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

Influência dos Muros no Comportamento da Ventilação Natural em Edificações: Uma Revisão da Literatura

Influencia de los Muros en el Comportamiento de la Ventilación Natural en Edificaciones: Una Revisión de la Literatura

Influence of Boundary Walls on Natural Ventilation Behavior in Buildings: A Literature Review

Desempenho térmico do ambiente construído

Cavalcanti da Costa, Isabely Penina
Doutora, Instituto Federal de Alagoas e Universidade Estadual de Campinas, Batalha, Brasil, isabely.costa@ifal.edu.br

Labaki Chebel, Lucila
Doutora, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, chebella@unicamp.br

Resumo

A presença de barreiras, como muros, ao redor das edificações pode alterar o comportamento dos ventos, mas há uma escassez de estudos que sintetizem os efeitos desses elementos. Este estudo teve como objetivo investigar os impactos dos muros na ventilação natural por meio de uma revisão da literatura. Os principais resultados mostraram que a incorporação de muros nas edificações modifica a distribuição de pressão, reduz a velocidade do vento e a taxa de fluxo de ar, além de alterar o padrão de escoamento do vento. A intensidade desses efeitos varia conforme as características geométricas dos muros, como geometria, área permeável, altura e localização. A revisão evidencia a importância de aprofundar o entendimento sobre a interferência das características dos muros na ventilação natural, reforçando a necessidade de pesquisas que subsidiem diretrizes para sua adequada concepção construtiva.

Palavras-chave: Ventilação natural. Muro. Análise paramétrica. Revisão de literatura.

Resumen

La presencia de barreras, como muros, alrededor de las edificaciones puede alterar el comportamiento de los vientos, pero existe una escasez de estudios que sinteticen los efectos de estos elementos. El objetivo de este estudio fue investigar los impactos de los muros en la ventilación natural mediante una revisión de la literatura. Los principales resultados mostraron que la incorporación de muros en las edificaciones modifica la distribución de presión, reduce la velocidad del viento y la tasa de flujo de aire, además de alterar el patrón de flujo del viento. La intensidad de estos efectos varía según las características geométricas de los muros, como la geometría, el área permeable, la altura y la ubicación. La revisión evidencia la importancia de profundizar en la comprensión de la interferencia de las características de los muros en la ventilación natural, reforzando la necesidad de investigaciones que respalden directrices para su adecuada concepción constructiva.

Palabras clave: Ventilación natural. Muro. Análisis paramétrico. Revisión de literatura.

Abstract

The presence of barriers, such as boundary walls, around buildings can alter wind circulation, but there is a scarcity of studies synthesizing the effects of these elements. This study aimed to investigate the impacts of boundary walls on natural ventilation through a literature review. The main findings indicated that the incorporation of walls in buildings modifies pressure distribution, reduces wind speed and airflow rate, and changes the wind flow pattern. The intensity of these effects varies according to the geometric characteristics of the boundary walls, such as geometry, permeable area, height, and location. The review highlights the importance of deepening the understanding of how wall characteristics affect natural ventilation, reinforcing the need for research to support guidelines for their proper constructive design.

Keywords: Natural ventilation. Boundary wall. Parametric analysis. Literature review.

Introdução

Ao longo da história, pesquisas investigaram os efeitos gerados por barreiras na modificação do fluxo de ar, sobretudo com foco na proteção de propriedades agrícolas contra ventos fortes (Olgyay, 1998; Brown; Dekay, 2004). Essas pesquisas evidenciaram a influência de parâmetros como a porosidade (área permeável), a altura e a geometria da barreira no comportamento dos ventos. A maioria dos estudos focou em barreiras isoladas ou espaços abertos, contudo a presença de uma edificação modifica o padrão do fluxo de ar devido à formação de vórtices, reduzindo a velocidade do vento (Li; Wang; Bell, 2007). Assim, a interação entre barreiras e edificações torna-se relevante para entender os efeitos desses elementos tanto nas áreas urbanas quanto em espaços internos.

Apesar da compreensão dos possíveis efeitos de barreiras no ambiente construído, a exemplo dos efeitos dos muros ao redor das edificações, estes não foram sistematicamente identificados no intuito de formular diretrizes construtivas adequadas para a incorporação desses elementos. Embora algumas pesquisas tenham revisado os padrões do fluxo de ar ao redor de barreiras sólidas (Gallagher, 2015; Lyu; Wang; Mason, 2020), menos atenção foi dedicada à síntese da interação entre muros e edificações. A hipótese desta revisão é que escassas pesquisas trataram detalhadamente dessa interação. Assim, neste trabalho, foi realizada uma investigação dos efeitos dos muros no comportamento da ventilação natural por meio de uma revisão da literatura.

Materiais e métodos

Baseado nos procedimentos de Jesson, Matheson e Lacey (2011), a pesquisa realizou uma revisão sistemática da literatura (RSL). Além disso, foi conduzida uma revisão de literatura não sistemática (RSLN), para incluir trabalhos aplicando a estratégia de amostragem em “bola de neve”. O objetivo de ambas as revisões foi investigar a influência dos muros ao redor dos edifícios no comportamento da ventilação natural. Ressalta-se que, entre os critérios adotados na RSL, não houve recorte temporal. O Quadro 1 sintetiza o protocolo seguido na RSL.

Por meio da busca por palavras-chave, um total de 234 estudos foi identificado. Após a primeira leitura dos títulos e resumos, foram removidos 109 artigos que não estavam relacionados ao problema de pesquisa. Subsequente à aplicação dos critérios de inclusão e

exclusão, e das variáveis para avaliação da qualidade dos estudos, apenas 15 atenderam às condições estabelecidas no protocolo de revisão (Quadro 1).

Quadro 1. Síntese do protocolo aplicado na RSL

ETAPA	DESCRIÇÃO		
Problema pesquisado	Qual o efeito dos muros no aproveitamento da ventilação natural nas edificações?		
***String* de busca** (Título, resumo ou palavras-chave)	*Objeto de estudo (windbreak* OR fence* OR hedge* OR "boundary wall*")*	*AND*	*Fenômeno ("natural ventilation" OR "cross ventilation" OR wind)*
		AND	*Área (building OR house OR urban)*
Base de dados	*Scopus, Web of Science, Science Direct, Engineering Village, SciELO*		
Seleção dos estudos (critérios)	**Inclusão**		**Exclusão**
	Linguagem: (1) Inglês (2) português		**Linguagem**: (1) Nada além de inglês e português
	Tópico: (1) Fluxo de ar (interno e externo) (2) Conforto térmico (interno e externo) (3) Conforto do vento em pedestre (4) Cargas de vento (5) Desempenho energético		**Tópico:** (1) Produção agrícola (2) Produção de energia (3) Qualidade do ar (4) Controle da erosão (5) Controle da neve (6) Redução da vibração ou ruído (7) Segurança no transporte
	Tipo de barreira: (1) Muro artificial (2) Cercas vivas		**Tipo de barreira:** (1) quebra-ventos florestais
	Análise: (1) Arquitetura (ambiente construído) (2) Muro + edificação		**Análise:** (1) Muro ou barreira isolada
Avaliação da qualidade	**Avaliação interna** (Codinhoto *et al.,* 2008): (1) fundamentação; (2) método; (3) resultados/contribuições; e (4) generalizações.		
Extração de dados	Período; área de pesquisa; localização; clima; objetivo; método; parâmetros; Métricas; principais resultados; e contribuições.		

Fonte: Autor (2024).

A revisão não sistemática da literatura (RNSL) incluiu 10 estudos, entre eles artigos de periódicos, trabalhos em anais de eventos e dissertações, provenientes do conhecimento dos autores ou selecionados pela estratégia "bola de neve". No conjunto dos 25 estudos selecionados (Quadro 2), a análise do padrão do fluxo de ar, seja interno ou no entorno das edificações, foi o escopo mais recorrente. Escassos estudos investigaram os efeitos dos muros nas condições de conforto térmico. Destaca-se também a falta de pesquisas com enfoque no desempenho energético das edificações.

Quadro 2. Estudos incluídos na revisão de literatura (RSL e RSLN)

Revisão sistemática da literatura (RSL)		
Estudo (ref.)	**Escopo**	**Parâmetro**
Idowu, Junaid e Humphrey (2018)	Padrão de fluxo de ar	Área permeável do muro (%); geometria do muro e direção do vento
Hawendi e Gao (2017)	Padrão de fluxo de ar	Altura do muro
Wang *et al*. (2017)	Padrão de fluxo de ar	Localização do muro; área permeável do muro (%) e geometria do muro
Baetu, Baetu e Budescu (2016)	Cargas de vento	Geometria do muro (defletor) e área permeável do muro (%)
Zhang, Jin e Dong (2015)	Padrão de fluxo de ar	Altura do muro; localização do muro e geometria da edificação
Amos- Abanyie e Koranteng (2014)	Padrão de fluxo de ar	Área permeável do muro (%) e localização do muro
Labaki *et al*. (2011)	Padrão de fluxo de ar	Direção do vento
John *et al*. (2011)	Cargas de vento	Localização do muro (recuo frontal)
Chang e Cheng (2009)	Padrão de fluxo de ar	Área permeável do muro (%)
John, Gairola e Mukherjee (2009a)	Cargas de vento	Direção do vento e localização do muro
John, Gairola, Mukherjee (2009b)	Cargas de vento	Direção do vento e localização do muro
John, Gairola e Krishna (2008)	Cargas de vento	Localização do muro
Li, Wang e Bell (2007)	Padrão de fluxo de ar	Localização do muro; área permeável do muro (%); direção do vento e geometria da edificação
Chang (2006)	Padrão de fluxo de ar	Altura do muro; área permeável do muro (%) e localização do muro
Klemm e Jablonski (2003)	Padrão de fluxo de ar	Direção do vento e geometria do muro
Revisão de literatura não sistemática (RSLN)		
Meddage, Lewangamage e Weerasuriya (2022)	Cargas de vento	Localização do muro
Xavier e Lukiantchuki (2021)	Padrão de fluxo de ar	Área permeável do muro
Costa, Neves e Labaki (2020)	Conforto térmico	Área permeável do muro (%); geometria muro e direção do vento
Costa (2018)	Padrão de fluxo de ar	Geometria do muro; área permeável do muro (%) e direção do vento
Costa, Barbosa e Barbirato (2019)	Padrão de fluxo de ar	Geometria do muro e área permeável do muro (%)
Costa, Barbosa e Barbirato (2018)	Padrão de fluxo de ar	Geometria do muro e área permeável do muro (%)
Costa, Bittencourt e Barbosa (2017)	Padrão de fluxo de ar	Geometria do muro e localização do muro
Marín Castaño (2017)	Conforto térmico	Geometria da edificação e direção do vento
Oliveira, Labaki e Vatavuk (2009)	Padrão de fluxo de ar	Sem análise paramétrica
Oliveira *et al.* (2005)	Padrão de fluxo de ar	Sem análise paramétrica

Fonte: Autor (2024).

Efeitos das características dos muros no comportamento dos ventos

Os efeitos do muro na ventilação foram analisados de diversas maneiras nos estudos revisados, por meio de diferentes abordagens metodológicas, variáveis e parâmetros. Embora a comparação direta tenha sido desafiadora, foi possível identificar similaridades e características predominantes entre as pesquisas. Este trabalho focou na análise e discussão dos trabalhos de acordo com os parâmetros geométricos dos muros: (1) porcentagem de área permeável do muro; (2) distância do muro para edificação; (3) geometria do muro; e (4) altura do muro.

Porcentagem de área permeável do muro

De maneira geral, muros com mais de 50% de área permeável não alteram significativamente a ventilação natural, mantendo um alto diferencial de pressão (Cp) e permitindo altas velocidades de vento, fluxo de ar e turbulência. Em climas frios, isso pode causar desconforto, enquanto em climas quentes, favorece a ventilação cruzada (Wang *et al.*, 2017; Hawendi; Gao, 2017). Chang (2006) descreve o "fluxo incidente", no qual o ar atravessa o muro e circula internamente. No entanto, Chang e Cheng (2009) observaram que, com 60% de permeabilidade, ocorre redução da taxa de fluxo de ar devido ao efeito de bloqueio.

Muros com permeabilidade média (30% a 50%) apresentaram efeitos diversos, conforme o estudo. Em relação aos muros sólidos (0%), a maioria indicou maior fluxo de ar ao redor e dentro da edificação. Costa, Neves e Labaki (2020) destacaram maiores taxas de troca de ar e menor grau de resfriamento. Porém, Chang (2006) e Chang e Cheng (2009) observaram que muros com 30 a 40% de permeabilidade geraram fluxo estagnado ou "ventilação nula", devido à distribuição uniforme da pressão interna.

Os estudos revisados não identificaram diferenças consideráveis entre muros com baixa permeabilidade (<30%) e muros sólidos (0%). Ambos reduziram a velocidade do vento ao redor e dentro da edificação, com variação conforme o modelo adotado. Hawendi e Gao (2017) observaram uma redução de até 66% na velocidade interna, enquanto Labaki *et al.* (2011) e Wang *et al.* (2017) registraram reduções entre 15 e 23%. Em muitos casos, essa diminuição foi considerada benéfica para o conforto dos usuários (Hawendi; Gao, 2017; Wang *et al.,* 2017). Alguns estudos descreveram padrões similares de fluxo de ar para muros sólidos. O muro frontal direcionou o fluxo para cima, criando recirculação entre o muro e o edifício. A área próxima ao muro foi considerada de máxima proteção contra o vento devido à

estagnação do fluxo. Já perto das aberturas, ocorreram redemoinhos e turbulências, com baixa incidência de fluxo interno na maioria dos casos (Chang, 2006; Chang; Cheng, 2009; Hawendi; Gao, 2017; Wang *et al*., 2017).

Distância do muro para edificação

Wang *et al.* (2017) e Li, Wang e Bell (2007) determinaram a distância do muro com base em sua altura (h). Ambos analisaram grandes recuos frontais (>20 m), sem considerar o impacto nos espaços internos. Concluíram que recuos menores reduzem mais a velocidade do vento, especialmente para muros sólidos ou de baixa permeabilidade. Li, Wang e Bell (2007) atribuíram essa redução à distância de recuo, independentemente da permeabilidade. Já Wang *et al.* (2017) não identificaram correlação clara, mas observaram que recuos menores ampliam as diferenças entre os níveis de permeabilidade, sendo essa influência menor em muros mais permeáveis.

Estudos como os de John, Gairola e Mukherjee (2009a; 2009b) e Meddage, Lewangamage e Weerasuriya (2022) utilizaram a altura do edifício (H) para definir a distância do recuo frontal, variando de 4 a 30 m para muros sólidos (0%). Os resultados mostraram que a variação do recuo influenciou o comportamento do Cp, com menores distâncias reduzindo mais o Cp nas fachadas, especialmente a barlavento.

Chang (2006) utilizou a altura do edifício como referência, com a área permeável do muro fixada em 20%. O estudo, realizado em uma residência de dois pavimentos, mostrou comportamentos distintos conforme a distância de recuo. Com recuo menor, houve ventilação cruzada em ambos os pavimentos; com recuo intermediário, ocorreu estagnação do fluxo; e com recuo maior, a recirculação do ar foi observada perto do edifício, afetando a incidência de vento no 1º pavimento. Chang (2006) também comparou a ventilação cruzada para dois recuos (1 e 4 L/H) e diferentes percentuais de área permeável. Constatou que, com recuo menor, a ventilação no 1º pavimento aumentou com a área permeável, enquanto no 2º pavimento não houve alteração significativa. Com recuo maior, a ventilação cruzada aumentou em ambos os pavimentos à medida que a permeabilidade crescia.

Os demais estudos basearam os recuos nas características das edificações locais, variando de 1,5 a 13 m. Com muros sólidos, recuos maiores favorecem o aproveitamento do vento, enquanto, com muros permeáveis, recuos menores são mais benéficos para a ventilação devido à menor turbulência na região frontal. Zhang, Jin e Dong (2015) analisaram a

implantação da edificação no lote, considerando não apenas o recuo frontal, mas também os laterais e posteriores. Constatou-se que, em lotes curtos com recuo posterior menor, a velocidade do vento tende a ser menos uniforme, e em lotes estreitos, a velocidade do vento aumenta nas laterais da edificação.

Geometria do muro

Costa (2018) e Baetu, Baetu e Budescu (2016) estudaram muros com diferentes configurações de componentes laminados. Muros com lâminas horizontais inclinadas para o solo apresentaram melhor abrangência do fluxo de ar e maiores velocidades do vento. No entanto, dependendo da geometria, alguns muros laminados apresentaram desempenho inferior ao muro sólido, como o modelo com lâminas horizontais ascendentes (Costa, 2018). Em ventos fortes, Baetu, Baetu e Budescu (2016) observaram que muros com lâminas retas eram mais eficazes na proteção da edificação, reduzindo a velocidade do vento sem sobrecarregar a estrutura do telhado. Idowu, Junaid e Humphrey (2018) destacaram que a localização da área permeável influenciava a ventilação, sendo os coeficientes de ventilação mais elevados quando as áreas estavam próximas ao solo.

Altura do muro

Os poucos estudos sobre a altura do muro utilizaram diferentes referências dimensionais, níveis de permeabilidade e recuos frontais, mas todos concluíram que maior altura reduz a velocidade do vento dentro e ao redor do edifício. Hawendi e Gao (2017) observaram que, ao aumentar a altura de um muro sólido em 20%, a pressão diminuiu e a zona de recirculação se intensificou, reduzindo a velocidade média do vento. Apesar de não haver diferença significativa na distribuição da velocidade média, o muro mais alto gerou um fluxo mais turbulento a barlavento, reduzindo a ventilação interna, mas ofereceu maior conforto ao diminuir a flutuação da energia cinética turbulenta (k). Chang (2006) concluiu que, para um muro com 20% de permeabilidade e recuo frontal médio, o aumento da altura reduziu o fluxo de ar interno, enquanto uma altura mais baixa não causou diferença em relação a um edifício sem muro. O aumento da altura influenciou a camada de cisalhamento no topo, desviando o fluxo para o telhado e gerando recirculação ou estagnação a barlavento.

Considerações finais

Esta revisão da literatura mostrou que a incorporação de muros em edificações altera as condições do vento, modificando a distribuição de pressão, reduzindo a velocidade do vento e a taxa de fluxo de ar e mudando o padrão de escoamento do vento. A intensidade desses efeitos varia conforme a configuração dos muros, incluindo geometria, permeabilidade, altura e localização.

Ao avaliar os parâmetros separadamente, em um contexto em que a ventilação natural é necessária, são mais adequados os muros que possuem (1) elevada porcentagem de área permeável, (2) áreas permeáveis próximas ao solo ou com componentes laminados que direcionem o fluxo de ar para o solo, (3) baixa altura, e (4) posicionamento em grandes recuos. Em contraste, a configuração oposta pode ser mais eficaz para proteção contra os ventos fortes. No entanto, a análise combinada dos parâmetros revela relações importantes. Por exemplo, muros com alta permeabilidade não exigem grandes recuos frontais quando a ventilação natural é necessária. Os estudos revisados indicam que baixos percentuais de área permeável reduzem os efeitos indesejáveis do vento, enquanto muros sólidos (0% de permeabilidade) geram turbulência e redemoinhos. Percentuais entre 25% e 33% são ideais para proteção, enquanto áreas permeáveis acima de 50% favorecem a ventilação natural. A geometria do muro vazado influencia o fluxo de ar e pode, em alguns casos, ser menos eficiente que um muro sólido. Já a relação entre altura do muro e outros parâmetros permanece incerta devido à falta de estudos específicos.

Apesar da amplitude internacional, esta revisão da literatura foi limitada pela ausência de estudos sobre os efeitos dos muros nas edificações, confirmando a hipótese inicial de que poucas pesquisas abordam essa interação em detalhes. Recomenda-se a realização de novas investigações para uma melhor compreensão desses efeitos, com o objetivo de subsidiar a elaboração de diretrizes para a construção desses elementos.

Referências

AMOS-ABANYIE, S; KORANTENG, S. An evaluation of the effects of external landscaping elements on indoor airflow rate and patterns using computational fluid dynamics. **European Scientific Journal**, 10(14), pp. 286–299, 2014.

BAETU, G.; BAETU, S.-A.; BUDESCU, M. Protection of Lightweight Steel Structures Against Extreme Winds. In: **Anais do International Multidisciplinary Scientific GeoConference** - SGEM, pp. 515–522, 2016.

BROWN, G. Z.; DEKAY, Mark. **Sol, Vento e Luz**: estratégias para o projeto de Arquitetura. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CHANG, W. R. Effect of porous hedge on cross ventilation of a residential building. **Building and Environment**, [S. l.], v. 41, n. 5, p. 549–556, 2006.

CHANG, W. R.; CHENG, C. L. Modulation of cross ventilation in a residential building using a porous hedge. **Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers**, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 409–417, 2009.

CODINHOTO, R.; TZORTZOPOULOS, P.; KAGIOGLOU, M.; AOUAD, G.; COOPER, R. The effects of the built environment on health outcomes. In: **Health and Care Research and Innovation Centre (HaCIRIC)**, Research Report. HaCIRIC: Salford, 2008, pp. 75.

COSTA, ISABELY PENINA; NEVES, LETICIA D. E. OLIVEIRA; LABAKI, LUCILA CHEBEL. Analysis of Different Wall Typologies: The thermal performance of a naturally ventilated social interest housing. In: **PLEA 2020 A CORUÑA**: PLANNING POST CARBON CIT IES ANALYSIS 2020. Anais [...], A Coruña, 2020.

COSTA, ISABELY. **Influência de muros vazados laminados no desempenho da ventilação natural em habitações de interesse social**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo: Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2018.

COSTA, ISABELY; BARBOSA, RICARDO; BARBIRATO, GIANNA. A influência da configuração geométrica de muros vazados nos padrões de comportamento dos ventos em habitações térreas. In: **XV ENCAC; XI ELACAC 2019**. Anais [...]. João Pessoa p. 902–911, 2019.

COSTA, ISABELY; BARBOSA, RICARDO; BARBIRATO, GIANNA. Desempenho da ventilação natural em diferentes configurações de muros vazados laminados. In: **XVII ENTAC**. Anais [...]. Foz do Iguaçu p. 1027–1037, 2018.

COSTA, ISABELY; BITTENCOURT, LEONARDO; BARBOSA, RICARDO. Influência de muros vazados no desempenho da ventilação natural em edificação térrea. In: **XIX ENCAC, X ELACAC** 2017, Anais [...]. Balneário Camboriú, p. 1–10, 2017.

GALLAGHER, JOHN; BALDAUF, RICHARD; FULLER, CHRISTINA; KUMAR, PRASHANT; GILL, LAURENCE; MCNABOLA, AONGHUS. Passive methods for improving air quality in the built environment: A review of porous and solid barriers. **Atmospheric Environment**: England, v. 120, p. 61–70, 2015.

HAWENDI, SHERZAD; GAO, SHIAN. Impact of an external boundary wall on indoor flow field and natural cross-ventilation in an isolated family house using numerical simulations. **Journal of Building Engineering**, [S. l.], v. 10, p. 109–123, 2017.

IDOWU, O. M.; JUNAID, S. M.; HUMPHREY, S. Effect of fence design on natural ventilation in residential spaces: an experimental study. **Arid Zone Journal of Engineering**, [S. l.], 14(3), pp. 469–477, 2018.

JESSON, J.K.; MATHESON, L.; LACEY, F.M. **Doing Your Literature Review**: traditional and systematic techniques. SAGE: London, 2011.

JOHN, A. D.; GAIROLA, A.; MUKHERJEE, M. Effect of boundary wall on wind pressure coefficients on a low-rise building. **Journal of Wind and Engineering**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 10–18, 2009b.

JOHN, A. D.; GAIROLA, A.; MUKHERJEE, M. Experimental study on wind load in roof and overhang of a gable building. In: **5th European and African Conference on Wind Engineering, EACWE 5**. Anais... Florence, Italy, 2009a.

JOHN, A. D.; SINGLA, G.; SHUKLA, S.; DUA, R. Interference effect on wind loads on gable roof building. **Procedia Engineering**. Hong Kong, pp. 1776–1783, 2011.

JOHN, ALOK DAVID; GAIROLA, AJAY; KRISHNA, PREM. Wind Loads on Overhangs in a Low Gable Building in Presence of Free Standing Wall. **Journal of Wind and Engineering**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 39–46, 2008.

KLEMM, K.; JABLONSKI, M..Effect of windbreak on the wind flow in a small existing urban structure. In: **Proceedings of the Second International Conference on Building Physics**. Anais… Leuven, Belgium, pp. 973–980, 2003.

LABAKI, L. C.; MATSUMOTO, E.; MORAIS, J. M. S. C.; MEDINILHA, T. A.; OLIVEIRA, M. C. A. Ventilation in self-built houses - A study through wind tunnel measurements in Campinas, Brazil. **International Journal of Ventilation**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 115–123, 2011.

LI, W.; WANG, F.; BELL, S. Simulating the sheltering effects of windbreaks in urban outdoor open space. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, [S. l.], v. 95, n. 7, p. 533–549, 2007.

LYU, J.; WANG, C. M.; MASON, M. S. Review of models for predicting wind characteristics behind windbreaks. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, [S. l.], v. 199, 2020.

MARÍN CASTAÑO, HECTOR. **Impacto de dispositivos de sombreamento externos e muro na ventilação natural e no desempenho térmico de uma habitação de interesse social térrea**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

MEDDAGE, D. P. P.; LEWANGAMAGE, C. S.; WEERASURIYA, A. U. On the deviation of mean pressure coefficients in wind loading standards for a low-rise, gable-roofed building with boundary walls. **Structures**, [S. l.], v. 36, p. 50–64, 2022.

OLGYAY, VICTOR. **Arquitectura y Clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. 1.ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998.

OLIVEIRA, M C. A., LABAKI, L. C., MONTEIRO, E. Z., KOWALTOWSKI. Ventilation in Self-Built Houses in Brazil: Desirable but Undervalued Thermal Comfort Element. In: **PLEA 2005** Beirut. Beirut, Lebanon, 2005.

OLIVEIRA, M. C. A.; LABAKI, L. C.; VATAVUK, P. The use of CFD applied to studies of ventilation in urban areas in Campinas, Brazil. In: **IBPSA 2009** - International Building Performance Simulation Association, pp. 1930–1934, 2009.

WANG, Jang Woon; KIM, Jae Jin; CHOI, Wonsik; MUN, Da Som; KANG, Jung Eun; KWON, Hataek; KIM, Jin Soo; HAN, Kyung Soo. Effects of wind fences on the wind environment around Jang Bogo Antarctic Research Station. **Advances in Atmospheric Sciences**, [S. l.], v. 34, n. 12, p. 1404–1414, 2017.

XAVIER, A. C. de A.; LUKIANTCHUKI, M. A. Análise da ventilação natural em uma habitação de interesse social, com diferentes configurações de muro, através de simulações CFD. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online),** [S. l.], v. 19, p. 1-19, 2021.

ZHANG, X.; JIN, H; DONG, X. Numerical simulation analysis on wind environment of traditional village courtyard in severe cold regions. In: SAYIGH, Ali (ed.). **Renewable Energy in the Service of Mankind**. Springer, Vol. 1, 2015.