

Uso da ventilação natural como estratégia para redução de riscos na transmissão da Covid-19 em salas de aula: relatos de estudos em escolas municipais de Londrina-PR



Use of natural ventilation as a strategy of risk reduction in the transmission of Covid-19 in classrooms: study reports in municipal schools in Londrina-PR

Pedro Henrique Bruder Decker¹, Beatriz Dinardi dos Santos², Giovana Domingos Araujo³, Jhony Wesley Lemes Macedo⁴, Kauana Caroline de Freitas⁵, Lorena Mizue Kihara⁶, Milena Escapilato Fernandes⁷, Verônica Aparecida Agassi⁸, Vinicius Vieira Salles⁹, Vitor Trigueiros¹⁰, Claudia Donald Pereira¹¹, Thalita Gorban Ferreira Giglio¹², Camila Gregório Atem¹³

RESUMO

A ventilação natural em salas de aula se configura como um importante mecanismo de diluição e remoção dos aerossóis que contêm o vírus SARS-CoV-2, transportados pelo ar. O presente estudo, de caráter extensionista, teve como principal objetivo dar suporte aos gestores das escolas municipais da cidade de Londrina-PR quanto às questões ligadas à ventilação natural das salas de aula no período vigente da pandemia, visando segurança sanitária aos alunos, professores e funcionários. Neste contexto,

¹ Engenheiro Civil, Mestrando PPGECiv. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: pedroh.b.decker@uel.br.

² Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: beatriz.dinardi@uel.br.

³ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: giovanna.domingos@uel.br.

⁴ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: jhony.macedolemac@uel.br.

⁵ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: kauana.caroline@uel.br.

⁶ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: lorena.mkihara@uel.br.

⁷ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: milena.escapilato@uel.br.

⁸ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: veronica.agassi@uel.br.

⁹ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: vinicius.salles@uel.br.

¹⁰ Estudante de graduação. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: vitor.trigueiros@uel.br.

¹¹ Professora Doutora. Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil. E-mail: donald@uel.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3847-0174>

¹² Professora Doutora. Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: thalita@uel.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4609-0705>

¹³ Professora Doutora. Universidade Estadual de Londrina (UEL). Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: camila.atem@uel.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1829-1152>

duas ações, integradas à Secretaria Municipal da Educação da cidade, foram realizadas: a criação de um vídeo instrucional de apoio ao protocolo de biossegurança da prefeitura, destacando a importância da ventilação natural dentro das salas de aula; e estudos técnicos de cálculo da renovação de ar em salas de aula, com a determinação do número máximo de alunos. Para o desenvolvimento das ações, a estratégia foi o envolvimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão permitindo a atuação do grupo de alunos de engenharia civil e arquitetura em estudos técnicos realizados nas escolas municipais Edmundo Odebrecht e Tarumã. As análises finais foram norteadas por parâmetros técnicos definidos pela Anvisa e por estudos internacionais que classificam a qualidade do ar de acordo com a quantidade de trocas de ar por hora nas salas de aula. Ao final sugere-se a limitação diferenciada da ocupação máxima de alunos nas salas, de acordo com as condições de ventilação de cada uma, para reduzir as chances de contaminação por COVID-19.

Palavras-chave: COVID-19. Ventilação Natural. Salas de aula.

ABSTRACT

Natural ventilation in classrooms is an important mechanism for diluting and removing aerosols that contains the SARS-CoV-2 virus, transported by air. The present study, of an extension character, had as main objective to support the managers of the municipal schools of Londrina-PR regarding the issues related to the natural ventilation of classrooms in the current period of the pandemic, aiming at health security for students, teachers employees. In this context, two actions integrated with the Municipal Education Secretariat of the city were carried out: the creation of an instructional video in support of the municipality's biosafety protocol, highlighting the importance of natural ventilation within the classrooms; and technical studies to calculate the ventilation rate in classrooms, with the determination of the maximum number of students. For the development of the actions, the strategy was to involve teaching, research and extension activities, allowing the group of civil engineering and architecture students to take part in technical studies carried out in the municipal schools Edmundo Odebrecht and Tarumã. The final analyzes were guided by technical parameters defined by Anvisa and by international study who classify air quality according to the number of air changes per hour in classrooms. At the end, it is suggested to limit the maximum occupancy of students in the classrooms, according to the individual ventilation conditions of each one, to reduce the chances of contamination by COVID-19.

Keywords: COVID-19. Natural Ventilation. Classrooms.

1 INTRODUÇÃO

Em 30 de janeiro de 2020, a OMS declarou o surto de COVID-19 uma emergência de saúde pública de interesse internacional, representando um alto risco para países com sistemas de saúde vulneráveis (SOHRABI et al, 2020). A situação grave na saúde fez com que os primeiros estabelecimentos a serem fechados fossem os de ensino em todos os seus níveis.

A via de transmissão do SARS-CoV-2 ocorre de forma semelhante a outros patógenos respiratórios, por meio de gotículas que podem ir diretamente à pessoa infectada ou ficar algum tempo em suspensão no ar e depois infectar e também pelo contato direto ou indireto com pessoas infectadas por meio das mãos, objetos ou superfícies contaminadas (ANVISA, 2020; OMS, 2020).

Van Doremalen et al (2020) concluíram que gotículas respiratórias de humanos (que podem incluir bactérias, fungos e vírus) normalmente variam de 0,5 a 12 mm de diâmetro, e núcleos de gotículas menores do que 5 mm podem permanecer no ar por períodos grandes de tempo. Os autores ainda relatam que a COVID-19 permanece estável em aerossóis aéreos por pelo menos três horas e pode persistir em superfícies inanimadas por 48 a 72 horas. Sendo assim, os estabelecimentos de ensino, onde predominam os ambientes fechados, com grande número de pessoas e com realização frequente de atividades coletivas, são locais propícios à disseminação do vírus.

Com base nestas informações, tanto a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) quanto a REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air conditioning Associations) observam que se deve aumentar a quantidade de ar exterior presente nos ambientes (tanto condicionados natural quanto artificialmente), isto é, aumentar a ventilação natural é de fundamental importância para dispersar essas gotículas em ambientes. Junto a isso somam-se técnicas de prevenção como interceptação das gotículas através de máscaras (ASHRAE, 2020; REHVA, 2020).

A ventilação natural move o ar externo para dentro de um edifício ou sala e distribui o ar dentro deles e depois faz sua retirada. O objetivo geral da ventilação nos edifícios é fornecer um ar saudável para a respiração, diluindo e removendo os poluentes e agentes infecciosos originários no interior do edifício (LAMBERTS et al, 2014).

Neste contexto, pode-se afirmar que a ventilação dos ambientes funciona para diluir e remover núcleos infecciosos de gotículas transportadas pelo ar (aerossóis). Vários investigadores epidemiológicos salientam seu importante papel na determinação da transmissão aérea de tuberculose (TB), gripe, sarampo, rinovírus e síndrome respiratória aguda grave em vários locais fechados (KNIBBS et al, 2011).

Para a retomada das atividades em locais de ensino é necessário avaliar todos os ambientes onde haverá aglomerações como as salas de aula. É necessário avaliar quantas pessoas podem ocupar o local a partir do distanciamento mínimo e a capacidade média de renovação de ar que um ambiente possui (com diferentes cenários de velocidade e direção de vento e diferentes possibilidades de aberturas de janelas e portas), sendo possível quantificar o número máximo de pessoas que pode permanecer no espaço.

Diante disso, aproveitando a experiência do grupo de pesquisadores na área de conforto ambiental e eficiência energética em edificações, o objetivo geral do presente estudo foi dar suporte aos gestores das escolas municipais da cidade de Londrina-PR quanto às questões ligadas à ventilação natural das salas de aula no período vigente da pandemia, visando segurança sanitária aos alunos, professores e funcionários.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Para atender ao objetivo geral, houve o envolvimento de três docentes e dez alunos de graduação, dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Londrina. O estudo foi realizado em parceria com a Secretaria Municipal da Educação do município de Londrina, norte do Paraná, responsável pela gestão de 88 Escolas Municipais e 33 Centros Municipais de Educação Infantil (CMEI). As necessidades demandadas pela Secretaria Municipal ao grupo extensionista foram: a) elaboração de um vídeo instrucional, com foco na ventilação natural, para treinamento dos professores, funcionários e gestores quanto ao protocolo de biossegurança a ser seguido na utilização das salas de aula; e b) estudo de dimensionamento de ocupação máxima para as salas de aula de duas escolas municipais modelo.

Salienta-se que todas as ações do projeto foram prioritariamente desenvolvidas a distância, por meio de reuniões, treinamentos e discussões em grupo, de forma remota, utilizando a plataforma do Google Meet. A seguir tem-se o detalhamento das estratégias adotadas para o desenvolvimento das duas ações do projeto.

2.1 Desenvolvimento do vídeo instrucional

A primeira ação do grupo, por solicitação da Secretaria de Educação do município, foi o desenvolvimento de um vídeo para auxiliar no treinamento realizado pelo órgão para gestores, professores e pais. O objetivo do vídeo instrucional foi transmitir informações básicas sobre a nova conduta dentro das escolas diante da pandemia pela Covid-19, salientando procedimentos como o distanciamento mínimo, lavagem das mãos e principalmente a utilização de ventilação natural. Este vídeo foi utilizado junto ao Plano

de Biossegurança elaborado pela Secretaria para retorno às atividades escolares. O vídeo deveria ser lúdico para atingir o maior número de pessoas.

Foi utilizada a plataforma online de criação e edição de vídeos Animaker (2020) em sua versão gratuita. A ideia era criar algo de fácil entendimento, por isso foi utilizada a animação com personagens.

O processo foi realizado com todo o grupo do Projeto de Extensão de forma colaborativa. Inicialmente foi criado um roteiro básico textual dando ênfase à importância da ventilação natural nas salas de aula, em uma linguagem simples e compreensível à sociedade em geral. Posteriormente, foi idealizado o cenário, a sequência das cenas e personagens, todos dirigidos para um ambiente escolar. Os alunos transferiram o roteiro básico para a plataforma de criação de vídeo e posteriormente fizeram a narração.

O vídeo foi hospedado no canal do Youtube do laboratório de pesquisa dos docentes envolvidos no projeto e disponibilizado para a Secretaria Municipal da Educação, a qual disseminou entre as escolas municipais, professores, funcionários e alunos, como uma ferramenta de treinamento para o retorno às aulas em meio à pandemia.

2.2 Análise das condições de renovação do ar e ocupação das salas de aula

Visando auxiliar a Secretaria Municipal da Educação quanto aos aspectos de renovação do ar e ocupação máxima de alunos nas salas de aula, a segunda ação do projeto de extensão foi a realização de um estudo detalhado em duas escolas municipais escolhidas pelos gestores municipais. O estudo tinha como foco analisar a quantidade e qualidade da renovação do ar nas salas de aula das escolas e quantificar sua ocupação máxima de forma segura.

2.2.1 Escolas Municipais analisadas

O estudo foi realizado para a escola Edmundo Odebrecht (Figura 1) e o Centro Municipal de Educação Infantil Tarumã (Figura 2). O levantamento das características construtivas das escolas foi realizado com base nos projetos executivos disponibilizados e complementados por registros fotográficos realizados no local.

Figura 1- Escola Edmundo Odebrecht

Figura 2- Escola Tarumã (CMEI)



Fonte: Arquivo dos autores, 2020.

A escola Edmundo Odebrecht está localizada na Rua Paulo Boszczowski, sem número, em Warta - distrito da cidade de Londrina, PR. Ela dispõe de 1.863,15m² de área construída, 11 salas de aula e tem capacidade para atender 310 alunos. A Figura 3 ilustra: a) vista do interior do pátio interno da escola; b) vista interna de uma sala de aula do ensino fundamental 1; c) vista interna de uma sala de aula da educação infantil.

Figura 3- Interior da Escola Edmundo Odebrecht



(a)

(b)

(c)

Fonte: Arquivo dos autores, 2020.

De acordo com a gestão da instituição, a escola atende crianças da educação infantil e ensino fundamental I, abrangendo a faixa etária de 2 a 10 anos.

A edificação, concluída em 2019, possui 2 pavimentos: o térreo (Figura 4) - onde se localizam 3 salas de aula, o pátio recreativo, uma quadra coberta, biblioteca, sala de informática, refeitório, cozinha, a parte administrativa e pedagógica do colégio, além da entrada do prédio - e o pavimento superior (Figura 5) - onde foram construídas as outras 8 salas de aula. Assim, ao todo, foram analisadas 11 salas de aula.

As janelas para ventilação da escola são todas basculantes. As salas têm janelas voltadas para o exterior e janelas superiores voltadas para um corredor que também possui janelas basculantes.



(a)

(b)

(c)

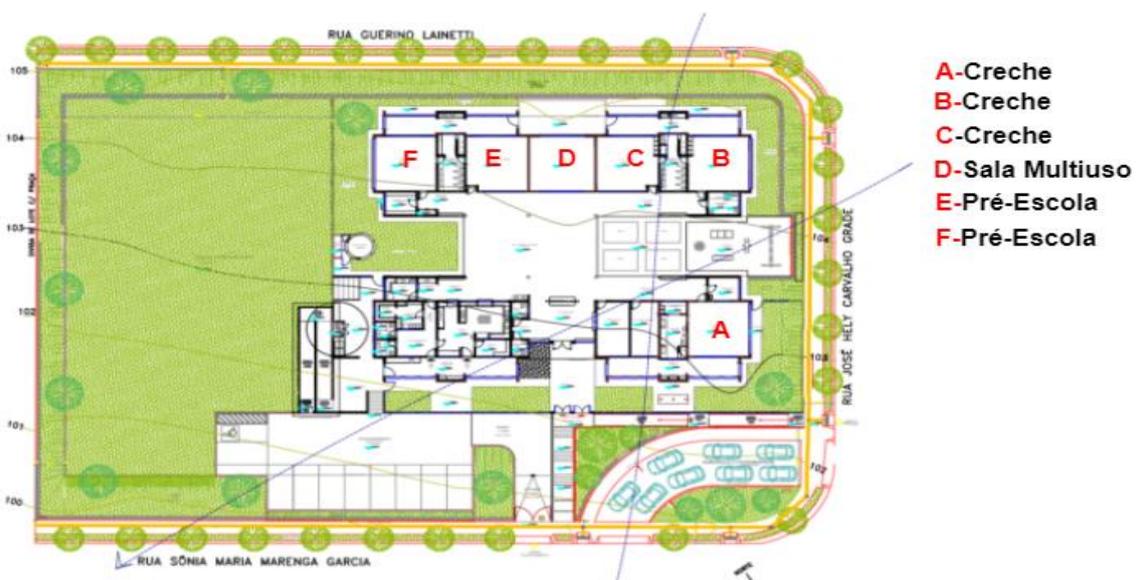
Fonte: Arquivo dos autores, 2020.

O Centro de Educação possui capacidade para atender 138 crianças de 0 a 5 anos. As aulas acontecem em período integral para os alunos de zero a 3 anos e em período parcial e para os estudantes de 4 a 5 anos.

A edificação, conta com uma estrutura de 6 salas de aula, ambientes multiuso para jogos, vídeos e atividades de artes; fraldário, lactário, refeitório, cozinha, lavanderia, banheiros adaptados para pessoas com deficiência, solário, pátio coberto, despensa e estacionamento para funcionários (Figura 7). Deste modo foram analisados 6 ambientes.

As aberturas para ventilação se dão através de janelas máximo-ar e portas de correr, uma vez que as salas se voltam para espaços de convívio exteriores chamados solários.

Figura 7- Planta Baixa



Fonte: Adaptado Secretaria de Educação, 2020.

2.2.2 Método de cálculo/dados climáticos adotados

O fluxo de ar presente nas salas de aula foi estimado com base em metodologia proposta por Lamberts, Dutra e Pereira (2014). Considerando a grande quantidade de ambientes a serem avaliados, os cálculos foram automatizados em forma de planilha de aplicação simples em Excel, tendo como dados de entrada os seguintes parâmetros:

- velocidade média do vento;
- altura de entrada do ar;
- rugosidade do terreno;
- distância até edificações vizinhas;
- ângulo de incidência do vento;
- áreas de esquadrias;
- tipologia de esquadrias;
- estratégia de ventilação adotada (cruzada ou unilateral);
- volume do recinto;

De acordo com dados das normais climatológicas de 1976 a 2019 (IAPAR, 2021), a intensidade média dos ventos no município de Londrina é de 2,6 m/s, com direção predominante Leste. Como a velocidade do ar não é constante ao longo do dia, realizou-se redução desse valor médio, considerando um cenário mais conservador, utilizando a velocidade de 1,0 m/s.

As medidas em estações meteorológicas são tomadas em altura padrão de 10m, em campo aberto. Como a velocidade do vento é influenciada tanto pela altura em relação ao terreno (reduzida nas proximidades do solo), quanto pela rugosidade do terreno (regiões com mais obstáculos, como vegetação e edificações, apresentam redução na velocidade), foram computadas tanto altura das aberturas de entrada de ar, quanto rugosidade do terreno onde se situa a edificação estudada, a fim de realizar correção.

A presença de outros edifícios ao redor do local de estudo também influencia nas condições de ventilação. Dessa forma, caso haja construções nas imediações, são reduzidos os coeficientes de pressão considerados no cálculo do fluxo de ar.

O ângulo de incidência do vento foi medido em planta para cada recinto, considerando sua direção predominante. Em conjunto foi conduzida simulação do comportamento do fluxo de ar nas edificações estudadas, com auxílio do software Fluxovento, também considerando vento com direção Leste.

A área e tipologia de esquadrias de cada ambiente avaliado foram registradas para realização dos cálculos, ambas foram avaliadas in loco. O percentual de área útil para

ventilação das aberturas varia de acordo com o tipo de esquadria utilizada. Foram adotados índices de aproveitamento sugeridos pelos autores da metodologia de cálculo.

Caso a estratégia de ventilação adotada no recinto seja a cruzada, ou seja, quando há aberturas localizadas em fachadas opostas ou adjacentes proporcionando a formação de corrente de ar, as áreas de entrada e saída de ar do recinto são computadas separadamente. Caso haja aberturas em somente uma das fachadas do recinto, há a chamada ventilação unilateral, e considera-se a presença somente de aberturas de entrada, e a previsão do fluxo de ar é obtida a partir de fórmula distinta.

Inseridos os parâmetros apresentados, são produzidos resultados para a taxa de ventilação de cada sala. Para Jimenez (2020) o parâmetro mais importante em relação à transmissão da Covid-19 é sua taxa de ventilação por pessoa. A resolução RE/ANVSIA nº 9 (2003) recomenda valor mínimo de 27 m³/h por pessoa para ambientes climatizados, ordem de grandeza similar à da norma 62.1 ANSI/ASHRAE (2013). Esse parâmetro foi adotado para a definição da ocupação máxima das salas de aula. Também foi avaliada a possibilidade de manutenção de distanciamento de 2 metros entre os ocupantes.

Conduziu-se por fim a classificação da segurança das salas de aula em relação à propagação da Covid-19, em função do número de trocas de ar por hora, de acordo com as faixas propostas por Allen et al. (2020). O índice tem as seguintes classificações: ideal (mais de 6 trocas de ar por hora), excelente (entre 5 e 6), bom (entre 4 e 5), regular (entre 3 e 4) e ruim (abaixo de 3).

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos foram apresentados à equipe envolvida da Secretaria de Educação de Londrina, e acompanhados, de forma remota, por um funcionário da Secretaria de Educação de Londrina, também responsável pela construção do Protocolo de Biosegurança para a volta às aulas e o treinamento dos funcionários das escolas.

3.1 Ação1: Vídeo Instrucional

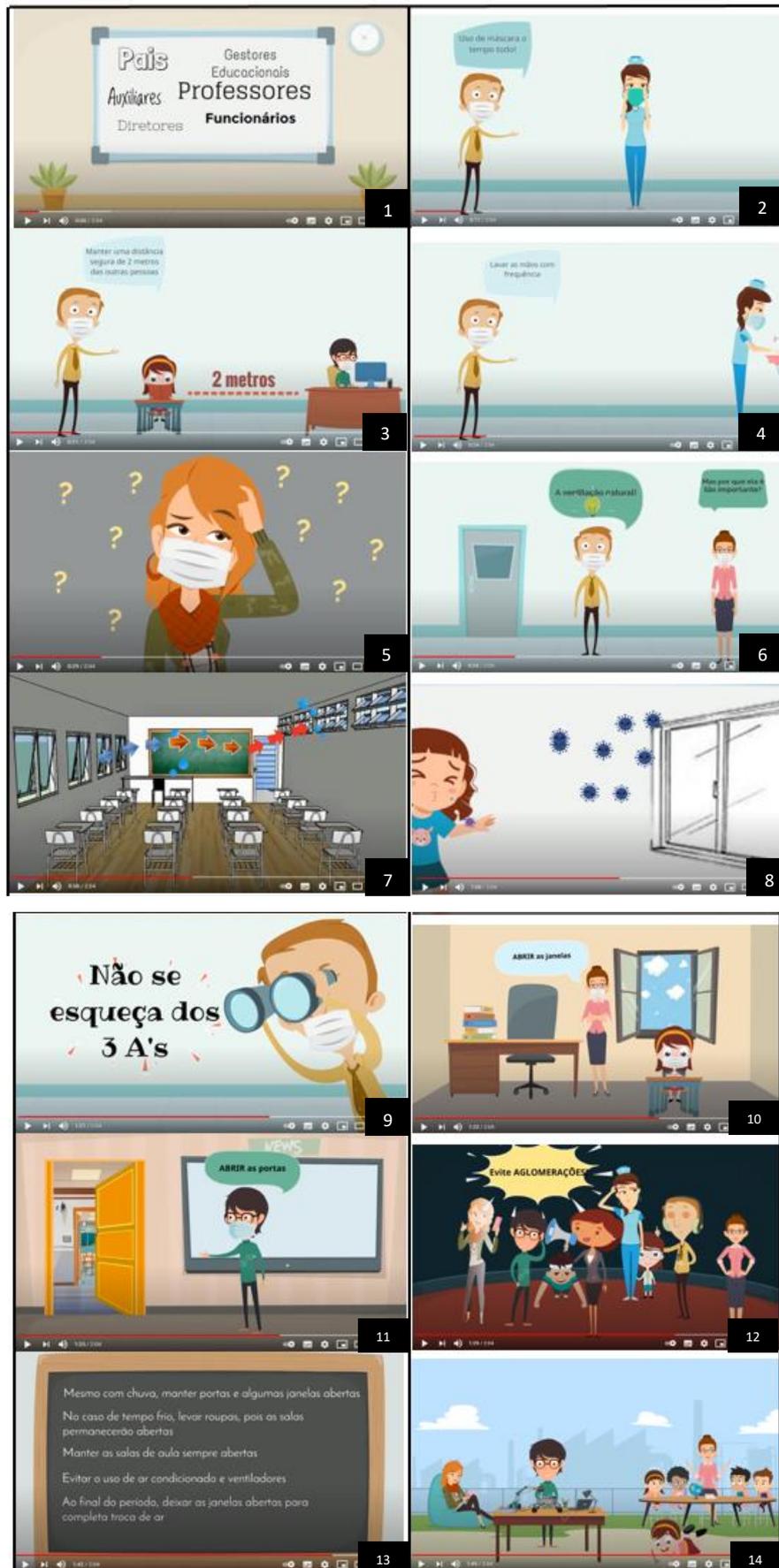
O vídeo instrucional, direcionado aos professores, pais, alunos e gestores educacionais, foi desenvolvido com foco no treinamento e conscientização quanto à ventilação natural de salas de aula como medida para reduzir a transmissão aérea do vírus Sars-CoV-2 causador da pandemia de Covid-19.

O material resultante possui duração de 2:04 (dois minutos e quatro segundos) e expressa, principalmente, a necessidade de se pensar, não somente nos cuidados básicos

do distanciamento, lavagem de mãos e uso de máscaras, mas também na ventilação natural das salas de aula visando a renovação e manutenção do ar interno.

Na Figura 8 tem-se uma sequência com as principais imagens retiradas do vídeo. O foco foi chamar a atenção do espectador quanto à importância da ventilação natural e, como uma analogia aos 3R's, que remetem ao meio ambiente, foi criada a expressão “não se esqueça dos 3 A's”, sendo eles: Abrir as janelas, Abrir as portas e evitar Aglomerações. Ao final, algumas regras alinhadas ao Protocolo de Biossegurança municipal foram comunicadas, além do incentivo ao uso de espaços abertos para ministrar aulas.

Figura 8 - Principais momentos do vídeo educativo



Fonte: Youtube/E3Lab UEL/Orientação de volta às aulas no Pós Pandemia, 2020.

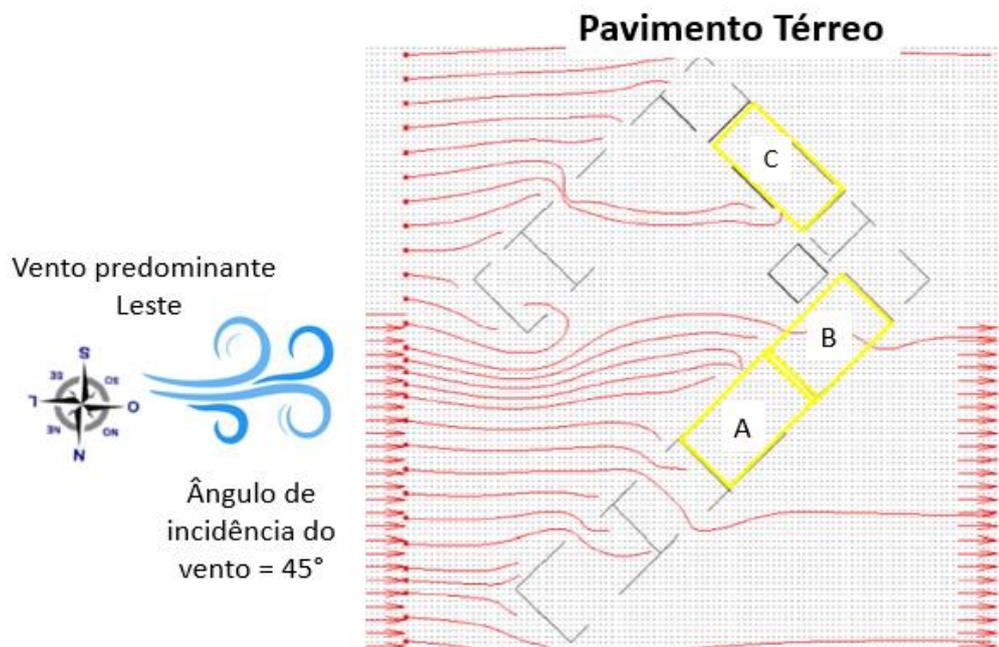
Atualmente, o vídeo já possui mais de 5.500 visualizações e pode ser acessado pelo site <https://www.youtube.com/watch?v=0W1IzIY4PsM&t=6s>.

3.2 Ação 2: Estudo de renovação do ar e ocupação das salas de aula

Os resultados das ações realizadas nas duas escolas foram apresentados ao corpo técnico do setor de projetos da Secretaria Municipal da Educação, composta por engenheiros e equipe técnica. A apresentação foi realizada de forma virtual usando a plataforma do Google Meet com a participação de toda equipe do Projeto de Extensão.

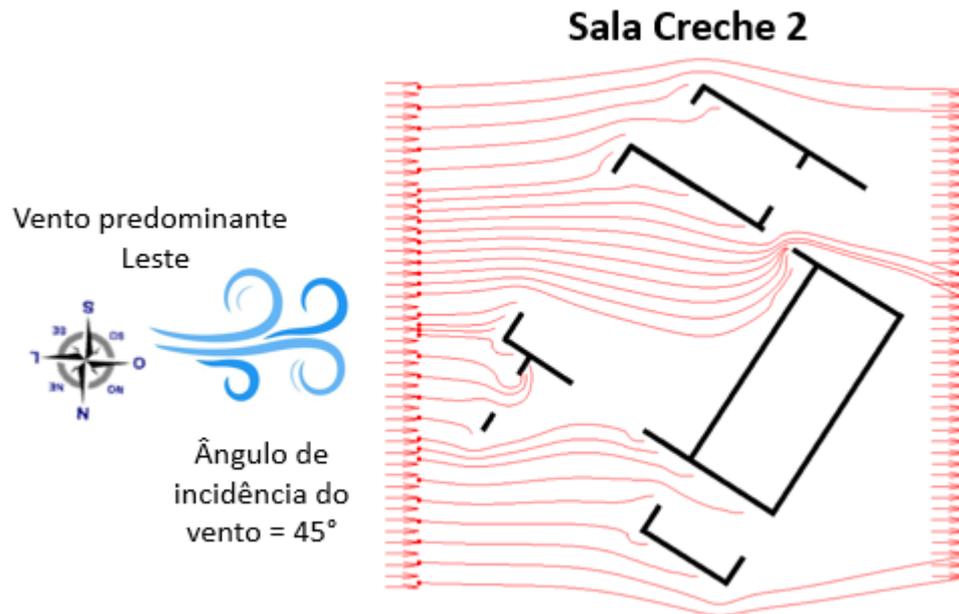
O primeiro resultado apresentado à equipe técnica foram os estudos realizados com o Software Fluxovento, onde procurou-se entender como o vento incidiria sobre os dois edifícios analisados. Partindo dos dados meteorológicos onde se detecta que o vento predominante vem de leste, obteve-se estudos gerais, como mostra a Figura 9 da escola Edmundo Odebrecht e estudos individuais das salas como mostra a Figura 10 da CMEI Tarumã.

Figura 9 - Estudo no software Fluxovento do movimento de ar ao redor do pavimento térreo da escola Edmundo Odebrecht



Fonte: Arquivo dos Autores, 2020.

Figura 10: Estudo no software Fluxovento do movimento de ar em uma sala da creche da CMEI Tarumã



Fonte: Arquivo dos Autores, 2020.

No primeiro estudo, Figura 8, verifica-se a incidência do vento na escola toda e como ele passa através dos ambientes, sendo possível identificar onde são as entradas e as saídas de ar, informação imprescindível para o estudo de ventilação natural. Este estudo foi realizado em ambas as escolas.

Por meio de análises individuais (Figura 10), para cada uma das salas, foi possível identificar como o ar passa através das aberturas. Este estudo é importante para verificar a qualidade da ventilação de cada sala, observando pontos sem ventilação. Foram realizados estes estudos em todas as salas.

O outro resultado gerado possui caráter quantitativo acerca do fluxo de ar e número de renovações de ar que ocorrem nas salas de aula. Na ocasião da exposição dos dados, a equipe do Projeto destacava principalmente os valores obtidos para a quantidade de ar fresco requerido por hora e por pessoa, confrontando-o com o parâmetro da ANVISA a qual estabelece o mínimo de 27 m³/h/pessoa. Além disso, foram destacados os valores obtidos para a quantidade máxima de alunos que poderiam utilizar as salas de aula de forma mais segura. As principais informações das salas de aula são mostradas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Resultados dos cálculos de ventilação para a escola Edmundo Odebrecht

TABELA GERAL ESCOLA EDMUNDO ODEBRECHT								
Salas de Aula	Área do ambiente (m ²)	Área Equivalente de abertura (m ²)	Velocidade do vento a 10m de altura (m/s)	Velocidade corrigida na abertura (m/s)	Fluxo de ar (m ³ /s)	Número de trocas de ar por hora (ren/h)	Número de alunos para o atendimento ao mínimo de 27m ³ /h* pessoa	Ar fresco fornecido por hora (m ³ /h* pessoa)
A	40.25	0.75	1	0.24	0.06	1.5	7	29
B	40.25	0.75	1	0.24	0.06	1.5	7	29
C	44.1	2.21	1	0.24	0.17	3.9	22	27
D	63	1.98	1	0.35	0.22	3.5	28	28
E	49	1.4	1	0.2	0.09	1.9	11	29
F	49	1.4	1	0.2	0.09	1.9	11	29
G	63	1.85	1	0.2	0.12	1.9	15	28
H	44.45	1.4	1	0.2	0.09	2	11	29
I	63.7	1.98	1	0.35	0.22	3.5	28	28
J	48.97	1.4	1	0.35	0.15	3.2	20	28
K	48.97	1.4	1	0.35	0.15	3.2	20	28

Fonte: Arquivo dos Autores, 2020.

Observando os resultados apresentados na Tabela 1 é possível perceber que a ocupação máxima das salas de aula apresentou variação conforme o posicionamento de cada uma. As salas do primeiro pavimento apresentam menor capacidade de alunos, devido sobretudo à velocidade do ar que atinge a janela. Já no segundo pavimento a capacidade máxima variou bastante. Salas com mais janelas têm melhor ventilação, já as salas menores e com menos janelas podem atender menos alunos.

Tabela 2- Resultados dos cálculos de ventilação para a CMEI Tarumã

TABELA GERAL ESCOLA CMEI TARUMÃ								
Salas de Aula	Área do ambiente (m ²)	Área Equivalente de abertura (m ²)	Velocidade do vento a 10m de altura (m/s)	Velocidade corrigida na abertura (m/s)	Fluxo de ar (m ³ /s)	Número de trocas de ar por hora (ren/h)	Número de alunos para o atendimento ao mínimo de 27m ³ /h* pessoa	Ar fresco fornecido por hora (m ³ /h* pessoa)
A	33.7	0.63	1	0.34	0.20	2.54	10	27.2
B	35.63	1.64	1	0.34	0.08	6.66	26	27.4
C	35.51	1.81	1	0.34	0.51	7.49	29	27.5
D	38.4	3.24	1	0.34	0.20	12.41	52	27.5
E	35.7	1.8	1	0.34	0.58	8.62	29	27.2
F	35.58	2.09	1	0.34	0.22	7.46	34	27.2

Fonte: Arquivo dos Autores, 2020.

Na análise da CMEI (Tabela 2), pode-se observar que as condições de ventilação são melhores, uma vez que as aberturas são amplas e o tipo de abertura (porta-janela de correr e máximo-ar) favorece a movimentação do ar dentro das salas. Percebe-se que a capacidade de ocupação é bastante grande principalmente nas salas que apresentam solário.

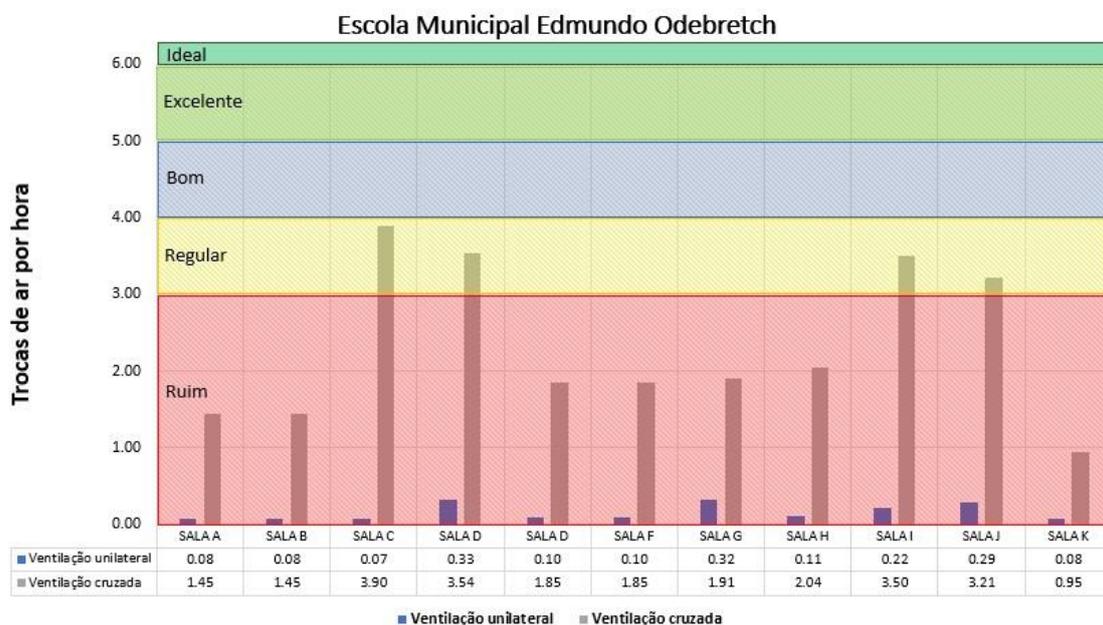
Finalmente percebe-se que as duas escolas analisadas se diferenciam muito em termos de qualidade de renovação do ar, devido, principalmente, à característica das

aberturas. A questão foi relatada à equipe de engenharia presente na reunião de apresentação, destacando a necessidade de se pensar na tipologia das janelas nos projetos de escola para que estas possam proporcionar melhores condições de salubridade nos ambientes internos.

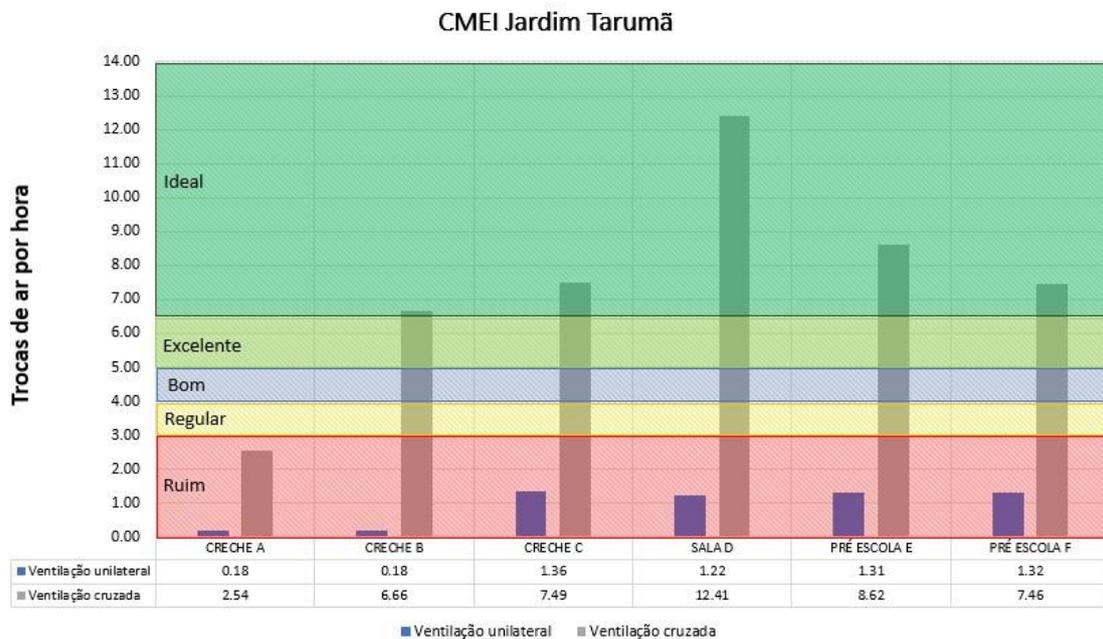
Para melhor compreensão dos resultados, foram gerados gráficos que comparam o número de trocas de ar por ambiente quando utilizada ventilação cruzada e ventilação unilateral, ou seja, quando somente um lado das aberturas faz a ventilação. Nestes Gráficos (1 e 2) é apresentada a escala de avaliação da qualidade do ar interior desenvolvida por Allen et al. (2020) para salas de aula. É bastante visível a diferença na ventilação das duas escolas.

Na escola Edmundo Odebrecht somente 4 salas de aula tem qualidade regular de ventilação, as demais se encontram no patamar ruim. Já na CMEI somente uma das salas tem qualidade de ventilação ruim, as demais são ideais.

Gráfico 01 - Número de trocas de ar por hora (Ren/h) das diferentes salas de aula- Edmundo Odebrecht



Fonte: Arquivo dos Autores, 2021.

Gráfico 02 - Número de trocas de ar por hora (Ren/h) das diferentes salas de aula - CMEI

Fonte: Arquivo dos Autores, 2021.

Somente a situação que considera a ventilação cruzada, ou seja, com o ar entrando por uma abertura e saindo através da outra, gerou ocupações razoáveis das salas de aula, nunca ocupação total. As projeções de fluxo de ar para a ventilação unilateral são muito inferiores, chegando a valores 57 vezes menores. Fica claro que as salas de aula ventiladas naturalmente de forma unilateral não são seguras em relação à propagação da COVID-19, nem atendem às taxas mínimas de ventilação recomendadas pela literatura. Isto também significa que as portas devem estar sempre abertas, para que o ar possa ser trocado de forma efetiva. Janelas basculantes e do tipo máximo-ar devem ser abertas em sua inclinação máxima. Recomenda-se fortemente a retirada de cortinas de qualquer tipo que possam obstruir a passagem do ar, bem como outros eventuais obstáculos, como telas de projetor e armários.

No caso de escolas como a Edmundo Odebrecht, que tem aberturas voltadas para um corredor, o fluxo de ar acaba sendo ainda menor, mesmo com todas as janelas abertas. Isso se dá devido à dificuldade que o vento tem para acessar as salas devido às esquadrias.

Já no caso de escolas com aberturas maiores e desobstruídas, como o caso da CMEI Tarumã, o ar flui com mais facilidade, fazendo com que a troca de ar seja maior e

oferecendo maior segurança aos usuários. Isso se deve tanto ao tamanho das aberturas, como ao uso de portas janelas que são bastante amplas.

É importante ressaltar que os resultados encontrados para os fluxos de ar obtidos possuem baixa precisão inerente à metodologia, que aplica fórmulas com coeficientes aproximados. Recomenda-se, portanto, adotar parâmetros de rugosidade superestimados, bem como reduzir intensidade média do vento, buscando a segurança.

4 CONCLUSÕES

Motivado pelo contexto da pandemia pela Covid-19 e vinculando experiências integradas em pesquisa, ensino e extensão, o presente grupo de pesquisadores e alunos de graduação dos cursos de engenharia civil e arquitetura realizou estudos vinculados ao emprego da ventilação natural em salas de aula. As ações ocorreram de forma integrada, entre a Secretaria Municipal da Educação de Londrina e a Universidade Estadual de Londrina, visando atender a necessidade de se implementar a ventilação natural e renovação do ar nas salas de aula, como uma importante estratégia de combate à transmissão do vírus Sars-CoV-2 na sua forma aérea.

As ações ocorreram de forma: 1) qualitativa e lúdica, por meio de um vídeo instrucional dado apoio ao protocolo de biossegurança do município de Londrina e, 2) quantitativa por meio de cálculos estimados de fluxo de ar, renovação de ar, e capacidade máxima para as salas de aula, norteados por parâmetros estipulados pela ANVISA e estudos internacionais.

A experiência deste estudo foi de fundamental importância para a Universidade pois além do conhecimento adquirido pelos alunos, permitiu o seu contato com a comunidade externa e a transferência de conhecimento técnico. O contato com a equipe de engenharia da Secretaria também foi fundamental pois permitiu dar orientações quanto às tipologias das esquadrias mais eficientes sob o ponto de vista da ventilação natural, demonstrando que estas exercem grande influência sobre os resultados de renovação de ar, sendo uma medida para melhorar as condições de ventilação em novas escolas e que minimiza a transmissão de doenças de uma forma geral.

A partir dos dados obtidos para as trocas de ar nas salas de aula das escolas municipais em comparação com os índices de segurança, conclui-se que é necessário limitar a ocupação máxima dos ambientes para reduzir as chances de contaminação por COVID-19, em um cenário de volta às aulas anterior à imunização em massa da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Joseph *et al.* **5-step guide to checking ventilation rates in classrooms.** [S.L.]: Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2020. 46 slides, color.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE STANDARD 62.1-2013:** Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: ASHRAE, 2013. 58 p.

ANIMAKER. Video animation. Disponível em <http://www.animaker.com> . Acesso em set. de 2020.

ANVISA. **Resolução RE/ANVISA nº 09 de 16 de janeiro de 2003.** [S.L.]: Ministério da saúde, 2003 Disponível em: <https://tinyurl.com/yxlngzxa> . Acesso em 18 nov. 2020.

IAPAR; MORAIS, Heverly (ed.). **Re: Fw: Solicitação de acesso a dados meteorológicos para estudo científico relacionado à COVID-19.** Destinatário: Pedro Henrique Bruder Decker. Londrina, 28 jan. 2021.

JIMENEZ, Jose. **COVID-19 Aerosol Transmission Estimator**, 27 out 2020. Disponível em: <https://tinyurl.com/covid-estimator> . Versão 3.4.19. Acesso em: 18 nov. de 2020.

KNIBBS, L.D., MORAWSKA, L., BELL, S.C., GRZYBOWSKI, P. Room ventilation and the risk of airborne infection transmission in 3 health care settings within a large teaching hospital. **American Journal of Infection Control** 39, 866–872. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21658810/> . Acesso em: ago. de 2020.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014. p. 173-192.

LONDRINA. Secretaria Municipal de Saúde. **Boletim Coronavírus COVID-19**: 31/01/2021. 31/01/2021. 2021. Disponível em: <https://saude.londrina.pr.gov.br/index.php/dados-epidemiologicos/96-boletim-informativo-coronavirus/681-boletim-informativo-janeiro-2021.html> . Acesso em: 31 jan. de 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Transmission of SARS-CoV-2 – implications for infection prevention precautions**: Scientific brief, jul. 2020b. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations> . Acesso em: 15 out. de 2020.

REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Association). **REHVA COVID-19 guidance document**, April 3, 2020. Disponível em: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf . Acesso em: 01 jun. de 2020.

SOHRABI, C. et al. World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). **International Journal of Surgery**. n 76 , 2020. P 71-76. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32112977/>. Acesso em Ago. de 2020.

VAN DOREMALEN et al (2020). Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. **The New England Journal of Medicine**. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc2004973>. Acesso em 9 jul. de 2020.

Recebido em: 15 de Abril de 2021.

Aceito em: 04 de Maio de 2021.