

Análise de dormitório hospitalar: uma abordagem sobre os sistemas de capacidade

Hospital dorm analysis: an approach to capacity systems

*Carla Gabriela Carlot Zorzi(1); Alcindo Neckel(2); Laércio Stolfo Maculan(3);
Grace Tibério Cardoso(4); Alexandre Almeida Del Savio(5)*

1 Mestrando em Arquitetura e Urbanismo pela IMED, Passo Fundo, RS, Brasil.

E-mail: zorzicarla@gmail.com.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-4719>

2 Prof. Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.

E-mail: alcindo.neckel@imed.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5435-3096>

3 Prof. Doutor da Escola Politécnica da IMED e do PPGARQ – IMED, Passo Fundo, RS, Brasil.

E-mail: laercio.maculan@imed.edu.br | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4518-4486>

4 Prof. Doutor da Escola Politécnica da IMED e do PPGARQ – IMED, Passo Fundo, RS, Brasil.

E-mail: grace.cardoso@imed.edu.br | <https://orcid.org/0000-0002-1779-4631>

5 Prof. Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental no Departamento de Engenharia Civil, Universidad de Lima: Lima, Lima, Peru.

E-mail: aalmeida@ulima.edu.pe | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6067-6606>

Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, vol. 10, n. 2, p. 146-163, julho-dezembro, 2021 - ISSN 2318-1109

DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109.2021.v10i2.4650>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editora-chefe: Thaísa Leal da Silva

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

A arquitetura pode ser entendida como um processo contínuo de adaptação de usos e/ou indivíduos, tais adaptações requerem comumente ampliações, estas quando não previstas e/ou consideradas podem inviabilizar o uso dos espaços. É o caso do novo coronavírus, SARS-CoV-2, que tem o potencial de tornar os sistemas de ventilação natural em ambientes hospitalares inadequados, não apenas para os trabalhadores, mas também para as pessoas que transitam por esses ambientes, mesmo por um período limitado. Neste estudo, realizou-se modelagem 3D paramétricas para a análise da possível circulação do vírus SARS-CoV-2 no sistema de ventilação natural de um hospital construído para tratamento de pacientes infectados na pandemia de COVID-19. Realizou-se a modelagem da edificação em BIM, gerando modelos 3D do ambiente hospitalar utilizando o software Revit e posteriormente para fins de simulação, o software Autodesk CFD 2021. A avaliação considerou análises dimensionais de 0°, 45°, 90° e 180°. Foi considerada a análise dos padrões de ventilação natural nas superfícies interna e externa e a distribuição das janelas em relação à dinâmica de deslocamento do vírus SARS-CoV-2 pelo ar. Nestas simulações a velocidade do vento atingiu velocidades de até 2,1 m/s ao entrar no prédio pelas janelas abertas, quando em contato com o mobiliário o valor altera para 0,78 m/s. Este artigo proporciona insights sobre a possibilidade de contaminação por SARS-CoV-2 em ambientes hospitalares internos.

Palavras chave: Ambiente hospitalar. Análise de ventilação. Análise de fluidos.

Abstract

Architecture can be understood as a continuous process of adaptation of uses and/or individuals, such adaptations commonly require expansions, these when not foreseen and/or considered, can make the use of spaces unfeasible. This is the case of the new coronavirus, SARS-CoV-2, which has the potential to make natural ventilation systems in hospital environments unsuitable, not only for workers, but also for people who pass through these environments, even for a period of time. limited. In this study, parametric 3D modeling was performed to analyze the possible circulation of the SARS-CoV-2 virus in the natural ventilation system of a hospital built to treat patients infected in the COVID-19 pandemic. The building was modeled in BIM, generating 3D models of the hospital environment using Revit software and later, for simulation purposes, the Autodesk CFD 2021 software. The evaluation considered dimensional analyzes of 0°, 45°, 90° and 180°. The analysis of natural ventilation patterns on the internal and external surfaces and the distribution of windows in relation to the dynamics of displacement of the SARS-CoV-2 virus through the air were considered. In these simulations, the wind speed reached speeds of up to 2.1 m/s when entering the building through the open windows, when in contact with the furniture the value changes to 0.78 m/s. This article provides insights into the possibility of SARS-CoV-2 contamination in indoor hospital environments.

Keywords: Hospital environment. Ventilation analysis. Fluid analysis.

1 Introdução

O Homem e a arquitetura possuem uma relação simbiótica ao interagirem de forma contínua, mútua, dinâmica e evolutiva (MUGA, 2005). A arquitetura influencia a cidadania, assim como a cidadania influencia a arquitetura, pois é feita por homens, por meio dos arquitetos. Esta concepção de arquitetura, pode ser interpretada como a marca que o homem exerce na paisagem (ZEVI, 1996).

Ao mencionar-se arquitetura hospitalar, o projeto arquitetônico de um ambiente voltado a saúde deve atender três fatores: funcionalidade, versatilidade e expansibilidade. Pois, esta tipologia arquitetônica refere-se a todas as edificações de utilidade pública que promovam cuidados de saúde. Como exemplos deste tipo de edificações pode-se mencionar: consultórios, clínicas, centros de saúde, hospitais regionais, hospitais centrais, hospitais universitários, hospitais especializados (hospital psiquiátrico, hospital pediátrico, etc.), entre outros (SANTOS, 2013).

Em particular, os ambientes hospitalares encontram-se regidos por um conjunto de regras e proporções predeterminadas, que correspondem às dimensões padronizadas de equipamentos e às necessidades dos procedimentos médicos realizados no local. Esta classificação referente as diversas formas de tratar a saúde no decorrer dos tempos não se constituem numa tarefa fácil, mas sobretudo, na separação dos aspectos científicos na medida que o elemento arquitetônico requer uma padronização adequada para esses atendimentos (MAGNER, 1992). Por se tratar de uma edificação multifacetada, o hospital é um dos programas mais complexos a ser atendido pela composição arquitetônica (GÓES, 2004), Sampaio (2006) afirma que ambientes hospitalares devem ter temperatura adequada, trocas de ar e umidade frequentes, iluminação natural e artificial.

A arquitetura pode ser entendida como um processo contínuo de adaptação de usos e/ou indivíduos, tais adaptações requerem comumente ampliações, estas quando não previstas e/ou consideradas podem inviabilizar o uso dos espaços. A exemplo disto pode-se citar o novo coronavírus, SARS-CoV-2, que tem o potencial de tornar os sistemas de ventilação natural em ambientes hospitalares inadequados, não apenas para os trabalhadores, mas também para as pessoas que transitam por esses ambientes, mesmo por um período limitado. Como arquiteto, o profissional é o idealizador dos ambientes a serem projetados. Para tanto, é necessário que ocorram diversos estudos bibliográficos, como também análises de simulação computacional de tais ambientes; ou seja, pesquisas, proposições e avaliações a serem atribuídas ao projeto.

Visa-se, neste estudo o uso de ferramentas que agilizem o processo construtivo de edificações, com alternativas eficientes em âmbito experimental. Seu desenvolvimento pode contribuir no auxílio de pesquisadores, empresas e profissionais do ramo da construção civil; bem como profissionais da área da saúde, no sentido de executar um projeto modular de maneira mais eficiente, dentro dos padrões construtivos

adotados no Brasil. Portanto, a pesquisa justifica-se através do fornecimento de insights relacionados a possibilidade de contaminação do vírus SARS-CoV-2 em ambientes hospitalares internos, bem como áreas externas no entorno dos hospitais, que geralmente ocasionam em um alto tráfego de pedestres nas cidades no mundo todo.

A dinâmica da contaminação atmosférica por microrganismos e agregados em partículas ultrafinas suspensas no ar em uma escala global é um tema de fronteira em estudos geo-estudos (SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021; SHAO et al., 2021). Neckel et al. (2021) afirmam que o ar em movimento tem a capacidade de transportar fungos, vírus e bactérias para outras regiões, espalhando contaminação ambiental. Monitorar a qualidade do ar em ambientes internos e externos é, portanto, importante em termos de saúde humana (SILVA et al., 2020; OLIVEIRA et al., 2021; ZORZI et al., 2021).

A temática é de suma importância a nível mundial, afinal tem afetado a população humana através da propagação e contaminação de superfícies pelo novo coronavírus. Devido a fácil e rápida transmissão de SARS-CoV-2, as taxas de mortalidade em muitos países do mundo são alarmantes, além de gerar graves impactos sociais e econômicos negativos (CAO et al., 2021; SHAO et al., 2021; ZORZI et al., 2021). A Organização Mundial da Saúde relatou um número global de mortes de 3.104.743 do SARS-CoV-2 em 26 de abril de 2021 (WHO, 2021).

Portanto, o objetivo deste estudo é construir modelos 3D paramétricos para avaliar a circulação hipotética do vírus SARS-CoV-2 na natureza sistema de ventilação em hospitais construídos para cuidar de pacientes infectados durante o COVID-19 pandemia, tomando como exemplo um caso típico do Brasil. Este estudo contém parte das análises realizadas durante um projeto de pesquisa do Mestrado em Arquitetura e Urbanismo/PPGARq Imed e parte dos resultados abordados no artigo: Geo-environmental parametric 3D models of SARS-CoV-2 virus circulation in hospital ventilation systems, publicado em 8 de agosto de 2021 na Geoscience Frontiers escrito por ZORZI et al., 2021.

2 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa possui abordagem de natureza qualitativa, uma vez que por meio de sua análise será possível compreender a complexidade e os detalhes das informações obtidas acerca do objeto de estudo e sua temática, é de natureza aplicada por seu desenvolvimento em ferramenta BIM do projeto – estudo de caso.

O presente estudo decorre do possível deslocamento e transporte do vírus SARS-CoV-2 em partículas ultrafinas suspensas em ambiente hospitalar, considerando as diferentes dinâmicas de movimento do ar, circulação e qualidade do ar interno (CAO et al., 2021; SHAO et al., 2021; LÓPEZ et al., 2021; HADEI et al., 2021; ZORZI et

al., 2021). É essencial avaliar a qualidade do ar em hospitais que foram construídos rapidamente, e também avaliar os riscos de contaminação a fim de certificar se estes são de fato baixos nessas instalações (CHEN et al., 2021), ou se o novo o coronavírus é desimpedido em sua capacidade de se mover.

Hospitais dedicados ao tratamento de pacientes infectados com SARS-CoV-2 situam-se, por vezes, em setores com elevados níveis do vírus (RYU et al., 2020; KENARKOOHI et al., 2020; ZORZI et al., 2021). Esse fato representa risco alto para os profissionais de saúde no setor da SARS-CoV-2 (KENARKOOHI et al., 2020; VANDERCAM et al., 2020; ZORZI et al., 2021). Aghalari et al. (2021) destaca que o vírus SARS-CoV-2 pode ser transmitido por meio dos sistemas de ventilação do hospital. A fonte destas partículas virais pode variar entre a altura do telhado do hospital ao nível do solo, bem como nas áreas próximas ao ar aportes em torno do hospital. O transporte de partículas virais reduz a qualidade do ar, se tornando uma situação de risco para qualquer pessoa dentro ou ao redor do ambiente, corroborando com a pandemia (ROBOTTO et al., 2021). Partículas ultrafinas que contêm o vírus SARS-CoV-2 são facilmente suspensas no ar e têm a propensão de viajar grandes distâncias devido aos seus diâmetros aerodinâmicos $\leq 10 \mu\text{m}$ ($\leq \text{PM}_{10}$). SARS-CoV-2 foi encontrado em partículas ainda menores do que $1 \mu\text{m}$ ($\leq \text{PM}_1$) (SHAO et al., 2021; ROBOTTO et al., 2021; LÓPEZ et al., 2021; ZORZI et al., 2021).

Sabe-se que a transmissão de SARS-CoV-2 ocorre também em ambientes fora de hospitais através da ventilação (SHAO et al., 2021; ROBOTTO et al., 2021; LÓPEZ et al., 2021; HADEI et al., 2021; ZORZI et al., 2021). Portanto, a avaliação do sistema de ventilação interna de hospitais com arquitetura modular possibilita prever possíveis riscos de contaminação pela circulação de ar. Também se torna necessário levar em conta as consequências da saída desse ar em áreas externas e no entorno do hospital (LÓPEZ et al., 2021; HADEI et al., 2021; ZORZI et al., 2021).

Considerando o cenário atual enfrentado pela humanidade, deve-se pontuar a importância de métodos para a eficácia e agilidade do projeto arquitetônico, permitindo a flexibilização durante o processo criativo de concepção do projeto. Sendo, a representação em 3D, realidade virtual e capacidade de simulação, tornam o BIM uma ferramenta técnica cabível de aplicabilidade para melhorar a qualidade do projeto e produtividade em várias áreas, incluindo plano de construção, ensaio, otimização e gerenciamento de canteiro de obras (MERSCHBROCK; MUNKVOLD, 2015). Assim, destaca-se o uso de BIM como um método operacional de projeto apropriado para situações, como a pandemia do Covid-19.

Em se tratando de agregar ainda mais possibilidades de melhoria em fases projetuais, pode-se citar a importância do uso de *softwares* combinados ao Autodesk Revit, permitindo assim, que o projetista realize escolhas de projeto mais consciente. É o caso do Autodesk CFD, um *software* de simulação computacional de dinâmica de

fluidos. A análise de fluidos possibilita maximizar o desempenho e a confiabilidade de ativos, permitindo a identificação de problemas antes que esses se tornem falhas (HERNANDES, 2020). Trabalhar com uma ferramenta que possibilita a identificação de problemas antes de realizar modificações em uma edificação existente contribui de forma significativa em nosso dever como arquitetos e engenheiros no planejamento de espaços seguros e dinâmicos.

Com relação a escolha do *software* a ser utilizado para as análises internas, desenvolveu-se um estudo aprofundado considerando as ferramentas que poderiam ser utilizadas e estão disponíveis no mercado atualmente, onde foram selecionadas dez possibilidades para então, realizar um comparativo sob critérios importantes para o estudo.

2.1 Etapas de pesquisa

Para Siena (2007), quando dividida em etapas, a estrutura da pesquisa obtém melhor organização; sendo assim, o presente estudo foi dividido em quatro etapas metodológicas, o que facilita um melhor entendimento deste projeto de dissertação de mestrado. Nesse contexto, divide-se a pesquisa nas seguintes etapas metodológicas:

Etapa I - desenvolvimento da modelagem projetual, por meio da ferramenta BIM – *software* Revit, do Hospital Independência de Porto Alegre. O projeto foi disponibilizado em formato dwg (AutoCad) pela empresa BR3 que é uma das responsáveis pela execução da obra.

A partir deste arquivo, foram realizadas famílias modulares em ferramenta em grau de definição do objeto LoD 200, o qual é recomendado para analisar o desempenho dos sistemas selecionados para avaliação de critérios generalizados (AIA, 2013).

Etapa II - através da modelagem, e considerando autores como Sampaio e Chagas; bem como as Normas Brasileiras 10.152:1987, 5413 e 15.220 estabelecidas pela ABNT, a análise do modelo do hospital ocorrerá por meio da avaliação de conforto ambiental após a implementação do projeto arquitetônico utilizando o *software* Autodesk CFD.

Etapa III – análise dos resultados obtidos na etapa II.

2.2 Caracterização do objeto de estudo

O terreno do hospital tem uma área total de 1.100 m², dos quais aproximadamente 385m² constituem a área total construída. Localiza-se na cidade de Porto Alegre, capital cidade do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A população total da cidade é de pouco menos de 1,5 milhão, com densidade demográfica de 2.838 habitantes / km² (IBGE, 2021) (Figura 1).

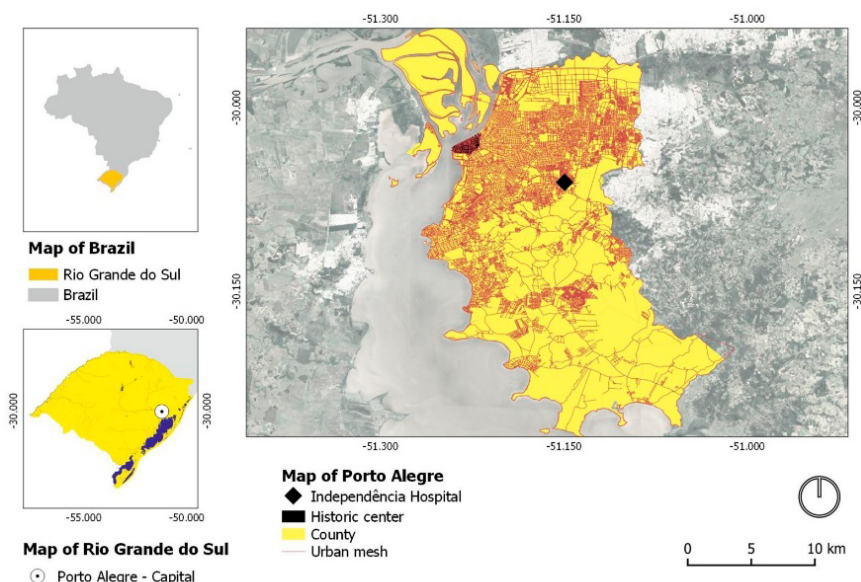


Figura 1. Localização do Hospital Independência na cidade de Porto Alegre, Brasil.

Fonte: Zorzi et al., adaptado do banco de dados geográfico do IBGE (2021, p. 3).

O hospital Independência (Figura 2) foi construído por meio de construção modular ao longo de um período de 30 dias, com 60 leitos, a um custo de R\$ 10,4 milhões, alocados pela iniciativa privada. A operação dos tratamentos é em sua totalidade por meio do Sistema Único de Saúde e foi inaugurado em 15 de junho de 2020.



Figura 2. Projeto do Hospital Independência.

Fonte: Divina Providência (2020).

A estrutura foi construída pela empresa responsável pelo projeto, *construtech*, do grupo catarinense BR3. A agilidade relacionada a conclusão da edificação de 842 m² é resultado do sistema exclusivo de construção desenvolvido e usado pela empresa,

chamado *off-site*, que se baseia na aplicação de sistemas que utilizam as ferramentas da engenharia de produção e civil, ou seja, um imóvel, de qualquer tamanho, é 100% construído no parque fabril da empresa e levado pronto para ser instalado no canteiro de obras (ABRIL, 2020).

Neste estudo, foram considerados e analisados os padrões de ventilação natural em um dos quartos coletivos onde os pacientes de COVID-19 são tratados (Figura 3A). Cada quarto ilustrado na Figura 3B, tem uma área de 47,3 m², dos quais 6,83 m² consistem em um banheiro. Também se conta dois tipos de janelas (janela A (1,20 x 1,20 m) e janela B (0,81 x 0,81 m). A estrutura de *brise* em madeira mostrada na Figura 3C possui as dimensões: 0,03 x 1,42 m, separados por 0,12 m entre cada treliça de grau (Figura 3D) (ZORZI et al., 2021, p. 2).

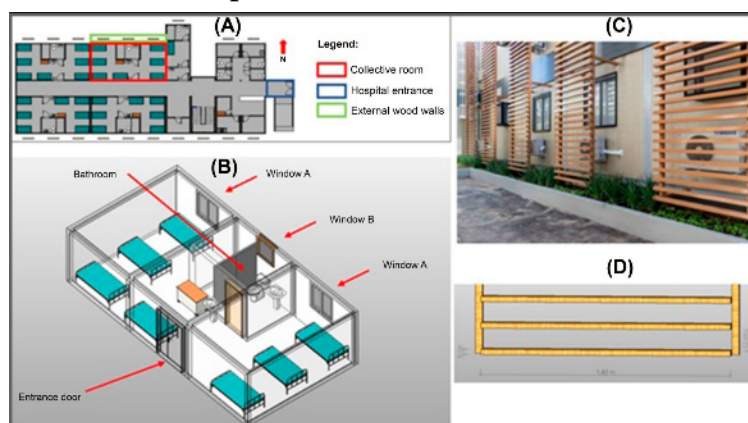


Figura 3. Layout interno do Hospital Independência, com projeção 3D paramétrica da sala selecionada para o estudo da ventilação interna. (A) Layout interno da sala coletiva. (B) Vista da estrutura externa de *brise* em madeira (C) e dimensões do *brise* madeira (D).

Fonte: Zorzi et al. (2021, p. 3).

Apenas o fluxo de ar natural foi considerado nesta simulação devido à falta de informações sobre o sistema HVAC proprietário instalado e utilizado para na estrutura (LOU et al., 2020). O paradigma alternativo, considerado como parâmetro de análise, é a direção e velocidade do ar local (CHEN et al., 2019; AVIV et al., 2021; AHMED et al., 2021; ZORZI et al., 2021). Consequentemente, constatou-se que a velocidade do vento em Porto Alegre costuma variar entre 5 e 10 km / h (1,4 e 2,8 m / s) (INMET, 2016; METEOBLUE, 2021). Por esse motivo, adotamos para este estudo uma média de 2,1 m/s (ZORZI et al., 2021, p. 2).

2.3 Modelagem BIM e análises

Com relação ao modelo BIM, o arquivo com a extensão “Rte” foi exportado diretamente do Revit para o *software* Autodesk CFD 2021, através da opção *Add-Ins* (CALAUTIT et al., 2020; KIM et al., 2020). O que possibilitou o carregamento do modelo em geometria 3D no modelo de forma paramétrica; considerando parâmetros

e interfaces construtivas em relação aos tipos de materiais modulares que compõem a construção em relação à velocidade do ar (MOUSA et al., 2017; PORRAS-AMORES et al., 2019; CALAUTIT et al., 2020).

Para validar o processo do modelo gerado neste estudo, utilizou-se o procedimento recomendado pelos autores Utkucu e Sözer (2020), Johansson e Wasim (2020) e Nalamwar et al. (2017). Este procedimento envolve as seguintes etapas:

- a. simplificar a geometria dos elementos do modelo;
- b. definir os materiais no modelo;
- c. ajustar a velocidade do ar no entorno;
- d. gerar uma malha que garanta que o software faça cálculos corretos;
- e. definir os parâmetros de resolução, turbulência aplicada ao modelo e magnitudes almejadas;
- f. definir as coordenadas dos pontos de controle.

A verificação do CFD teve como base um volume externo gerado para simular o ar (DAS et al., 2016). A velocidade e direção do ar de admissão foram definidas com o critério de 2,1 m/s, enquanto a saída do volume de ar foi definida com uma pressão estática manométrica de 0. No modelo analisado nesta pesquisa, utilizou-se um tamanho de malha automático foi o primeiro gerado, que foi analisado com a ferramenta de diagnóstico a fim de encontrar os elementos que precisava de uma malha refinada, como na estrutura externa do brise de madeira e a borda das janelas. Para Zorzi et al. (2021, p. 4) a malha final sem o externo o brise de madeira possui aproximadamente 380.000 elementos e a malha com o externo o brise de madeira possui 720.000 elementos.

A análise neste estudo foi simplificada a fim de calcular o fluxo de ar natural identificados por meio de pontos de distribuição. A janela A, foi considerada como uma janela deslizante, o que significa que pode ser aberta no máximo apenas metade (50%) de sua largura, enquanto a janela B é saliente, o que significa que pode ser totalmente aberta. As análises foram realizadas com vento soprando das quatro direções (0°, 45°, 90° e 180°). Todas as janelas foram consideradas abertas em sua capacidade máxima (lembrando que algumas conseguiram abrir 50%), além das demais angulações, apenas utilizando o cenário de direção do vento de 0°. Ao considerar as dimensões da malha e os parâmetros pesquisados, entre 200 e 400 iterações foram necessárias para os cálculos da ventilação natural (ZORZI et al., 2021, p. 4).

2.4 Análise de cluster aplicada a pontos amostrados de ventilação natural

De acordo com Zorzi et al. (2021, p. 10) para maior precisão das variações que ocorrem na ventilação natural neste estudo utilizou-se uma “grade” virtual com 198 pontos localizados em três alturas acima do nível do solo: 0,5, 1,27 e 2,04 m. Os

pontos amostrais foram realizados em triplicata, totalizando 594 pontos amostrais para cálculo e modelagem da velocidade do fluxo de ar interno alimentado apenas por ventilação natural, com análises de *Cluster* em diferentes locais dentro e fora da sala. A escolha das três alturas (0,5, 1,27 e 2,04 m) utilizadas para o Hospital Independência baseou-se no trabalho de Silva et al. (2020) e Oliveira et al. (2021), que consideram a presença de contaminação em partículas ultrafinas suspensas no ar. As três alturas específicas foram derivadas da escala humana - alturas nas quais o ar entraria no sistema respiratório de humanos de tamanho médio (SHAO et al., 2021).

Quatro cenários adicionais foram analisados para a sala amostrada do Hospital Independência: 1) janelas totalmente abertas com a estrutura externa de brise de madeira, 2) totalmente janelas abertas sem a estrutura externa de brise de madeira, 3) meio abertas (50%) janelas com estrutura externa de brise de madeira e 4) janelas entreabertas (50%) sem a estrutura externa de brise de madeira, todas com direção de vento inicial de 0° (ZORZI et al., 2021, p. 3).

Segundo Zorzi et al., 2021, p. 11, análise *K-means* se ajusta a um modelo que apresenta a pontuação de ajuste para o modelo, onde $K=4$ consiste nos agrupamentos atribuídos a cada conjunto de dados, totalizando 594 amostras. Segundo Ly e Cornelisse (2019), R^2 é a razão entre as somas dos quadrados e as somas totais dos quadrados. Quanto mais próximo o valor estiver de 1, melhor será o ajuste. O R^2 observado de 0,95 demonstra grande confiabilidade nos resultados do estudo. O índice de silhueta variou de -1 a 1, e o valor de $K=4$ *clusters* foi de 0,88, mostrando uma alta tendência para agrupamento, de acordo com as variáveis estabelecidas. A alta tendência de agrupamento entre as variáveis analisadas refere-se à ocorrência de uma relação que continua sequencialmente na “grade” de pontos analisados em suas diferentes camadas, que varia de acordo com a altura determinada para análise (UEDA et al., 2020; ZHOU et al., 2020). Assim, observamos que para otimizar a relação entre K e AIC, o modelo ideal é $K=3$.

A tabela 1 mostra os tamanhos dos *clusters*, a variabilidade dentro de cada *cluster* em termos de soma dos quadrados, a proporção de heterogeneidade explicada dentro do *cluster*, e índice de silhueta. Em relação ao tamanho, o *Cluster 3* apresenta um número elevado de pontos. Quanto a análise da proporção explicada dentro da heterogeneidade do *cluster*, a maior heterogeneidade corresponde a 1, observa-se que o *cluster 2* com 0,53203 tem a maior proporção de heterogeneidade. A soma dos quadrados também lida com o total de distribuição entre os *clusters*, verificando assim a representatividade de cada *cluster* no conjunto estudado, e o *Cluster 2* apresenta alta proporção da soma dos quadrados de 56.86011, apesar de ter 56 pontos. O índice de silhueta demonstra homogeneidade e coesão, quanto mais próximo de 1, melhor o resultado. O *cluster 3* apresenta índices de 0,96037, e assim, representam alta homogeneidade, são os pontos internos, demonstrando a homogeneidade na velocidade interna do ar. Para os clusters 1 e 2, os valores são respectivamente, 0,45830 e 0,46719, o que demonstra que são heterogêneos (ZORZI et al., 2021, p. 11).

Tabela 1. Valores do cluster em relação aos pontos amostrados

Informações de Cluster			
Cluster	1	2	3
Tamanho	44	56	494
Proporção explicada dentro da heterogeneidade do <i>cluster</i>	0.32812	0.53203	0.13985
Dentro da soma dos quadrados	35.06766	56.86011	14.94638
Pontuação da silhueta	0.45830	0.46719	0.96037

Fonte: Zorzi et al. (2021, p. 11).

Para Zorzi et al. (2021), o resultado demonstra que os diferentes cenários e alturas dos pontos pode alterar significativamente a velocidade do vento na área externa. Desta forma, o índice de silhueta mostrou homogeneidade e coesão nos pontos analisados, pois quanto mais próximo o valor está de 1, melhor será a confiabilidade do resultado (LY; CORNELISSE, 2019). Esses valores também demonstram heterogeneidades entre os pontos analisados (UEDA et al., 2020; ZHOU et al., 2020).

A tabela 2 mostra as médias de cluster para cada variável. O cenário 1 tem Janelas 100% abertas com brise externo de madeira, as maiores velocidades foram obtidas em cluster 2, com valor de 2.55849. Para o cenário 2, onde as janelas estão 100% abertas sem o brise externo de madeira, o *cluster* 2 foi mais significativo. No o cenário 3, as janelas 50% abertas e contendo o brise externo de madeira, o *cluster* 2 também teve uma maior média de maior velocidade. Cenário 4, onde as janelas estão 50% abertas sem o brise externo de madeira, as médias foram maiores no *cluster* 2. Por meio da análise de ventilação natural que se move entre as janelas, é possível perceber a influência nessas trocas de ar e variações na temperatura externa para o interior do edifício ambientes (VASSELLA et al., 2021).

Tabela 2. Médias dos clusters em relação aos resultados totais da amostragem de pontos (m/s)

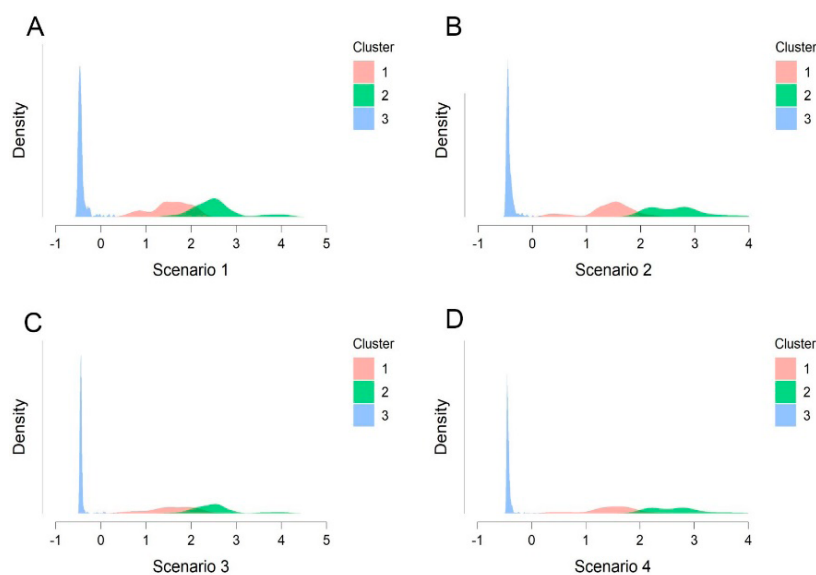
Média dos Clusters				
Clusters	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cluster 1	1.54 m/s	1.41 m/s	1.56 m/s	1.44 m/s
Cluster 2	2.55 m/s	2.64 m/s	2.55 m/s	2.63 m/s
Cluster 3	-0.42 m/s	-0.42 m/s	-0.42 m/s	-0.42 m/s

Fonte: Zorzi et al. (2021, p. 12).

A ventilação natural e cruzada para o tratamento de indivíduos infectados com SARS-CoV-2 é considerada fundamental dentro e ao redor de leitos hospitalares, sendo recomendada pela comunidade médica (SHAO et al., 2021). A melhor opção para conseguir isso são as aberturas que seriam capazes de mudar a velocidade do fluxo de ar combinado com um sistema alimentado como como um sistema HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*) (WANG et al., 2021). Nesta relação, a Figura 4 mostra a

densidade com base no kernel gaussiano, suavizando as distribuições de altura do dossel (& gt; 0 m) com base em uma amostra aleatória estratificada de cada *cluster*, a frequência da ventilação natural pode ser comparada com base nos cenários analisados. Segundo Zorzi et al. (2021), pelo fato de que cada *cluster* tem uma cor específica, a legenda descreve as atribuições de cores em mais detalhes. Para cada gráfico é possível para ver as densidades dos clusters em cada variável, e a sobreposição resultante quando isso ocorrer. Isso reflete os vértices de cada uma das variáveis capturadas em cada *cluster*.

Figura 4. Velocidade do ar interior, definida para um máximo de 0,2 m / s, em relação a: Densidade gráficos, velocidade do fluxo de ar e valores dentro da sala em relação: (A) Cenário 1 com 100% janelas abertas e com a parede externa de madeira; (B) Cenário 2 com as janelas 100% abertas e sem a parede externa de madeira; (C) Cenário 3 com as janelas 50% abertas e parede externa de madeira; (D) Cenário 4 com as janelas 50% aberto e sem a parede externa de madeira



Fonte: Zorzi et al. (2021, p. 10).

Ocorre a contaminação de partículas de SARS-CoV-2 em superfícies suspensas no ar em ambientes externos e internos de hospitais, contribuindo desta forma para a expansão contínua da pandemia COVID-19 (CAO et al., 2021; SHAO et al., 2021; LÓPEZ et al., 2021; HADEI et al., 2021; WANG et al., 2021; ZORZI et al., 2021). A transmissão deste vírus não ocorre somente por meio de contato ou proximidade entre indivíduos, como também através de partículas ultrafinas que ficam suspensas no ar. Tais partículas quando transportadas pelo ar podem ser transportadas de um local para outro com base na intensidade da velocidade do vento (ZORZI et al., 2021). Para Silva et al. (2020) e Oliveira et al. (2021) estudos sobre a qualidade do ar em uma escala global são extremamente necessários. Portanto, este estudo, bem como o trabalho de Carraturo et al. (2020) mencionam que a ventilação natural em hospitais dedicados principalmente ou de maneira exclusiva ao tratamento de pacientes infectados com

SARS-CoV-2, demandam *design* proativo e cuidado preventivo, afinal, estes ambientes concentram grandes quantidades de partículas virais no ar, proporcionando assim o acúmulo dessas partículas em superfícies quando a velocidade do fluxo de ar não for adequada (ZORZI et al., 2021).

3 Conclusão

O fluxo de ar dentro do setor amostrado do Hospital Independência, impulsionado por natural ventilação e ação do vento, foi analisado de forma modular com projeção 3D em BIM. Quando as janelas estão totalmente abertas, a ventilação natural por vezes demonstrou certa incapacidade de manter a quantidade recomendada de ventilação considerada adequada para pacientes COVID-19. Os padrões e a velocidade do vento também variam de acordo com a estação e fatores meteorológicos, por isso é difícil manter a consistência ao contar apenas com os padrões climáticos locais para ventilar os quartos.

A análise de *clusters* demonstrou as variações da ventilação natural entre os pontos amostrados, o que permitiu um melhor entendimento relacionado a intensidade e velocidade do vento. Para um trabalho futuro, recomenda-se a avaliação de diferentes modelos de turbulências. Blocken (2018) afirma que alguns dos modelos de turbulência mais usados em simulação de construção estão disponíveis nestas opções: o padrão $k-\epsilon$, o RNG $k-\epsilon$ e alguns modelos $k-\omega$. Este autor indica que o modelo RNG $k-\epsilon$ é um pouco mais preciso do que o padrão $k-\epsilon$, mas requer mais *hardware* computacional. O site oficial da Autodesk CFD (2021) recomenda começar com o modelo $k-\epsilon$ padrão e, em seguida, a alternância para RNG depois que o fluxo estiver quase totalmente convergido (ZORZI et al., 2021).

Salienta-se que, conforme Jacobs (1961) menciona, os locais se caracterizam de acordo com a dinâmica de atividades nele executadas; sendo assim, é crucial que se compreenda a relação do objeto de estudo deste artigo com seu entorno. Portanto, fez-se necessária a continuidade deste estudo por meio da análise ventilação no entorno do objeto de estudo.

Agradecimentos

Agradecemos as bolsas de produtividade em pesquisa da CNPq e Fundação Meridional - IMED, a Gerdau, Ipiranga, Zaffari e Hospital Moinhos de Vento, bem como a Faculdade Meridional por esta oportunidade.

Referência bibliográfica

ABRAHÃO, Jônatas Santos; SACCHETTO, Lívia; REZENDE, Izabela Maurício; RODRIGUES, Rodrigo Araújo Lima; CRISPIM, Ana Paula Correia; MOURA, César; MENDONÇA, Diogo Correa; REIS, Erik; SOUZA, Fernanda; OLIVEIRA, Gabriela Fernanda Garcia. Detection of SARS-CoV-2 RNA on public surfaces in a densely populated urban area of Brazil: a potential tool for monitoring the circulation of infected patients. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 766, p. 142645, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142645>

ABRIL, Casa. *Anexo pré-fabricado aumenta leitos de hospital no combate à Covid-19*. 2020. Disponível em: <https://casa.abril.com.br/arquitetura/anexo-pre-fabricado-aumenta-leitos-de-E-TAPAS>

AGHALARI, Zahra; DAHMS, Hans-Uwe; SOSA-HERNANDEZ, Juan Eduardo; OYERVIDES-MUÑOZ, Mariel A.; PARRA-SALDÍVAR, Roberto. Evaluation of SARS-COV-2 transmission through indoor air in hospitals and prevention methods: a systematic review. *Environmental Research*, [S.L.], v. 195, p. 110841, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2021.110841>

AHMED, Tariq; KUMAR, Prashant; MOTTET, Laetitia. Natural ventilation in warm climates: the challenges of thermal comfort, heatwave resilience and indoor air quality. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [S.L.], v. 138, p. 110669, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2020.110669>

AIA (The American Institute of Architects). *Document G202TM – 2013: Project Building Information Modeling Protocol Form*. Disponível em: <http://aiad8.prod.acquia-sites.com/sites/default/files/2016-09/AIA-G202-2013-Free-Sample-Preview.pdf>. Acesso em: julho 2020.

AVIV, Dorit; CHEN, Kian Wee; TEITELBAUM, Eric; SHEPPARD, Denon; PANTELIC, Jovan; RYSANEK, Adam; MEGGERS, Forrest. A fresh (air) look at ventilation for COVID-19: estimating the global energy savings potential of coupling natural ventilation with novel radiant cooling strategies. *Applied Energy*, [S.L.], v. 292, p. 116848, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116848>

BLOCKEN, Bert. LES over RANS in building simulation for outdoor and indoor applications: a foregone conclusion?. *Building Simulation*, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 821-870, 16 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12273-018-0459-3>

CALAUTIT, John Kaiser; O'CONNOR, Dominic; TIEN, Paige Wenbin; WEI, Shuangyu; PANTUA, Conrad Allan Jay; HUGHES, Ben. Development of a natural ventilation wind-catcher with passive heat recovery wheel for mild-cold climates: cfd and experimental analysis. *Renewable Energy*, [S.L.], v. 160, p. 465-482, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.177>

CAO, Yaxin; SHAO, Longyi; JONES, Tim; OLIVEIRA, Marcos L.s.; GE, Shuoyi; FENG, Xiaolei; SILVA, Luis F.O.; BÉRUBÉ, Kelly. Multiple relationships between aerosol and COVID-19: a framework for global studies. *Gondwana Research*, [S.L.], v. 93, p. 243-251, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2021.02.002>

CARRATURO, Federica; GIUDICE, Carmela del; MORELLI, Michela; CERULLO, Valeria; LIBRALATO, Giovanni; GALDIERO, Emilia; GUIDA, Marco. Persistence of SARS-CoV-2 in the environment and COVID-19 transmission risk from environmental matrices and surfaces. *Environmental Pollution*, [S.L.], v. 265, p. 115010, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115010>

CHEN, Ling-Kun; YUAN, Rui-Peng; JI, Xing-Jun; LU, Xing-Yu; XIAO, Jiang; TAO, Jun-Bo; KANG, Xin; LI, Xin; HE, Zhen-Hua; QUAN, Shu. Modular composite building in urgent emergency engineering projects: a case study of accelerated design and construction of wuhan thunder god mountain/leishenshan hospital to covid-19 pandemic. *Automation In Construction*, [S.L.], v. 124, p. 103555, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103555>

GÓES, Ronald de. *Manual prático de arquitetura hospitalar*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2004. 200 p.

HADEI, Mostafa; MOHEBBI, Seyed Reza; HOPKE, Philip K.; SHAHSAVANI, Abbas; BAZZAZPOUR, Shahriyar; ALIPOUR, Mohammadreza; JAFARI, Ahmad Jonidi; BANDPEY, Anooshiravan Mohseni; ZALI, Alireza; YARAHMADI, Maryam. Presence of SARS-CoV-2 in the air of public places and transportation. *Atmospheric Pollution Research*, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 302-306, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2020.12.016>

HERNANDES, Als: Pedro. *Entenda os relatórios de análise de fluidos*. 2020. Disponível em: [https://www.alsglobal.com/%2Fpt-br%2Fnews%2Fartigos%2F2020%2F03%2Fentenda-os-relatorios-de-anlise-de-fluidos](https://www.alsglobal.com/%2Fpt-br%2Fnews%2Fartigos%2F2020%2F03%2Fentenda-os-relatorios-de-analise-de-fluidos). Acesso em: 23 jan. 2021.

IBGE. *CLIMA: educa. Educa. Conheça o Brasil - Território*. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/20644-clima.html>. Acesso em: 12 abr. 2021.

INMET, 2016. INMET (Brazilian Institute of Meteorology). 2016. Climate archives. <http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/>

JACOBS, Jane. *Morte e vida de grandes cidades*. São Paulo: Martins Fontes Editora Ltda., 1961. 296 p.

JOHANSSON, Erik; YAHIA, Moohammed Wasim. Wind comfort and solar access in a coastal development in Malmö, Sweden. *Urban Climate*, [S.L.], v. 33, p. 100645, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100645>.

KENARKOOHI, Azra; NOORIMOTLAGH, Zahra; FALAHI, Shahab; AMARLOEI, Ali; MIRZAEI, Seyyed Abbas; PAKZAD, Iraj; BASTANI, Elham. Hospital indoor air quality monitoring for the detection of SARS-CoV-2 (COVID-19) virus. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 748, p. 141324, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141324>.

KIM, Rack-Woo; HONG, Se-Woon; NORTON, Tomas; AMON, Thomas; YOUSSEF, Ali; BERCKMANS, Daniel; LEE, In-Bok. Computational fluid dynamics for non-experts: development of a user-friendly cfd simulator (hnvr-sys) for natural ventilation design applications. *Biosystems Engineering*, [S.L.], v. 193, p. 232-246, maio 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.03.005>.

LÓPEZ, Jorge Hernández; ROMO, Álvaro Santos; MOLINA, Daniel Coronado; HERNÁNDEZ, Gerardo Álvarez; CUREÑO, Ángel Benjamín Gutiérrez; ACOSTA, Magali Avilés; GAXIOLA, Carlos Andrés Avilés; FÉLIX, Marcos José Serrato; GALVÁN, Teresa Gollas. Detection of Sars-Cov-2 in the air of two hospitals in Hermosillo, Sonora, México, utilizing a low-cost environmental monitoring system. *International Journal Of Infectious Diseases*, [S.L.], v. 102, p. 478-482, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijid.2020.10.089>.

LOU, Lun; SHOU, Dahua; PARK, Huiju; ZHAO, Dongliang; WU, Yuen Shing; HUI, Xiaonan; YANG, Ronggui; KAN, Edwin Chihchuan; FAN, Jintu. Thermoelectric air conditioning undergarment for personal thermal management and HVAC energy saving. *Energy And Buildings*, [S.L.], v. 226, p. 110374, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110374>.

Ly and Cornelisse, 2019. Ly, A., Cornelisse, J., 2019. How to train a machine learning model in Jasp: Clustering. <https://jasp-stats.org/2019/11/19/how-to-train-a-machine-learning-model-in-jasp-clustering/>.

MAGNER, Lois N. *A history of medicine*. New York: Marcel Dekker, 1992.

MARONI, Daniela; CARDOSO, Grace Tibério; NECKEL, Alcindo; MACULAN, Laércio Stolfo; OLIVEIRA, Marcos L.s.; BODAH, Eliane Thaines; BODAH, Brian William; SANTOSH, M.. Land surface temperature and vegetation index as a proxy to microclimate. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 105796, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2021.105796>.

MEREOBLUE. *Rosa dos ventos de Porto Alegre*. Disponível em: https://www.meteoblue.com/es/tiempo/archive/windrose/basilea_suiza_2661604. Acesso em: 05 maio 2021.

MERSCHBROCK, Christoph; MUNKVOLD, Bjørn Erik. Effective digital collaboration in the construction industry – A case study of BIM deployment in a hospital construction project. *Computers In Industry*, [S.L.], v. 73, p. 1-7, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2015.07.003>.

MOUSA, Wael A.Yousef; LANG, Werner; AUER, Thomas; YOUSEF, Waleed A.. A pattern recognition approach for modeling the air change rates in naturally ventilated buildings from limited steady-state CFD simulations. *Energy And Buildings*, [S.L.], v. 155, p. 54-65, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.016>.

MUGA, H. (2005). *Psicologia da Arquitetura*. Coleção Ensaio. Edições Gailivro, Lda. Canelas, Vila Nova de Gaia.

NALAMWAR et al., 2017.M. NALAMWAR, D. PARBAT, D. SINGHT

NECKEL, Alcindo; KORCELSKI, Cleiton; KUJAWA, Henrique Aniceto; SILVA, Izabella Schaefer da; PREZOTO, Fábio; AMORIN, Anderson Luis Walker; MACULAN, Laércio Stolfo; GONÇALVES, Affonso Celso; BODAH, Eliane Thaines; BODAH, Brian William. Hazardous elements in the soil of urban cemeteries; constructive solutions aimed at sustainability. *Chemosphere*, [S.L.], v. 262, p. 128248, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128248>.

- ORGANIZATION, World Health. *WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard*. 2021. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 26 abril 2021.
- PORRAS-AMORES, César; MAZARRÓN, Fernando R.; CAÑAS, Ignacio; SÁEZ, Paola Villo-
ría. Natural ventilation analysis in an underground construction: cfd simulation and experi-
mental validation. *Tunnelling And Underground Space Technology*, [S.L.], v. 90, p. 162-173, ago.
2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2019.04.023>.
- ROBOTTO, Angelo; QUAGLINO, Paola; LEMBO, David; MORELLO, Marcello; BRIZIO, Enri-
co; BARDI, Luisella; CIVRA, Andrea. SARS-CoV-2 and indoor/outdoor air samples: a method-
ological approach to have consistent and comparable results. *Environmental Research*, [S.L.], v.
195, p. 110847, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2021.110847>.
- RYU, Byung-Han; CHO, Younghwa; CHO, Oh-Hyun; HONG, Sun In; KIM, Sunjoo; LEE,
Seungjun. Environmental contamination of SARS-CoV-2 during the COVID-19 outbreak in
South Korea. *American Journal Of Infection Control*, [S.L.], v. 48, n. 8, p. 875-879, ago. 2020.
Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.027>
- SAMPAIO, Ana Virginia Carvalhaes de Faria. *Arquitetura hospitalar: projetos ambientalmente
sustentáveis, conforto e qualidade. Proposta de um instrumento de avaliação*. 2006. Tese (Dou-
torado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Univer-
sidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: [http://www.teses.usp.br/teses/disponí-
veis/16/16131/tde-23102006-175537/](http://www.teses.usp.br/teses/disponí-
veis/16/16131/tde-23102006-175537/). Acesso em: 07 jun. 2020.
- SANTOS, Daniel Reis Castanheira dos. *O Fluxo como Condicionante na Arquitetura dos Hospi-
tais*. 2013. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covi-
lhã, 2013.
- SHAO, Longyi; GE, Shuoyi; JONES, Tim; SANTOSH, M.; SILVA, Luis F.O.; CAO, Yaxin; OLI-
VEIRA, Marcos L.s.; ZHANG, Mengyuan; BÉRUBÉ, Kelly. The role of airborne particles and
environmental considerations in the transmission of SARS-CoV-2. *Geoscience Frontiers*, [S.L.],
v. 12, n. 5, p. 101189, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101189>.
- SIENA, O. *Metodologia da Pesquisa Científica: Elementos para Elaboração e Apresentação de
Trabalhos Acadêmicos*. Gepes. Ppgmad. Departamento de Administração, Porto Velho: Unir,
2007.
- SILVA, Luis F.O.; PINTO, Diana; NECKEL, Alcindo; DOTTO, Guilherme L.; OLIVEIRA,
Marcos L.s.. The impact of air pollution on the rate of degradation of the fortress of Florianópo-
lis Island, Brazil. *Chemosphere*, [S.L.], v. 251, p. 126838, jul. 2020. Elsevier BV. [http://dx.doi.
org/10.1016/j.chemosphere.2020.126838](http://dx.doi.
org/10.1016/j.chemosphere.2020.126838).
- Study of effect of windows location on ventilation by CFD Simulation* Int. J. Civ. Eng. Technol., 8
(7) (2017), pp. 521-531
- UEDA, Renan Mitsuo; SOUZA, Adriano Mendonça; MENEZES, Rui Manuel Campilho Perei-
ra. How macroeconomic variables affect admission and dismissal in the Brazilian electro-elec-
tronic sector: a var-based model and cluster analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and its
Applications*, [S.L.], v. 557, p. 124872, nov. 2020. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/j.phy-
sa.2020.124872](http://dx.doi.org/10.1016/j.phy-
sa.2020.124872).

UTKUCU, Duygu; SÖZER, Hatice. An evaluation process for natural ventilation using a scenario-based multi-criteria and multi-interaction analysis. *Energy Reports*, [S.L.], v. 6, p. 644-661, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egy.2020.02.001>.

VANDERCAM, G.; SIMON, A.; SCOHY, A.; BELKHIR, L.; KABAMBA, B.; RODRIGUEZ-VILLALOBOS, H.; YOMBI, J.C.. Clinical characteristics and humoral immune response in healthcare workers with COVID-19 in a teaching hospital in Belgium. *Journal Of Hospital Infection*, [S.L.], v. 106, n. 4, p. 713-720, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2020.09.018>.

WANG, Zhufeng; WANG, Yingzhi; YANG, Zhaowei; WU, Hongkai; LIANG, Jingyi; LIANG, Hanwen; LIN, Huimin; CHEN, Ruchong; OU, Younger; WANG, Fengyan. The use of non-invasive ventilation in COVID-19: a systematic review. *International Journal Of Infectious Diseases*, [S.L.], v. 106, p. 254-261, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijid.2021.03.078>.

ZEVI, B. (1996). *Saber ver a arquitetura*. (5ª ed.) [Saper vedere l'architettura] (M. I. Gaspar & G. M. Oliveira, Trans.). São Paulo: Martins Fontes.

ZHOU, Shu-Guang; ZHOU, Ke-Fa; WANG, Jin-Lin. Geochemical metallogenic potential based on cluster analysis: a new method to extract valuable information for mineral exploration from geochemical data. *Applied Geochemistry*, [S.L.], v. 122, p. 104748, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeochem.2020.104748>.

ZORZI, Carla Gabriela Carlot; NECKEL, Alcindo; MACULAN, Laércio Stolfo; CARDOSO, Grace Tibério; MORO, Leila dal; SAVIO, Alexandre Almeida del; CARRASCO, Leopoldo D.Z.; OLIVEIRA, Marcos L.s.; BODAH, Eliane Thaines; BODAH, Brian William. Geo-environmental parametric 3D models of SARS-CoV-2 virus circulation in hospital ventilation systems. *Geoscience Frontiers*, [S.L.], p. 101279, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101279>.