XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DO USO DE APLICATIVO VIRTUAL PARA ESTUDO DA VENTILAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES INTERNOS[1]

ALMEIDA, F. S. (1); RIBEIRO, R. M. (2); SCALCO, V. A. (3); FOSSATI, M. (4); ORDENES, M. (5)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, fernandosilvaalmeida@hotmail.com
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, roseana_mr@hotmail.com
(3) Universidade Federal de Santa Catarina, veridi@gmail.com
(4) Universidade Federal de Santa Catarina, michefossati@gmail.com
(5) Universidade Federal de Santa Catarina, martin.ordenes@ufsc.br

RESUMO

Analisar as condicionantes climáticas locais é uma das etapas de desenvolvimento de um projeto arquitetônico. Dentre as variáveis do clima, destaca-se o fenômeno da ventilação natural como uma importante estratégia bioclimática. Para sua avaliação podem ser utilizadas diversas ferramentas de simulações e experimentos que auxiliam na tomada de decisões durante a concepção projetual. Diante disso, o presente artigo objetiva realizar uma análise comparativa entre experimentos realizados na mesa d'água elaborados por Gularte et al. (2018) e os resultados obtidos por meio do aplicativo Wind Tunnel. Para tanto, o método deste trabalho constituiu-se em 3 etapas: (1) definição dos modelos quanto às dimensões, forma e vão de aberturas, além da caracterização da mesa d'água; (2) descrição da interface e uso do aplicativo Wind Tunnel free; e (3) realização do estudo comparativo para visualização do escoamento do fluido no aplicativo e na mesa d'água. A partir das análises realizadas, verificou-se a semelhança entre os resultados obtidos nas ferramentas comparadas, mostrando que assim como a mesa d'água, o aplicativo também possui potencial para o ensino e análise da ventilação natural em ambientes internos.

Palavras-chave: *Ventilação natural. Wind tunnel. Concepção projetual.*

ABSTRACT

Analyzing local climatic conditions is one of the stages in the development of an architectural project. Among these climate conditions, the study of natural ventilation stands out, which is an essential bioclimatic strategy. For its evaluation, it is used several simulation tools, and experiments are used to assist during project conception. Therefore, this article aims to carry out a comparative analysis between tests carried out at the water table prepared by Gularte et al. (2018) and the results obtained through the Wind Tunnel software. The methods of this work consisted of 3 stages: (1) definition of the models as to the dimensions, shape and opening of openings, in addition to the characterization of the water table; (2) description of the interface and use of the Wind Tunnel free; and (3) conducting a comparative study for the fluid flow responses in the software and in the water table. From the analyzes carried out, it was verified the similarity between the results simulated and measured, and the results show that,

[1] ALMEIDA, F. S.; RIBEIRO, R. M.; SCALCO, V. A.; FOSSATI, M.; ORDENES, M. Análise do uso de aplicativo virtual para estudo da ventilação natural em ambientes internos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

just like the water table, the software also has the potential for being used as a teaching tool and for analyzing natural ventilation in indoor environments.

***Keywords**: Natural ventilation. Wind tunnel. Project conception.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Rivero (1986), o uso da ventilação natural está associado a diferentes necessidades em relação às exigências higiênicas e térmicas. A primeira deve ser alcançada em qualquer período do ano, pois trata-se da renovação do ar interno para reduzir contaminações. A segunda é desejada quando a temperatura externa está mais amena do que a do ambiente interno. Ressalta-se que o projeto arquitetônico deve estar adequado quanto à necessidade de ventilação natural no inverno (exigências higiênicas) e verão (exigências higiênicas e térmicas).

Desse modo, para atender as necessidades do projeto e dos usuários em relação à ventilação natural, é preciso avaliar essa estratégia dentro de todas as etapas do desenvolvimento projetual, em especial na fase inicial, na qual as decisões possuem grande influência no resultado construtivo. Para essas análises, existem ferramentas que auxiliam no estudo do fluxo do ar nos ambientes internos, tais como: a mesa d'água e a Dinâmica dos Fluidos Computacional (em inglês, CFD - *Computer Fluid Dynamics*), ciência que mede por meio de códigos computacionais o fluxo de ar e gera predições quantitativas.

Dentre os *softwares* de simulação que avaliam o fluxo de ar em ambientes internos e utilizam do CFD no processamento físico podem-se destacar, o *ANSYS, OpenFOAM, Autodesk CFD, Fluent* e outros (CORDEIRO, 2017). Entretanto, segundo Chen (2004), para a utilização do CFD é necessário apresentar conhecimento específico em mecânica de fluidos além de um computador com capacidade elevada de memória que permita o processamento das informações. Considerando esses aspectos, o CFD não se mostra como sendo um instrumento acessível a todos para uso na etapa inicial de projeto.

Em algumas instituições acadêmicas de arquitetura, a mesa d'água é um instrumento de estudo e ensino da ventilação natural utilizada em laboratórios de conforto ambiental para o auxílio da concepção projetual. Conforme Toledo e Pereira (2003), a mesa d'água permite visualização rápida do comportamento do fluxo de ar nas partes internas e externas da construção, analisando as aberturas de entrada e saída de ar de um modelo produzido em escala reduzida para o experimento.

Porém, vale salientar que nem todas as universidades possuem a mesa d'água como ferramenta de ensino. E, diante do panorama atual de isolamento social, propiciado pelo Covid-19[2], as instituições detentoras desse dispositivo, estão impossibilitadas de terem aulas presenciais em seus laboratórios para realização de estudos experimentais. Dessa forma, busca-se alternativas que possam avaliar este fenômeno e garantir o estudo do fluxo de ar na etapa inicial do projeto, que sejam de fácil acesso e não exija grandes habilidades aos seus usuários.

De acordo com Araújo et al. (2017), o aplicativo *Wind Tunnel* CFD é uma ferramenta que simula túnel de vento, produzido pela Numeca Internacional e Algorizk (2018), e que apresenta uma versão gratuita para *smartphones* e *tablets* (Android ou iOS),

[2] *COVID-19 é um surto de uma nova doença provocada pelo coronavírus, que ocasiona insuficiência respiratória causada pela síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), relatada no fim de 2019 na cidade de Wuhan, China, e posteriormente em grande parte do mundo (Xu et al, 2020).*

denominado como *Wind Tunnel free*. Na pesquisa realizada pelos autores, o *Wind Tunnel* é utilizado para simular bidimensionalmente, o melhor perfil aerodinâmico da asa de um avião, para estudo da dinâmica de fluidos. Apesar do *Wind Tunnel* ser utilizado comumente em outro fim, nota-se potencial dessa ferramenta como alternativa para estudo do fluxo de ar em ambientes internos, visto sua facilidade para o usuário e principalmente por ser acessível.

Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo um estudo comparativo entre as simulações realizadas na mesa d'água, elaboradas por Gularte et al. (2018), e os resultados obtidos com o auxílio do aplicativo *Wind Tunnel free,* com o intuito de avaliar o aplicativo como uma ferramenta auxiliar na concepção projetual, assim como a mesa d'água. Para tanto, foram simulados módulos com as mesmas proporções de tamanho e vãos de entrada e saída de ar no aplicativo, para realização do estudo.

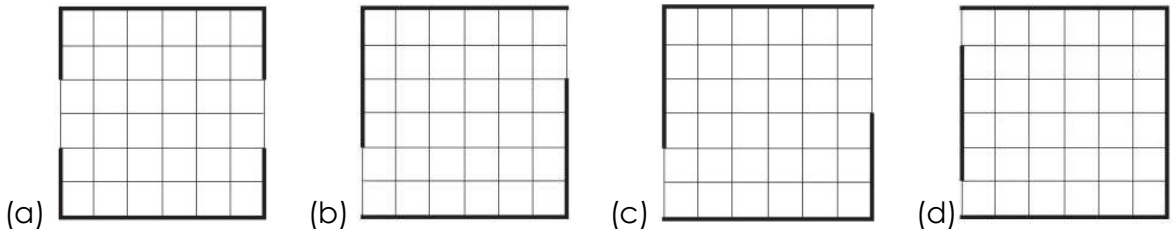
2 MATERIAIS E MÉTODO

O método apresenta 3 etapas: (1) definição dos modelos, tamanho, forma e vão de aberturas, bem como a caracterização da mesa d'água; (2) descrição do aplicativo *Wind Tunnel free*, ferramentas usadas na simulação dos modelos e interface do aplicativo; e (3) comparação dos resultados obtidos no aplicativo com os resultados da mesa d'água verificados na pesquisa de Gularte et al. (2018).

2.1 Definição dos modelos

Os modelos analisados neste estudo foram determinados a partir da pesquisa realizada por Gularte et al. (2018), que avaliaram o impacto de diferentes tamanhos e posições de aberturas no desempenho do fluxo de ar no espaço interno, através de simulações computacionais e ensaios na mesa d'água. Em análise bidimensional, as amostras constituem–se em um módulo quadrado, sendo a figura 1a e 1b formadas por um 1/3 de abertura de entrada e saída de ar em relação a sua área de piso, a figura 1c com 1/2 de abertura de saída e 1/3 de entrada de ar, ambos modelos com vão de aberturas em situações opostas, e por fim, o modelo 4 (figura 1d) com 2 vãos com 1/6 de abertura de entrada e saída de ar posicionados na mesma face, como exemplificado na Figura 1.

Figura 1 – Protótipos, modelo 1 (a), modelo 2 (b), modelo 3 (c) e modelo 4 (d)



Fonte: GULARTE et al. (2018)

Os protótipos foram elaborados em acrílicos, com encaixes macho e fêmea, que possibilitaram a modificação das aberturas e fechamentos, assim, utilizou-se apenas um único protótipo para configuração dos quatro modelos testes. Dessa forma, para assegurar precisão nos encaixes os protótipos foram fabricados em máquina a lazer. Para realização dos experimentos elaborados por Gularte et al. (2018), utilizou-se a mesa d'água, formada por uma placa de vidro transparente sobre uma estrutura de sustentação em perfis metálicos, no qual escoa água em uma velocidade uniforme,

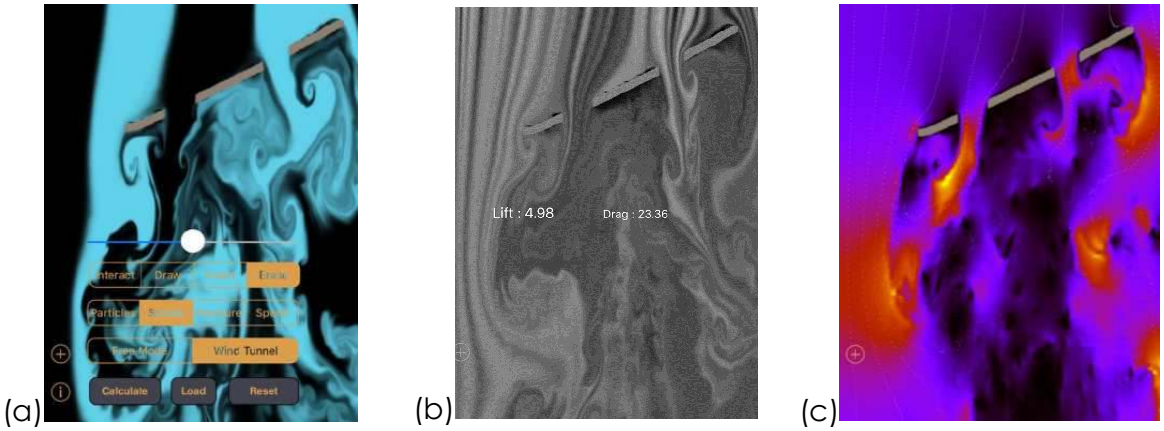
ao longo de sua largura (Toledo e Pereira, 2003). Para os testes na mesa d'água adotou-se uma frequência de 35Hz para formação da espuma, que equivale à velocidade de 0,22 m/s (GULARTE et al., 2018). Conforme Galvão (2016), na escala de Beaufort a velocidade de 0,22 m/s representa fumaça subindo na vertical. Então, baseada nessa escala tem-se em mente a velocidade da massa de ar utilizada.

2.2 Aplicativo *Wind tunnel*

O aplicativo *Wind Tunnel free*, é uma ferramenta bidimensional interativa. Este simula a dinâmica do fluido incompressível, valendo-se das equações de Navier Stockes[3]. A ferramenta permite simulação divertida com interface intuitiva, bem como o fornecimento quase preciso da física, permitindo controlar a velocidade de escoamento do fluido, ver Figura 2 (a) (ARAÚJO et al, 2017).

Dentre as possibilidades de controle e visualização fornecidos pelo aplicativo, tem-se: controle deslizante de ajuste da velocidade (*interact*); ações de toque que permitem a interação com a ferramenta para desenhos (*draw*) ferramenta borracha para apagar informações e redefinir desenhos (*erase*); inserção manual da distância entre cada ponto de início do fluido (*insert*); quatro modelos de visualização do fluido: fumaça (*smoke*), pressão (*pressure*), partículas (*particles*) e campo de velocidade (*speed*); e por fim, dois modos de simulação: túnel de vento (*Wind Tunnel*), que possibilita ajuste da velocidade do vento, e modo livre (*free mode*) sem controle do vento, conforme Figura 2 (a) (ALGORIZK, 2018).

Figura 2 – Interface do aplicativo *Wind Tunnel free*, (a) parâmetros de ajuste e controle, (b) cálculo do arrastamento induzido e da sustentação, e (c) modelo de visualização utilizado na pesquisa.



(a) (b) (c)

Fonte: Autores (2020)

O dispositivo também permite calcular uma estimativa global de força de arrasto e elevação, propiciadas pelos obstáculos desenhados (calcule), Figura 2 (b). E no botão *load*, é possível carregar as formas atuais para outros testes. O aplicativo fornece algumas cores combinadas com ajuste de velocidade do fluido - preto para fluido em repouso, e azul, amarelo e vermelho para representar velocidades mais altas (ALGORIZK, 2018).

[3] *Conjunto de equações diferenciais formadas pelas leis de conservação: conservação da massa, conservação do momento e conservação da energia; tais equações retratam o escoamento dos fluidos e possibilitam modelar o fluxo de ar que passa através das asas de aviões e automóveis (ARAÚJO et al, 2017).*

Para a realização dos testes, nesta pesquisa as configurações utilizadas no aplicativo foram: campo de velocidade como modelo de visualização; aproximadamente 40% da linha de controle de velocidade; e *Wind tunnel* no modo de simulação, conforme Figura 2 (c). Os quatro modelos analisados foram desenhados seguindo a mesma proporção de tamanho do módulo e do vão de abertura de entrada e saída de ar. Para tanto, fez-se uso de um molde de papel dimensionado na proporção dos modelos apresentados, bem como a mesma malha quadriculada pré-definida. Posteriormente o papel foi fixado na tela de um celular *Iphone 7 Plus* com 5,5 polegadas de tela. Na sequência foi configurada a velocidade, o modelo de visualização e simulação, e gerados os resultados.

2.3 Comparativo

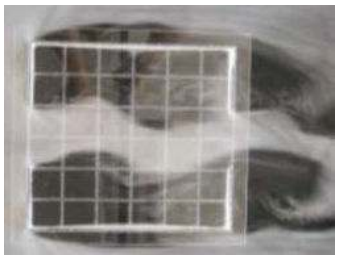
A análise comparativa do percurso de escoamento do fluido entre a mesa d'água e o aplicativo *Wind Tunnel* foi otimizada por meio de desenhos esquemáticos que apresentam sobreposição dos movimentos de ar observados nas ferramentas. Dessa maneira, os resultados gerados pelos dispositivos puderam ser avaliados de forma mais clara e precisa.

3 RESULTADOS

Conforme a Figura 3, as aberturas de entrada e saída de ar possuem dimensões iguais e estão posicionadas uma posterior à outra. Com essa configuração, verifica-se que o fluxo de ar interno no aplicativo se comporta de maneira mais linear, em contrapartida, na mesa d'água se apresenta de forma mais curvilínea. Entretanto, em ambas as situações, são geradas sombras de vento próximas à abertura de entrada e saída do fluido. Nota-se também baixas recirculações de ar perto da saída, tendo sido provocadas pelos movimentos ondulatórios de fluxo de ar na borda externa do modelo. Tais movimentos são perceptíveis nas duas situações, com maior ênfase no *Wind Tunnel* (ver Figura 3b).

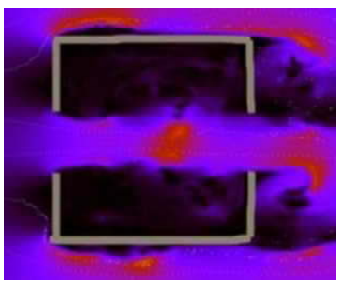
Figura 3 – Escoamento do Fluido no Modelo 1, (a) mesa d'água (b) *Wind Tunnel* e (c) sobreposição do *Wind Tunnel* na mesa d'água

(a)



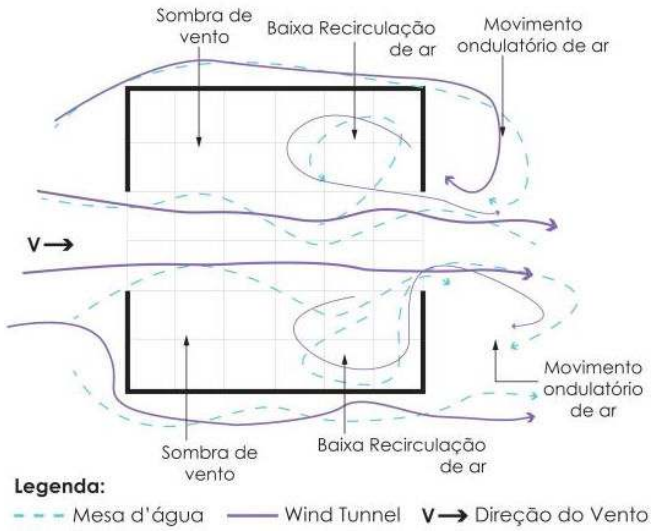
Fonte: Gularte et al. (2018)

(b)



Fonte: Autores (2020)

(c)



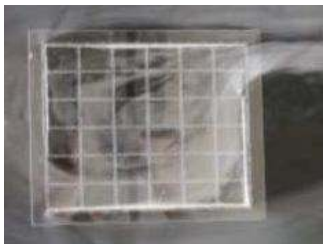
Fonte: Autores (2020)

O modelo 2 (Figura 4) apresenta aberturas de entrada e saída de ar com dimensões iguais ao modelo 1. Porém, no caso do modelo 2 observa-se que os vãos de aberturas estão situados em faces como em cantos opostos. Dessa forma, é possível averiguar que o fluxo de ar apresenta novas configurações no ambiente.

Com base na Figura 4 (c), percebe-se que os fluxos de ar nos dois dispositivos são semelhantes, apresentando fluxo de ar curvilíneo desde a entrada até a abertura de saída. Destaca-se uma divergência entre as ferramentas, onde, no aplicativo *Wind Tunnel* nota-se sombra de vento na face frontal do modelo, ao contrário da Mesa d'água com estagnação da espuma, tal situação pode ser justificada pela velocidade de escoamento da espuma na mesa d'água. Observa-se também, além disso, sombra de vento na face externa de saída do fluido e alta recirculação de ar no canto superior esquerdo dentro do espaço, onde a princípio, não seria trajeto do ar. Proporcionando dessa forma um ambiente bem ventilado, podendo ser ou não desejado de acordo com as necessidades e uso do espaço.

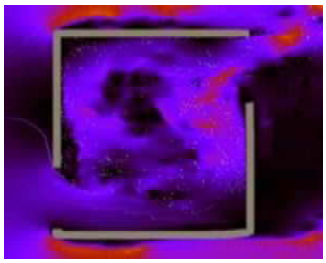
Figura 4 – Escoamento do Fluido no Modelo 2, (a) mesa d'água (b) *Wind Tunnel* e (c) sobreposição do *Wind Tunnel* na mesa d'água

(a)



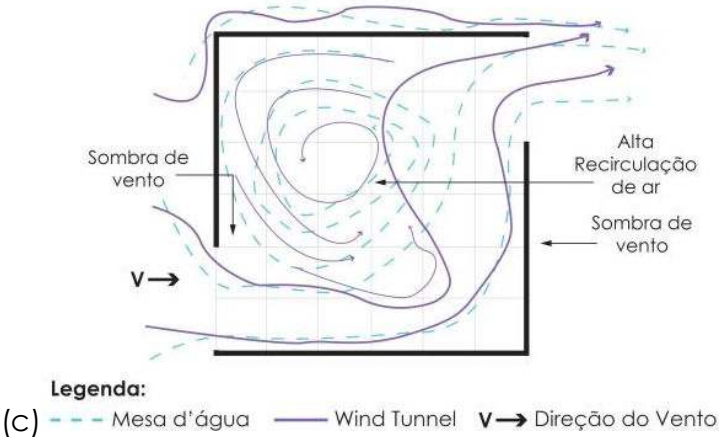
Fonte: Gularte et al. (2018)

(b)



Fonte: Autores (2020)

(c)

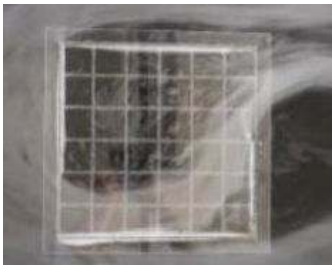


Fonte: Autores (2020)

No modelo 3 (Figura 5) a configuração de abertura se assemelha ao modelo 2, porém, nessa situação a abertura de saída de ar é maior do que a de entrada, promovendo menor pressão na saída de ar e, consequentemente, melhor distribuição da ventilação natural, sem ocorrência de altos movimentos ondulatórios na parte interna do ambiente. Assim como no modelo 2, o desenho gerado no *Wind Tunnel* (figura 5a e 5b) apresenta sombra de vento na face frontal, em discordância da mesa d'água.

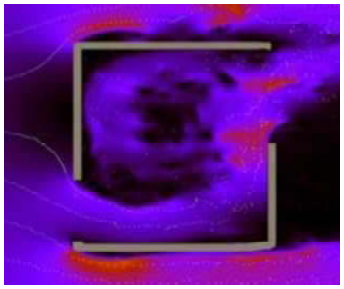
Figura 5 – Escoamento do Fluido no Modelo 3, (a) mesa d'água (b) *Wind Tunnel* e (c) sobreposição do *Wind Tunnel* na mesa d'água

(a)



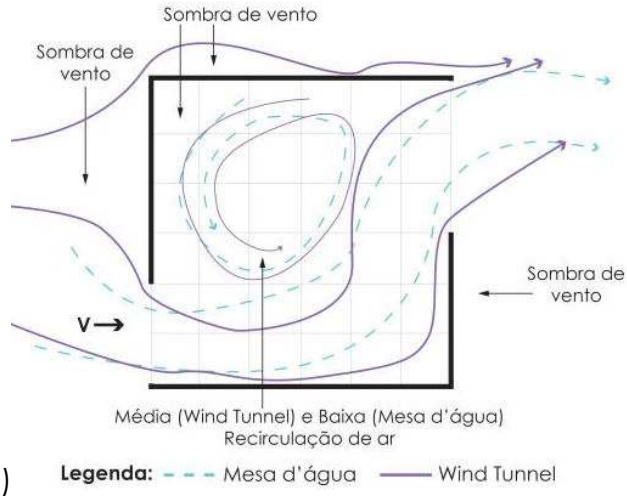
Fonte: Gularte et al. (2018)

(b)



Fonte: Autores (2020)

(c)

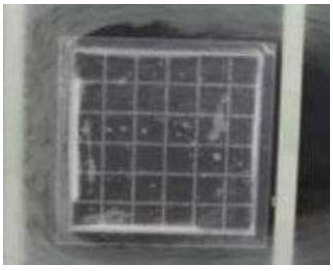


Fonte: Autores (2020)

Por fim, o caso do modelo 4 (Figura 6) difere dos três anteriores. Nesse último modelo, as aberturas de entrada e saída de ar são menores (1/6 da área do piso) e estão localizadas em cantos opostos e na mesma face (barlavento). Verifica-se que as simulações se apresentam divergentes em relação à intensidade do fluxo de ar interno. Na mesa d'água o fluxo de ar é quase imperceptível com estagnação do ar interno. Já no aplicativo, observa-se alta recirculação de ar, e sombra de vento na face frontal do modelo. Tal fenômeno pode ser explicado por algumas limitações do *Wind tunnel free*, como ajustes de velocidade e desconsideração da altura da abertura e influência do entorno edificado e vegetado.

Figura 6 – Escoamento do Fluido no Modelo 4, (a) mesa d'água (b) *Wind Tunnel* e (c) sobreposição do *Wind Tunnel* na mesa d'água

(a)



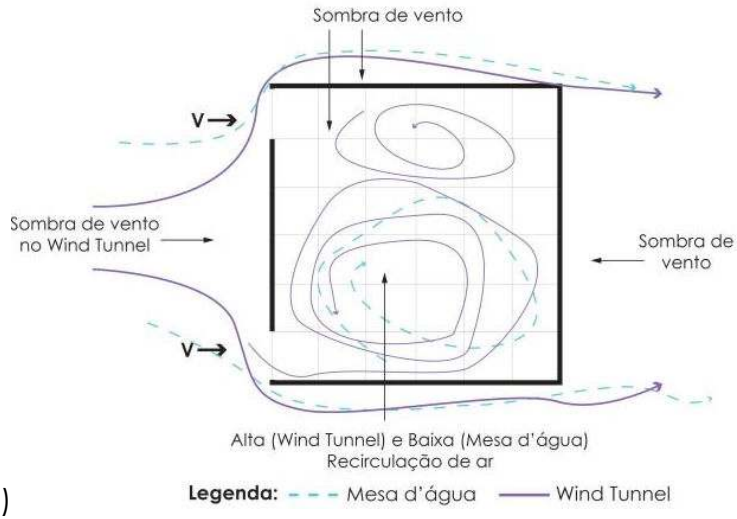
Fonte: GULARTE et al. (2018)

(b)



Fonte: Autores (2020)

(c)



Fonte: Autores (2020)

4 CONCLUSÕES

Diante das análises realizadas, identificou-se a similaridade dos resultados obtidos entre as duas ferramentas comparadas, constatando que o aplicativo *Wind Tunnel* pode, de fato, auxiliar nas decisões projetivas iniciais, contribuindo na otimização do estudo da ventilação natural tanto para estudantes quanto para profissionais.

Verificou-se o potencial do uso do aplicativo, visto que a interface intuitiva do programa contribui para que o ensino e estudo da ventilação natural seja mais acessível e didática. Desse modo, instituições acadêmicas que não possuem mesa d'água para aulas práticas podem recorrer à utilização desse dispositivo alternativo no ensino da ventilação natural.

Embora a análise dos fluidos das ferramentas comparadas seja realizada apenas de maneira bidimensional e qualitativa, elas se apresentaram como opções viáveis para análise do escoamento de ar em ambientes internos. Entretanto, o aplicativo possui algumas limitações, como a não determinação da velocidade do fluido, a qual pode gerar divergência em determinados resultados. Além disso, o aplicativo desconsidera a altura das aberturas e a influência do entorno da edificação. Dessa maneira, indica-se ao projetista a utilização racional do aplicativo.

REFERÊNCIAS

ALGORIZK, A realistic simulation. **Interactive physics simulations for everyone,** 2018**.** Disponível em: <http://www.algorizk.com/windtunnel/overview/>. Acesso em: 30 abr. 2020.

ARAÚJO, F. A. G. de; OLIVEIRA, M. M. de; NOBRE, E. F.; PINHEIRO, A. G.; CUNHA, M. S. O estudo de dinâmica dos fluidos com o aplicativo wind tunnel. **Revista do Professor de Física**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 25-36, 21 dez. 2017.

CHEN, Q. Using computational tools to factor wind into architectural environment design. **Energy and Buildings**, [s.l.], v. 36, n. 12, p. 1197-1209, dez. 2004.

CORDEIRO, Enedy A. R. **Simulação da distribuição espacial do conforto térmico e aéreo em instalações para frangos de corte.** 2017. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GALVÃO, W. J. F. **Fundamentos de conforto Ambiental para aplicação no projeto de arquitetura:** conforto térmico, acústica arquitetônica e luminotécnica. São Paulo: Ed. do Autor, 2016.

GULARTE, I.; XAVIER, A. C.; LUKIANTCHUKI, M. A.; ORDENES, M. Análise do impacto do tamanho e da posição das aberturas no fluxo de ar: ensaios na mesa d´água e simulações CFD. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais do ENTAC 2018.** Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 949-956.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima**: acondicionamento térmico natural. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: D. C. Luzzatto, 1986.

TOLEDO, A. M.; PEREIRA, F. O. R. O potencial da Mesa d'água para a visualização analógica da ventilação natural em edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2003, Curitiba. **Anais do ENTAC-COTEDI 2003**. Curitiba: ANTAC, 2003. p. 1383-1390.

XU, Zhe; SHI, Lei; WANG, Yijin; ZHANG, Jiyuan; HUANG, Lei; ZHANG, Chao; LIU, Shuhong; ZHAO, Peng; LIU, Hongxia; ZHU, Li. Pathological findings of COVID-19 associated with acute respiratory distress syndrome. **The Lancet Respiratory Medicine**, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 420-422, abr. 2020.