XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Habitações multifamiliares: análise da ventilação natural em dormitórios em três capitais regionais do Rio Grande do Sul

Vivienda multifamiliar: análisis de la ventilación natural en dormitorios en tres capitales regionales de Rio Grande do Sul

Multifamily housing: analysis of bedroom natural ventilation in three regional capitals of Rio Grande do Sul

Desempenho térmico no ambiente construído / *Rendimiento térmico en el ambiente construido / Thermal performance in the built environment*

Behenck, Camila
Mestranda em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, camilambehenck@gmail.com

Oliveira, Daiana
Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, daianafauro@gmail.com

Borges, Jamille
Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, jamillebborges@gmail.com

Medeiros, Ana
Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, anamedeiros46@gmail.com

Grigolletti, Giane
Professora Associada, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, giane.c.grigoletti@ufsm.br

Resumo

Este artigo avalia a ventilação natural em dormitórios de edifícios multifamiliares em Pelotas, Caxias do Sul e Santa Maria, cidades escolhidas por sua relevância socioeconômica regional. Foram analisados 407 dormitórios de 66 edifícios, considerando área do cômodo, área de ventilação e índice de ventilação conforme a NBR 15575-4 (2021). Para a análise utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, estatística descritiva e ANOVA com *post hoc* de Tukey. Pelotas apresentou os maiores índices de ventilação, fator que favorece o controle da umidade dos cômodos. Tanto Santa Maria quanto Caxias do Sul apresentaram índices abaixo do mínimo exigido pela norma (menor que 7%), o que se mostra preocupante já que a ventilação natural é uma variável importante para garantir uma boa qualidade do ar interno. Os resultados destacam a necessidade de um planejamento arquitetônico alinhado às condições climáticas locais e com análises voltadas à ventilação natural para garantir edificações confortáveis e eficientes energeticamente.

Palavras-chave: Dormitórios. Habitações multifamiliares. Índice de ventilação. Capitais Regionais. Rio Grande do Sul.

Resumen

Este artículo evalúa la ventilación natural en dormitorios de edificios multifamiliares en Pelotas, Caxias do Sul y Santa Maria, ciudades elegidas por su relevancia socioeconómica regional. Se analizaron 407 dormitorios de 66 edificios, considerando área, ventilación e índice de ventilación según NBR 15575-4 (2021). Para el análisis se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, estadística descriptiva y ANOVA con Tukey post hoc. Pelotas tuvo los índices de ventilación más altos, factor que favorece el control de la humedad en las habitaciones. Tanto Santa Maria como Caxias do Sul presentaron índices por debajo del mínimo exigido (menos del 7%), lo que es preocupante ya que la ventilación natural es una variable importante para garantizar una buena calidad del aire interior. Los resultados resaltan la necesidad de una planificación arquitectónica alineada con las condiciones climáticas locales y con análisis centrados en la ventilación natural para garantizar edificios confortables y energéticamente eficientes.

Palabras clave: Dormitorios. Vivienda multifamiliar. Índice de ventilación. Capitales Regionales. Rio Grande do Sul.

Abstract

This article evaluates natural ventilation in bedrooms of multi-family buildings in Pelotas, Caxias do Sul and Santa Maria, cities chosen for their regional socioeconomic relevance. 407 bedrooms from 66 buildings were analyzed, considering room area, ventilation area and ventilation index according to NBR 15575-4 (2021). For analysis, the Kolmogorov-Smirnov test, descriptive statistics and ANOVA with Tukey post hoc were applied. Pelotas had the highest ventilation rates, a factor that favors controlling humidity in rooms. Both Santa Maria and Caxias do Sul presented rates below the minimum required by the standard (less than 7%), which is worrying since natural ventilation is an important variable to ensure good indoor air quality. The results highlight the need for architectural planning aligned with local climate conditions and with analyses focused on natural ventilation to ensure comfortable and energy-efficient buildings.

Keywords: Bedroom. Multi-family housing. Ventilation index. Regional Capital. Rio Grande do Sul.

Introdução

A ventilação natural (VN) é o processo pelo qual o ar circula no interior de edificações sem o auxílio de sistemas mecânicos, ocorrendo de forma espontânea devido à diferença de pressão entre o ambiente externo e interno, ou por movimento próprio do ar (PROJETEEE, 2025). Esse fenômeno depende diretamente das condições climáticas locais e de fatores como materiais da envoltória da edificação, tamanho, forma e localização de aberturas nas fachadas, entorno construído, área útil de ventilação e ações dos usuários como abrir e fechar janelas (Bamdad et al., 2022). A VN pode contribuir para o conforto térmico, redução do consumo energético da edificação e a renovação do ar interno, promovendo ambientes mais saudáveis e sustentáveis.

Em regiões de climas quentes, por exemplo, espera-se que a maximização das aberturas e o uso de ventilação cruzada contribuam para a dissipação de calor acumulado internamente, enquanto em climas mais frios, o controle da entrada de ar pode minimizar perdas de calor indesejadas (Castillo; Huelsz, 2017). Dessa forma, a ventilação natural, além de ser uma estratégia passiva eficiente, também desempenha um papel importante para a eficiência energética e a qualidade do ambiente interno das edificações (Andreasi; Versage, 2007; Zhong et al., 2022). A relevância dessa abordagem para a eficiência energética é reforçada por estimativas que apontam que aproximadamente 40% do consumo global de energia provém de edificações, enquanto 30% das emissões globais de gases de efeito estufa são atribuídas aos sistemas de condicionamento de ar instalados em edifícios (Abergel et al., 2017).

Em relação à qualidade do ar interno, a sua importância foi amplamente destacada durante a pandemia de COVID-19, uma vez que a ventilação adequada contribui significativamente para a redução da propagação de doenças respiratórias (Decker; Atem, 2022). Portanto, garantir níveis satisfatórios de ventilação natural em ambientes de longa permanência é essencial não apenas para assegurar o conforto térmico, mas também para melhorar a qualidade do ar interior, proporcionando condições saudáveis e seguras para os moradores (Silva et al., 2022).

De acordo com o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2018), as cidades de Santa Maria, Pelotas e Caxias do Sul são classificadas como capitais

regionais, em razão de sua centralidade geográfica e importância econômica. Essas cidades exercem um papel significativo na estrutura urbana regional, servindo como polos de desenvolvimento econômico e social.

Este estudo concentra-se em dormitórios localizados nessas três cidades, que apresentam características climáticas distintas. As diferenças mais notáveis estão nas médias de temperatura e umidade relativa, variáveis que são cruciais para a análise do conforto térmico dos moradores e eficiência energética da edificação.

Santa Maria, situada no centro do Rio Grande do Sul, apresenta uma variação significativa nas médias de temperatura ao longo do ano, com máximas de 19,2°C no inverno e 31°C no verão, o que reflete as características do clima subtropical úmido da região. A precipitação média anual é elevada, somando 1.777,9 mm, concentrando-se principalmente nos meses de outubro e janeiro. A umidade relativa do ar também é alta, com uma média de 78,1%, atingindo seu pico no mês de maio, quando chega a 84,3% (Climate Data, 2024c).

Já Pelotas, localizada mais ao sul do estado, apresenta temperaturas máximas médias relativamente mais baixas em comparação a Santa Maria, variando de 17,8°C durante o inverno a 28,6°C no verão. A cidade registra uma precipitação média anual de 1.382,4 mm, com fevereiro sendo o mês mais chuvoso. Além disso, Pelotas se destaca por sua alta umidade relativa, com uma média de 82,1% ao longo do ano, atingindo seu pico em maio, quando pode alcançar até 86,2% (Climate Data, 2024b).

Por outro lado, Caxias do Sul, localizada no nordeste do estado, possui clima mais frio em relação às demais cidades analisadas. As temperaturas máximas médias variam de 16,9°C no inverno a 26,1°C no verão. A cidade registra a maior precipitação anual entre as três, totalizando 1.802,7 mm, com os meses de janeiro e outubro sendo os mais chuvosos. A umidade relativa anual é de 78,1%, atingindo seu valor máximo de 84% no mês de junho, o que contribui para as características de clima úmido e temperado da região (Climate Data, 2024a).

Considerando-se o acima exposto, o objetivo deste artigo é analisar a ventilação natural em habitações multifamiliares em edifícios de múltiplos pavimentos nas cidades de Pelotas, Caxias do Sul e Santa Maria, localizadas no RS, a partir da área dos cômodos, área útil de ventilação e o

índice de ventilação. Neste artigo, são apresentados os resultados apenas para os dormitórios das edificações, por serem os ambientes de longa permanência com maior tempo de ocupação, em média 8 horas durante a noite (Dement, 2005).

Metodologia

O método dividiu-se em três etapas básicas: (1) seleção do objeto de estudo e estudo da legislação urbanística aplicável; (2) levantamentos de campo e tratamento dos dados; e (3) análises estatísticas.

Seleção do objeto de estudo

Foram analisadas habitações multifamiliares em edifícios de múltiplos pavimentos localizados nas cidades de Pelotas, Caxias do Sul e Santa Maria. A escolha dessas tipologias se justifica pelo aumento da densidade populacional urbana nas últimas décadas, o que tornou os edifícios multifamiliares de múltiplos pavimentos mais comuns nessas regiões.

Levantamentos de campo e tratamento dos dados

A seleção da amostra se deu ao limitar edificações multifamiliares, de multipavimentos, que possuíam dois a três dormitórios e com dados disponíveis em catálogos comerciais disponibilizados na internet de construtoras das três cidades analisadas. Posteriormente, para complementação das informações, quando necessário, as construtoras foram contatadas. Ao todo, foram avaliados 66 edifícios, totalizando 182 apartamentos, e 407 dormitórios (Pelotas = 109, Santa Maria = 162, Caxias do Sul = 136). Para os resultados apresentados neste artigo, após a coleta dos dados, foram organizados em planilhas eletrônicas com as informações quantitativas das áreas dos dormitórios e áreas de janelas, bem como, dados qualitativos referentes à cidade.

As áreas dos dormitórios, a área de ventilação efetiva e o índice de ventilação foram analisados, sendo este último calculado de acordo com a NBR 15575-4 (2021), norma técnica brasileira que regula o desempenho de edificações habitacionais. Estes dados foram acrescentados à planilha eletrônica, compondo-se, assim, o banco de dados para a análise estatística.

Análises estatísticas

Para averiguar se a distribuição dos dados é normal, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, adequado para análise de conjunto de dados superiores a 50 amostras. Este teste se faz necessário pois, se os dados não tiverem uma distribuição normal, deve-se fazer uso de testes estatísticos não paramétricos para as demais análises. Com o propósito de caracterizar os dormitórios de cada cidade investigada utilizou-se a estatística descritiva, apresentando média, desvio padrão, valores mínimos e valores máximos da área construída dos dormitórios, da área de ventilação e do índice de ventilação. A fim de comparar os resultados obtidos entre cidades, fez-se o uso do teste ANOVA, pois é robusto o suficiente para suportar a análise de grupos com diferentes tamanhos de amostra. Como o teste ANOVA permite somente dizer se há ou não diferença entre as cidades em relação aos dados analisados, utilizou-se o *post hoc* de Tukey para identificar quais as variáveis que apresentavam diferença. Utilizou-se o programa SPSS, versão 23, adotando-se como nível de significância $p<0,05$.

Não foi possível verificar a margem de erro e a confiança uma vez que não se pode apurar a composição da amostra em função da população (número total de dormitórios em edifícios com a característica pré-estabelecida).

Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados descritivos das variáveis área do dormitório, área útil de ventilação e índice de ventilação, para as cidades selecionadas. Nesta tabela, também são apresentados os resultados da comparação das cidades, considerando uma mesma variável, cujas diferenças são apontadas com letras. É possível constatar que a metragem quadrada dos dormitórios em Santa Maria é significativamente maior ($p<0,01$) que as áreas dos dormitórios das cidades de Pelotas e de Caxias do Sul, sendo que entre estas duas últimas não houve diferença estatisticamente significativa.

Tabela 1: Área do dormitório, área de ventilação e índice de ventilação para as cidades analisadas e sua comparação

Variável	Cidade	n	Média	Desv. Padrão	Mínimo	Máximo
ÁREA DO DORMITÓRIO (m^2)	Pelotas	109	9,4885[a]	2,33941	6,75	20,56
	Santa Maria	162	11,3610[b]	3,14438	3,56	24,19
	Caxias do Sul	136	10,0571[a]	2,72125	5,01	18,36
ÁREA DE VENTILAÇÃO (m^2)	Pelotas	109	1,0826[a]	0,43554	0,72	2,10
	Santa Maria	162	0,9292[b]	0,09363	0,90	1,26
	Caxias do Sul	136	0,8843[b]	0,24206	0,54	2,53
ÍNDICE DE VENTILAÇÃO (%)	Pelotas	109	0,1135[a]	0,03435	0,07	0,20
	Santa Maria	162	0,0878[b]	0,02650	0,04	0,25
	Caxias do Sul	136	0,0903[b]	0,01750	0,04	0,14

[a - b] Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa (p<0,01) (ANOVA, *post hoc* de Tukey) entre as cidades em relação a mesma variável.

Fonte: Autores (2024).

Já em relação à área de ventilação dos dormitórios, a média da metragem quadrada de Pelotas é estatisticamente maior (p<0,01) que as médias de Santa Maria e Caxias do Sul, entre as quais não houve diferença estatisticamente significativa.

No que diz respeito ao índice de ventilação, os resultados apresentados na Tabela 1 permitem constatar que a média dos índices de ventilação de Pelotas são significativamente maiores (p<0,01) que os das outras duas cidades (Santa Maria e Caxias do Sul), pois possui uma média de área de dormitório menor e uma média de área de ventilação maior.

Ainda na Tabela 1, percebe-se uma variação de valores mínimos e máximos muito grande dentro das próprias cidades, principalmente em relação à área dos dormitórios e ao índice de ventilação.

De acordo com a NBR 15575-4 (2021), o índice mínimo de ventilação para um dormitório (ambiente de longa permanência), nas Zonas Bioclimáticas 1 a 7, as quais abrangem as capitais regionais investigadas, é de 7%. Nota-se, ao observar os valores mínimos e máximos, que alguns dormitórios das cidades de Santa Maria e Caxias do Sul possuem valores de índice de ventilação menores que os exigidos pela norma (4%), enquanto outros apresentam valores muito acima (25% e 14%, respectivamente).

Os resultados deste estudo indicaram que Pelotas apresentou os melhores índices de ventilação entre as três cidades analisadas, um aspecto particularmente positivo considerando seus altos níveis de umidade. Cidades com maior umidade relativa, como Pelotas, beneficiam-se diretamente de uma ventilação eficiente, pois esta contribui significativamente para a remoção de poluentes e excesso de umidade no ar interno. Trabalhos como os de Bayoumi (2018), Zhang et al. (2021) e Jamaludin et al. (2014) destacam a importância da ventilação natural na extração de poluentes e umidade, auxiliando na prevenção de doenças respiratórias e no controle do mofo. A ventilação eficiente, em ambientes com alta umidade, reduz a concentração de agentes patogênicos e mantém o ar mais saudável, além de minimizar os riscos de crescimento de fungos nas superfícies internas. Nesse sentido, a ventilação natural, em Pelotas, com sua alta média de umidade e bom desempenho de ventilação, demonstra ser um ponto positivo para a saúde e o bem-estar dos moradores.

Em relação ao conforto térmico, a ventilação natural é importante para auxiliar na dissipação do calor corporal nos ambientes e auxiliar na evaporação da transpiração dos usuários em momentos de altas temperaturas (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014). Em momentos de frio (todas as cidades analisadas possuem médias baixas de temperatura durante o inverno), mesmo que não seja desejada a dissipação de calor, a ventilação natural ainda se faz necessária para a renovação e a qualidade do ar interno (Stabile et al., 2017). Além disso, o controle da ventilação natural é importante para a prevenção de doenças contagiosas, como o COVID-19 (Park et al., 2021).

Ressalta-se a importância de se atender ao mínimo exigido pelas normativas vigentes, no caso deste estudo, no que se refere ao índice de ventilação natural de ambientes de longa permanência. É preocupante o fato de, tanto na amostra de Santa Maria, quanto na de Caxias do Sul, alguns dormitórios apresentarem índices de ventilação inferiores ao mínimo exigido pela

norma nacional de desempenho, enquanto outros apresentaram valores três vezes maiores que o mínimo exigido em se tratando de ambientes com a mesma finalidade.

Conclusões

Este estudo investigou as características de ventilação natural em dormitórios de habitações multifamiliares nas cidades de Santa Maria, Pelotas e Caxias do Sul, ressaltando a importância desse fenômeno para o conforto térmico e a qualidade do ar interno. Foram analisados 407 dormitórios distribuídos em edificações multipavimento nestas três cidades gaúchas. Os resultados indicam que Pelotas possui os melhores índices de ventilação entre as três, o que é particularmente relevante considerando suas altas médias de umidade relativa.

A pesquisa evidenciou a necessidade de um planejamento arquitetônico adequado, que leve em consideração as características climáticas locais a fim de promover o conforto térmico e a preservação da saúde dos ocupantes por meio da ventilação natural. Futuros estudos podem aprofundar mais as análises para compreender os demais fatores que influenciam no bem estar do usuário de residências multifamiliares de múltiplos pavimentos, tais como, orientação solar, direção dos ventos, entre outros, a fim de auxiliar em projetos futuros nestas cidades e em regiões próximas, além de estudar o papel da ventilação natural na eficiência energética de edificações multifamiliares multipavimentos.

Agradecimentos

À CAPES (código 001), FAPERGS e aos programas institucionais FIPE e PIBIC pelos recursos concedidos.

Referências

ABERGEL, Thibaut et al. **Energy technology perspectives 2017:** Catalysing energy technology transformations. Paris: IEA/OECD, 2017.

ANDREASI, Wagner Augusto; VERSAGE, Rogério de Souza. A Ventilação natural como estratégia visando proporcionar conforto térmico e eficiência energética no ambiente interno. **Iniciação Científica-Convênio ECV943/03**, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** edificações habitacionais: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2021.

BAMDAD, Keivan et al. Introducing extended natural ventilation index for buildings under the present and future changing climates. **Building and Environment**, v. 226, p. 109688, 2022.

BAYOUMI, Mohannad. Improving natural ventilation conditions on semi-outdoor and indoor levels in warm–humid climates. **Buildings**, v. 8, n. 6, p. 75, 2018.

CASTILLO, J. A.; HUELSZ, Guadalupe. A methodology to evaluate the indoor natural ventilation in hot climates: Heat Balance Index. **Building and Environment**, v. 114, p. 366-373, 2017.

CLIMATE DATA. **Data and graphs for weather & climate in Caxias do Sul**. 2024a. Disponível em: https://en.climate-data.org/south-america/brazil/rio-grande-do-sul/caxias-do-sul-1385/. Acesso em: 18 set. 2024.

CLIMATE DATA. **Data and graphs for weather & climate in Pelotas**. 2024b. Disponível em: https://en.climate-data.org/south-america/brazil/rio-grande-do-sul/pelotas-2118/ . Acesso em: 18 set. 2024.

CLIMATE DATA. **Data and graphs for weather & climate in Santa Maria**. 2024c. Disponível em: https://en.climate-data.org/south-america/brazil/rio-grande-do-sul/santa-maria-4498/ . Acesso em: 18 set. 2024.

DECKER, P. H. B. .; ATEM, C. G. Ventilação natural como instrumento na redução da propagação da Covid-19 em salas de aula. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 22, n. 4, 2022.

DEMENT, W. C. Sleep extension: getting as much extra sleep as possible. **Clinics in Sports Medicine**, v.24, Issue 2, p.251-268, 2005.

SILVA, Saulo Vieira de Oliveira et al. Ventilação natural e qualidade do ar em salas de aula: revisão sistemática da literatura. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 13, n. 00, p. e022021, 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. 2018. Rede e hierarquia urbana. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.** Disponível em https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/rede-e-hierarquia-urbana . Acesso em 17 set. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climatológicos**. Disponível em:

https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377 . Acesso em: 21 set. 2024.

JAMALUDIN, Adi Ainurzaman et al. A study on different natural ventilation approaches at a residential college building with the internal courtyard arrangement. **Energy and Buildings**, v. 72, p. 340-352, 2014.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

PARK, S. et al. Natural ventilation strategy and related issues to prevent coronavirus disease 2019 (COVID-19) airborne transmission in a school building. **Science of the Total ENvironment**, v. 789, may 2021.

PROJETEEE. **Ventilação Natural**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente / Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2015.

SCHERER, P.; GRIGOLETTI, G. de C. . Avaliação de estratégias de ventilação natural para salas de aula em clima subtropical úmido. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 23–57, 2022.

STABILE, Luca et al. The effect of natural ventilation strategy on indoor air quality in schools. **Science of the Total Environment**, v. 595, p. 894-902, 2017.

YIN, Wei et al. Natural ventilation potential model considering solution multiplicity, window opening percentage, air velocity and humidity in China. **Building and environment**, v. 45, n. 2, p. 338-344, 2010.

ZHANG, Haihua et al. A critical review of combined natural ventilation techniques in sustainable buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 141, p. 110795, 2021.

ZHONG, Huai-Yu et al. Single-sided natural ventilation in buildings: a critical literature review. **Building and Environment**, v. 212, p. 108797, 2022.