XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Análise da ventilação natural no interior de uma Habitação de interesse Social - HIS

Analysis of natural ventilation inside a Social Housing - HIS

Alexandre da Silva Sacramento
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | alexandre.s.arquiteto@gmail.com
Letícia Franciely de Almeida Silva
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | leticia-almeidasilva@live.com
Jucelino Novaes da Silva
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | novaesjucelino@gmail.com
Juliana Oliveira Batista
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil | juliana.batista@fau.ufal.br

Resumo
A pandemia do Covid-19 enfatizou a importância de se ter ambientes bem ventilados, principalmente as residências, como as habitações de interesse social - HIS. Este trabalho analisou a velocidade e o padrão do fluxo de ar no interior de uma HIS com simulação em dinâmica de fluidos computacional - CFD, comparando seus resultados com a opinião de moradores coletada por meio de questionários online sobre a percepção do conforto térmico. Os estudos apresentados neste trabalho, referentes a 4 orientações solares e ao impacto da ventilação natural, mostram que mesmo que haja um fluxo de vento favorável, a orientação solar tem um grande peso no que se refere ao conforto do usuário.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Habitação de interesse social. Ventilação natural.

Abstract
The Covid-19 pandemic emphasized the importance of having well-ventilated environments, especially residences, as social housing – HIS. Thus, this work analyzed the speed and the pattern of the airflow inside a HIS with computational fluid dynamics CFD simulation, comparing its results with the opinion of residents obtained by an online questionnaire about the perception of the thermal comfort. The studies presented in this work, related to 4 solar orientations and to the natural ventilation impact, show that even if there is a favourable wind flow, the solar orientation has a great weight in terms of user comfort.

Keywords: Thermal performance. Social housing. Natural ventilation.

Como citar:
SACRAMENTO, A; SILVA, L.; DA SILVA, J.; BATISTA, J. Análise da ventilação natural no interior de uma Habitação de interesse social - HIS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

A pandemia do Covid-19 provocou longos períodos isolados dentro de casa por recomendação de instituições como a Organização Mundial de Saúde – OMS. Assim, atividades de trabalho e de lazer passaram a fazer parte do cotidiano dentro das casas. Com isso, evidenciou-se a importância do conforto ambiental nos projetos residenciais, capazes de proporcionar ambientes salubres, protegidos da insolação direta e com boa ventilação natural. Independentemente das condições financeiras dos usuários, as edificações deveriam suprir as necessidades de conforto dos usuários, visando também à eficiência energética, por meios passivos e não ativos.

Entretanto, em Habitações de Interesse Social – HIS, verifica-se que a qualidade técnica dessas edificações frequentemente é preterida para reduzir os custos de construção. Segundo Stockhausenn [1], "a redução de custos de implantação de habitações de interesse popular é um fator primordial, mas além de baixos custos é necessário que programas de habitações sociais garantam qualidade de vida e economia aos usuários." Como tais habitações são destinadas a pessoas com baixo poder aquisitivo, a dificuldade de arcar com custos relacionados a aquisição e manutenção de equipamentos de climatização artificial reforça ainda mais a importância da qualidade do projeto [2].

Em climas tropicais, a ventilação natural se destaca como uma eficiente estratégia para o resfriamento passivo de edifícios, capaz de melhorar a qualidade do ar interior, o conforto dos ocupantes e, consequentemente, economizar energia elétrica com climatização [3]. Além disso, a ventilação natural parece oferecer vantagens significativas sobre outras técnicas de resfriamento artificial [4], como a redução de custos operacionais, melhora o conforto ambiental, a qualidade do ar interna e ajuda a moderar a temperatura dos edifícios.

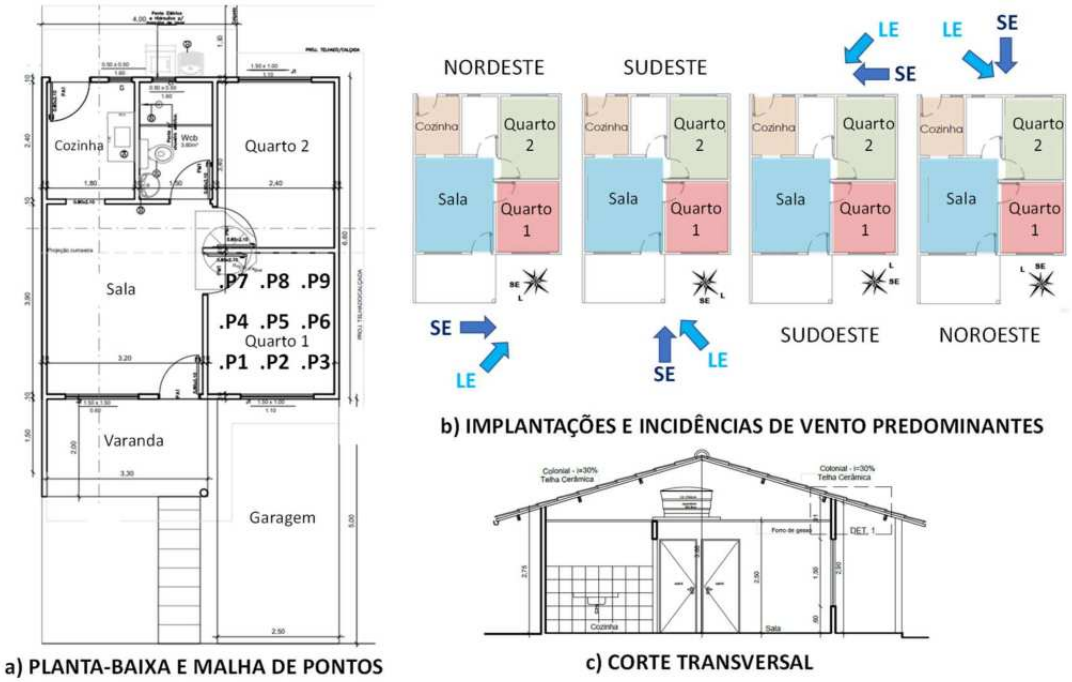
Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a velocidade e o padrão do fluxo de ar no interior de uma Habitação de Interesse Social com simulação em CFD, comparando seus resultados com a opinião de moradores sobre a percepção do ambiente e conforto ambiental [5] e com o comportamento térmico da edificação [6].

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada foi a análise comparativa das temperaturas internas e do escoamento da ventilação natural dos modelos simulados em computador com as respostas de usuários sobre as condições de conforto térmico, coletadas através de questionário on-line. A edificação simulada pertence a um empreendimento de grande porte localizado em Maceió-AL, formado por 15 condomínios, totalizando cerca de 6000 unidades habitacionais de mesma tipologia [6]. O sistema construtivo é composto por alvenaria de tijolos rebocados em ambas as faces (15 cm), pintada com cor clara (absortância = 0,3) e cobertura em telha cerâmica com forro de gesso. A unidade é composta por 2 quartos, sala, 1 banheiro e cozinha. O projeto original possui uma varanda e área descoberta reservada para a garagem, com área de serviço externa e descoberta (Figura 1a). As principais implantações identificadas foram

denominadas de acordo com a orientação solar da fachada principal (Figura 1b): nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste.

Figura 1: Planta baixa, corte transversal e implantações da HIS estudada



Fonte: Adaptado de Studio AT

Foi desenvolvida a análise comparativa de resultados da simulação com os resultados de pesquisa qualitativa desenvolvida por Silva [5] utilizando a plataforma Google Docs e envio de questionários On-line para os moradores dos conjuntos habitacionais analisados. Os questionários foram disponibilizados por meio de um link, compartilhado em redes sociais e no aplicativo de mensagens de um dos condomínios, o qual foi acessado pelos moradores. A pesquisa, realizada em junho/2021 após a autorização pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Alagoas (CEP/UFAL), contemplou a percepção dos moradores em relação às condições de conforto e os padrões de uso das residências. Os usuários foram questionados sobre a incidência solar e dos ventos na residência, os padrões de vestimentas utilizadas, padrões de uso dos cômodos e atividades desempenhadas neles, dados utilizados na modelagem computacional. Dentre os entrevistados, houve uma amostra no total de 21 pessoas. A idade dos respondentes variou entre 21 e 59 anos, sendo 13 pessoas do sexo feminino e 9 do sexo masculino.

Uma análise comparativa também foi utilizada com os dados deste trabalho e com a pesquisa realizada por Silva [6] que simulou o desempenho térmico da residência no software Energy Plus v. 8.7.0. Para as simulações, foi considerado um total de 4 residentes, dois ocupantes por dormitório. Mesmo durante o período de isolamento social, apenas 3 respondentes afirmaram permanecer em casa o dia inteiro, enquanto os demais mantiveram uma rotina de trabalho fora de casa. Com base nessas

respostas, definiu-se um padrão de ocupação dos ambientes no qual os quartos eram ocupados durante a noite até as 7h; a sala, somente à noite durante a semana e com ocupação variável das 8h às 22h e a cozinha ocupada somente nos horários prévios às refeições. O intuito foi investigar o comportamento térmico da edificação e possíveis efeitos da ventilação natural. Após análise do arquivo climático, foi escolhido o dia 25 de agosto para investigar o efeito do vento predominante sudeste. As aberturas foram consideradas totalmente abertas, com áreas iguais a 2,25 m^2 e 1,50 m^2, respectivamente, para a sala e os quartos. O entorno foi considerado pertencente à periferia urbana.

Foram analisadas as temperaturas operativas internas de todos os ambientes dos modelos simulados, verificando-se o seu enquadramento na zona de conforto estabelecida pelo modelo adaptativo da ASHRAE STANDARD 55 [8]. Depois disso, foram desenvolvidos gráficos para cada caso a fim de ilustrar as análises.

A partir dos resultados obtidos para o comportamento térmico da residência, foi analisado o efeito da ventilação natural, utilizando como referência a residência implantada com a fachada principal voltada a Sudeste. Para tal, foi utilizado o software PHOENICS 3.6, baseado na Dinâmica de fluidos computacional (Computational Fluid Dynamics – CFD), para simular a velocidade e a distribuição do fluxo de ar no interior dos ambientes. A velocidade média considerada para a simulação foi de 3 m/s, que corresponde ao valor médio diário da velocidade do vento do arquivo climático utilizado nas simulações de desempenho térmico [7]. A partir desse valor, foi calculada a velocidade do vento na altura da abertura. Considerou-se uma malha de nove pontos, distantes 0,75m do piso (altura de um plano de trabalho), para calcular a média aritmética representativa da velocidade média do ar no interior de cada ambiente da HIS, conforme exemplificado na Figura 1.

De acordo com o arquivo climático de Maceió [7], analisado através do software Climate Consultant, os ventos predominantes de Maceió vêm dos quadrantes Leste (E) e Sudeste (SE) com ocorrências do vento Sul e Nordeste em menor frequência em alguns meses do ano, este último nos meses de Janeiro, Fevereiro e Novembro. Assim, existe condição de exposição semelhante entre as implantações Nordeste/Sudeste, onde Sala e o Quarto 1 estariam posicionados à barlavento, recebendo o sol matutino, enquanto nas implantações Noroeste/Sudoeste estes ambientes situam-se à sotavento, recebendo o sol vespertino. Na simulação realizada em CFD foi representada somente uma incidência de vento, perpendicular à fachada principal. Na implantação Sudeste, tal condição representaria o vento SE (Ver Figura 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação às simulações realizadas por Silva [6] no software Energy Plus, o Gráfico 1 mostra a relação entre a temperatura e a velocidade do ar no período de um dia, no caso, o dia 25 de agosto. Nesta data, o vento Sudeste foi o mais frequente e apresentou picos de velocidade na madrugada da ordem de 6m/s e ao meio-dia de quase 9m/s. A temperatura mantém-se próxima de 22°C durante a noite e madrugada e aumenta,

como é de se esperar, no decorrer do dia, sendo seu valor mais alto 26,5°C ao meio-dia, quando começa a decair. Verifica-se que esse dia oferece um grande potencial de ventilação visto que suas altas velocidades podem proporcionar o resfriamento da edificação e de seus moradores.

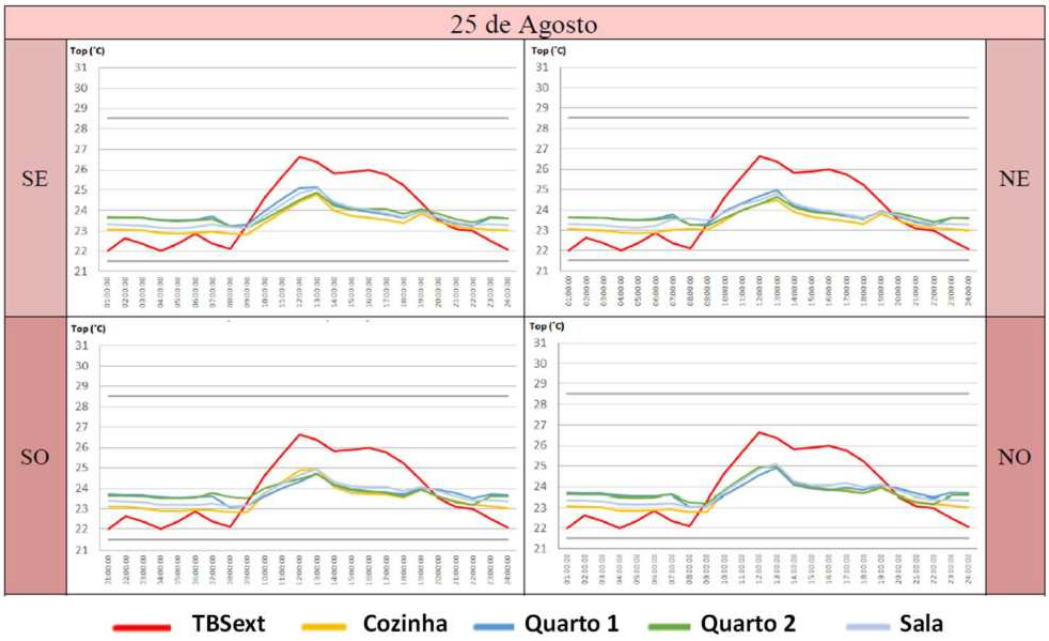
Gráfico 1: Temperaturas externas e velocidades do vento externo das HIS no dia 25/08, destacando-se os horários de abertura das esquadrias de cada ambiente.



Fonte: Silva [6]

O Quadro 1 ilustra as temperaturas internas obtidas no dia 25 de agosto para as quatro implantações da residência. Verifica-se que os ambientes internos encontram-se dentro da zona de conforto em todos os casos (Quadro 1). Das 9 às 19h percebe-se um amortecimento térmico da temperatura interna em relação à externa que pode chegar à 2,5°C. A sala e o quarto 1 das orientações NE e SE recebem sol durante a manhã, e são os ambientes que apresentam as temperaturas mais altas no início da tarde, resultado da inércia térmica da edificação. Nas implantações NO e SO, a cozinha e o quarto 2 apresentam maiores temperaturas no período vespertino, quando recebem o sol da tarde; amenizando seus efeitos no período noturno quando não recebe mais a incidência solar. O calor acumulado nesses ambientes no período vespertino pode ser dissipado se houver movimento do ar, contribuindo para melhorar a sensação de desconforto térmico desses ambientes.

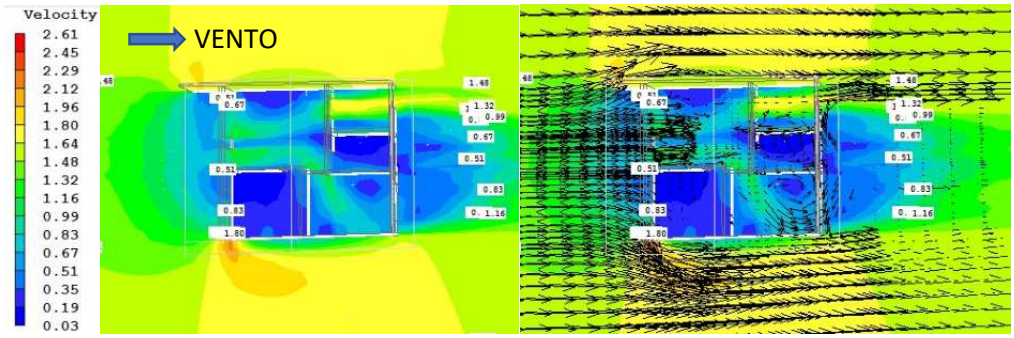
Quadro 1: Gráficos de temperaturas internas e externas das HIS no dia 25/08, na implantação sudeste, nordeste, sudoeste e noroeste.



Fonte: Silva [6]

Comparando-se o comportamento térmico da residência com os resultados das simulações em CFD para a implantação Sudeste, verifica-se que a carga térmica acumulada na sala e no quarto 1 no início da tarde pode ser dissipada em virtude da ventilação natural. A velocidade média do ar em cada ambiente e a trajetória do fluxo do ar estão ilustradas na Figura 02.

Figura 02: Velocidade do ar no interior dos ambientes (à esquerda); Vetores que indicam o fluxo do ar dos ambientes (à direita)



Fonte: os autores.

A sala apresentou velocidade média de 0,89 m/s. Verifica-se que o fluxo de ar nesse ambiente parte da janela e da porta, consideradas abertas neste estudo. As maiores velocidades ocorrem no fluxo formado em direção à cozinha e em direção ao quarto 2. O fluxo do ar se espalha por toda a sala, mas tem maior concentração nas proximidades das aberturas de entrada. A parede existente na varanda funciona como um anteparo que ajuda a direcionar o fluxo do ar para o interior da sala, contribuindo para potencializar o aumento de velocidade do ar que passa pela janela e pela porta do ambiente.

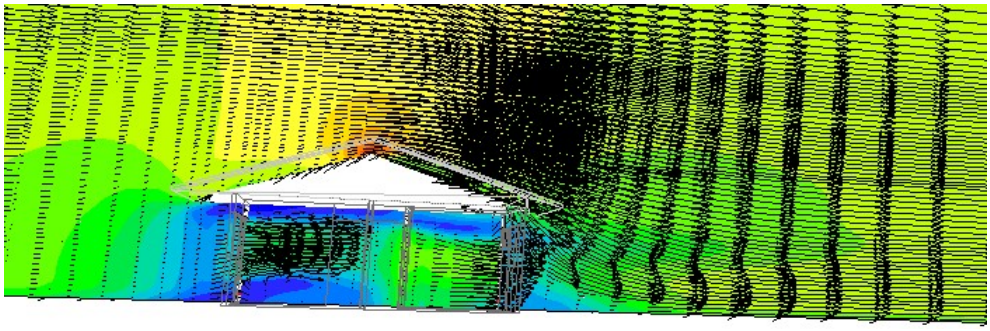
A cozinha apresenta velocidade média de 1,2m/s, apresentando maiores velocidades em seu eixo longitudinal, que coincide com o eixo das aberturas de entrada e saída do ar.

O quarto 1 apresenta velocidade média de 0,35 m/s. Nota-se que o fluxo do ar envolve todo o ambiente, porém, com baixos valores de velocidade, como mostram os vetores. Os maiores valores de velocidade, da ordem de 0,51 m/s, ocorrem na direção da porta, que funciona como abertura de saída.

O quarto 2 apresenta velocidade média de 0,71 m/s. O fluxo do ar interno é canalizado da porta deste quarto para a janela criando uma zona de recirculação do vento que abrange todo o ambiente. As maiores velocidades ocorrem nas proximidades da porta, da ordem de 0,99 m/s, e ocorrem devido à canalização do fluxo do ar que vem principalmente da sala. A zona de recirculação deste ambiente pode ter um efeito benéfico, pois provoca a sensação de movimento do ar.

A Figura 3 mostra a trajetória do fluxo do ar na sala e na cozinha. Percebe-se que o ar entra pela janela e é mais intenso e com velocidades médias maiores, 1,16 m/s, na altura que corresponde à esta abertura. Esse fluxo se direciona para a cozinha se espalhando, também verticalmente, com velocidades maiores que podem chegar a 1,32 m/s na direção da parte superior da porta de saída.

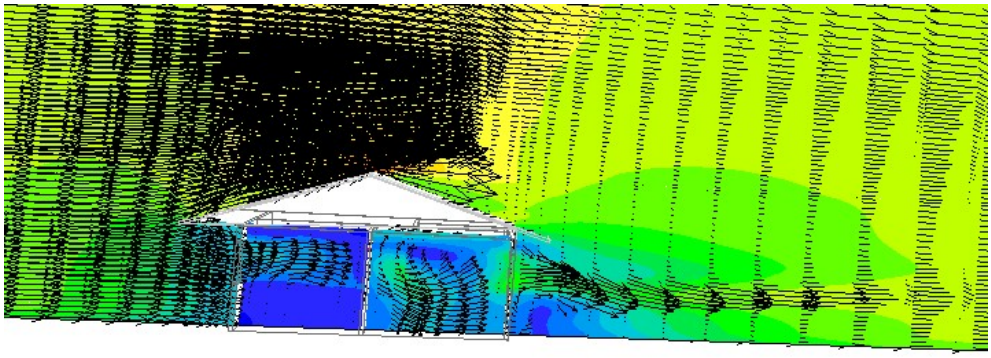
Figura 3: Corte com fluxo do ar passando pela sala e cozinha



Fonte: Os autores

A Figura 4 mostra a trajetória do fluxo do ar no quarto 1 e no quarto 2. No quarto 1 o fluxo de ar mais intenso ocorre na altura da abertura da janela e pode gerar velocidades de 0,83 m/s nessas proximidades. Esse fluxo percorre o quarto e se direciona para a porta do ambiente.

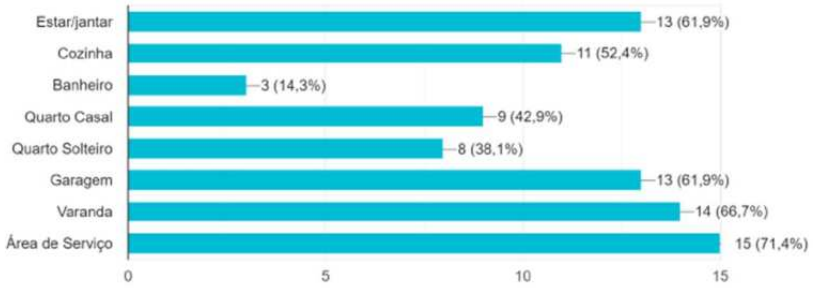
Figura 4: Corte com fluxo do ar passando pelo quarto 1 e quarto 2



Fonte: Os autores

Quanto as respostas dos questionários, a maioria dos entrevistados identificou as orientações Nordeste (07) e Sudeste (05) para as suas residências. Como ambientes internos mais ventilados, foram indicados a sala e a cozinha (Gráfico 2), o que coincide com o estudo mostrado na Figura 2, que registrou velocidade 0,89 m/s na sala e 1,2 m/s na cozinha que canaliza o vento que percorre a casa.

Gráfico 2: Ambientes considerados mais ventilados.



Fonte: Silva [5]

CONCLUSÕES

As restrições impostas pela pandemia do Covid-19, fizeram ratificar a importância de se ter projetos de edificações adequados no que se refere à ventilação natural, e a variáveis como o tamanho, tipo, localização das esquadrias e sua orientação solar. Os resultados obtidos denotam a importância desta estratégia tanto para o desempenho da edificação quanto para as condições de conforto dos usuários.

Na simulação em CFD, foi possível observar o fluxo do ar no interior da edificação levando em consideração a incidência dos ventos predominantes. A simulação mostrou que, quando implantada a sudeste, a sala e a cozinha são os ambientes mais ventilados da edificação e promovem a canalização do ar no interior dela. O quarto 1, apesar de receber ventilação direta, apresentou velocidade média menor que o quarto 2. Isso pode ter ocorrido pois a janela do quarto 1, por sua largura, oferece uma passagem de ar mais uniforme cujo fluxo toma todo o ambiente e equaliza a velocidade. Já no quarto 2, a entrada de ar é a porta que recebe o ar canalizado da cozinha. Por sua largura, a porta estreita ajuda a provocar um aumento da velocidade

canalizada que adentra o ambiente, tornando, assim, sua velocidade maior que a do quarto do casal.

As opiniões dos moradores sobre os ambientes mais ventilados corroboram os resultados das simulações de ventilação natural, visto que a maioria dos respondentes reside em unidades implantadas na mesma orientação do modelo simulado. No que se refere aos quartos, os entrevistados disseram que o quarto 1 é mais ventilado que o quarto 2. Segundo a simulação a velocidade do ar no quarto 1 é menor que a do quarto 2. Assim, a sensação deste quarto ser melhor ventilado pode vir do fato de a janela larga permitir a entrada do ar de maneira mais uniforme em todo o ambiente do quarto, que recebe o fluxo de ar, enquanto, no quarto 2, mesmo com velocidade mais alta, o fluxo não é perceptível em todo o ambiente.

Sobre os resultados das simulações com o Energy Plus, embora na data analisada todas as temperaturas internas tenham se mantido dentro dos limites de conforto considerados (21,5°C a 28,5°C), a ausência do movimento do ar prejudica a sensação térmica do usuário, que deixa de se beneficiar dos efeitos do resfriamento fisiológico proporcionado pela ventilação. Conforme indicado nas simulações CFD, a velocidade e a distribuição do fluxo do ar variam muito entre os ambientes, verificando-se zonas com velocidade do ar nula mesmo nos ambientes situados a barlavento.

Os estudos apresentados neste trabalho, simulação em CFD, questionários de percepção dos usuários e simulação de desempenho no Energy Plus, mostram que mesmo que haja um fluxo de vento favorável, a orientação solar tem um grande peso no que se refere ao conforto do usuário. Percebeu-se que os estudos apresentados são complementares e que reforçam a necessidade de ventilação cruzada na edificação simulada, pois, se as portas internas estiverem fechadas, esse efeito não ocorre.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapeal pelas bolsas dos projetos de pesquisa.

REFERÊNCIAS

[1] STOCKHAUSENN, B. **Ventilação natural e desempenho térmico de habitações de interesse social: garantia da qualidade pelas legislações, regulamentos e normas vigentes**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.

[2] BRASILEIRO, Alice; MORGADO, Claudio; LUZ, Carolina. **Conjunto do PMCMV no RJ: razões da (in)eficiência energética no decorrer de sua vida útil**. In.: XIV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído & X ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Balneário Camboriú, SC, 1318-1327, set, 2017.

[3] SACHT , Helenice M; LUKIANTCHUKI ,Marieli Azoia; CARAM, Rosana. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TAMANHO DAS ABERTURAS DE ENTRADA DE AR NO DESEMPENHO DA VENTILAÇÃO NATURAL**. XIV ENCAC, 2017 – Balneário Camboriú.

[4] AFLAKI, A. et al. **A review on natural ventilation applications through Building façade componentes and ventilation openings in tropical climates**. Energy and Buildings, 2015.

[5] DA SILVA, J. N.; BATISTA, J. O. **Habitação e saúde: o papel da interação usuário/ edificação no ambiente térmico interno.** Relatório Final. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC CNPq/UFAL/FAPEAL. 2021.

[6] SILVA, L. F. A.; BATISTA, J. O. **AVALIAÇÃO DO MOVIMENTO DO AR EM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES ALAGOANAS**. Relatório Final. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC CNPq/UFAL/FAPEAL. 2021.

[7] CLIMATE.ONEBUILDING.ORG. BRA_AL_Maceio-Palmares.Intl.AP.829930_TMYx.2004-2018.zip. **Arquivo climático para simulação termoenergética**. Disponível em: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html#IDAL_Alagoas-. Acesso em: 13 ago. 2022.

[8] ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **ASHRAE Standard 55-2017:** thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2017.