade de São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, 2008.

VIEGAS, J. **Cadernos edifícios nº 6**: ventilação e qualidade do ar interior. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2010.