DESEMPENHO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE MUROS VAZADOS LAMINADOS[1]

COSTA, I., Universidade Federal de Alagoas, Instituto Federal de Alagoas, email: isabelypenina@gmail.com; BARBOSA, R., Universidade Federal de Alagoas, email: rvictor@arapiraca.ufal.br; BARBIRATO, G., Universidade Federal de Alagoas, email: gmb@ctec.ufal.br

ABSTRACT

The wall, with its physical and symbolic dimensions, is an element present in Brazilian housing. From the perspective of environmental comfort, it represents an obstacle to the free movement of the winds. Thus, the insertion of porous elements can be configured as an interesting resource to reduce the negative effect provided by this component. In this sense, the present paper had as objective to evaluate the performance of the natural ventilation produced by different configurations of laminated porous walls. Computational Fluid Dynamics (CFD) was used as methodology. Three typologies of walls were simulated, applied in a popular dwelling model. The results showed that the models of porous walls, for the most part, presented gains in behavior patterns and wind speeds in the leeward of the wall, compared to the values of the model without openings, especially the configurations with vertical blades and with softer slope. Despite the increase in velocity rates, it was found that, in most cases, this increase did not generate satisfactory conditions of thermal comfort. Evidencing that the most permeable wall, like any other element constructed, must be planned, because depending on the geometry, it can have different performances, even, inferior to the totally closed wall.

***Keywords**: Natural ventilation. Wind action. Permeable Wall. CFD.*

1 INTRODUÇÃO

O estado de conforto humano é multifacetado, perpassa tanto as necessidades físicas e biológicas, como os anseios subjetivos da dimensão social do indivíduo. Muitas vezes, essas diferentes facetas se chocam e uma é tomada como prioridade em relação a outra. O muro, objeto de estudo da pesquisa, se insere nesse conflito ao passo que os anseios por segurança, privacidade e demarcação do ambiente privado colocam comumente em detrimento o aproveitamento da ventilação natural, que é considerada uma importante estratégia bioclimática para o conforto térmico no clima tropical quente e úmido.

No intento de amenizar o conflito, a pesquisa avaliou a influência da inserção de muros mais permeáveis no desempenho da ventilação natural. O foco foi as habitações de interesse social, visto que estas são frequentemente caracterizadas pelas deficiências e fragilidades em relação ao conforto e segurança, como demostram algumas pesquisas de Avaliação Pós Ocupação (SANTOS; BARROS; AMORIM, 2013; LACERDA; MARROQUIM; ANDRADE, 2011).

[1] COSTA, Isabely; BARBOSA, Ricardo; BARBIRATO, Gianna. Desempenho da ventilação natural em diferentes configurações de muros vazados laminados. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Na literatura vários estudos, como o de Oliveira (2009) e Castaño (2017), constataram o impacto do muro impermeável no aumento do desconforto nas habitações, principalmente associado com a redução da velocidade dos ventos e das taxas de renovação de ar. Outras pesquisas, como exemplo as de Li; Wang; Bell (2003), Chang (2006) e Chang; Cheng (2009), demostraram que diferentes configurações e formas de inserção do muro, resultaram em modificações nas condições da ventilação natural nas edificações.

Nesse sentido, com o intuito de investigar possibilidades de unir condições favoráveis de conforto térmico com o fator privacidade, o objetivo da pesquisa foi avaliar o desempenho da ventilação natural produzido por diferentes configurações de muros vazados laminados, visando o conforto térmico em habitações de interesse social em clima tropical quente e úmido.

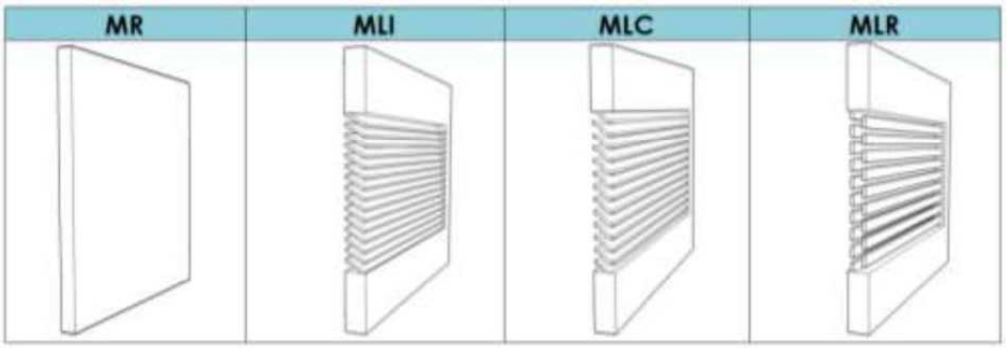
2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em três etapas: (1) a definição dos modelos de muros vazados; (2) a simulação, que é destinada à configuração e desenvolvimento das simulações; e (3) a avaliação, que corresponde a análise e discussão dos resultados.

2.1 Definição dos modelos

Foram definidas quatro tipologias de muros: uma sem aberturas, que foi escolhida como o Modelo de Referência (MR), e três constituídas de componentes vazados laminados (Quadro 1), sendo elas: Muro com Lâminas Inclinadas (MLI), Muro Lâminas Curvas (MLC) e Muro com Lâminas Retas (MLR). A opção de utilizar componentes laminados foi motivada pelo potencial destes em gerar arranjos favoráveis à privacidade, além da estimativa de baixo custo de execução, sendo mais acessível para às habitações de interesse social.

Quadro 1 - Tipologias de muros vazados



Fonte: Os autores

Também foi escolhido um exemplar de edificação térrea de um conjunto habitacional de interesse social, onde foram observadas várias intervenções realizadas pelos usuários após a entrega da edificação pela construtora, sobretudo, a inserção de muros altos e fechados (Figura 1).

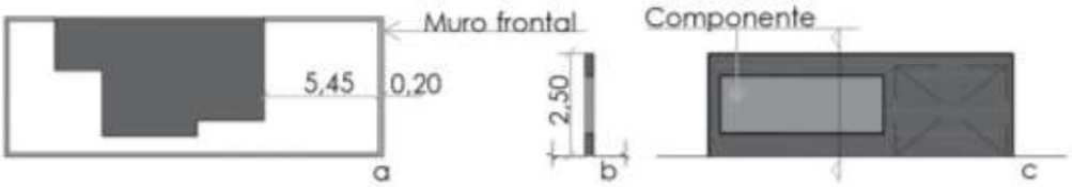
Figura 1 – Linha do tempo ilustrativa do Res. Jardim Royal (Maceió - AL)



Fonte: Adaptado de Contrato Engenharia (2012); Google Earth (2012) e arquivo pessoal

Foram estabelecidos sete parâmetros fixos (Figura 2 e Quadro 2), estes tomaram como base o modelo de habitação e os dados de velocidade dos ventos para a cidade de Maceió – AL, caracterizada pelo clima tropical quente úmido.

Figura 2 – Parâmetros fixos: (a) planta de locação; (b) corte do muro; (c) vista frontal



Fonte: Os autores (adaptado de Contrato Engenharia, 2012)

Quadro 2 – Parâmetros fixos escolhidos para as simulações 2

Parâmetro	Valores fixos
Recuo frontal (baseado no projeto)	5,45 m
Altura do muro (basedo nas edificações existentes)	2,50 m
Espessura do muro (baseado nos elementos vazados comercializados)	20 cm
Percentual de área destinada ao componente vazado (em conformidade com o modelo de edificação)	30% (com área do portão)
	50% (sem área do portão)
Localização da área destinada ao componente (em conformidade com o projeto)	Central (plano vertical)
	Esquerda (plano horizontal)
Ângulo de incidência dos ventos	90° (perpendicular a fachada)
Velocidade do ar (baseada no contexto climático)	3 m/s (medida na estação meteorológica)[2]

Fonte: Os autores

Os parâmetros variáveis (Quadro 3) foram definidos com foco na influência da geometria do componente vazado e o fator de privacidade. O cruzamento desses parâmetros somado ao caso MR gerou uma matriz de simulação com doze casos.

Quadro 3 – Parâmetros variáveis para as simulações

Parâmetro	Variação	Tipologia referente
Posição da lâmina	Horizontal	MLI, MLC e MLR
	Vertical	MLI, MLC e MLR
Direção da lâmina	Para cima (posição horizontal)	MLI e MLC
	Para baixo (posição horizontal)	MLI e MLC
	Oblíqua para esquerda (posição vertical)	MLI e MLC
Inclinação da lâmina	30°	MLI
	45°	MLI

Fonte: Os autores

2.2 Etapa de Simulação (CFD)

As simulações foram realizadas utilizando o software Ansys CFX 18.1. Por conta da capacidade computacional, optou-se por priorizar o detalhamento do componente vazado, assim a modelagem da edificação desconsiderou os elementos internos (Figura 3a). Foi escolhido um domínio fluído retangular, com as dimensões seguindo as recomendações de COST C14[3] e Alan Harries[4] (Quadro 4 e Figura 3b).

[2] Velocidade foi corrigida para o valor correspondente à altura de referência das aberturas da edificação, utilizando a equação estabelecida em Building Research Establisment – BRE (1978) apud Bittencourt; Cândido (2015).

[3] European Cooperation in Science & Technology (COST) - Cost Action 14: recommendations on the use of CFD in predicting pedestrian wind environment (COST, 2004 apud CÓSTOLA, 2006).

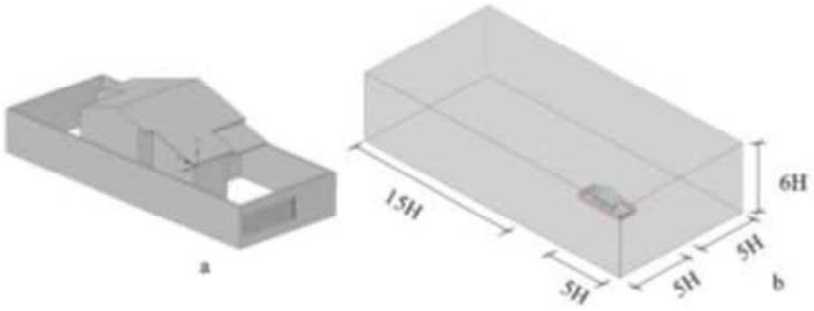
[4] Workshop: CFX – FAU-USP (HARRIES, 2005 apud LUKIANTCHUKI, 2015; CÓSTOLA, 2006).

Quadro 4 – Definição das dimensões para o domínio fluído

Dimensão	Recomendação	Valor utilizado
Distâncias a barlavento e laterais	5H*	5 x 4,60 = 23,00 m
Distâncias a Sotavento	15H*	15 x 4,60 = 69,00 m
Altura do domínio	6H*	6 x 4,60 = 27,60 m
H = altura do edifício (H), que para o modelo escolhido é igual 4,60 m		

Fonte: Os autores

Figura 3 – Modelagem: geometria da edificação (a) e domínio fluido (b)



Fonte: Os autores (adaptado de Contrato Engenharia (2012)

A malha escolhida foi a tetraédrica, esta foi refinada nos componentes vazados. Além disso, foram definidas as condições iniciais e de contorno, que são os parâmetros gerais e específicos de cada componente do modelo (Quadro 5).

Quadro 5 – Síntese dos parâmetros para as condições iniciais e de contorno

Condições iniciais e de contorno	Definição
Regime da simulação	Permanente – condições de contorno se mantêm constantes
Domínio como fluido	Gás ideal e pressão atmosférica local como referência
Regime térmico escolhido	Isotérmico – desprezam-se as variações de temperatura e mistura efetiva do ar
Modelo de turbulência	k-ε (*k-Épsilon*) – custo-benefício entre o tempo de processamento e a precisão
Funções turbulentas de superfície	*Scalable* – funções ajustadas com as interações entre o fluido e as superfícies sólidas
Controle da solução matemática (confiabilidade)	Critério de convergência RMS[5] = 10^{-4}
	O número máximo de iterações = 250
	y^+ (Yplus)[6] = 20 < y+ < 300

Fonte: Os autores

Posteriormente foi realizado o processamento das simulações, seguido do tratamento dos resultados, em que foram gerados gráficos e planos de corte com vetores e contornos demostrando os padrões de comportamento e os dados de velocidade dos ventos.

[5] RMS é definido como o "desvio padrão das leituras das quantidades" (LUKIANTCHUKI, 2015, p. 97).

[6] O y+ fornece um valor quantitativo para a qualidade da malha em relação a sua capacidade de capturar bem o fenômeno do escoamento próximo à parede (CÓSTOLA, 2006; LEITE; FROTA, 2013).

2.3 Etapa de Avaliação

Com a obtenção dos resultados quantitativos e qualitativos de cada modelo, foi realizada a avaliação comparativa entre o caso de referência e as tipologias vazadas. Os dados de velocidade dos ventos encontrados foram caracterizados conforme os níveis de conforto desenvolvidos por Freixanet; Viqueira (2004) e Morais (2013).

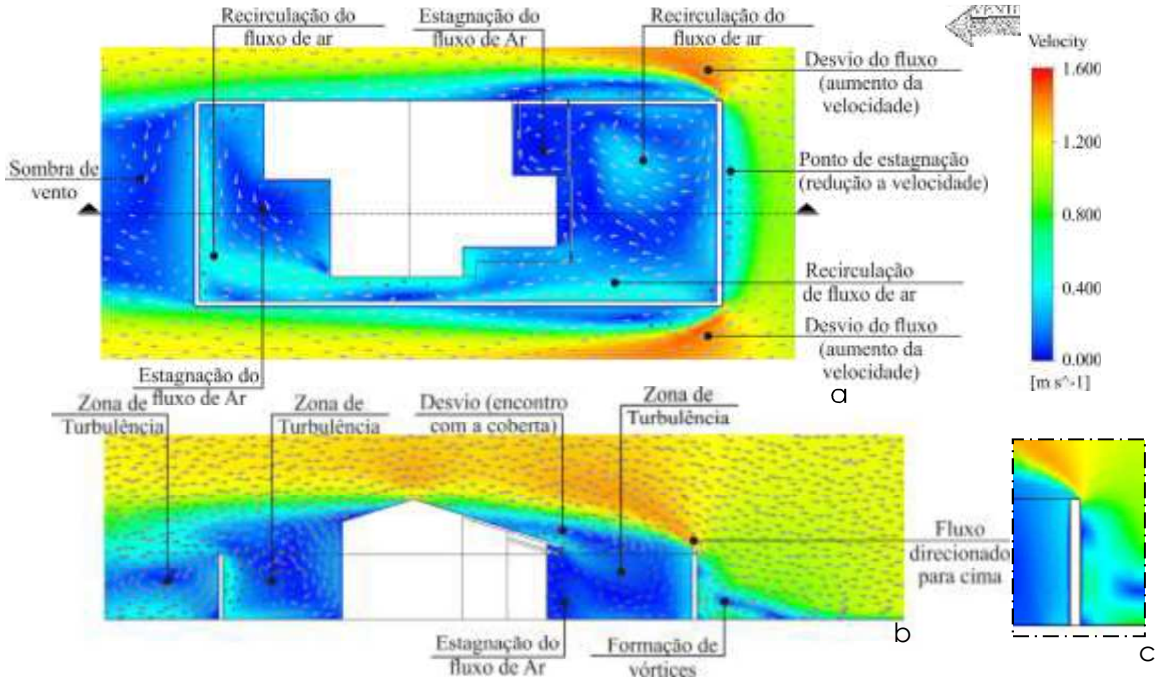
3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Incialmente foi analisada a qualidade da malha gerada, sendo constatado que quase todos os modelos alcançaram o valor estabelecido como critério de convergência RMS, com exceção dos modelos de muros de lâminas curvas. Para y+, os valores obtidos ficaram dentro do limite proposto, com ressalvas para algumas regiões do modelo. Nesse sentido, foram analisados os resultados do MR e das tipologias vazadas MLI e MLR. A tipologia MLC foi retirada, visto a não confiabilidade dos dados.

3.1 Modelo de Referência (MR)

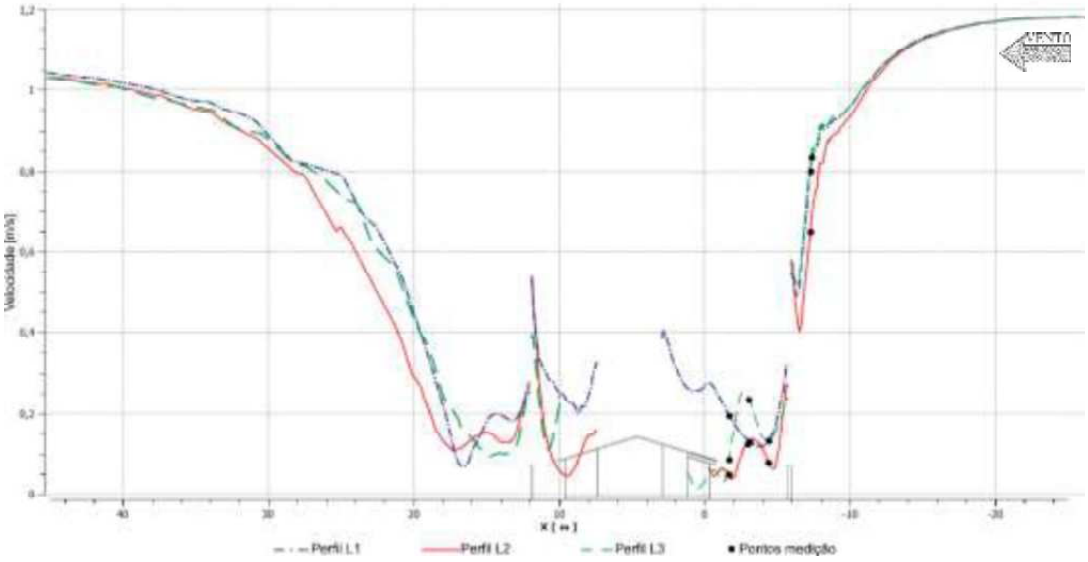
No MR o fluxo tende a desviar por cima do muro, sendo direcionado para a coberta da edificação (Figura 4). A região a sotavento do muro, se configura uma zona de estagnação do fluxo de ar. A barlavento do muro a velocidade do vento varia entre 0,8 e 0,6 m/s, a sotavento o valor médio é de 0,13 m/s, uma redução de mais 80% (Figura 5). Considerando o vento livre, a redução chega a ser de 90%. Conforme a classificação Freixanet; Viqueira (2004) e Morais (2013), esses valores caracterizariam a ventilação natural para o conforto térmico como imperceptível.

Figura 4 – Caso MR: Planta baixa (a), corte (b) e detalhe do muro (c)



Fonte: Os autores

Figura 5 – Caso MR: Gráfico com os perfis de velocidade do vento

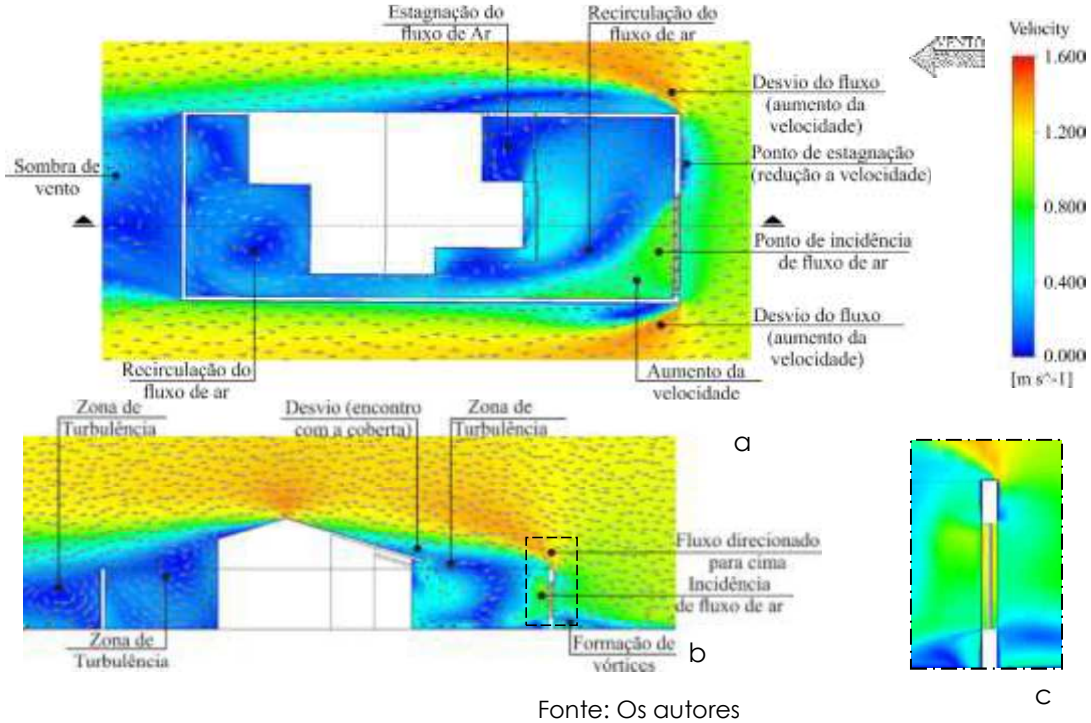


Fonte: Os autores

3.2 Tipologias vazadas laminadas

Comparando os resultados dos oito casos dos muros vazados com o caso MR, verificou-se que a tipologia com as lâminas verticais oblíquas a 30° (MLIVO_30) foi a que alcançou melhores resultados. A sua abrangência tem uma extensão um pouco maior do que os outros casos, porém o direcionamento das suas lâminas para esquerda prejudica o aproveitamento do fluxo pela edificação (Figura 6).

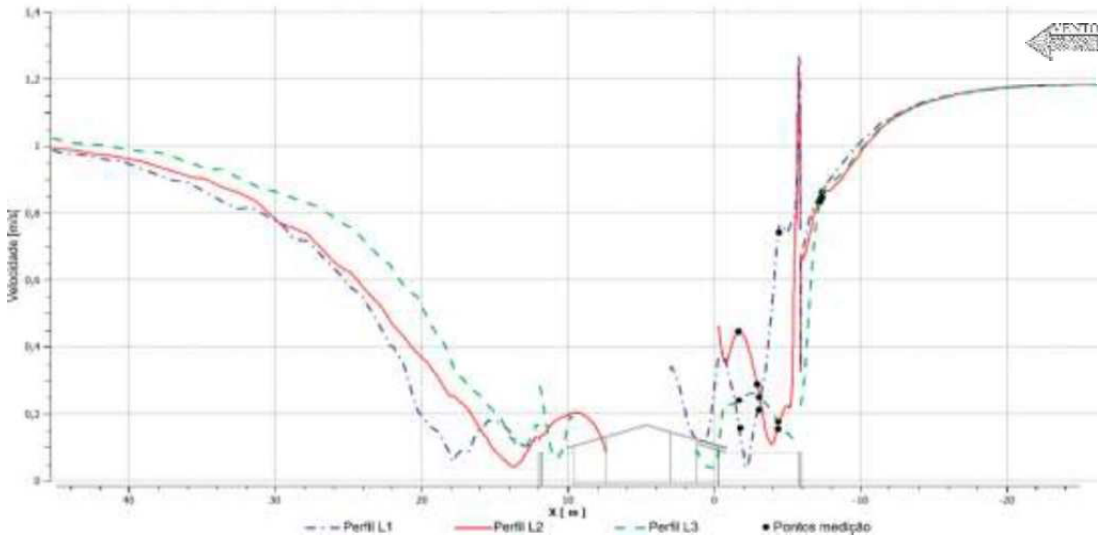
Figura 6 – Caso MLIVO_30: Planta baixa (a), corte (b) e detalhe do muro (c)



Fonte: Os autores

A velocidade média a sotavento do muro foi de 0,3 m/s, sendo a ventilação natural considerada perceptível. E os valores absolutos, próximos à edificação, alcançam 0,4 m/s, o que pode ser descrito como um nível de ventilação natural mais satisfatório para o conforto térmico (Figura 7).

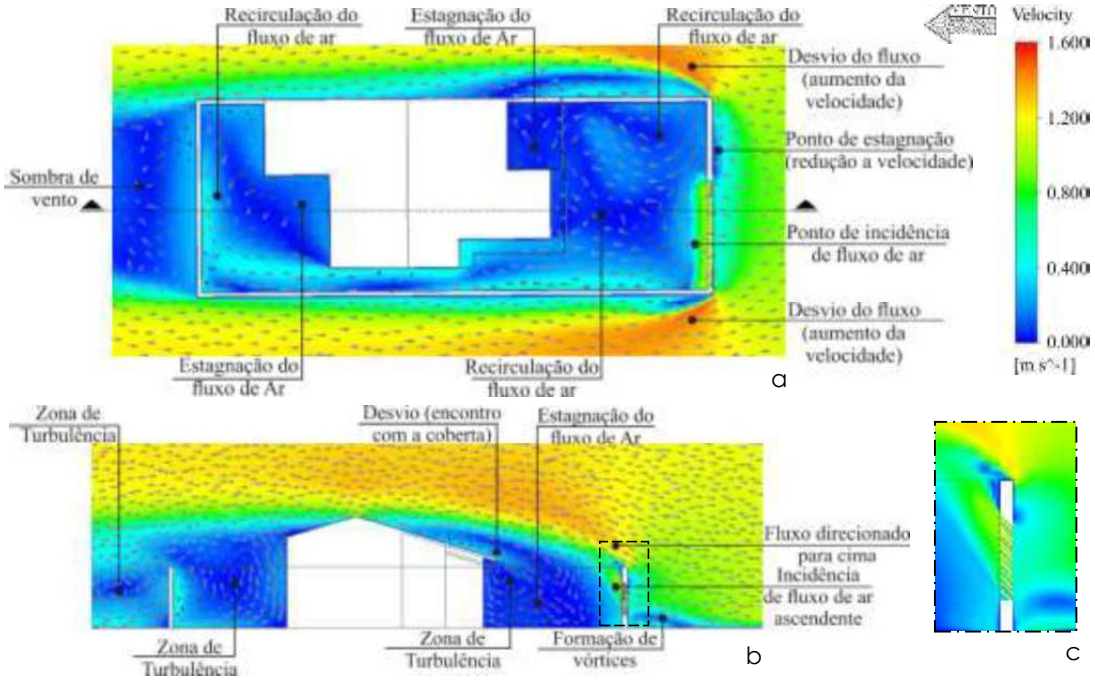
Figura 7 – Caso MLIVO_30: Gráfico com os perfis de velocidade do vento



Fonte: Os autores

Em contrapartida o caso com as lâminas horizontais direcionadas para cima e inclinação de 45° (MLIHC_45), apresentou os piores resultados. Isso se deve ao desvio acentuado do escoamento para cima da coberta, fazendo com que as áreas mais próximas da edificação tenham uma menor abrangência do fluxo de ar, gerando uma maior zona de estagnação (Figura 8).

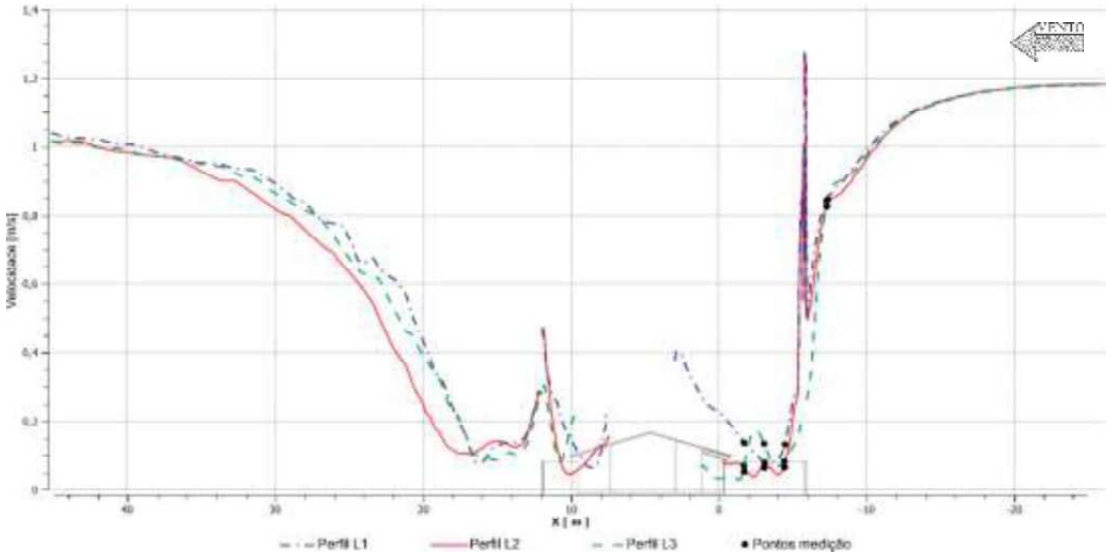
Figura 8 – Caso MLIHC_45: Planta baixa (a), corte (b) e detalhe do muro (c)



Fonte: Os autores

Os valores a sotavento alcançaram uma média de aproximadamente 0,1 m/s (Figura 9), portanto, este modelo obteve um desempenho menos favorável do que o MR. Além de caracterizar a ventilação natural como imperceptível, esses valores poderiam gerar a sensação de sufocamento.

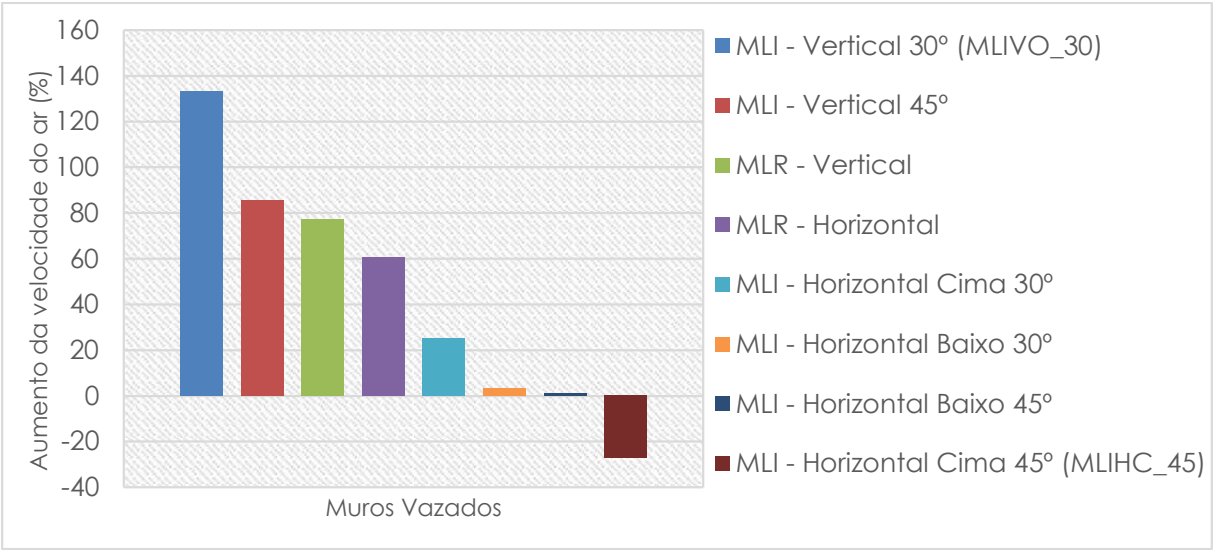
Figura 9 – Caso MLIHC_45: Gráfico com os perfis de velocidade do vento



Fonte: Os autores

Percebe-se no gráfico a seguir (Figura 10), que os modelos de muros vazados, em sua maioria, apresentaram ganhos nos padrões de comportamento e nos valores de velocidade do ar em relação ao MR, com incrementos de até 133%. Nota-se que há uma predominância de melhores desempenhos para as lâminas verticais em detrimento dos casos com lâminas horizontais. Como também, que a tipologia com Lâminas Retas (MLR) obteve resultados intermediários, com incremento acima de 60%.

Figura 10 – Porcentagem de aumento da velocidade do ar (a sotavento do muro) em comparação ao MR



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

Com a pesquisa foi possível verificar que existem vantagens no uso de muros mais permeáveis, face ao incremento dos valores de velocidade do vento. Entretanto, por conta das distintas configurações dos componentes vazados, em alguns casos esse incremento é insignificante, gerando condições insatisfatórias de ventilação natural.

Comparando as tipologias de muros vazados entre si, percebe-se uma variação dos resultados obtidos, constatando-se que a depender da geometria, pode-se ter diferentes desempenhos, inclusive inferiores ao muro sem aberturas, a exemplo do caso com lâminas horizontais direcionadas para cima. Como desdobramento, pretende-se ampliar os parâmetros geométricos e climáticos, possibilitando a análise de outras composições.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C.. **Introdução a Ventilação Natural**. 4ed. rev. Maceió: EDUFAL, 2015.

CASTAÑO, H.. **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. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-04092017-125132/>. Acesso em: 04 de outubro de 2017.

CHANG, W. R. Effect of porous hedge on cross ventilation of a residential building. In: **Building and Environment**, v. 41, n. 5, p. 549-556. Elsevier Ltd., 2006.

CHANG, W. R.; CHENG, C. L. Modulation of Cross Ventilation in a Residential Building Using a Porous Hedge. In: **Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers**, Vol.30, No.5, pp.409-417. J. CSME, 2009.

CONTRATO ENGENHARIA. **Residencial Jardim Royal**. Maceió, 2012. Disponível em: <http://www.contratoengenharia.com.br/obras_concluidas.php?id_obra=36>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

CÓSTOLA, D. **Ventilação por ação do vento no edifício**: procedimento para quantificação. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Construção) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

FREIXANET, V. A. F.; VIQUEIRA, M. R. **Ventilación Natural**: Cálculos Básicos para Arquitectura. 1º ed. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.

GOOGLE EARTH. **Imagem Street View**: Residencial Jardim Rouyal, Maceió/AL. Maceió, 2012.

LACERDA, A. E.; MARROQUIM, F.; ANDRADE, S.. Avaliação pós-ocupação de unidades habitacionais do conjunto Antônio Mariz, João Pessoa-PB. In**:** 2º Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído – SBQP. **Anais...** Rio de

Janeiro: ANTAC, 2011. p. 01 – 11. Disponível em: <http://www.infohab.org.br /acervos/resumo/page/2/codigo_biblio/104788/cod/1>. Acesso em: 07 de janeiro de 2016.

LEITE, R.; FROTA, A.. Procedimentos para determinação de coeficientes de pressão em diferentes condições de adensamento urbano. In: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VIII Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**. Anais...** Brasília: ENCAC, 2013. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/encac/files/2013/topico4artigo9.pdf>. Acesso em: 15 de novembro de 2017.

LI, W.; WANG, F.; BELL, S.. Windbreak sheltering effects on outdoor open space. In: Eighth International IBPSA Conference. **Anais...** Eindhoven, 2003. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/acervos/abstract/codigoAutor/39604/codigo_biblio/315 10/cod/1>. Acesso em: 15 de janeiro de 2015.

LUKIANTCHUKI, M. A. **Sheds extratores e captadores de ar para indução da ventilação natural em edificações**. Tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia – Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

MORAIS, J.. **Ventilação Natural em Edifícios Multifamiliares do "Programa Minha Casa Minha Vida".** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2013.

OLIVEIRA, M.. **Simulação Computacional para Avaliação dos Efeitos das Modificações em Casas Autoconstruídas sobre a Ventilação**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2009.

SANTOS, D.; BARROS, B.; AMORIM, J. A.. Reforma na habitação de interesse social: diagnóstico de um conjunto residencial do semiárido nordestino. In: Encontro Latinoamericano de Edificações e Comunidades Sustentáveis – ELECS. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2013. p. 1 – 10. Disponível em: <http://www.infohab.org.br /acervos/resumo/page/1/codigo_biblio/104446/cod/1>. Acesso em: 07 de janeiro de 2016.