Q-VENT: CALCULADORA DE RENOVAÇÕES DO AR PARA A MITIGAÇÃO DO SARS-COV-2 NO ESPAÇO CONSTRUÍDO

Gustavo de Luna Sales (1); Beatriz de Mattos Maciel (2); Bia Missiaggia Moraes (3); Cauê Cordeiro Santos (4); Andressa Kelly Santos da Silva (5), Laura Elisa Becker Bauer (6),

(1) Doutor, Professor, gustavoluna@unb.br, TEC/FAU da Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro – ICC, Bloco A, Ala Norte – CEP:70904-970, Brasília-DF; +55 (61) 98185-9905

(2) graduanda em arquitetura e urbanismo, maciel.beatriz@aluno.unb.br, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro – ICC, Bloco A, Ala Norte – CEP:70904-970, Brasília-DF; +55 (61) 99209-3030

(3) graduanda em arquitetura e urbanismo, bia.moraes@aluno.unb.br, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro – ICC, Bloco A, Ala Norte – CEP:70904-970, Brasília-DF; +55 (61) 98265-6369

(4) graduando em arquitetura e urbanismo, caue.santos@aluno.unb.br, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro – ICC, Bloco A, Ala Norte – CEP:70904-970, Brasília-DF; +55 (61) 98159-4021

(5) graduanda em arquitetura e urbanismo, andressa.kelly@aluno.unb.br, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro – ICC, Bloco A, Ala Norte – CEP:70904-970, Brasília-DF; +55 (61) 99546-3789

(6) graduanda em arquitetura e urbanismo, laura.elisa@aluno.unb.br, Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro – ICC, Bloco A, Ala Norte – CEP:70904-970, Brasília-DF; +55 (61) 99247-9229

RESUMO

Ventilar naturalmente os recintos que compõem uma edificação resulta na diminuição do nível de concentração de substâncias químicas e orgânicas nocivas à saúde dos ocupantes do espaço construído. O Q-VENT é uma ferramenta digital, on-line e gratuita para o cálculo das renovações de ar, por ventilação natural, de ambientes residenciais, comerciais e hospitalares, que fornece uma estimativa da adequação desses espaços quanto aos intervalos de taxas de renovação recomendados para a mitigação do contágio pelo vírus SARS-COV-2. Por meio do levantamento de parâmetros de referência – divulgados por órgão oficiais de saúde e trabalhos acadêmicos relevantes –; do levantamento dos dados climáticos relacionados com a ventilação natural de 155 cidades brasileiras; e da identificação e ajustes de fórmulas de cálculo, foi possível desenvolver um algoritmo que fornece ao profissional envolvido no projeto ou na reforma de edificações uma breve avaliação da adequação dos espaços quanto a salubridade e mitigação do contágio pelo vírus SARS-COV-2. O Q-VENT encontra-se em estágio de testes do usuário, podendo ser acessado pelo público geral por meio da rede mundial de computadores, em celulares ou computadores pessoais. Atualmente a ferramenta está salvaguardada pelo Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) e está sendo aplicada em disciplinas de graduação em arquitetura e urbanismo da Universidade de Brasília.

Palavras-chave: taxas de renovação de ar, SARS-COV-2, ventilação natural.

ABSTRACT

The Q-VENT is a free, online and digital calculator of ventilation rates for residential, commercial and hospital environments. Provides an estimate of the adequacy of these spaces for the recommended air change per hour for the mitigation of SARS-COV-2 virus contagion. An algorithm was developed that provides the professional involved in the design or renovation of the building with a brief assessment of adequation of the spaces for health and mitigation of the contagion by the SARS-COV-2 virus, through: the survey of benchmarks – released by official health agencies and relevant academic works; identification of climatic data related to natural ventilation for 155 Brazilian cities and the identification and adjustments of calculation formulas. The Q-VENT is in the stage of user testing and can be accessed by the public through the World Wide Web on mobile phones or personal computers.

Keywords: no estilo “ENCAC Texto Artigo Paragrafo1”.

1. INTRODUÇÃO

A diluição de particulados nocivos presentes no ar está diretamente relacionada com a qualidade interna do ar no espaço construído e, consequentemente, a saúde dos usuários que ocupam esse espaço. A taxa de renovação do volume de ar presente nos ambientes internos é um parâmetro fundamental quando consideramos o uso da ventilação natural como mecanismo potencial para a diluição dos agentes patógenos por meio do ar. Como abordam Mikszewski et al. (2022) em ambientes com baixa renovação do ar a contaminação por meio de gotículas e aerossóis ocorre mais facilmente, diretamente pelas vias respiratórias ou indiretamente pela ressuspensão de partículas acumuladas em superfícies. Assim, desde a pandemia desencadeada pelo vírus SARS-COV-2, no início de 2020, a relação entre taxas de renovação do ar e taxas de contágio por coronavírus vem sendo amplamente revisitadas e revisadas para diversos tipos de ocupação, configurações de entradas e saídas de ar, para evitar a recirculação do ar, e tempos de permanência de pessoas no interior de edificações (DAI e ZHAO, 2020; BAGDASARIAN et al., 2021; LI e TANG, 2021).

No entanto, os parâmetros de referência identificados até então se encontram pulverizados e, por vezes, fora do contexto da elaboração ou avaliação do projeto de arquitetura. Além disso, considerando a especificidade do tema, os modelos de quantificação da taxa de renovação do ar por ventilação natural não são de fácil resolução, no caso dos modelos matemáticos, ou não são de fácil acesso – no caso dos modelos em escala e modelos de dinâmica dos fluidos (AXLEY, 2006 CHEN, 2009) para grande parte dos profissionais envolvidos no projeto, na construção ou na reforma de edificações.

O presente trabalho apresenta o atual estágio de desenvolvimento do Q-VENT, uma ferramenta digital acessível, amigável e gratuita cujo algoritmo informa ao profissional envolvido no desenvolvimento e/ou avaliação do projeto arquitetônico valores de referência em termos da adequação da renovação do ar por ventilação natural, quanto a mitigação do contágio pelo vírus SARS-COV-2, para ambientes residenciais, comerciais e hospitalares.

2. OBJETIVO

Apresentar o processo de desenvolvimento e atual estágio da ferramenta Q-VENT, ferramenta digital de cálculo e diagnóstico da renovação do ar para a mitigação do SARS-COV-2 em edificações residenciais, comerciais e hospitalares no contexto climático brasileiro.

3. MÉTODO

3.1 Levantamento de arquivos climáticos e parâmetros de referência

De início, buscou-se levantar os arquivos climáticos das 330 cidades brasileiras classificadas no Anexo "A" da norma NBR 15.220-3. Destas, 155 cidades tiveram seu arquivo climático encontrados em formato (.epw) no repositório de dados climáticos para a simulação computacional de edificações *Climate.OneBuilding*. Os arquivos das cidades foram inseridos no programa *Weather Maneger* ver. 2.0 (Marsh, 2005) o qual forneceu dois dados fundamentais: (1) percentuais anuais de frequência de ocorrência dos ventos por orientação e (2) velocidades médias do vento por orientação. Tendo em vista a simplificação da interface da ferramenta, foram consideradas as orientações: Norte (0°); Nordeste (45°); Leste (90°); Sudeste (135°); Sul (180°); Sudoeste (225°); Oeste (270°) e Noroeste (315°). Assim, a frequência de ocorrência e as velocidades médias foram identificadas para cada orientação, por cidade, e organizadas em planilha eletrônica, como exemplificado na Tabela (1).

Tabela 1 – Exemplo da organização dos dados de ventilação para as cidades da Zona Bioclimática 1

Local		**Velocidades por orientação (m/s)**							
UF	**Cidade**	**0°**	**45°**	**90°**	**135°**	**180°**	**225°**	**270°**	**315°**
PR	Castro	2,7	2,7	4,1	4,1	2,7	2,7	2,7	2,7
PR	Curitiba	2,7	4,1	4,1	2,7	2,7	4,1	4,1	4,1
PR	Maringá	4,1	4,1	4,1	2,7	4,1	4,1	2,7	4,1
SC	São Joaquim	4,1	5,5	5,5	5,5	4,1	5,5	5,5	4,1
SP	Campos do Jordão	4,1	4,1	2,7	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1

Entre os meses de junho e outubro de 2022 foi realizado um levantamento de parâmetros técnicos e científicos publicados relacionados com a taxa de renovação do ar recomendada para a redução da transmissão do SARS-CoV-2. Para esse levantamento foram adotados os seguintes filtros de pesquisa: (1) trabalhos técnicos ou científicos publicados por órgãos governamentais oficiais nacionais e internacionais; (2) trabalhos publicados em periódicos científicos nacionais e internacionais, escritos em português ou

inglês; (3) trabalhos que apresentam taxa de renovação de ar, ou um intervalo de taxa, visando a redução da transmissão ou contágio por vírus da família SARS-CoVs; (4) trabalhos que se refiram a espaços residenciais, comerciais e/ou hospitalares; (5) trabalhos que considerem a ventilação natural como mecanismo para se alcançar as taxas de renovação recomendadas; (6) trabalhos publicados entre 2019 e 2022. Ao todo, foram levantadas 31 publicações, sendo 51% referentes a ambientes hospitalares, 32% referentes a ambientes comerciais, e 17% para ambientes residenciais.

Após o levantamento dos parâmetros de referência, buscou-se identificar as taxas de renovação recomendadas para a ventilação dos ambientes das categorias de uso delimitadas na pesquisa. As principais taxas de renovação de ar identificadas para a categoria de uso "ambiente residencial" possuem intervalos entre 1 e 6 renovações de ar por hora por pessoa. Para ambientes comerciais (ex.: escritórios, mercados, escolas, universidades, dentre outros) as taxas de renovação recomendadas se enquadram no intervalo de 5 a 10 renovações. Para ambientes hospitalares o intervalo mais recomendado gira em torno de 8 a 12 renovações de ar por hora por pessoa. Estas taxas foram adotadas como parâmetros de referência para a ferramenta Q-VENT. No entanto, destaca-se que os intervalos citados não são unânimes entre os diversos trabalhos levantados, principalmente quanto ao tipo de uso dos ambientes e a unidade de medida da taxa de renovação. A presente pesquisa adotou como base os valores mais citados/recomendados e, por vezes, necessitou enquadrar um tipo de uso específico para dentro de uma das categorias de uso adotadas para esta etapa do trabalho. Por exemplo, estudos voltados somente para "enfermarias" foi enquadrado na categoria "ambiente hospitalar". Além disso, para o desenvolvimento da ferramenta proposta, as taxas identificadas no levantamento foram transformadas e/ou aproximadas para valores inteiros (uma casa decimal) e para a unidade de metros cúbicos por hora (m³/h) por pessoa – unidade padrão do algoritmo da ferramenta.

3.2 Desenvolvimento do algoritmo e interface do usuário

A atual versão do algoritmo do programa Q-VENT foi baseada na resolução das equações propostas por Lamberts, Dutra e Pereira (2014) para o cálculo do número de renovações do ar em ambientes ventilados unilateralmente (equações 1, 4 e 5) e bilateralmente (equações 2, 3, 4 e 5).

$$Q = 0{,}025.A.Vref \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
A = área efetiva de abertura (m²);
Vref = velocidade média de referência do vento na altura da abertura (m/s)

$$Q = 0{,}6.A_J.Vref.\sqrt{\Delta C_p} \qquad \text{Equação 2}$$

Onde:
A_J = área equivalente de abertura (m²);
V_{ref} = velocidade média de referência do vento na altura da abertura (m/s)
ΔC_P = coeficiente de pressão do vento.

$$\frac{1}{A_j^2} = \frac{1}{\sum A_{entrada}} + \frac{1}{\sum A_{saída}} \qquad \text{Equação 3}$$

Onde:
$A_{entrada}$ = somatória das aberturas de entrada do ar (m²);
$A_{saída}$ = somatória das aberturas de saída do ar (m²);

$$\frac{Vref}{Vm} = k.z^{\alpha} \qquad \text{Equação 4}$$

Onde:
Vm = velocidade do vento medida na estação meteorológica (m/s);
k, α = coeficientes de rugosidade do terreno (Tabela 2);
z = altura da abertura em relação ao solo.

$$N = \frac{Q.3600}{V}$$ Equação 5

Onde:
N = número de renovações de ar por hora (m³/h);
V = volume do ambiente.

Tabela 2 – Coeficientes de rugosidade (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014)

Localização da edificação	k	α
Campo aberto plano	0,68	0,17
Campo com algumas barreiras	0,52	0,20
Ambiente urbano	0,35	0,25
Centro da cidade	0,21	0,33

Assim, o usuário da ferramenta é demandado a realizar o preenchimento de um número reduzido de informações – uma vez que o banco de dados da ferramenta está programado para identificar os valores referentes as informações preenchidas. Por exemplo, quando o usuário informa ao Q-VENT a cidade, orientação e a altura da abertura, o algoritmo identifica velocidade média do vento, calcula a velocidade de referência na altura da abertura (V) – considerando os coeficientes de rugosidade para "ambiente urbano" – e o coeficiente de pressão do vento (ΔC_{PL}) identificados por Swami e Chandra (1987). Assim, para uma futura atualização da ferramenta, poderá ser realizado o cálculo da renovação do ar em ambientes com ventilação por mais de uma abertura.

Desta forma, em linhas gerais, para a ferramenta reconhecer quais dados devem ser utilizados do seu banco de dados para a resolução das equações e quais intervalos de taxas de renovação do ar estão dentro dos limites previamente estabelecidos, o usuário do Q-VENT deve preencher as seguintes informações, conforme mostra a Figura 1: (1) Unidade da Federação (UF); (2) Cidade; (3) orientação da janela; (4) Volume do ambiente; (5) Área efetiva da janela; (6) Altura da janela e (7) Quantidade de pessoas no recinto. Em caso de possíveis dúvidas por parte do usuário quanto ao preenchimento dessas variáveis, foi inserido na ferramenta uma aba lateral com uma breve explicação sobre estas variáveis. Após o preenchimento e conferência das informações, o usuário deve solicitar que a ferramenta calcule o número de renovações de ar no botão "calcular".



Figura 1 – Atual interface do usuário do programa Q-VENT.

Como apresentado na Figura 1, a ferramenta informa o valor de renovação do ar por hora calculado e enquadrada tal valor dentro de um intervalo limite – identificado por meio do levantamento citado no tópico 3.1. Os intervalos limites utilizados são:

- < 1 RAH: renovação do ar é insuficiente para a salubridade do ambiente;
- 1 – 5,99 RAH: renovação do ar é eficaz no combate ao SAR-COV-2 em ambientes residenciais;

- 6 – 10 RAH: renovação do ar é eficaz no combate ao SARS-COV-2 em ambientes residenciais e comerciais;
- > 10 RAH: renovação do ar é eficaz no combate ao SARS-COV-2 em ambientes residenciais, comerciais e hospitalares.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Após a finalização da interface do usuário, os pesquisadores envolvidos no desenvolvimento do Q-VENT realizaram testes de aplicação da ferramenta. Os resultados obtidos manualmente pela resolução das equações propostas por Lamberts, Dutra e Pereira (2015) foram comparados com os resultados fornecidos pelo Q-VENT, considerando um ambiente hipotético. Utilizando a média simples dos valores, foi encontrado 97% de compatibilidade entre os resultados com auxílio de calculadoras, e os resultados calculados pela ferramenta. Tal fato se deve aos diferentes arredondamentos de casas decimais dos resultados das equações utilizadas pelo sistema da ferramenta e calculadas com auxilia de calculadora.

Verificando o correto funcionamento da ferramenta, a equipe de pesquisadores entrou com a solicitação de registro de programa de computador junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) para salvaguardar os direitos de propriedade do código fonte da ferramenta. A tutela sobre os direitos do programa foi concedida pelo INPI em fevereiro de 2023.

Após o registro, a ferramenta Q-VENT foi publicada no site do grupo de pesquisa em Simulação do Ambiente Construído (SiCAC) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU/UnB) para a divulgação interna e utilização da ferramenta nas disciplinas de Bioclimatismo (2° semestre/diurno e 3° semestre/noturno), Conforto Térmico Ambiental (3°semestre/diurno e 4° semestre/noturno) e Estudos Especiais em Tecnologia (optativa). Assim, atualmente, a ferramenta está em período de teste dos usuários externos à pesquisa que podem contribuir com possíveis melhorias por meio do e-mail de contato disponibilizado (sicac@unb.br).

5. ETAPAS FUTURAS

Após o período de teste com os usuários externos e possíveis correções, a ferramenta será atualizada para receber cálculos de renovações de ar para ambientes ventilados bilateralmente. Após essa atualização, passará por novo período de teste com os usuários externos e possíveis correções. Ao término desse processo, a ferramenta será amplamente divulgada nas instituições de ensino superior e órgãos de classe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXLEY, J. Analytical Methods and Computing Tools for Ventilation. In. Santamouris and Wouters (ed). Building Ventilation: the state of the art. Capítulo 2 (p 39-106). Ed. Earthscan, Lodon. 2006.

BAGDASARIAN, Natasha; MATHEWS, Ian; NG, Alexander; LIU, Eugene; SIN, Clara; MAHADEVAN, Malcolm; FISHER, Dale. **A safe and eficiente, naturally ventilated structure for COVID-19 surge capacity in Sigapore**. Infection Control & Hospital Epidemiology, v 42, p 630-651. 2021.

CHEN, Q. Ventilation performance prediction for buildings: a method overview and recent applications. Building and Environment, v44, p 848-858. 2009.

DAI, Hui; ZHAO, Bin. Association of infected probability of COVID-19 with ventilation rates confined spaces: a Wells-Riley equation based investigation. Building Simulation, v13, p 1321-1327. 2020.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. Eficiência Energética na Arquitetura. 3° edição. Editora ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LI, Chunying; TANG, Haida. **Study on ventilation rates and assessment of infection risks of COVID-19 in na outpatiente Building.** Journal of Building Engineering, v42, p 90-103. 2021.

MARSH, Andrew. WEATHER MANAGER version 2.0. SquareOne research. 1994-2005.

MIKSZEWSKI, Alex; STABILE, Luca; BUONANNO, Giorgio; MORAWSKA, Lidia. The airborne contagiousness of respiratory viruses: a comparative analysis and implications for mitigation. Geoscience Frontiers, v 13, Issue 6. 2022.

SWAMI, M; CHANDRA, S. Correlations for pressure distribuition on buildings and calculation of natural-ventilation airflow. Florida Solar Energy Center, Flórida, 1987.