

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MARIA EDUARDA DA SILVA KNOBLAUCH**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM SALAS DE ESPERA DE  
ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE:  
desenvolvimento de manual de vistorias para a construção civil**

**FLORIANÓPOLIS, 2022.**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MARIA EDUARDA DA SILVA KNOBLAUCH**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM SALAS DE ESPERA DE  
ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE:  
desenvolvimento de manual de vistorias para a construção civil**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora:  
Profa. Ana Lígia Papst de Abreu, Dra. em Eng. Civil

Coorientador:  
Prof. Marcelo Luiz Pereira, Dr. em Eng. Mecânica

**FLORIANÓPOLIS, 2022.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Knoblauch , Maria Eduarda da Silva  
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM SALAS DE ESPERA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE: desenvolvimento de manual de vistorias para a construção civil / Maria Eduarda da Silva Knoblauch ; orientação de Ana Lígia Papst de Abreu; coorientação de Marcelo Luiz Pereira. - Florianópolis, SC, 2022.**  
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.  
Inclui Referências.

1. Arquitetura hospitalar. 2. Qualidade do ar interno.  
3. Sala de espera. 4. Checklist. I. Abreu, Ana Lígia Papst de . II. Pereira, Marcelo Luiz. III. Instituto Federal de Santa Catarina. IV. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM SALAS DE ESPERA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE.**

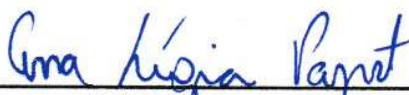
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM SALAS DE ESPERA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE: desenvolvimento de manual de vistorias para a construção civil**

**MARIA EDUARDA DA SILVA KNOBLAUCH**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 26 de julho de 2022.

Banca Examinadora:

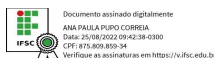


Ana Lígia Papst de Abreu, Dra.



Marcelo Luiz Pereira, Dr.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Ana Paula Pupo Correia, Dra.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina



Samuel João da Silveira, Dr.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço aos meus pais, Secílio Knoblauch e Marcia Maria da Silva Knoblauch, por todas as oportunidades, suporte e carinho que me proporcionaram durante a minha vida. Aos meus irmãos Lais da Silva Knoblauch e Higor da Silva Knoblauch, demais familiares e amigos pelo companheirismo e apoio nos desafios enfrentados no decorrer desta trajetória.

Agradeço também ao meu namorado Gabriel Fernandes Pereira pelo carinho, suporte e orientação ao longo deste período, me auxiliando a me tornar uma pessoa e profissional melhor. Aos amigos e colegas da Engenharia Civil do IFSC que fiz durante todo o período da minha graduação, que me acompanharam durante este ciclo, contribuindo para a minha evolução.

A minha orientadora, professora Ana Lígia Papst de Abreu, e ao meu coorientador, Marcelo Luiz Pereira, pela ajuda durante toda a pesquisa, pelas correções e conselhos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho, ditando os melhores caminhos para a conclusão deste. Por fim, agradeço a todos que de alguma forma, participaram da minha formação.

## RESUMO

Na atual situação de pandemia, uma crescente preocupação com a qualidade do ar em ambientes fechados foi evidenciada. Em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) não é diferente, por serem locais de maior exposição, requerem um maior cuidado. Diante deste cenário, os órgãos públicos buscaram regulamentar de forma mais criteriosa os ambientes do meio hospitalar, promovendo uma maior segurança para as pessoas que necessitam destes recintos. Entre as normas que regem o controle da qualidade do ar dos EAS, destaca-se a NBR 7256 que, após a nova versão, inclui ambientes que antes não eram considerados importantes, como, por exemplo, as salas de espera. No entanto, é nestes ambientes em que muitas vezes ocorrem grandes riscos de disseminação de agentes infecciosos transmitidos pelo ar, visto que é um local onde os pacientes doentes aguardam atendimento médico sem ter sua condição clínica diagnosticada e controlada. Diante disso, é de fundamental importância, constantes avaliações da qualidade do ar e melhorias ambientais e arquitetônicas neste tipo de ambiente. Nesse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe a criação de um manual orientativo para a realização de vistoria em salas de espera de EAS, com foco no controle da qualidade do ar, no sentido de verificar se os parâmetros avaliados estão de acordo com as normas nacionais vigentes. Ou seja, o manual proposto busca auxiliar na avaliação dos principais parâmetros que afetam a qualidade do ar em salas de espera de EAS e se esses parâmetros atendem a legislação existente para o controle de agentes infecciosos transmitidos pelo ar nesse tipo de ambiente. Além disso, foi criado junto ao manual, um checklist para validar de forma mais simplificada e automatizada os parâmetros em questão, simulando e validando-os em situações de campo. Para validação do checklist foi utilizado dados reais do relatório de análise da qualidade do ar da sala de espera do Centro Cirúrgico do Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina. Como resultado, nenhum dos parâmetros retirados do relatório estavam de acordo com a NBR 7256, sendo indicado fazer uma análise mais completa para verificar a necessidade de reformas no ambiente em questão. Deste modo, o principal desafio para os engenheiros é adequar as salas de espera de ambientes de saúde à nova realidade de segurança e qualidade do ar interno.

**Palavras-chave:** Arquitetura hospitalar. Qualidade do ar interno. Sala de espera. Checklist.

## ABSTRACT

The pandemic has increased the attention on the air quality in enclosed spaces, particularly in health care facilities, due to the greater exposure that requires greater awareness. Within this context, the public sector has taken more strict regulatory measures for the safety of the patients. One of the most relevant standards to control the air quality in health care facilities is the NBR 7256, which was updated to include other spaces, such as waiting rooms. Note that such spaces were not considered relevant to the indoor air quality verification before the pandemic. However, it is essential to highlight that those common areas shared by ill patients waiting for medical assistance represent a potential for disseminating infection agents in the air. Effective measures to avoid infection transmission include constant evaluations of the indoor air quality and improvements in architecture configuration. This final course assignment proposes developing an orientation handbook to support the evaluation of waiting rooms in health care facilities mainly focused on air quality control. The handbook aims to support verification of standards imposed by the national guidelines, including components that affect the air quality in waiting rooms from health care facilities to control potential infection agents disseminated in the indoor air. In addition to that, a checklist was elaborated to validate these components in automatic easily. This system can simulate and validate the evaluation components in real case scenarios. To validate the developed checklist, actual air quality data from the waiting room was collected from the Surgery Centre of the Federal University of Santa Catarina Hospital report. Overall, the components evaluated in this report deviated from the NBR 7256 standards, indicating the need for a more in-depth analysis of the evaluated areas to decide on future structural renovations. Therefore, the challenge for engineers in this context is mainly based on adapting the waiting room of health care facilities to the updated version of safety and indoor air quality.

**Keywords:** Hospital architecture. Indoor air quality. Waiting room. Checklist.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do trabalho.....	15
Figura 2 – Enfermaria Nightingale.....	18
Figura 3 – Recorte da planta baixa de uma UPA.....	20
Figura 4 – Corte esquemático da Farmácia do Hospital Sarah Salvador.....	24
Figura 5 – Ventilação unilateral com abertura única.....	27
Figura 6 – Ventilação unilateral com abertura dupla.....	28
Figura 7 – Padrão da ventilação determinado pelo posicionamento das esquadrias.....	29
Figura 8 – Ventilação cruzada.....	29
Figura 9 – Principais poluentes do ar interno e suas fontes.....	32
Figura 10 – Sintomas da má qualidade do ar.....	33
Figura 11 – Principais sintomas que a população sente devido a temperatura elevada.....	36
Figura 12 – Comportamento da umidade do ar em relação ao da sua temperatura.....	37
Figura 13 – Faixa de umidade ideal para ambientes fechados.....	38
Figura 14 – Pressão negativa.....	40
Figura 15 – Pressão positiva.....	40
Figura 16 – Comportamento da contaminação em um ambiente ao longo do tempo.....	42
Figura 17 – Sistema sem renovação de ar.....	43
Figura 18 – Sistema com renovação de ar na unidade de tratamento de ar.....	43
Figura 19 – Procedimentos Metodológicos.....	48
Figura 20 – Checklist.....	54
Figura 21 – Aba para as salas de espera com ventilação natural.....	55
Figura 22 – Análise dos dados de qualidade do ar interior do Hospital Universitário da UFSC.....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceito de áreas críticas, semicríticas e não críticas conforme RDC nº 50.....	21
Quadro 2 – Parâmetros de projeto para as salas de espera conforme NBR 7256....	22
Quadro 3 – Resumo das vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de sistemas de ventilação para hospitais.....	26
Quadro 4 – Resumo das técnicas do método do gás traçador .....	46
Quadro 5 – Principais normas nacionais da qualidade do ar em EAS .....	49
Quadro 6 – Parâmetros selecionados e seus limites .....	51
Quadro 7 – Principais equipamentos/ métodos de avaliação indicados para cada parâmetro.....	52
Quadro 8 – Dados do Relatório Técnico de Análises e Avaliações da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares da inspeção sobre a qualidade do ar interior do Hospital Universitário da UFSC .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHRAE	<i>American Society of Heating and Air Conditioning Engineers</i> (Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento e Ar-Condicionado)
DRE	Doença Relacionada ao Edifício
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
HU	Hospital Universitário
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
QAI	Qualidade do Ar Interior
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SED	Síndrome dos Edifícios Doentes
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UBS	Unidade Básica de Saúde
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial da Saúde)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Definição do Problema</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Estabelecimentos Assistenciais de Saúde</b> .....	<b>16</b>
2.1.1	Evolução da arquitetura de EAS .....	16
2.1.2	Legislações e Normatizações brasileiras de EAS .....	19
<b>2.2</b>	<b>Parâmetros arquitetônicos relacionados à ventilação</b> .....	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>Parâmetros físicos voltados à Qualidade do Ar Interior</b> .....	<b>30</b>
2.3.1	Qualidade do ar interior e Saúde .....	31
2.3.2	Qualidade do ar interior em ambientes hospitalares .....	34
2.3.3	Temperatura do ar .....	35
2.3.4	Umidade relativa do ar .....	37
2.3.5	Diferencial de pressão .....	38
2.3.6	Taxa de renovação do ar .....	41
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1</b>	<b>Pesquisa literária</b> .....	<b>48</b>
<b>3.2</b>	<b>Pesquisa e Análise das Normas</b> .....	<b>49</b>
<b>3.3</b>	<b>Etapa do desenvolvimento do Manual</b> .....	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO MANUAL E CHECKLIST DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR EM SALAS DE ESPERA DE EAS</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Definição dos equipamentos e métodos de avaliação</b> .....	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>Formulação e Construção do Manual e Checklist</b> .....	<b>53</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise e Validação do Checklist</b> .....	<b>56</b>
<b>4.4</b>	<b>Discussão dos resultados</b> .....	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>Sugestões para trabalhos futuros</b> .....	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>61</b>
	<b>APÊNDICE A – Manual de vistoria para avaliação da QAI em salas de espera de EAS</b> .....	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A arquitetura de estabelecimentos de saúde está em constante evolução, principalmente devido ao próprio avanço da medicina e das tecnologias construtivas (CARVALHO, 2014). Segundo Limeira (2006), a assistência à saúde mudou de caráter nos tempos atuais, transformando as regras que acabam fornecendo instrumentos normativos variáveis em forma, conteúdo e hierarquia. A Arquitetura tem por núcleo o estudo de “códigos” que presidem a “estrutura de conexões entre as necessidades humanas e os artefatos físicos no mundo real” (HILLIER & LEAMAN, 1976 APUD HOLANDA, 2018), sendo assim, pode ser uma importante ferramenta de suporte para essa evolução.

Nas últimas décadas, foram enfatizadas diferentes temáticas no campo da saúde, em particular, às relacionadas com a atuação dos profissionais dessa área (MOURA *et al.*, 2008). Potencializados pela situação de pandemia, causada pelo COVID 19, as preocupações com os usuários e a própria estrutura hospitalar ficam cada vez mais evidentes, gerando mudanças nos meios legais, como a nova versão da NBR 7256, e físicos (arquitetônicos), relacionados à área da saúde.

Em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) o aspecto físico está profundamente atrelado à funcionalidade (AMORIM *et al.*, 2013). Segundo Karman (1994), processos de múltiplas áreas como arquitetura e engenharia, por exemplo, focados na área hospitalar, são vias importantes que, juntamente aos profissionais da área médica, buscam viabilizar a proteção, a promoção e a recuperação da saúde dos usuários dos edifícios construídos para o fim assistencial. O ambiente físico tem forte impacto sobre a saúde e a segurança dos usuários, contudo, os ambientes hospitalares não foram desenvolvidos com o intuito claro de aumentar a segurança do paciente por meio de projeto de instalações (REILING, 2006). Reforçando assim a importância de avaliar os parâmetros físico-funcionais das entidades construídas para fins assistenciais.

Quando comparado com outros tipos de construções, os estabelecimentos de saúde, têm impactos relativamente grandes na vida do paciente. Existem alguns atributos que caracterizam que estes ambientes sejam únicos, como: funcionam em tempo integral; com grande circulação de pessoas; preocupação com controle de infecção; cuidados com assepsia; construção e reforma mesmo com a ocupação e

uso do edifício; amplo volume de investimentos demandado pela qualidade da construção; manutenção; uso de produtos químicos perigosos; entre outros. Logo, a soma desses condicionantes excepcionais é que tornam os hospitais complexos e desafiadores (MASCARÓ, 1995; GUENTHER; VITTORI, 2013 apud GOBBI; SANTOS; ROLA, 2019).

No caso específico de unidades de saúde é necessário ter atenção em múltiplos parâmetros para garantir a segurança e a saúde dos usuários. Entre esses parâmetros, destaca-se a qualidade do ar, visto que ela pode influenciar no controle de doenças e até mesmo na recuperação do paciente. Segundo Cestavo (2021), devido ao momento atual, é preciso estar em alerta sobre controle de doenças infecciosas em todos os setores das áreas de saúde. Na década de 60, Avedis Donabedian, médico e pesquisador libânes, definiu que a garantia da qualidade em saúde significa o esforço permanente realizado no melhoramento da saúde, pela monitorização e avaliação contínua da estrutura, do processo e dos resultados da prestação dos serviços (AMORIM *et al.*, 2013). Portanto, é imprescindível que estes estabelecimentos provenham, por exemplo, de um sistema de ventilação bem projetado para garantir o conforto e o bem-estar de seus ocupantes (MOTA *et al.*, 2014).

Em hospitais, melhorar a qualidade do ar interno, não apenas em locais de isolamento, mas também em áreas comuns, pode impedir que esses ambientes sejam potenciais “centros de contágio” (JURADO *et al.*, 2020). Sendo assim, as salas de espera de EAS são consideradas um local crítico caso não haja um controle adequado da qualidade do ar, pois é neste local que o paciente permanece enquanto aguarda atendimento médico. Ou seja, a condição clínica do paciente é desconhecida e, muitas vezes, aqueles que precisam de isolamento podem estar à espera sem a utilização de equipamentos de controle adequados (SANTANA, 2013) comprometendo a saúde dos outros ocupantes.

A RDC nº 50 (ANVISA, 2002) que “Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde”, trata as salas de espera como ambientes de apoio às Unidades Funcionais de um EAS, não sendo feita distinção entre salas de espera de consultório odontológico ou de Centro Cirúrgico. Já na NBR 7256 (ABNT,

2021) é feita distinção entre três tipos de salas de espera: sala de espera de emergência e urgência, sala de espera de radiologia e sala de espera de ambientes odontológicos. Diante da diversidade de informação com relação às salas de espera, este trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe a criação de um manual para auxiliar nas vistorias de salas de espera de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) com enfoque na qualidade do ar de uma forma mais abrangente. Além disso, o trabalho também conta com o auxílio de um Checklist para verificação dos parâmetros frente aos critérios atuais da NBR 7256 (ABNT, 2021), servindo para avaliar salas de espera que foram projetadas anteriormente a esta norma.

## **1.1 Justificativa**

Por ser considerado um determinante social, a saúde pública possui um papel fundamental nas condições humanas e sociais. Sendo assim, qualquer impacto gerado neste setor pode ocasionar problemas consideráveis em toda a cadeia. Assim, junto à crescente preocupação social com a saúde e a importância do tema, este trabalho torna-se relevante, por abordar aspectos que podem auxiliar na melhoria da qualidade de vida dos usuários dos ambientes de espera de EAS.

A importante fase da história mundial recente causada por um novo contaminante, o coronavírus (SARS-CoV-2 ou COVID-19), vem gerando significativos impactos na economia e na saúde de toda a população. A pandemia gerada pelo coronavírus, deixou evidente a importância da qualidade de vida de toda a sociedade, destacando problemas no planejamento da saúde pública brasileira. Segundo Carvalho (2014), o planejamento de saúde envolve não somente os aspectos geográficos, mas um conjunto de diretrizes que constituem a raiz de toda intervenção na área. Ações que buscam um controle e uma gestão da estrutura hospitalar mais eficiente, através da adoção de medidas corretivas e preventivas nestes meios, oferecem em sua essência uma maior segurança e qualidade para os pacientes. Modernamente outras qualidades vêm sendo destacadas em projetos arquitetônicos para a saúde (CARVALHO, 2014).

O controle da qualidade do ar interior, por exemplo, tornou-se uma prioridade sanitária, principalmente em estabelecimentos assistenciais de saúde que têm como função garantir a saúde tanto dos funcionários como dos usuários. Desta

maneira, a crise sanitária tem impulsionado os projetistas de ambientes hospitalares a empregar maior importância à ventilação natural e à qualidade do ar interno, evitando a propagação do vírus e contribuindo para o tratamento rápido dessa morbidade (SANCHO *et al.*, 2021).

É possível observar que a ventilação e a renovação do ar são questões fundamentais para promover a qualidade do ambiente interno. Os aspectos arquitetônicos e o controle dos parâmetros físicos podem contribuir para o controle de doenças transmitidas pelo ar, principalmente aquelas causadas por vírus que atacam as vias respiratórias. Reis (2020) aponta que a precariedade das construções compromete a saúde dos ocupantes, como também associa a existência de janelas com a diminuição da propagação do Covid-19, mostrando, assim, a importância de uma boa arquitetura com ventilação correta.

## **1.2 Definição do Problema**

Para projetar ambientes de saúde adequados, é necessário estar atento também aos aspectos relacionados à qualidade do ar interior, garantindo também que após a construção, permaneça oferecendo qualidade de vida e segurança aos usuários. Logo, é de extrema importância conhecer os parâmetros regulatórios que adequam e promovem segurança nesses ambientes, a fim de evitar danos à saúde da população.

Desta forma, elenca-se a definição do problema deste Trabalho de Conclusão de Curso através da pergunta: Como aferir se as salas de espera dos estabelecimentos assistenciais de saúde estão atendendo as normas em relação a qualidade do ar?

## **1.3 Objetivo Geral**

Com o intuito de apoiar na estruturação da arquitetura hospitalar, este trabalho tem como objetivo desenvolver um manual para auxiliar nas vistorias de salas de espera de estabelecimentos assistenciais de saúde com enfoque na qualidade do ar.

## 1.4 Objetivos Específicos

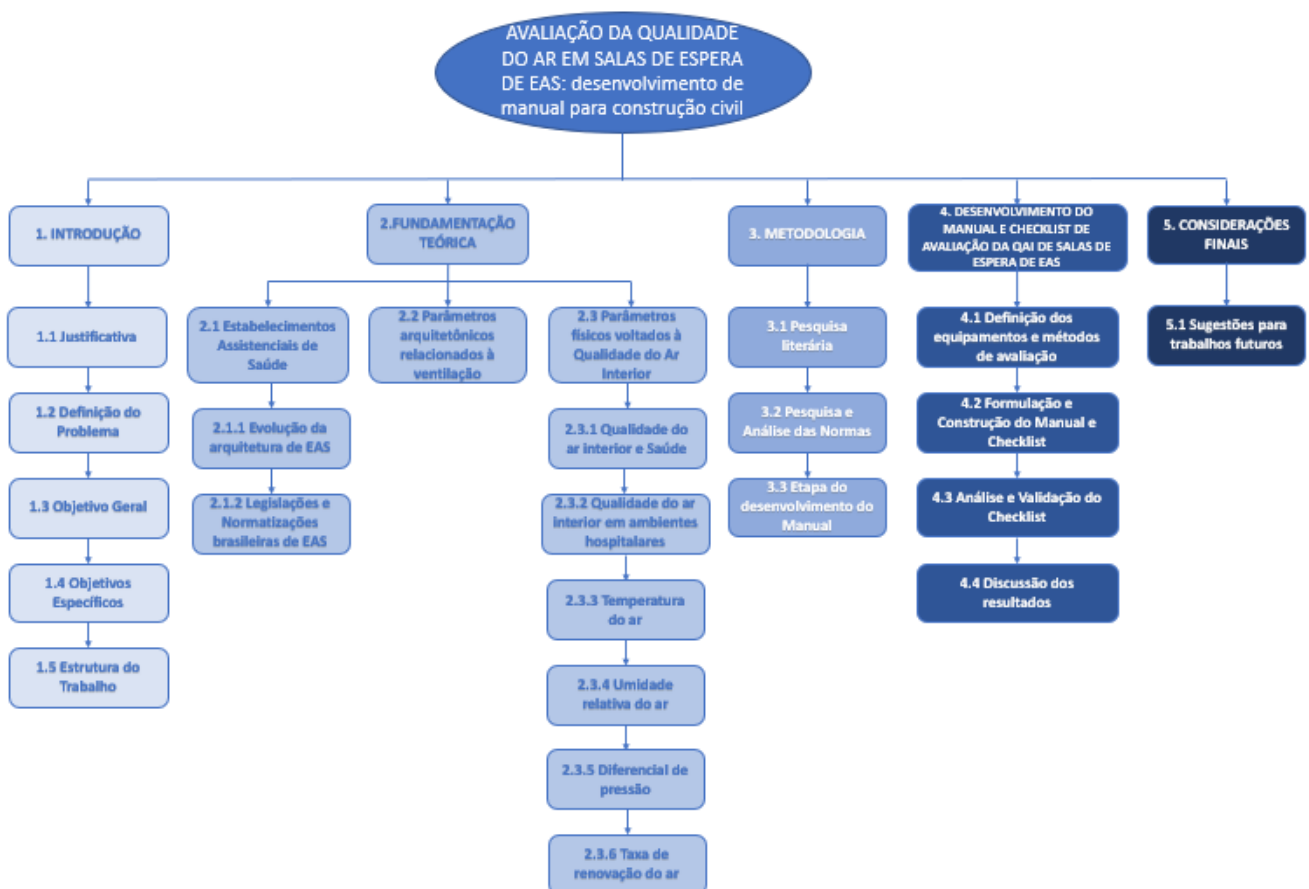
Desta forma, para atingir o objetivo geral deste trabalho, foram traçados como objetivos específicos:

- a) Elencar as principais normas e regulamentações nacionais que regem a qualidade do ar em EAS;
- b) Identificar os principais parâmetros arquitetônicos e físicos que influenciam na qualidade do ar do ambiente a ser estudado;
- c) Elaborar e validar um Checklist que permite verificar se os parâmetros avaliados da sala de espera estão de acordo com as normas.

## 1.5 Estrutura do Trabalho

A Figura 1 apresenta o processo de desenvolvimento do trabalho.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Fonte: Autora (2021).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma revisão de literatura com os assuntos afim com o tema proposto neste TCC: estabelecimentos assistenciais de saúde; parâmetros arquitetônicos relacionados à ventilação; e parâmetros físicos voltados à qualidade do ar.

### 2.1 Estabelecimentos Assistenciais de Saúde

De acordo com a Portaria nº 2022 (BRASIL, 2017) estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) é a designação dada para uma edificação que presta ações e serviços de saúde à população sob responsabilidade técnica. O tipo de EAS depende da infraestrutura existente e dos serviços que são ofertados, podendo ser classificada como unidade básica de saúde, hospital, pronto atendimento, entre outros. Portanto, neste item serão apresentados os principais acontecimentos da evolução da arquitetura de EAS, além de comentar brevemente sobre as legislações e normas vigentes de EAS que tratam da qualidade do ar.

#### 2.1.1 Evolução da arquitetura de EAS

De acordo com Carvalho (2014), a história da arquitetura de edifícios destinado à saúde é constantemente confundida com a evolução do conceito de hospital. Apesar disso, o autor também aponta que a evolução da arquitetura de EAS está intimamente relacionada à história dos hospitais, pois é nessa edificação que se possui seu principal modelo.

Sendo assim, o conceito de hospital surgiu no Ocidente durante a Idade Média como um local de internação de doentes (BADALOTTI; BARBISAN, 2015). A palavra hospital vem do latim *hospitalis*, adjetivo derivado de *hospes* que tem como significado hóspede, estrangeiro, viajante e conviva. Naquela época, os hospitais eram instituições filantrópicas e de auxílio aos pobres que funcionavam como depósitos de enfermos que estavam prestes a morrer (GÓES, 2004). Pela falta de conhecimento sobre infecção e sua transmissão, era comum existir leitos coletivos, muitas vezes escuros, com pouca ventilação e com aquecimento feito por

aquecedores a carvão e lareiras, o que piorava ainda mais a qualidade do ar e tornava-se um foco de contágio (NASCIMENTO, 2010).

Com o passar dos anos, graças aos avanços da medicina e a evolução da sociedade, a edificação hospitalar foi se transformando e deixou de ser um local associado à morte. O grande marco para a determinação dos novos rumos da construção hospitalar foi o incêndio do Hôtel-Dieu de Paris, em 1772. Para a reconstrução do hospital, foram realizados estudos e pesquisas, em destaque aos do médico Tenon, que atentaram a relação entre as altas taxas de mortalidade com a precariedade das instalações e dos procedimentos médicos. A partir disso, Tenon determinou os princípios para a organização interna do hospital, como forma de impedir a transmissão de doenças, interditando o uso de leitos coletivos e separando os enfermos de acordo com a sua patologia (TOLEDO, 2006). Assim surge um novo modelo hospitalar, baseado nas descobertas de Louis Pasteur sobre a transmissão de germes em 1860, que demonstrou a necessidade de separação dos pacientes enfermos altamente contagiosos. Desse modo, o hospital era construído em pavilhões, com no máximo 3 pavimentos, facilitando o desenvolvimento da edificação (BADALOTTI; BARBISAN, 2015).

Badalotti e Barbisan (2015) apontam que os elementos de relevância tecnológica nessa época foram o desenvolvimento da anestesia, as práticas de assepsia e a propagação da profissão de enfermagem, na qual destaca-se Florence Nightingale. Devido a sua experiência de trabalho na Guerra da Criméia, ela acreditava que os principais problemas dos hospitais eram em virtude da falta de ventilação e distribuição de pacientes e da superlotação dos ambientes. Com base nas suas ideias revolucionárias sobre as técnicas de enfermagem, desenvolveu um novo padrão, conhecido como “enfermagem Nightingale”, ilustrado na Figura 2.

(...) um salão longo e estreito com leitos dispostos perpendicularmente em relação às paredes perimetrais, um pé direito generoso e janelas altas entre os leitos de ambos os lados do salão garantiam ventilação cruzada e iluminação natural. (MIQUELIN, 1992, p.46 apud TOLEDO, 2006, p.23).

**Figura 2 – Enfermaria Nightingale**

Fonte: Toledo (2006).

As concepções definidas por Florence serviram como protótipo a diversos hospitais e permanecem sendo utilizados até os dias de hoje. Porém, no século XX, o hospital pavilhonar passou a ser substituído pelo monobloco vertical, principalmente nas grandes cidades (BADALOTTI; BARBISAN, 2015). A verticalização do edifício foi possível graças ao surgimento do concreto armado e dos elevadores, que levou a uma nova transformação na estrutura hospitalar. O novo partido arquitetônico permitiu a racionalização da infraestrutura, economia na construção e redução de distâncias percorridas pelos funcionários e pacientes (TOLEDO, 2006).

A construção hospitalar evoluiu ao longo dos séculos, associando suas funções ao conceito arquitetônico próprio de cada época. No século XXI se tornou um ambiente com foco na recuperação da saúde das pessoas. Sendo assim, os hospitais passaram a ser mais humanizados, buscando, aliada a tecnologia, melhorar as condições gerais de saúde e transformar as instalações conforme a perspectiva dos pacientes (BADALOTTI; BARBISAN, 2015). Atualmente, a elaboração do projeto arquitetônico de estabelecimentos assistenciais de saúde é um processo complexo que deve atender uma diversidade de critérios técnicos e de compatibilidades físico-funcionais, buscando, principalmente, a satisfação do usuário por meio do conforto ambiental (BRASIL, 2014).

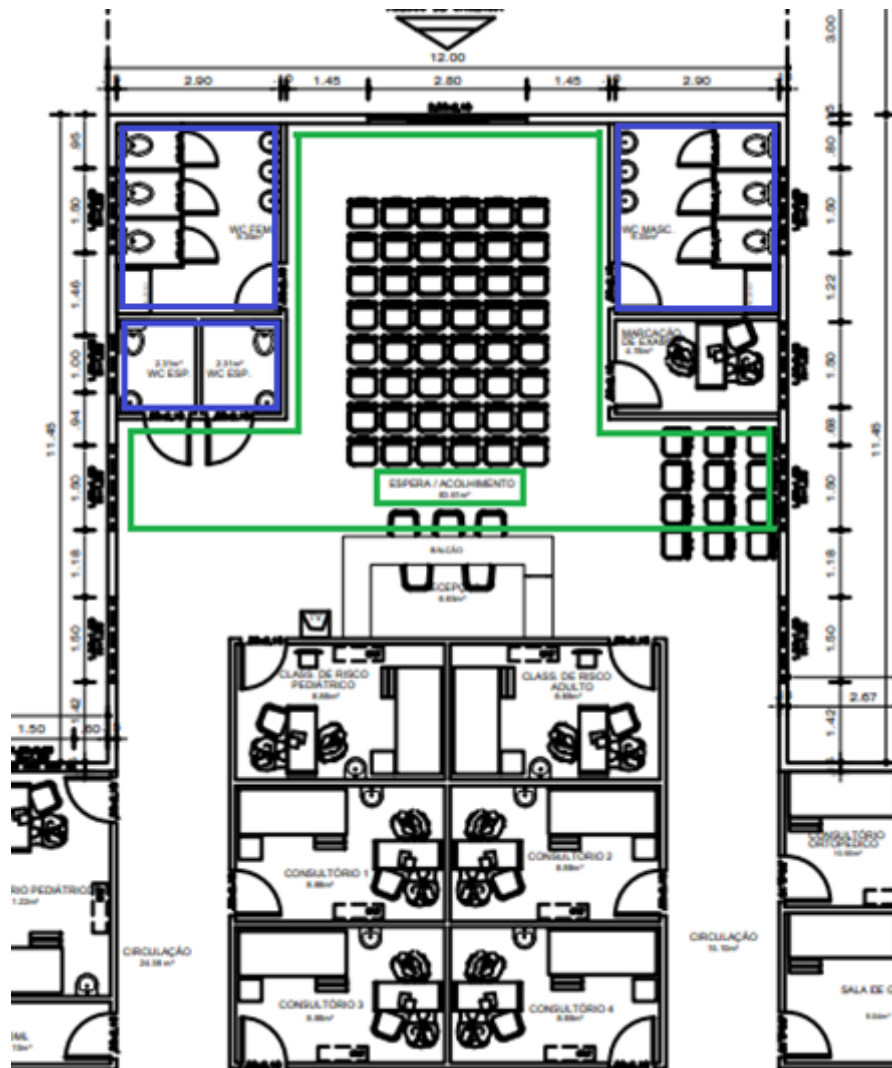
### 2.1.2 Legislações e Normatizações brasileiras de EAS

Percebe-se que ao longo dos anos os EAS sofreram transformações de acordo com o contexto social e o avanço tecnológico. Logo, foi necessário a criação de normas, portarias e resoluções para estabelecer critérios de projeto e construção desses locais e, assim, garantir uma qualidade mínima dos ambientes de saúde.

Entre as normas que regem os EAS, é importante destacar a RDC nº 50 (ANVISA, 2002), que dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos em ambientes hospitalares. Ela determina as diretrizes arquitetônicas para a elaboração e construção dos espaços de saúde (AGUIAR, 2017).

A norma em questão, não faz distinção entre as salas de espera de estabelecimentos de saúde, considerando-as apenas como um ambiente de apoio às Unidades Funcionais. No entanto, determina a presença obrigatória de salas de espera nas unidades funcionais de atendimento ambulatorial (consultórios), atendimento imediato (urgência e emergência), internação (UTI) e apoio ao diagnóstico e terapia (salas de radiologia, centro cirúrgico e obstétrico, reabilitação), assim como a presença de sanitários nas devidas salas de espera. Como exemplo, tem-se a Figura 3, que mostra um recorte da planta baixa de uma unidade de pronto atendimento (UPA), em verde está destacado a sala de espera e em azul os sanitários presentes na sala.

Figura 3 – Recorte da planta baixa de uma UPA



Fonte: Imagem adaptada de Salvador (2012).

A RDC nº 50 (ANVISA, 2002) também classifica os ambientes dos EAS quanto ao risco de transmissão, como apresentado no Quadro 1, e aponta que em determinados locais, principalmente em áreas críticas, é necessário a utilização de um sistema de climatização para garantir o controle da qualidade do ar e o conforto higrotérmico. Visto que, segundo Aguiar (2017), estes ambientes devem oferecer condições controladas de temperatura, umidade e renovação do ar.

**Quadro 1 – Conceito de áreas críticas, semicríticas e não críticas conforme RDC nº 50**

<b>Área</b>	<b>Conceito</b>
Áreas críticas	Ambientes com alto risco de transmissão de infecção, onde se realizam procedimentos de risco ou se encontram pacientes imunodeprimidos.
Áreas semicríticas	Compartimentos ocupados por pacientes com doenças infecciosas de baixo risco de transmissão e não infecciosas.
Áreas não-críticas	Demais compartimentos dos EAS não ocupados por pacientes.

Fonte: Adaptado de RDC Nº 50 (ANVISA, 2002).

Antes da pandemia do COVID-19, as salas de espera de EAS eram consideradas áreas não críticas, tanto que na versão da NBR 7256 do ano de 2005, estes espaços não apareciam na listagem de ambientes com especificação dos parâmetros de projeto para tratamento do ar em EAS. A nova versão da NBR 7256 (ABNT, 2021), posterior ao COVID-19, já apresenta condições de controle do ar de sala de espera de EAS. Visto que é neste ambiente que o paciente tem o primeiro contato com o hospital, portanto, precisa de cuidados especiais. Pois um paciente à espera de atendimento, existe o desconhecimento da sua condição clínica e, dependendo do seu estado e da não utilização de equipamentos de controle adequados (SANTANA, 2013), pode vir a comprometer a saúde dos outros ocupantes presentes na sala. Além disso, a sala de espera precisar ser um ambiente termicamente agradável para os ocupantes.

A NBR 7256 (ABNT, 2021), que estabelece os requisitos mínimos para projeto e execução de instalações de tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde, apresenta os parâmetros de projeto para três tipos de salas de espera: sala de espera de emergência e urgência, sala de espera de radiologia e sala de espera de ambiente odontológico. No Quadro 2 são apresentados estes parâmetros de projeto indicados pela norma para cada tipo de sala de espera, de forma a garantir uma melhor qualidade do ar no local.

Quadro 2 – Parâmetros de projeto para as salas de espera conforme NBR 7256

<b>Ambiente</b>	<b>Sala de espera de emergência e urgência</b>	<b>Sala de espera de radiologia</b>	<b>Sala de espera de ambientes odontológicos</b>
<b>Tipo de ambiente</b>	AO (ambiente operacional)	AO	AO
<b>Nível de risco</b>	2	2	1
<b>Situação a controlar</b>	AgB	AgB	AgB
<b>Nível de pressão</b>	Negativa	Negativa	Positiva
<b>Vazão mínima de ar exterior [Renovações por hora]</b>	12	2	2
<b>Vazão mínima de ar insuflado [Número de movimentações por hora]</b>	12	12	6
<b>Exaustão total do ar ambiente</b>	Sim	Não*	Não
<b>Classe de filtragem do ar insuflado</b>	G4 + F8	G4 + F8	G4
<b>T [°C]</b>	20-24	20-24	20-24
<b>UR [%]</b>	Máx. 60	Máx. 60	Máx. 60
*Utilizar exaustão total em salas de espera e salas de raio X de pacientes contaminados ou com risco de transmitir infecções por aerossóis.			

Fonte: Adaptado de NBR 7256 (ABNT, 2021).

Em contrapartida, a RE nº 09 (ANVISA, 2003) estabelece padrões de referência para a qualidade do ar interior de ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. Ela indica quais os valores mínimos para os parâmetros biológicos, químicos e físicos, no qual encontra-se neste último grupo os valores de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar, além de abordar como cada parâmetro pode ser avaliado, especificando as metodologias

de coleta e análise para os parâmetros supracitados. Porém, a norma em questão não específica e aborda os valores para as salas de espera de ambientes de saúde.

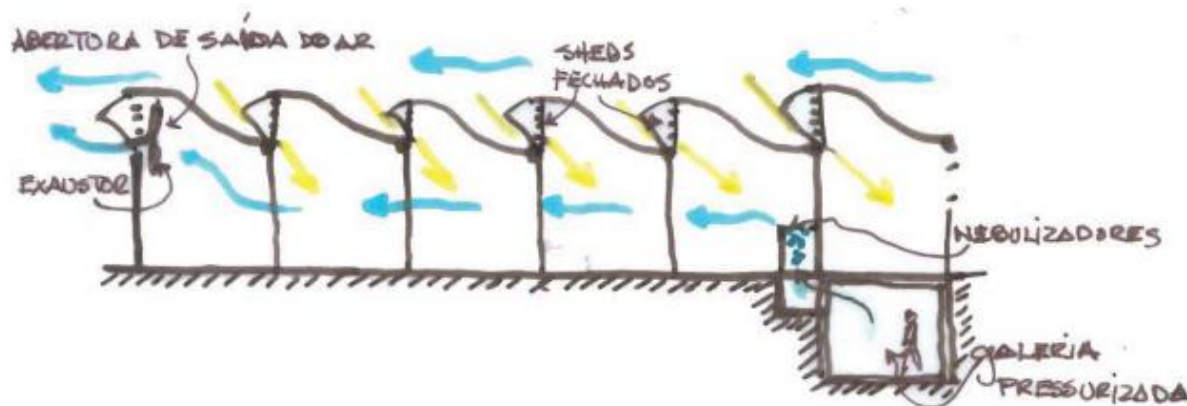
Mesmo a pandemia evidenciando a importância de se manter uma qualidade do ar adequada nos ambientes de saúde, as normas e legislações brasileiras de EAS não abordam e nem estabelecem parâmetros de projeto para todos os tipos de ambientes de saúde. Embora a NBR 7256 (ABNT, 2021) reconheça as salas de espera como ambientes críticos, ela indica os parâmetros apenas para três tipos de sala de espera, deixando em aberto casos que não se enquadrem nestas tipologias.

Além disso, nenhuma norma cita a importância da ventilação natural como forma de garantir o conforto térmico e a qualidade do ar. Esta condição acaba desencorajando os projetistas a procurarem por tipologias arquitetônicas que aproveitem da ventilação natural para fins de conforto térmico (QUADROS, B. M. De, 2016). Ainda assim, a NBR 7256 (ABNT, 2021) tem bastante detalhes e continua sendo o principal material de referência nacional para projetos e instalações de ar-condicionado em ambientes de saúde.

## **2.2 Parâmetros arquitetônicos relacionados à ventilação**

No Brasil, a preocupação com o ambiente de saúde no processo de cura é perceptível nas obras do arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé). Os hospitais da rede Sarah Kubitschek são um dos grandes destaques de sua produção arquitetônica, considerados exemplos de arquitetura bioclimática, por conta das soluções de conforto empregadas. Ele utiliza a iluminação e a ventilação natural como estratégias de conforto ambiental e elementos de humanização do espaço através de coberturas com sheds, pés-direitos altos, galerias de ventilação com nebulizadores e jardins internos, conforme mostrado na Figura 4 (QUADROS, B. M. De, 2016).

Figura 4 – Corte esquemático da Farmácia do Hospital Sarah Salvador



Fonte: Montero (2006).

A ventilação corresponde ao processo de introdução de ar externo e distribuição do ar dentro do ambiente (WHO, 2009). Porém, para Carmo e Prado (1999) a ventilação vai além desse conceito, sendo uma junção de processos que resultam não só no fornecimento de ar externo, mas também na retirada do ar viciado do interior do edifício. Estes processos incluem a entrada de ar externo, condicionamento e mistura do ar por todas as partes da edificação e a exaustão de alguma parcela do ar interno.

De acordo com Pereira (2020) o papel de um sistema de ventilação é promover o conforto térmico e a saúde dos ocupantes do edifício, além de garantir a qualidade do ar interno, através da remoção da carga térmica e da contaminação interna. “No caso dos hospitais, a ventilação é importante para a renovação de ar e higienização do/s ambientes interiores, uma vez que, ambientes hermeticamente fechados favorecem a proliferação de bactérias e outras doenças contagiosas.” (GOBBI; SANTOS; ROLA, 2019, p. 1157). Ou seja, para controlar o ambiente interno em uma unidade de saúde, a ventilação é, possivelmente, a principal ferramenta disponível, visto que ao adicionar ar não contaminado em um local, tem-se a redução ou até mesmo a remoção desses contaminantes presentes. Em contraproposta, um sistema de ventilação projetado inadequadamente pode servir como um perigo potencial, dado que a presença de tal sistema transmite falsa sensação de segurança aos usuários (PEREIRA; TRIBESS; MORAWSKA, 2020 apud Talty, 1989).

Visto que a ventilação dentro de um ambiente ajuda na renovação do ar e na eliminação ou redução dos poluentes do ambiente interior, ela torna-se um fator de relevância para garantir o conforto térmico e a qualidade do ar interior. Sendo assim, existem diversos parâmetros arquitetônicos que influenciam na ventilação das salas de espera de EAS e, conseqüentemente, na qualidade do ar destes ambientes, como, por exemplo, o tipo de ventilação, as aberturas e a dimensão do ambiente.

Existem três tipos de ventilação: natural, mecânica e híbrida (combinação dos dois últimos tipos) (WHO, 2009). A ventilação natural consiste no deslocamento de ar exterior para o interior por meio de aberturas, como janelas e portas. Esse fluxo de ar ocorre por conta da diferença de pressões (devido a variação de temperatura entre o meio interno e externo) ou pela ação do vento. Ela é um recurso natural muito benéfico se for aproveitado da melhor maneira, sendo um importante fator no resfriamento e aquecimento, além de remover poluentes dos ambientes. Ademais, é uma técnica passiva que pode ser controlada pelos usuários conforme suas necessidades através da abertura e fechamento de janelas e portas (CESTAVO, 2021).

Contudo, é difícil alcançar o conforto térmico apenas com técnicas passivas, tornando-se indispensável o uso de climatizadores artificiais (CESTAVO, 2021). Sendo assim, a ventilação mecânica envolve o fornecimento e retirada do ar do edifício por meio de dispositivos mecânicos, como ventiladores e exaustores (PEREIRA, 2020). Esse tipo de ventilação varia com o clima, por exemplo, em climas quentes e úmidos, é geralmente utilizado uma ventilação mecânica com pressão positiva, já em climas frios, pressão negativa. Quando a ventilação natural sozinha não é eficiente, utiliza-se a ventilação híbrida que é o conjunto das duas ventilações simultaneamente (CESTAVO, 2021; WHO, 2009).

Conforme apresentado pelo guia *Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings* (WHO, 2009) cada sistema de ventilação apresenta suas vantagens e desvantagens, indicado no Quadro 3.

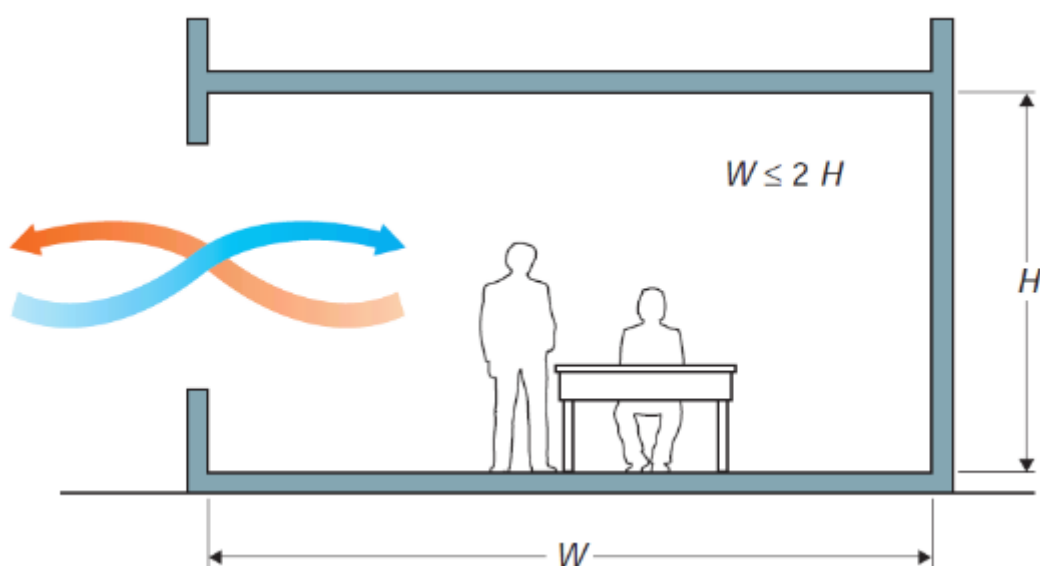
**Quadro 3 – Resumo das vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de sistemas de ventilação para hospitais**

	<b>Ventilação Natural</b>	<b>Ventilação Mecânica</b>	<b>Ventilação Híbrida (mix-mode)</b>
<b>Vantagens</b>	<p>Adequada para climas quentes e temperados;</p> <p>Custos de capital, operacionais e de manutenção mais baixos;</p> <p>Capaz de alcançar alta taxa de ventilação;</p> <p>Maior intervalo de controle pelos ocupantes.</p>	<p>Adequada para todos os tipos de clima;</p> <p>Maior controle e conforto no ambiente;</p> <p>Menor intervalo de controle do ambiente pelos ocupantes.</p>	<p>Adequada para a maioria dos climas;</p> <p>Menor consumo de energia;</p> <p>Mais flexível.</p>
<b>Desvantagens</b>	<p>Facilmente afetado pelo clima externo e/ou comportamento do ocupante;</p> <p>Mais difícil de prever, analisar e projetar;</p> <p>Reduz o nível de conforto dos ocupantes em climas quentes, úmidos ou frios;</p> <p>Incapacidade de estabelecer pressão negativa em áreas de isolamento, mas pode ser fornecida se o projeto for adequado;</p> <p>Potencial para intrusão de ruído.</p>	<p>Alto custo de instalação e manutenção;</p> <p>Potencial para intrusão de ruído.</p>	<p>Pode ter alto custo;</p> <p>Pode ser mais difícil de projetar.</p>

Fonte: Adaptado de WHO (2009).

Como não é obrigatório o uso de sistemas de condicionamento artificial em salas de espera de estabelecimentos de saúde, existem estratégias de posicionamento de aberturas e layouts dos espaços que faz com que a ventilação natural traga maiores benefícios (CESTAVO, 2021). Caso exista alguma restrição estrutural ou ambiental que impeça a execução de mais de uma abertura nas salas de espera, utiliza-se a ventilação unilateral. Segundo Irving, Ford e Etheridge (2005) para se obter uma ventilação unilateral efetiva, a profundidade da sala ( $W$ ) deve ser menor ou igual ao dobro da altura ( $H$ ), conforme ilustrado na Figura 5.

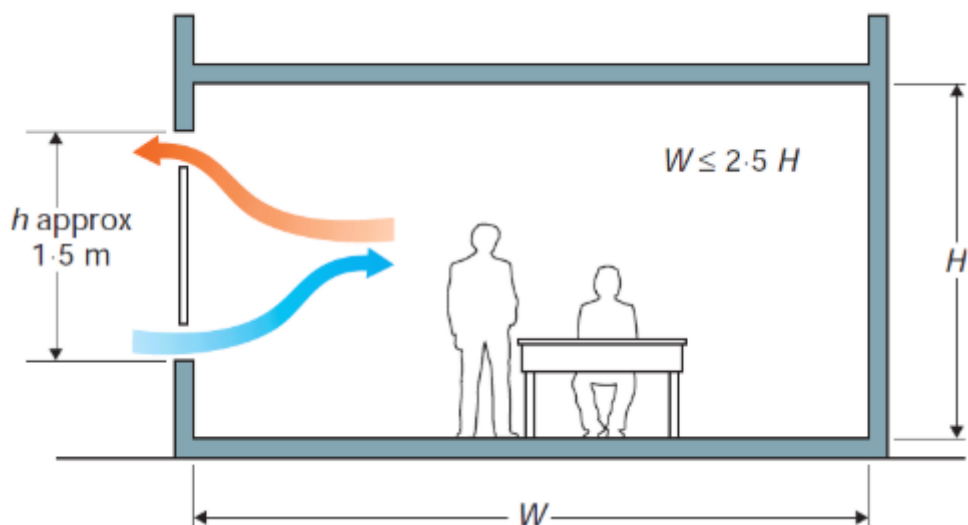
**Figura 5 – Ventilação unilateral com abertura única**



Fonte: Irving, Ford e Etheridge (2005).

Caso haja mais de uma abertura na mesma parede, a relação entre profundidade e altura é de no máximo 2,5 vezes, como ilustrado na Figura 6. Essa diferença ocorre devido ao fato da abertura dupla aumentar a profundidade de penetração do ar fresco no espaço (IRVING; FORD; ETHERIDGE, 2005). Sendo assim, o ar quente do ambiente interno sobe e sai pela parte superior da abertura, à medida que o ar frio, proveniente do ambiente externo, entra pela parte inferior da abertura (QUADROS, B. M. De, 2016).

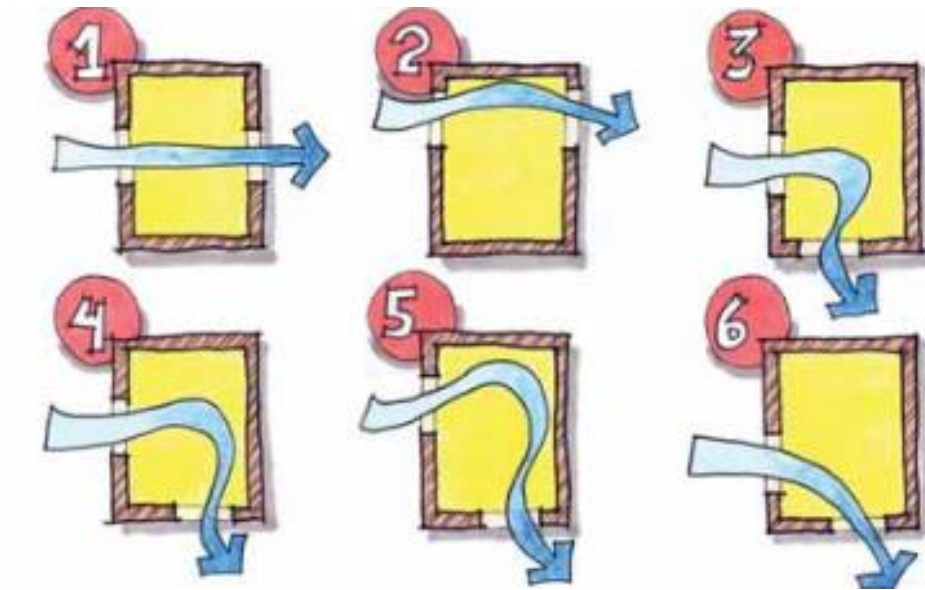
Figura 6 – Ventilação unilateral com abertura dupla



Fonte: Irving, Ford e Etheridge (2005).

No entanto, quando se utiliza duas aberturas em paredes distintas, essa ventilação passa a ser chamada de ventilação cruzada. Ela ocorre devido à diferença de pressão gerada pelos ventos incidentes no edifício e permite maximizar a velocidade do ar, além de aumentar a área de abrangência da ventilação no ambiente (QUADROS, B. M. De, 2016). Um estudo feito por Evans e Schiller, em 1988, mostrou como a ventilação se comporta em relação ao posicionamento de aberturas em diferentes paredes. Na Figura 7 está ilustrado diversas possibilidades de posicionamento de aberturas. Os esquemas 1 e 2 permitiram maiores velocidades do vento pelo ambiente, no entanto, o esquema 2 provoca certa curvatura no curso da ventilação. Já os esquemas 3 e 4 apresentam aberturas em paredes adjacentes que provocam uma ventilação mais efetiva. O esquema 6 ilustra janelas próximas o que pode ocasionar um curto-circuito na ventilação. Entretanto, ao afastar as janelas, como mostra o esquema 5, tem-se melhor distribuição do ar no local (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012).

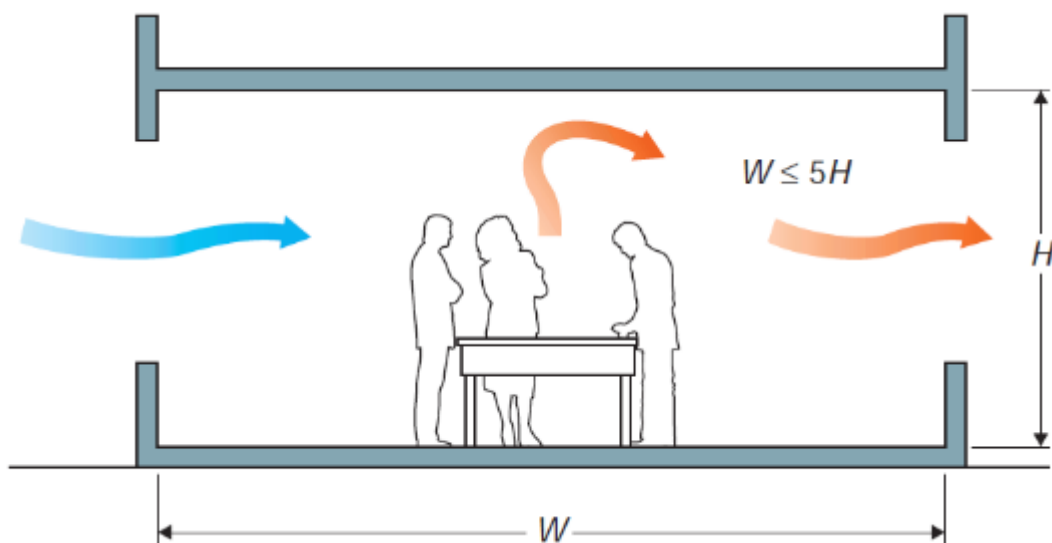
Figura 7 – Padrão da ventilação determinado pelo posicionamento das esquadrias



Fonte: Adaptado Evans e Schiller (1988) apud Lamberts, Dutra e Pereira (2012).

Para esse tipo de ventilação também existe uma relação de altura x profundidade que faz com que o ambiente seja melhor ventilado. Irving, Ford e Etheridge (2005) apontam que a profundidade deve ser menor ou igual a cinco vezes a altura, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 – Ventilação cruzada



Fonte: Irving, Ford e Etheridge (2005).

Entretanto, nem sempre existe a possibilidade de se aproveitar o uso da ventilação natural, sendo necessário, assim, o auxílio de ventilação mecânica forçada (CESTAVO, 2021). Portanto, a escolha de qual tipo de ventilação usar e o layout das aberturas para controle de infecção deve ser embasada nas necessidades, na disponibilidade dos recursos e no custo do sistema para fornecer o melhor controle e diminuir os riscos (PEREIRA, 2020).

Já em relação ao dimensionamento das salas de espera de EAS, esse parâmetro interfere diretamente na renovação do ar no ambiente, dado que o processo consiste na troca de todo o ar do local por um ar limpo. Ou seja, quanto menor for a sala de espera, menor será o valor necessário de volume de ar limpo para que ocorra essa troca. Porém, existem dimensões (largura, comprimento e altura) mínimas para esses ambientes que variam conforme o tipo de estabelecimento de saúde e devem considerar a quantidade de usuários que necessitam de atendimento naquele local, além de estar de acordo com as normas e o código de obras da região. Em unidades básicas de saúde (UBS), por exemplo, as salas de espera devem ter uma área de no mínimo 15 m<sup>2</sup> (BRASIL, 2009).

Todas essas questões são de extrema importância para promover a qualidade do ar no interior dos ambientes de saúde. Portanto, devem ser pensadas desde a fase projetual, garantindo o bem-estar do usuário durante a fase de ocupação do edifício (CESTAVO, 2021).

### **2.3 Parâmetros físicos voltados à Qualidade do Ar Interior**

Neste item será apresentado o conceito de qualidade do ar interior e a sua influência na saúde das pessoas e nos estabelecimentos de saúde. Também abordará sobre os principais parâmetros físicos que afetam a qualidade do ar e como podem ser avaliados.

### 2.3.1 Qualidade do ar interior e Saúde

Quadros (2008) afirma que a qualidade de vida das pessoas é fortemente impactada pela qualidade do ar que respiram. O autor ainda aponta que “A qualidade do ar em ambientes internos está relacionada aos componentes e às características do ar que podem afetar a saúde e o conforto dos ocupantes de uma edificação”.

O termo Qualidade do Ar Interior (QAI) também é utilizado com base no seu referencial equivalente em inglês, *Indoor Air Quality* (IAQ), que incorpora diferentes fatores para a composição do sistema de ventilação e de ar condicionado que determinará a eficácia da ventilação, o funcionamento e a manutenção do sistema e das características constantes de contaminação internas. (BRASIL, 2014, p. 13).

Os fatores físicos (temperatura, umidade, taxa de circulação e renovação do ar) podem contribuir para o desenvolvimento de micro-organismos no ambiente interno, além de influenciar na forma de distribuição e diluição dos contaminantes no ar. Apesar de existirem diversos tipos de contaminantes do ar, é possível diferenciá-los quanto à sua natureza, sendo segmentados em químicos, físicos ou biológicos ou, ainda, como sendo de origem biológica e não-biológica (QUADROS, M. E., 2008). Na Figura 9 são apresentados os principais poluentes do ar e suas fontes.

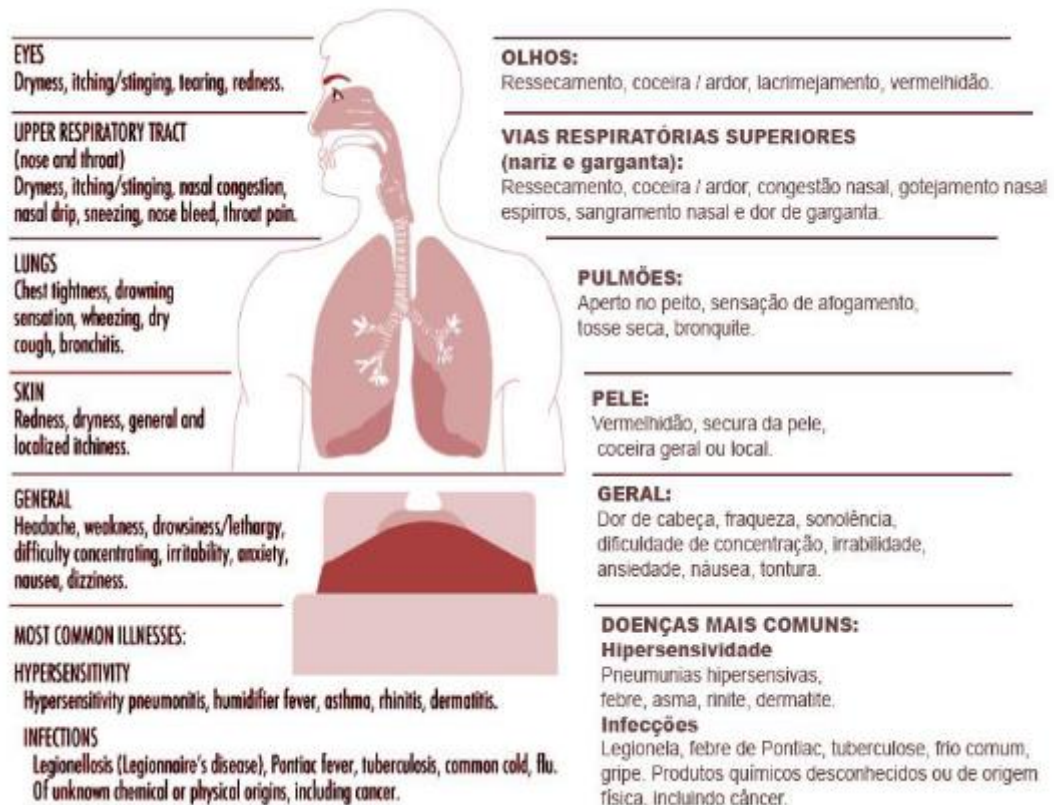
**Figura 9 – Principais poluentes do ar interno e suas fontes**

	<i>Poluente</i>	<i>Principais fontes</i>
Poluentes de origem não biológica	Compostos orgânicos voláteis (COV)	Adesivos, tintas, solventes, materiais de construção, combustão, fumaça de tabaco.
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Atividade metabólica, combustão, motores veiculares em garagens.
	Monóxido de carbono (CO)	Queima de combustíveis, aquecedores de água, fornos, fogões, aquecedores a gás ou a querosene, fumaça de tabaco.
	Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Óxido de Nitrogênio (NO)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Formaldeído (H <sub>2</sub> CO)	Materiais de isolamento, móveis, madeira compensada.
	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)	Queima de combustíveis, fumaça de cigarro.
	Ozônio (O <sub>3</sub> )	Reações fotoquímicas, campos eletrostáticos (equipamentos eletrônicos).
	Radônio (Rn)	Solo, materiais de construção (pedras, concreto).
	Material Particulado	Re-suspensão, fumaça de tabaco, combustão.
	Fibra de asbesto ou amianto	Insulação, materiais anti-chama.
	Calor	Metabolismo humano, sistema de ar condicionado, cozinhas.
Origem biológica	Alergênicos	Poeira, animais domésticos, insetos.
	Pólen	Plantas de exterior e de interior.
	Microorganismos (fungos, bactérias, vírus)	Pessoas, animais, plantas e vasos, sistemas de ar condicionado.
	Esporos de Fungos	Solo, plantas, alimentos, superfícies internas.

Fonte: Adaptado de Jones (1999) apud Quadros (2008).

De acordo com Quadros (2008) surgiram síndromes complexas relacionadas a qualidade do ar interno, como a Síndrome do Edifício Doente (SED) e a Doença Relacionada ao Edifício (DRE). O termo SED começou a ser usado na década de 70 devido às reclamações dos usuários quanto a QAI nos edifícios climatizados. Na Europa e nos Estados Unidos, por exemplo, as patologias ocasionadas pela inadequada QAI estão entre as principais causas de pedido de afastamento do trabalho. Na Figura 10 estão listados os principais sintomas e as doenças relacionadas à má qualidade do ar.

Figura 10 – Sintomas da má qualidade do ar



Fonte: ILOCIS (2016) apud Aguiar (2017).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) descreve a SED como uma condição médica em que os ocupantes de um edifício apresentam quadros clínicos sem haver uma patologia específica. Já segundo Cestavo (2021) a SED é contemplada como um conjunto de doenças oriundas da disseminação de mofo e bactérias em edificações enclausuradas ou com problemas em seus sistemas de climatização. Os sintomas relacionados a essa síndrome impactam na produtividade e no desempenho de tarefas, tanto no ambiente de trabalho como nas residências (SALES, 2016).

Por conta desse impacto que a qualidade do ar interior ocasiona na saúde da população, a Agência Portuguesa do Ambiente (2009), responsável por promover e implementar uma política de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente em Portugal, desenvolveu um Guia técnico que aborda sobre a qualidade do ar em espaços interiores, sua influência na saúde humana, seus parâmetros, além de indicar como podem ser aferidos. Entre os parâmetros abordados para garantir uma boa

qualidade do ar interior, existem alguns indicadores que se destacam: temperatura, umidade relativa, renovação do ar e diferencial de pressão.

### 2.3.2 Qualidade do ar interior em ambientes hospitalares

Segundo a OMS (2009) a qualidade do ar interior (QAI) é considerada um fator de risco e um indicador de saúde pública.

Em hospitais, as péssimas condições da qualidade do ar interno, criam situações que podem comprometer a recuperação dos pacientes, além de afetar a saúde e a produtividade dos funcionários. Assim, estes estabelecimentos necessitam de sistemas de climatização bem projetados que forneçam taxas de ventilação adequadas para garantir o conforto e o bem-estar de seus ocupantes. (MOTA *et al.*, 2014, p. 45).

Quadros (2008) aponta que a QAI pode influenciar diretamente no tempo de recuperação dos pacientes e na frequência de ocorrência de infecções hospitalares. Os pacientes geralmente são a fonte primária de agentes infecciosos, e a sua presença num determinado ambiente, como uma sala de espera, onde ainda não foram diagnosticados, é um perigo potencial aos outros pacientes, visitantes e funcionários. Sendo assim, torna-se de grande importância uma boa QAI nos edifícios de saúde, visto que o risco a exposição a agentes infecciosos é fato em ambientes hospitalares e pode impactar a vida de seus ocupantes.

Com o objetivo de se ter um ambiente hospitalar mais seguro e saudável, no ano de 2021 foi publicada a nova versão da NBR 7256 (ABNT, 2021) que trata dos requisitos para projeto e execução das instalações, referentes ao tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). Nesta nova versão, faz-se a distinção entre três tipos de salas de espera: sala de espera de emergência e urgência; sala de espera de radiologia; e sala de espera de ambientes odontológicos.

Imaginando uma sala de espera de radiologia, onde um paciente com problemas pulmonares ainda não diagnosticado, espera por um Raio-X. É neste tipo de ambiente, segundo Pereira (2020), que os microrganismos podem ser transmitidos a partir de humanos infectados, na qual os aerossóis produzidos que causam infecções respiratória estão presentes em secreções nasais ou garganta de indivíduos infectados. As gotículas ou partículas que contém os microrganismos vivos podem permanecer suspensas no ar durante muito tempo (horas ou dias), percorrendo longas

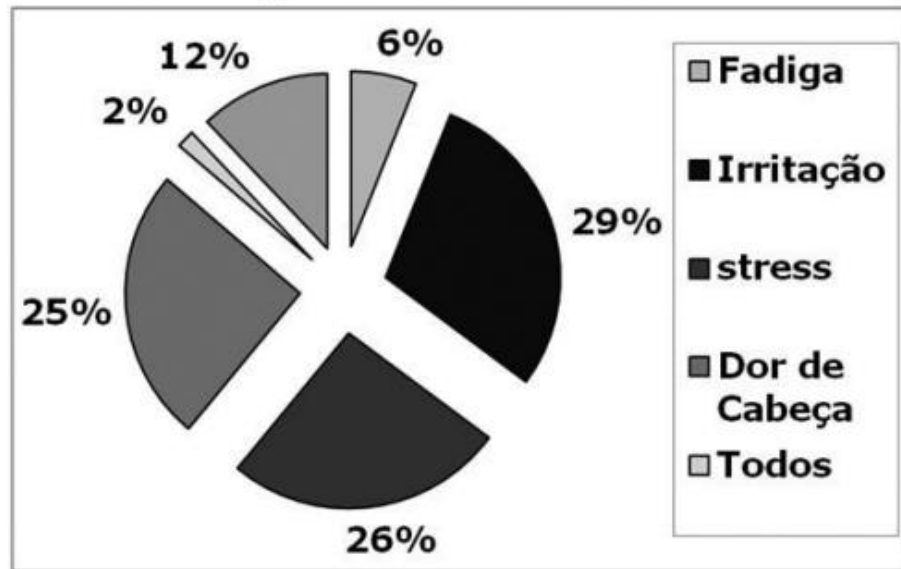
distâncias. O controle desses agentes é complexo, no entanto, absolutamente essencial, para a garantia da saúde e bem-estar dos demais ocupantes.

Diferentemente de outros projetos, que por serem feitos usando normas vigentes à época da sua aprovação, os recintos dos ambientes hospitalares, visto que preconizam os ideais de saúde, precisam ser avaliados frente às normas atualizadas, e seus espaços precisam ser adequados às novas normas. Desta forma, os estabelecimentos assistenciais de saúde necessitam de uma maior atenção em relação a QAI, uma vez que possuem uma relação direta com a saúde humana. Como os pacientes estão em uma condição de vulnerabilidade, os poluentes químicos e biológicos, geralmente encontrados nessa tipologia arquitetônica, podem prejudicar ainda mais a saúde de seus ocupantes (SANCHO *et al.*, 2021). Um exemplo disso é que ambientes com alta temperatura e taxa de umidade relativa do ar colaboram para a proliferação de fungos (QUADROS, M. E., 2008) auxiliando na contaminação do enfermo.

### 2.3.3 Temperatura do ar

Segundo Lourenço (2019) ambientes com altas temperaturas acabam impactando no padrão respiratório do paciente. Ou seja, inspirar um ar mais quente do que o desejado gera padrões inflamatórios no corpo, deixando o paciente mais predisposto à ação de vírus e bactérias. Ademais, ocorrem também alterações na pressão arterial, podendo causar náuseas, vômitos e dores de cabeça. Uma entrevista realizada por Coelho, Sousa e Araújo (2010 apud ARAUJO, 2012) elencou as principais queixas devido a exposição a temperaturas elevadas, conforme mostra a Figura 11.

**Figura 11 – Principais sintomas que a população sente devido a temperatura elevada**



Fonte: Coelho, Sousa e Araújo (2010) apud Araújo (2012).

Logo, é de extrema importância conhecer o comportamento da temperatura do ar para um dado local, sendo possível por meio dos dados climáticos, obtidos nas Normais Climatológicas ou em Anos Climáticos (TRY ou TMY). O acompanhamento dos dados climáticos pode oferecer valores mais confiáveis de temperatura mínima, média e máxima para cada período do ano e, assim, disponibilizar ao projetista dados importantes para a detecção dos períodos de desconforto. Portanto, o projetista pode aproveitar das vantagens das propriedades de inércia térmica da terra para amenizar as temperaturas no interior do edifício. No entanto, para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico depende do vento e da umidade do lugar (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012).

Como já citado anteriormente, a NBR 7256 (ABNT, 2021) aponta que, para garantir o conforto térmico, as salas de espera devem ter uma temperatura entre 20 a 24°C. Desta forma, existem equipamentos que permitem avaliar como a temperatura se comporta em um ambiente já construído. De acordo a Agência Portuguesa do Ambiente (2009) os equipamentos para medição de temperatura podem ser desde o simples termómetro até instrumentos eletrônicos mais sofisticados.

### 2.3.4 Umidade relativa do ar

Montero (2006) conceitua a umidade como a porcentagem de vapor de água presente no ar. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2012) a umidade relativa é inversamente proporcional a temperatura, ou seja, quando a temperatura diminui a umidade tende a aumentar e vice e versa, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Comportamento da umidade do ar em relação ao da sua temperatura



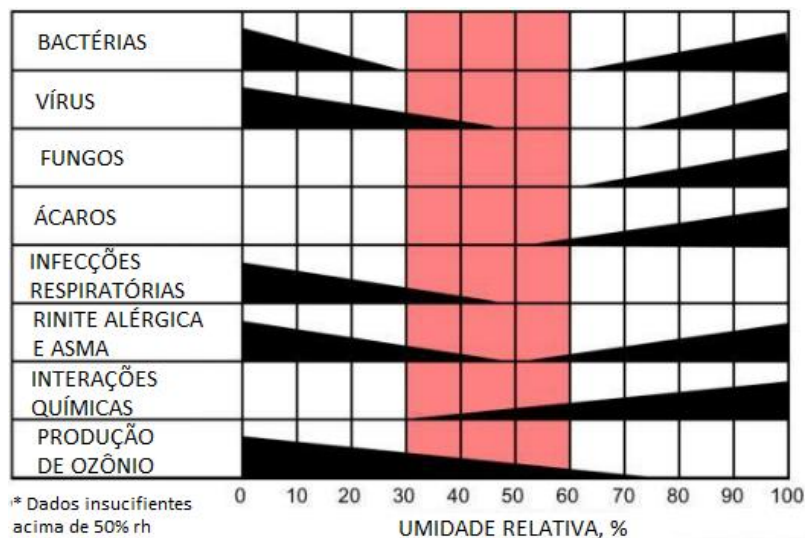
Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2012).

Além disso, a umidade do ar de um ambiente interfere diretamente na qualidade de vida dos ocupantes. Em países tropicais, como o Brasil, o excesso de umidade pode proporcionar uma sensação de desconforto térmico, visto que em altas umidades a saturação do ar impede a evaporação do suor, aumentando a sensação de calor (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012; MONTERO, 2006). Já em baixas umidades pode ocorrer o ressecamento das mucosas e até dificultar a respiração (MONTERO, 2006).

Estudos mais recentes realizados pelos comitês técnicos da ASHRAE apontam que quando a umidade relativa é mantida entre 40 e 60% há uma redução considerável dos casos de infecção hospitalar. A Figura 13 mostra o diagrama da

ASHRAE com microrganismos e contaminantes e as faixas que causam mais impactos negativos. Portanto, umidades abaixo de 30% e acima de 60% causam danos tanto para a saúde como para a estrutura do edifício (ADOLPH, 2020). Porém, a NBR 7256 (ABNT, 2021) apenas recomenda que a umidade relativa de salas de espera seja, no máximo, 60%, não indicando o valor mínimo.

**Figura 13 – Faixa de umidade ideal para ambientes fechados**



Fonte: Adaptado de ASHRAE (2016) apud Adolph (2020).

Sendo assim, avaliar a umidade relativa do ar em ambientes de saúde acaba sendo uma necessidade pública. Para isso, existem os psicrômetros, aparelhos capazes de medir o valor da umidade usando a diferença de temperatura. Apesar de ser um equipamento barato e simples de usar, os resultados obtidos por esse instrumento são incertos (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2009). Buscando informações mais eficientes, a RE nº 09 (2003) recomenda a utilização do termo-higrômetro, que consiste em um equipamento capaz de avaliar a temperatura e umidade simultaneamente, o que facilita na hora da medição.

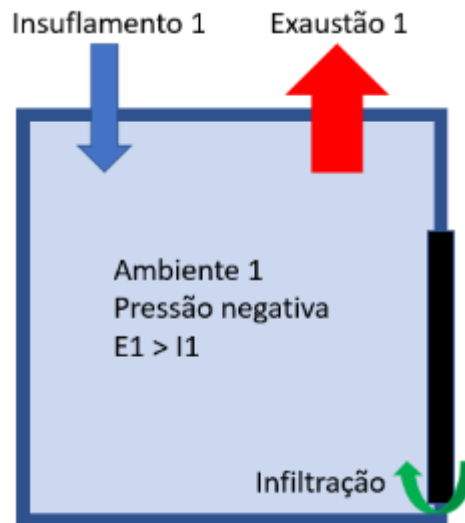
### 2.3.5 Diferencial de pressão

O diferencial de pressão é definido como sendo a diferença de pressão existente entre dois ambientes na qual irá influenciar no padrão de movimentação do

ar (PEREIRA, 2020). Ou seja, é através do diferencial de pressão entre espaços adjacentes que se consegue estabelecer o fluxo direcional de ar para dentro ou fora de ambientes.

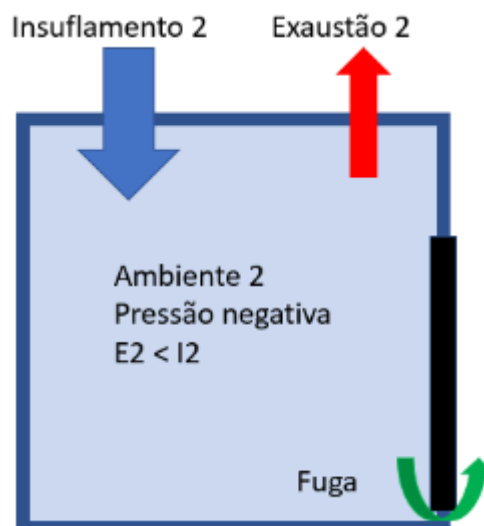
A pressão negativa ocorre quando o fluxo direcional de ar é para dentro do ambiente, ou seja, é utilizada para prevenir que contaminantes do ambiente dispersam-se para áreas adjacentes (SANTANA, 2013). Sendo este o caso recomendado pela NBR 7256 (ABNT, 2021) para salas de espera de urgência e emergência e de radiologia. A Agência Portuguesa do Ambiente (2009) indica que os banheiros e os sanitários também devem ser mantidos a pressões negativas, de modo que os poluentes gerados nestes ambientes não migrem para outros locais. No entanto, a pressão positiva faz com que o fluxo seja para fora do ambiente, sendo assim, é empregada quando existe uma preocupação em proteger o ambiente de controle contra a contaminação transportada pelo ar dos ambientes externos (SANTANA, 2013). Sendo este o caso indicado pela NBR 7256 (ABNT, 2021) para salas de espera de ambientes odontológicos.

Conforme ASHRAE (2003 apud SANTANA, 2013) a obtenção da pressão diferencial depende da impermeabilidade construtiva do ambiente e da configuração dos fluxos de insuflamento, retorno e exaustão. Na Figura 14 tem-se o esquema de um ambiente com um difusor de ar para insuflamento e outro para extração do ar. Esse sistema está balanceado para que o volume de ar de insuflamento seja menor que o de exaustão, gerando uma pressão negativa e fazendo com que ocorra uma infiltração de ar pela fresta da porta (ADOLPH, 2020).

**Figura 14 – Pressão negativa**

Fonte: Adolph (2020).

Já a Figura 15 apresenta o efeito reverso, no qual o volume de ar de exaustão é menor que o de insuflamento, causando uma pressão positiva e fazendo com que o excesso de ar saia pela fresta da porta.

**Figura 15 – Pressão positiva**

Fonte: Adolph (2020).

Durante a realização do projeto de um edifício deve-se especificar o tipo de ambiente, balanço de vazões, sentido do fluxo de ar e mecanismos de funcionamento. Além disso, é necessário que os ambientes sejam construídos de maneira adequada para garantir a operação segura e correta (ADOLPH, 2020).

Existem formas de se verificar o nível de pressão do ambiente. Um exemplo comum é traçar o movimento do ar com fumaça química, conhecido como teste da fumaça. Onde uma porção de fumaça é liberada no espaço que se movimenta, pelas aberturas, de áreas com maior pressão para áreas com menor pressão, indicando, assim, se o espaço está com pressão positiva ou negativa em relação ao exterior (ASHRAE, 2021). Outra forma mais prática de se avaliar é através do manômetro de pressão diferencial, equipamento que permite medir o diferencial de pressão entre ambientes, além de indicar o valor da pressão (PEREIRA, 2020).

#### 2.3.6 Taxa de renovação do ar

O processo de renovação de ar consiste no fornecimento de ar limpo (ar externo) que se mistura uniformemente com o ar ambiente, diluindo a concentração de contaminantes gerados internamente como gases e vapores. Já a taxa de renovação de ar corresponde ao número de vezes que o volume de ar do ambiente é totalmente renovado em um dado intervalo de tempo, ou seja, é a divisão da vazão total de ar insuflado ( $m^3/h$ ) pelo volume total da sala ( $m^3$ ) (PEREIRA, 2020), conforme mostra a Equação 1. O resultado é indicado em trocas de ar por hora.

$$T = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Onde:

T= taxa de renovação do ar [trocas de ar por hora];

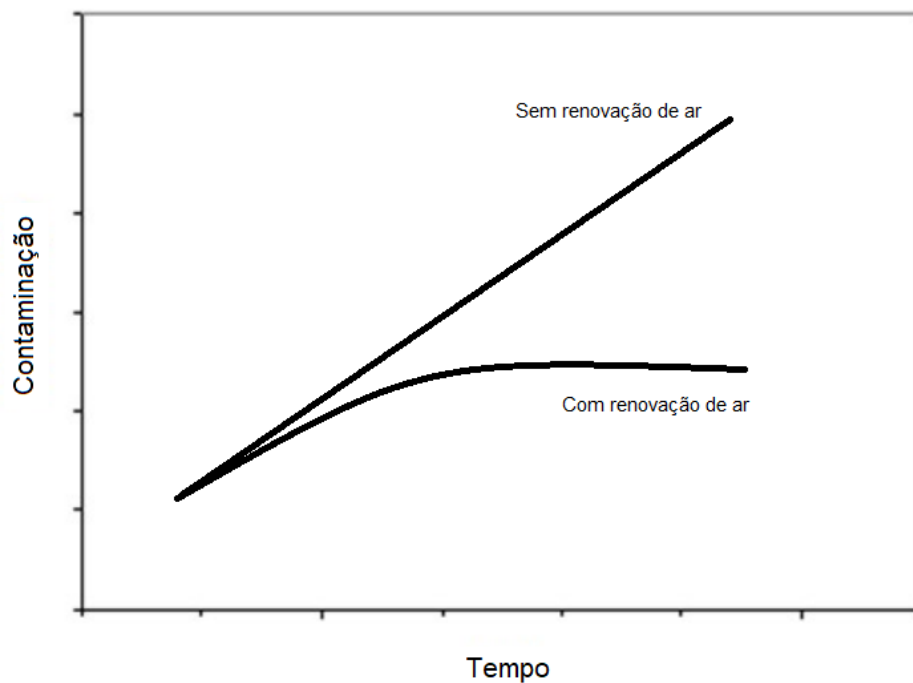
V= volume do ambiente interno [ $m^3$ ];

Q = fluxo de ar [ $m^3/h$ ].

A renovação do ar é o parâmetro mais eficiente para se conseguir o controle da pureza do ar do ambiente e garantir condições aceitáveis de qualidade do ar interno

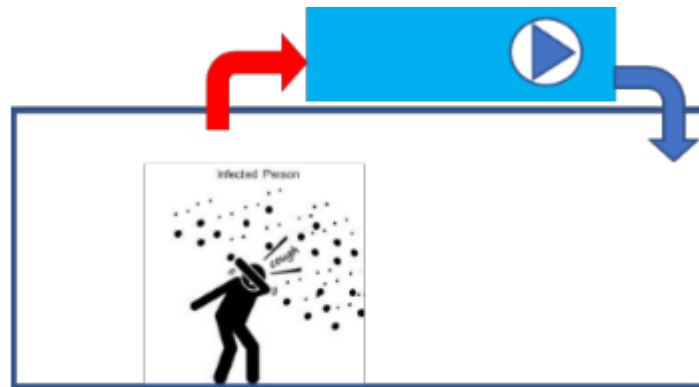
(PEREIRA, 2020; QUADROS, B. M. De, 2016). De acordo com a Figura 16, ambientes sem renovação de ar possuem um aumento contínuo na contaminação do ar ao longo do tempo, já no caso contrário, o ar contaminado permanece constante com o passar do tempo (PEREIRA, 2020).

**Figura 16 – Comportamento da contaminação em um ambiente ao longo do tempo**



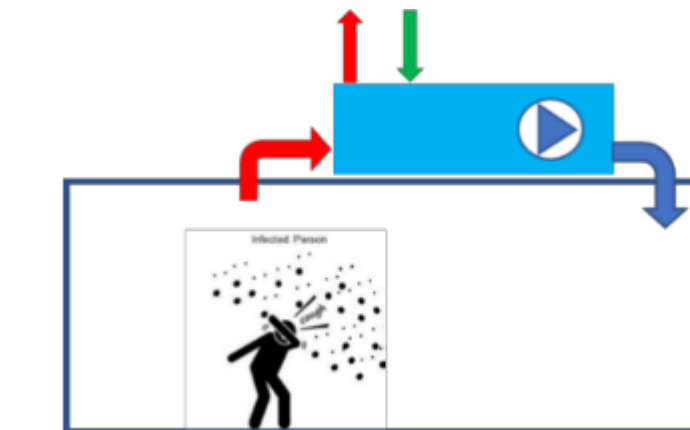
Fonte: Pereira (2020).

Ao respirar as pessoas consomem oxigênio e exalam gás carbônico, então, em um ambiente fechado sem renovação de ar, o ar recircula no equipamento de climatização e a concentração de contaminantes aumenta indefinidamente podendo chegar a níveis não toleráveis, conforme ilustrado na Figura 17. Essa situação acaba não sendo a mais adequada para ambientes críticos como hospitais (ADOLPH, 2020).

**Figura 17 – Sistema sem renovação de ar**

Fonte: Adolph (2020).

A situação mais adequada é apresentada na Figura 18, no qual a instalação tem um mecanismo que possibilita o descarte de parte do ar e a troca por ar fresco. Ademais, o ar exterior é filtrado para reduzir a concentração de poluentes atmosféricos (ADOLPH, 2020).

**Figura 18 – Sistema com renovação de ar na unidade de tratamento de ar**

Fonte: Adolph (2020).

Em algumas regiões a renovação de ar é limitada devido ao alto consumo energético (ADOLPH, 2020), já que a entrada de mais ar externo implica no aumento da necessidade de tratamento desse ar e, assim, consome-se mais energia (PEREIRA, 2020). Por isso, torna-se indispensável o aproveitamento da ventilação natural para garantir a renovação de ar quando for permitido.

A concentração de CO<sub>2</sub> é considerado um indicador de insuficiência na entrada de ar externo e, conseqüentemente, problemas na renovação do ar e na ventilação (SANTANA, 2013). A RE nº 09 (ANVISA, 2003) admite uma tolerância de 1.000 ppm (partes por milhão) e recomenda o sensor infravermelho não dispersivo para avaliar essa concentração. Porém, apesar de ser um indicativo da eficácia da renovação do ar, a concentração de CO<sub>2</sub> não permite determinar a taxa de renovação.

De acordo com a NBR 7256 (ABNT, 2021) as taxas de renovação do ar para salas de espera de emergência e urgência e de radiologia devem ser, no mínimo, 12 trocas de ar por hora, enquanto as salas de espera de ambientes odontológicos devem possuir uma taxa de, no mínimo, 6 trocas de ar por hora. Com o intuito de determinar a taxa de renovação do ar, existem alguns métodos que calculam essa taxa conforme o sistema de climatização utilizado no ambiente. Ambientes climatizados naturalmente, por exemplo, podem ter sua taxa de renovação obtida através de cálculos matemáticos. Inicialmente, é necessário verificar se a ventilação natural é unilateral ou cruzada, em seguida calcula-se o fluxo de ar e, por fim, a taxa de renovação.

Caso a sala apresente ventilação unilateral, utiliza-se a Equação 2 para calcular o fluxo de ar (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012).

$$Q = 0,025 \times A \times V \quad (2)$$

Onde:

Q = fluxo de ar com ventilação unilateral [m<sup>3</sup>/s];

A = área efetiva da janela [m<sup>2</sup>];

V = velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar [m/s].

Caso a sala apresente ventilação cruzada, utiliza-se a Equação 3 para calcular o fluxo de ar (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012).

$$Q = 0,6 \times A_j \times V \times \sqrt{\Delta C_p} \quad (3)$$

Onde:

Q = fluxo de ar com ventilação cruzada [m<sup>3</sup>/s];

A<sub>j</sub> = área efetiva da janela [m<sup>2</sup>];

V = velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar [m/s];

ΔC<sub>PL</sub> = coeficiente de pressão do vento.

Com o fluxo de ar calculado, utiliza-se a Equação 4 para determinar a taxa de renovação do ar (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012).

$$T = \frac{Q \times 3600}{v} \quad (4)$$

Onde:

T = taxa de renovação do ar [trocas de ar por hora];

v = volume da sala de espera [m<sup>3</sup>];

Q = fluxo de ar [m<sup>3</sup>/s].

Segundo Santos (2008) outra forma de determinar a taxa de renovação do ar é através do método do gás traçador, que pode ser utilizado para ambientes climatizados artificialmente. O método consiste em registrar a evolução da concentração de um gás ao longo do tempo dentro do espaço a ser testado. Diante disso, é necessário a introdução de uma determinada quantidade de gás no ambiente para registrar sua concentração ao longo do tempo, através de equipamentos e técnicas específicas (PEREIRA, 2020). Dentro do método do gás traçador, encontram-se algumas técnicas, que se diferenciam pelo método de injeção e controle do gás traçador, conforme apresentadas no Quadro 4.

**Quadro 4 – Resumo das técnicas do método do gás traçador**

Técnica	Resumo
Técnica do decaimento	Introduz-se um pequeno volume de gás traçador no espaço avaliado, de modo a obter-se uma concentração inicial uniforme. Em seguida, é interrompido a injeção de gás, iniciando assim a medição do decaimento da concentração do gás traçador em tempos conhecidos. Calcula-se a taxa média de troca de ar para esse período com a diferença entre os logaritmos das concentrações de gás traçador inicial e final dividida pelo período de tempo.
Técnica da emissão constante	Injeta-se o gás traçador uniformemente no ambiente a uma taxa conhecida e constante, sendo assim, medida a variação da concentração do gás traçador ao longo do tempo. Ao contrário da técnica do decaimento, a concentração do gás traçador vai aumentando ao longo do tempo até atingir o regime permanente, no qual o registo é interrompido. Calcula-se a taxa média de troca de ar para o período de medição como o produto da vazão do gás traçador pela média dos inversos da concentração medida menos uma correção para as concentrações inicial e final.
Técnica da concentração constante	Para monitorar o fluxo de troca de ar, introduz-se o gás traçador em uma concentração constante com equipamento automatizado. O equipamento mede a concentração de gás traçador e, em seguida, injeta gás traçador suficiente no local para manter uma concentração uniforme desejada. Calcula-se o fluxo de troca de ar para cada intervalo de medição a partir da proporção do gás traçador adicional necessário para a concentração desejada.

Fonte: Adaptado de ASTM (2009).

A fim de que a determinação da renovação do ar seja efetuada com sucesso, o gás traçador precisa atender algumas especificidades, como, por exemplo, ser fácil de detectar, constituir uma mistura homogênea com o ar em um intervalo curto de tempo após ser liberado, não ser tóxico, não ser inflamável e nem explosivo, entre outros. Santos (2008) aponta que os gases mais frequentes utilizados como gases traçadores são: Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); Hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ); Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ); Perfluobenzeno ( $\text{C}_6\text{F}_6$ ) e; Perfluormetilbenzeno ( $\text{C}_7\text{F}_8$ ).

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa pode ser definida como o procedimento sistemático que tem como objetivo oferecer respostas aos problemas levantados. Para ser desenvolvida, utiliza-se os conhecimentos disponíveis e métodos e técnicas de investigação científica (GIL, 2017).

Segundo Gil (2017) a classificação da pesquisa é uma atividade importante visto que permite reconhecer as semelhanças e diferenças entre as várias modalidades, dispondo ao pesquisador mais elementos para decidir acerca de sua aplicabilidade na solução dos problemas propostos. O autor ainda aponta que existem diferentes maneiras de realizar esta classificação. Portanto, quanto aos objetivos, pode-se classificar a pesquisa do Trabalho de Conclusão de Curso como do tipo exploratória.

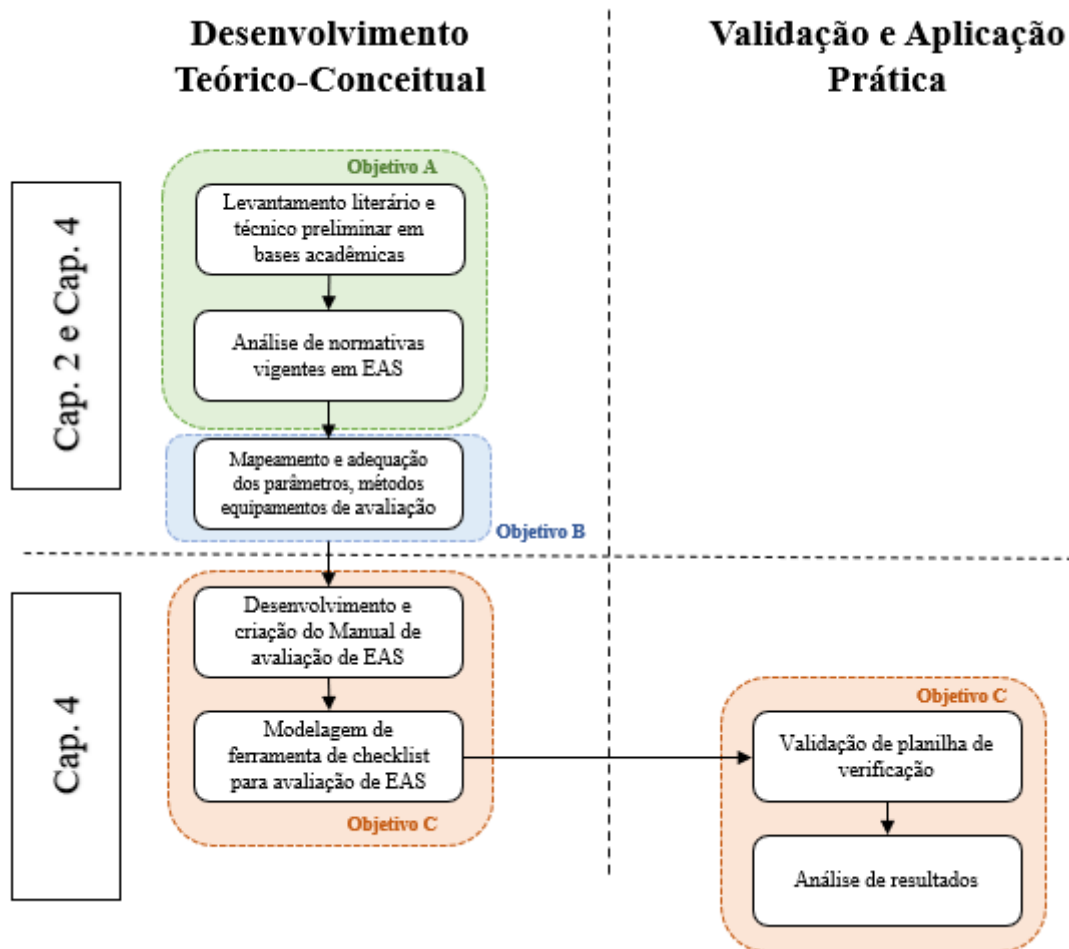
As pesquisas exploratórias têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Seu planejamento tende a ser bastante flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado. A coleta de dados pode ocorrer de diversas maneiras, mas geralmente envolve: 1. levantamento bibliográfico; 2. entrevistas com pessoas que tiveram experiência prática com o assunto; e 3. análise de exemplos que estimulem a compreensão (SELLTIZ et al., 1967, p. 63 apud GIL, 2017, p. 25).

Já, em relação à abordagem utilizada durante o estudo, considera-se uma pesquisa de método misto.

(...) uma técnica de métodos mistos é aquela em que o pesquisador tende a basear as alegações de conhecimento em elementos pragmáticos (por exemplo, orientado para consequência, centrado no problema e pluralista). Essa técnica emprega estratégias de investigação que envolvem coleta de dados simultânea ou seqüencial para melhor entender os problemas de pesquisa. A coleta de dados também envolve a obtenção tanto de informações numéricas (por exemplo, em instrumentos) como de informações de texto (por exemplo, em entrevistas), de forma que o banco de dados final represente tanto informações quantitativas como qualitativas (CRESWELL, 2007, p. 36).

Sendo assim, o objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é desenvolver um manual que auxilie nas vistorias das salas de espera de EAS com enfoque na melhoria da qualidade do ar. Para alcançar o objetivo proposto, fez-se necessário algumas etapas específicas, conforme demonstrado na Figura 19, que serão descritas nos tópicos a seguir.

Figura 19 – Procedimentos Metodológicos



Fonte: Autora (2022).

### 3.1 Pesquisa literária

A primeira etapa consistiu no levantamento literário em bases acadêmicas e literaturas específicas com o intuito de ampliar o conhecimento e obter informações mais precisas em relação à Qualidade do Ar Interior, sua importância e seus parâmetros. A busca retratou desde a influência da arquitetura hospitalar na qualidade do ar como também os parâmetros físicos (temperatura, umidade, diferencial de pressão e renovação do ar). Para este fim, foram utilizadas como bases de dados sites como Google Scholar e SciELO, além de livros e artigos de autores consagrados sobre os temas em questão.

### 3.2 Pesquisa e Análise das Normas

Simultaneamente, realizou-se um estudo e análise das principais normas, legislações nacionais e documentos da Anvisa que regulamentam o controle da qualidade do ar em estabelecimentos assistenciais de saúde. Estas normas são apresentadas no Quadro 5.

**Quadro 5 – Principais normas nacionais da qualidade do ar em EAS**

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Ano</b>
NBR 7256	TRATAMENTO DE AR EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE (EAS) - REQUISITOS PARA PROJETO E EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES	Esta Norma estabelece os requisitos mínimos para projeto e execução de instalações de tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS).	2021
RDC Nº 50	RESOLUÇÃO-RDC Nº 50	Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.	2002
RE Nº 9	RESOLUÇÃO-RE Nº 9	Dispõe sobre os Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo.	2003

Fonte: Autora (2022).

### 3.3 Etapa do desenvolvimento do Manual

A revisão de literatura deste TCC, as normas e regulamentos brasileiros referentes à qualidade do ar em EAS foram os norteadores para a proposta do Manual e do Checklist. Com um embasamento teórico mais apurado, foi iniciado o desenvolvimento de um Checklist no Excel para avaliar os critérios de qualidade do ar de EAS. Para uma melhor adequação e clareza na execução, as dúvidas referentes a conceitos e as formas de avaliação do Checklist foram discutidas e avaliadas junto ao Prof. Marcelo Luiz Pereira, especialista na área. Com a primeira versão da planilha de

verificação estruturada, iniciou-se a construção do “Manual de vistoria para avaliação da qualidade do ar interior em salas de espera de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde”. Para um melhor entendimento dos equipamentos de medição, procedimentos a serem utilizados, conceitos abordados, entre outros, foi feita uma visita técnica aos laboratórios do curso de Refrigeração e Ar-condicionado do IFSC Câmpus São José.

Inicialmente, o manual focou nas salas de espera de ambientes de saúde, visto que este ambiente mostra-se como um lugar crítico, pois o paciente pode estar contaminando os outros ocupantes enquanto aguarda atendimento. Durante o desenvolvimento do Manual, foram observados alguns problemas que resultaram na alteração do Checklist. Para a resolução de alguns destes problemas, foi consultado o engenheiro mecânico Emiliano Rocha, que é especializado em projetos de condicionamento de ar de EAS.

Por fim, para garantir o cumprimento dos objetivos anteriormente propostos, buscou-se avaliar o Checklist com dados reais de um Relatório Técnico de Análises e Avaliações da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares da inspeção sobre a qualidade do ar interior do Hospital Universitário (HU) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Logo, com os dados validados, discutiu-se potenciais ações para melhoria no local, apontando as respectivas características e barreiras de cada ação.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO MANUAL E CHECKLIST DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR EM SALAS DE ESPERA DE EAS

Como este TCC tem por objetivo o desenvolvimento de um manual de vistoria para avaliação da qualidade do ar interior em salas de espera de EAS, este capítulo apresenta os procedimentos e resultados do trabalho, referenciando as fontes, justificando as tomadas de decisões, e finalizando com a avaliação da aplicação dos dados de qualidade do ar do HU da UFSC.

### 4.1 Definição dos equipamentos e métodos de avaliação

A fim de adequar e delimitar os parâmetros que influenciam na qualidade do ar interior, principal influenciador e fator impactante para os usuários de EAS, foram definidos critérios para o desenvolvimento do manual. Os principais parâmetros físicos escolhidos foram os abordados na NBR 7256 (ABNT, 2021), destacando-se: temperatura; umidade relativa; diferencial de pressão; e taxa de renovação do ar, os mesmos selecionados para serem expostos no manual. O Quadro 6 apresenta os parâmetros selecionados e seus limites de acordo com a NBR 7256 (ABNT, 2021).

**Quadro 6 – Parâmetros selecionados e seus limites**

<b>Ambiente</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Umidade Relativa [%]</b>	<b>Nível de pressão</b>	<b>Taxa de renovação [Número de trocas de ar por hora]</b>
Sala de espera de emergência e urgência	20-24	Máx. 60	Negativa	12
Sala de espera de radiologia	20-24	Máx. 60	Negativa	12
Sala de espera de ambientes odontológicos	20-24	Máx. 60	Positiva	6

Fonte: Adaptado de NBR 7256 (ABNT, 2021).

Com os parâmetros escolhidos fez-se necessário levantar os métodos e ferramentas mais utilizados para avaliação de cada fator, conforme indicado no Quadro 7.

**Quadro 7 – Principais equipamentos/ métodos de avaliação indicados para cada parâmetro**

Parâmetro(s)		Equipamento/ método de avaliação	Fonte
Temperatura		Termômetro	(AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2009)
Umidade relativa		Higrômetro	(AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2009)
Temperatura e Umidade relativa		Termo-higrômetro	(ANVISA, 2003)
Diferencial de pressão		Teste da fumaça	(ASHRAE, 2021)
		Manômetro	(PEREIRA, 2020)
Taxa de renovação do ar	Ventilação Natural	Cálculo	(LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012)
	Ventilação Mecânica	Técnica do decaimento	(ASTM, 2009; SANTOS, 2008)
		Técnica da emissão constante	(ASTM, 2009; SANTOS, 2008)
		Técnica da concentração constante	(ASTM, 2009; SANTOS, 2008)

Fonte: Autora (2022).

A partir do levantamento, foi necessário analisar quais poderiam ser as ferramentas mais adequadas para as devidas medições. Para avaliação da temperatura e umidade relativa do ar, buscou-se indicar um equipamento que permita avaliar os dois parâmetros de forma simultânea, a fim de facilitar a avaliação, desta forma, foi escolhido o termo-higrômetro. A opção de termo-higrômetro com data logger, além de medir a temperatura e umidade relativa, permite armazenar os dados

obtidos em um período de tempo, sendo ideal para verificar como se comportam esses parâmetros ao longo do dia.

Já para avaliação do diferencial de pressão, procurou-se um aparelho que permita avaliar a diferença de pressão entre as salas de espera e ambientes adjacentes, como é o caso do manômetro. Como a norma só aborda que a pressão da sala deve ser negativa, não indicando tal valor, o importante para o avaliador é verificar se o dado obtido está negativo ou positivo. Existe um método que também permite avaliar a pressão do ambiente, conhecido como método da fumaça, porém, a inalação de fumaça química pode ser irritante ao ser humano (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2009), sendo indicado utilizar apenas quando a sala está desocupada, o que acaba dificultando seu uso em ambientes de EAS.

Por fim, para avaliação da taxa de renovação do ar, buscou-se indicar o método mais adequado conforme o tipo de sistema de climatização utilizado na sala de espera. Para determinação da taxa de renovação do ar em salas com ventilação natural foi utilizado como referência os cálculos abordados no livro Eficiência Energética na Arquitetura (disponível de forma gratuita para baixar em [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf)). No entanto, para avaliação da taxa de renovação do ar com ventilação mecânica, foi selecionada a técnica do decaimento entre os diversos métodos existentes. Segundo Pereira (2020), a técnica do decaimento é a mais comumente utilizada na prática e de acordo com Agência Portuguesa do Ambiente (2009) é a técnica mais simples e versátil que permite determinar a taxa de renovação do ar. Sendo assim, foram escolhidos os equipamentos e métodos para melhor avaliação de cada parâmetro.

## **4.2 Formulação e Construção do Manual e Checklist**

Com os parâmetros estabelecidos e os métodos e ferramentas determinados, iniciou-se a formulação e modelagem do material, levando em consideração as múltiplas visões e possibilidades de aferição dos fatores estudados. Para tal foram construídos um manual de apoio, abordando a importância, influência e formas de mensurar os fatores regidos pela NBR 7256 (ABNT, 2021), assim como

uma planilha (Checklist) para auxiliar na validação dos respectivos parâmetros em torno das delimitações e especificações da norma brasileira.

A fim de facilitar a aferição da qualidade do ar no interior de salas de espera de EAS construídas antes da NBR 7256 (ABNT, 2021), o Manual foi escrito com o intuito de ser uma leitura rápida e direta. Primeiro, fez-se uma rápida apresentação do Manual. Em seguida, comentou-se sobre a qualidade do ar interior e sua relação com a saúde. Depois, passou-se para os aspectos relacionados à avaliação da qualidade do ar interior, até chegar na explicação da planilha de verificação (Checklist).

O Checklist foi desenvolvido conforme os requisitos mínimos recomendados pela NBR 7256 (ABNT, 2021). Como a norma apresenta os parâmetros para três tipos diferentes de sala de espera: sala de espera de emergência e urgência, sala de espera de radiologia e sala de espera de ambientes odontológicos, foi elaborada uma aba para cada tipo. Além disso, apresenta uma aba específica para as salas de espera ventiladas naturalmente. A Figura 20 apresenta destacado as abas no canto inferior esquerdo.

**Figura 20 – Checklist**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DE SALAS DE ESPERA DE EMERGÊNCIA E URGÊNCIA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE DE ACORDO COM A NBR 7256 <small>Trabalho de Conclusão de Curso   Engenharia Civil   DACC</small> <small>Orientação Prof. Dra. Ana Lígia Paptys de Abreu      Desenvolvido por Maria Eduarda da Silva Knoblauch      Coorientação Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira</small>							
Responsável técnico	Data da vistoria	Ambiente	Sistema de Ventilação	Temperatura da sala [°C]	Umidade relativa da sala [%]	Taxa de renovação de ar da sala [trocas de ar/h]	Nível de pressão da sala
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						

Sala de espera - Emerg. e Urg.    Sala de espera - Radiologia    Sala de espera - Odontológica    Sala de espera - Vent. Natural

Fonte: Autora (2022).


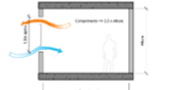
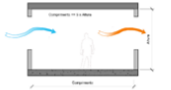
Para as salas de espera que não são categorizadas pela norma, foi indicado utilizar a mesma aba das salas de espera de emergência e urgência, pois dos três tipos abordados pela norma, esta possui os parâmetros mais rigorosos. Neste

caso, as salas de espera em questão não precisam atender às exigências da norma, sendo utilizada apenas como base.

Ao preencher os valores obtidos de cada parâmetro indicado na coluna, a planilha aponta automaticamente se esses valores estão dentro ou fora dos requisitos estabelecidos pela NBR 7256 (ABNT, 2021). Para os parâmetros que estão fora do indicado pela norma, a célula fica destacada com a letra vermelha e o fundo rosa, já para os parâmetros que estão dentro do determinado pela norma, a célula fica destacada com a letra verde e o fundo verde, facilitando assim, a análise da qualidade do ar do ambiente.

Já a aba para salas de espera com ventilação natural consta com as relações de dimensionamento pautadas nos estudos de Irving, Ford e Etheridge (2005), conforme ilustrado na Figura 21. Neste caso, o avaliador precisa fazer alguns levantamentos, como o tipo de ventilação natural que está sendo utilizado na sala (unilateral ou cruzada) e a quantidade de janelas que possui no ambiente, além das medidas de profundidade e altura da sala de espera. Após esse levantamento, o responsável pode preencher os dados obtidos conforme indicado na coluna e, assim, a célula indicará, de forma automatizada, se os valores estão atendendo a relação de profundidade e altura para obter-se uma ventilação natural eficaz.

**Figura 21 – Aba para as salas de espera com ventilação natural**

INSTITUTO FEDERAL Santa Catarina AVALIAÇÃO DAS RELAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO DE SALAS DE ESPERA COM VENTILAÇÃO NATURAL DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE DE ACORDO COM IRVING, FORD E ETHERIDGE Trabalho de Conclusão de Curso   Engenharia Civil   DACC Orientação Prof. Dra. Ana Lúgia Pajts de Abreu   Desenvolvido por Maria Eduarda da Silva Knoblauch   Coorientação Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira												
Responsável técnico	Data da vistoria	Ambiente	Sistema de Ventilação Natural	Abertura	Relação Altura x Comprimento		Dimensão [m]					
	00/00/0000		Unilateral	Única		$W \leq 2 H$	Altura (H)			-		
				Dupla		$W \leq 2,5 H$	Comprimento (W)			-		
			Cruzada	-		$W \leq 5 H$	Altura [m]			-		
				-			Comprimento (W)			-		
			Dados - NBR 7256   Sala de espera - Emerg. e Urg.   Sala de espera - Radiologia   Sala de espera - Odontológica   <b>Sala de espera - Vent. Natural</b>									

Fonte: Autora (2022).

O Manual está disponibilizado no Apêndice A, enquanto o Checklist, que é uma planilha do Excel, está disponível para baixar em [https://drive.google.com/drive/folders/1drYxT-b8IEFxxvEut5\\_8Y\\_piZ\\_VhHrwyu?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1drYxT-b8IEFxxvEut5_8Y_piZ_VhHrwyu?usp=sharing).

### 4.3 Análise e Validação do Checklist

Com o intuito de validar a planilha do Excel elaborada para o TCC, foi aplicado dados disponíveis no Relatório Técnico de Análises e Avaliações da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares da inspeção sobre a qualidade do ar interior do Hospital Universitário da UFSC, coletados nos dias 17 e 18 de março de 2022. O ambiente selecionado foi a sala de espera do Centro Cirúrgico ambulatorial, que se enquadra em uma unidade de atendimento imediato (emergência e urgência), e os parâmetros escolhidos para aplicar na planilha foram: tipo de equipamento, temperatura, umidade relativa e taxa de renovação do ar, por serem os parâmetros abordados no Manual.

Os valores retirados do relatório para validação da planilha estão indicados no Quadro 8. Como o sistema de climatização utilizado na sala de espera era o split e pela limitação dos dados obtidos, será adotado como zero a taxa de renovação, visto que aparelhos splits não oferecem renovação do ar.

**Quadro 8 – Dados do Relatório Técnico de Análises e Avaliações da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares da inspeção sobre a qualidade do ar interior do Hospital Universitário da UFSC**

<b>Ambiente</b>	<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Umidade [%]</b>	<b>Taxa de renovação [trocas de ar/h]</b>
Sala de espera do Centro Cirúrgico Ambulatorial	Split	25,8	64,1	0,0

Fonte: Adaptado do Ministério da Educação (2022).

Sendo assim, foram aplicados os valores do relatório de análise no Checklist na aba de sala de espera de emergência e urgência. Conforme mostra a Figura 22, nenhum dos três parâmetros avaliados estão de acordo com as

especificações da NBR 7256 (ABNT, 2021) para este tipo de sala de espera, mostrando que a planilha está funcionando corretamente.

**Figura 22 – Análise dos dados de qualidade do ar interior do Hospital Universitário da UFSC**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DE SALAS DE ESPERA DE EMERGÊNCIA E URGÊNCIA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE DE ACORDO COM A NBR 7256 Trabalho de Conclusão de Curso   Engenharia Civil   DACC Orientação Prof. Dra. Ana Lúcia Pajts de Abreu   Desenvolvido por Maria Eduarda da Silva Knoblauch   Coorientação Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira							
Responsável técnico	Data da vistoria	Ambiente	Sistema de Ventilação	Temperatura da sala [°C]	Umidade relativa da sala [%]	Taxa de renovação do ar da sala [trocas de ar/h]	Nível de pressão da sala
F. D.	17/03/2022	Sala de espera do Centro Cirúrgico Ambulatorial	Mecânica	25,8	64,1	0,0	
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						

Fonte: Autora (2022).

#### 4.4 Discussão dos resultados

Mesmo com os dados obtidos, seria interessante verificar se as medições de temperatura e umidade foram feitas com equipamentos calibrados e em pontos que não sofram intervenção de radiação ou alguma fonte de calor. Além disso, é necessário medir a taxa de renovação do ar, através da técnica do decaimento, e verificar o diferencial de pressão da sala com um manômetro, conforme indicados no manual, para, assim, fazer uma análise completa dos parâmetros e procurar identificar o problema que está ocasionando este ar inadequado no interior da sala de espera.

No caso específico desta sala de espera do HU, com sistema de condicionamento de ar por ventilação mecânica, precisaria ser feito um estudo em conjunto com um engenheiro mecânico. E assim, avaliar quais intervenções neste ambiente de sala de espera poderiam ser feitas para buscar atender aos requisitos da NBR 7256 (ABNT, 2021), mas com os menores impactos de obra civil, visando não inviabilizar o uso deste ambiente. Segundo Graudenz, Degobbi e Saldiva (2020) é importante evitar-se o uso de um sistema de ventilação sem trocas de ar nessas configurações, como é o caso de sistemas split. Além disso, de acordo com Qian e

Zheng (2018) medidas como aumentar as taxas de troca de ar, evitar a recirculação de ar e reduzir o número de pessoas que compartilham o mesmo ambiente interno devem ser utilizadas entre as medidas gerais destinadas a reduzir o risco de infecção, logo podem ser consideradas para o caso.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preocupação com a saúde e a qualidade do ar vêm ganhando cada vez mais espaço em óticas estruturais, antes menos relevantes. Agravados pela pandemia, a contaminação de pacientes pelo ar em ambientes hospitalares cresceu em proporções alarmantes, fazendo com que profissionais buscassem por soluções alternativas para prover mais segurança aos usuários. Logo, para garantir uma boa qualidade do ar de ambientes internos deve ser considerada adequações e práticas não somente na fase de projeto, mas, especialmente, nas fases de operação e uso de uma edificação, buscando desenvolver ambientes com uma maior proteção para a sociedade.

Diante disso, o objetivo geral desta pesquisa foi elaborar um manual para auxiliar nas vistorias de salas de espera de estabelecimentos assistenciais de saúde com enfoque na qualidade do ar. Para isso, foi necessário elencar as principais normas e regulamentações nacionais que regem a qualidade do ar em EAS, identificar os principais parâmetros arquitetônicos e físicos que influenciam na qualidade do ar do ambiente a ser estudado e elaborar um Checklist que permite verificar se os parâmetros avaliados da sala de espera estão de acordo com as normas.

O processo de desenvolvimento do manual deu-se por meio do levantamento literário e do estudo conceitual acerca das normas regulamentadoras destes ambientes. O manual foi concebido apenas para salas de espera visto que estes ambientes não são tão visados, mas possuem um alto potencial de contágio. Desta forma, o presente trabalho buscou trazer formas de avaliações destes ambientes para verificar se estão adequados conforme as recomendações da NBR 7256 (ABNT, 2021), que após a pandemia, ofertou parâmetros de projeto para garantir uma qualidade do ar nos estabelecimentos de saúde, visando diminuir a transmissão de doenças nesses locais e, assim, oferecer saúde e bem-estar a seus ocupantes e funcionários.

O manual aborda de forma direta sobre a importância da qualidade do ar no interior de ambientes de saúde, comenta sobre os principais parâmetros que influenciam na qualidade do ar e recomenda equipamentos e métodos para verificar se estes parâmetros estão de acordo com o normalizado. Ao final, é disponibilizado o Checklist que permite validar os dados obtidos. Desta forma, o avaliador pode levantar

hipóteses e constatar os problemas que estão ocasionando essa falta de qualidade do ar, para, assim, buscar por soluções através de reformas das salas de espera ou por revisão do projeto de climatização.

Para verificação das funcionalidades do Checklist, foi aplicado um caso com dados reais para validação do material construído. Ao final desta etapa foi constatado que os dados da sala de espera do HU estão fora dos parâmetros indicados pela NBR 7256 (ABNT, 2021). Como a NBR 7256 foi atualizada em 2021, no momento de pós-pandemia, é de se esperar que muitas das salas de espera de estabelecimentos de saúde existentes no país não estejam atendendo as recomendações, visto que as salas em questão foram construídas em momentos anteriores. Sendo assim, torna-se necessário uma análise mais completa do engenheiro civil juntamente com o engenheiro mecânico, para verificar a necessidade e viabilidade de uma reforma no local, de forma a oferecer e garantir uma boa qualidade do ar interior.

A NBR 7256 (ABNT, 2021) significa um avanço na interação dos sistemas de climatização e dos ambientes de saúde, deixando-os mais seguros para os profissionais de saúde, pacientes e demais ocupantes. Por fim, o principal desafio dos engenheiros agora é atualizar os estabelecimentos assistenciais de saúde para a nova realidade.

## **5.1 Sugestões para trabalhos futuros**

Este trabalho de Conclusão de Curso optou por aprofundar os estudos em um ambiente específico do estabelecimento assistencial de saúde, com ferramentas particulares e óticas singulares limitadas pelo estudo. Deste modo, sugere-se o desenvolvimento de um manual que permita avaliar a qualidade do ar no interior de outros ambientes de EAS. Além disso, também recomenda-se desenvolver a planilha no Excel para outras áreas de EAS e, assim, possibilitar uma verificação mais abrangente se outros ambientes estão atendendo as recomendações da NBR 7256 (ABNT, 2021).

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7256**: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) — Requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro: 2021.

ADOLPH, Marco. O que faz o ar condicionado de um hospital ser prejudicial? **TROX**, São Paulo, 2020. Disponível em: [https://www.troxbrasil.com.br/downloads/6c9cababad3006ec/Artigo-Split-hospitais-Marco-Adolph\\_-FINAL.pdf?type=brochure](https://www.troxbrasil.com.br/downloads/6c9cababad3006ec/Artigo-Split-hospitais-Marco-Adolph_-FINAL.pdf?type=brochure)

AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico. **Amadora**, Amadora, 2009.

AGUIAR, João Renato Carneiro de. **Desempenho da qualidade do ar em estudos de caso de ambientes hospitalares no contexto climático de Brasília - DF**. 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/31267>. Acesso em: 25 nov. 2021.

AMORIM, Glaucia Maria *et al.* Prestação de Serviços de Manutenção Predial em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 145–158, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/MVG4bLMfvrRjvwCT4Jjpkmx/?lang=pt>. Acesso em: 12 jan. 2022.

ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2002.

ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003.

ARAUJO, Ronaldo Rodrigues. O conforto térmico e as implicações na saúde: uma abordagem preliminar sobre os seus efeitos na população urbana de São Luís-Maranhão. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 19, n. 3, 2012. Disponível em: <http://www.periodicoseltronicos.ufma.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/1148>. Acesso em: 18 fev. 2022.

ASHRAE. **Handbook - Fundamentals**. Peachtree Corners: [s. n.], 2021.

ASTM. **Standard test method for determining air change in a single zone by means of a gas dilution**American Society for Testing Materials, West Conshohocken: 2009.

BADALOTTI, Claudine Machado; BARBISAN, Ailson Oldair. Uma Breve História do Edifício Hospitalar: da antiguidade ao hospital tecnológico. **Revista Tecnológica**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 346–358, 2015. Disponível em: <https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/100>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BRASIL. **Conforto Ambiental em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2014. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33852/271892/Manual+-+Conforto+ambiental+em+estabelecimentos+assistenciais+de+saúde/1972dd59-4a12-44a8-8d11-7ac348433fba>. Acesso em: 4 jan. 2022.

BRASIL. **Portaria Nº 2022, de 7 de agosto de 2017**. Clarifica os termos da responsabilidade civil das unidades, equipas e pessoal da rede de cuidados continuados integrados de saúde mental, procedendo à primeira alteração e à republicação do Decreto-Lei n.º 8/2010, de 28 de Janeiro, e à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 35/99, de 5 de Fevereiro. Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt2022\\_15\\_08\\_2017\\_rep.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prt2022_15_08_2017_rep.html). Acesso em: 28 jan. 2022.

BRASIL. **Portaria Nº 2226, de 18 de setembro de 2009**. Institui, no âmbito da Política Nacional de Atenção Básica, o Plano Nacional de Implantação de Unidades Básicas de Saúde para Equipes de Saúde da Família. 2009. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2009/prt2226\\_18\\_09\\_2009\\_rep.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2009/prt2226_18_09_2009_rep.html). Acesso em: 18 fev. 2022.

CARMO, Adriano Trotta; PRADO, Racine Tadeu Araújo. **Qualidade do Ar Interno**. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 1999.

CARVALHO, Antônio Pedro Alves de. **Introdução à Arquitetura Hospitalar**. Salvador: Quarteto, 2014.

CESTAVO, Rebeca Longatti. **A qualidade do ambiente interno em áreas hospitalares: um estudo sobre o conforto, a ventilação e a renovação do ar**. 156 f. 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/28341>. Acesso em: 3 jan. 2022.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. *E-book*.

GOBBI, Mirna Elias; SANTOS, Mauro; ROLA, Sylvia Meimaridou. **Qualidade Do Ar E Ventilação Natural No Ambiente Hospitalar - O Exemplo Do Edifício Sarah Kubitschek No Rio De Janeiro**. [s. l.], 2019.

GÓES, Ronald de. **Manual prático de arquitetura hospitalar**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

GRAUDENZ, Gustavo Silveira; DEGOBBI, Cristiane; SALDIVA, Paulo Hilario. SARS-CoV-2. Long Distance Airborne Transmission and its Public Health Implications. **Clinics**, [s. l.], v. 75, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.6061/clinics/2020/e2343>

HOLANDA, Frederico de. **O Espaço de Exceção**. 2. ed. Brasília: FRBH, 2018.

IRVING, Steve; FORD, Prof. Brian; ETHERIDGE, David. **Natural ventilation in non-domestic buildings**. London: [s. n.], 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9780203477380-14>

JURADO, Sonia Regina *et al.* Qualidade do ar interior em hospitais, aeronaves, navios de cruzeiros e o risco de transmissão aérea pelo Coronavírus. **Saúde Coletiva (Barueri)**, [s. l.], v. 10, n. 53, p. 2376–2393, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36489/saudecoletiva.2020v10i53p2376-2393>. Acesso em: 28 dez. 2021.

KARMAN, Jarbas. **Manutenção hospitalar preditiva**. 211–211 f. 1994. São Paulo, 1994.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: [s. n.], 2012.

LIMEIRA, Flávia Maroja. **Arquitetura e integralidade em saúde: uma análise do sistema normativo para projetos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/6494>. Acesso em: 10 jan. 2022.

LOURENÇO, Luciano. **Como a elevação da temperatura impacta sua saúde?** . [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.santalucia.com.br/noticias/como-elevacao-da-temperatura-impacta-sua-saude/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Relatório da análise da qualidade do ar do Hospital Universitário da UFSC**. Florianópolis, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-sul/hu-ufsc/comunicacao/noticias/setor-de-infraestrutura-fisica-do-hu-ufsc-divulga-os-resultados-da-analise-da-qualidade-do-ar-do-hospital/relatorio-analise-do-ar-hu-ufsc.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

MONTERO, Jorge Isaac Perén. **Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: estudo dos hospitais da Rede Sarah Kubitschek Foz de Iguaçu e Rio de Janeiro**. 262 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MOTA, Rednaj *et al.* Qualidade do ar interno no ambiente hospitalar: uma revisão integrativa. **Revista Saúde-UNG**, [s. l.], v. 8, n. 1–2, p. 44–52, 2014.

MOURA, Maria Eliete Batista *et al.* Infecção hospitalar no olhar de enfermeiros portugueses: representações sociais. **Texto & Contexto - Enfermagem**, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 743–749, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400016>. Acesso em: 2 fev. 2022.

NASCIMENTO, Tatiana Maia Pereira do. **Relação entre a arquitetura hospitalar e a prevenção de infecção hospitalar**. 1–31 f. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração em Saúde) - Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:

[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/K214273.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K214273.pdf)

PEREIRA, Marcelo Luiz. **Apostila de Ventilação e Qualidade do ar**. São José: [s. n.], 2020.

PEREIRA, Marcelo Luiz; TRIBESS, Arlindo; MORAWSKA, Lidia. A REVIEW OF THE IMPACT OF HVAC SYSTEMS ON THE CONTROL AND TRANSPORT OF INFECTIOUS PARTICLES IN HOSPITALS. Brisbane, p. 31, 2020.

QIAN, Hua; ZHENG, Xiaohong. Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings. **Journal of Thoracic Disease**, [s. l.], v. 10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.01.24>

QUADROS, Bianca Milani de. **Ventilação natural para o conforto térmico e renovação do ar em ambientes de internação hospitalar**. 137 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/174131>. Acesso em: 10 nov. 2021.

QUADROS, Marina Eller. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91068>. Acesso em: 28 dez. 2021.

REILING, J. Safe design of healthcare facilities. **Quality & Safety in Health Care**, [s. l.], v. 15, n. Suppl 1, p. i34, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/QSHC.2006.019422>. Acesso em: 2 fev. 2022.

REIS, Giovanna. **Falta de ventilação e mofo aumentam risco de contágio em 11 milhões de habitações**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/empreendedorsocial/2020/04/falta-de-ventilacao-e-mofo-aumentam-risco-de-contagio-em-11-milhoes-de-habitacoes.shtml>. Acesso em: 27 jan. 2022.

SALES, Gustavo de Luna. **Diagrama de ventilação natural : ferramenta de análise do potencial da ventilação natural no estudo preliminar de projeto**. 217 f. 2016. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/22747>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SALVADOR, Prefeitura Municipal de. **Planta baixa Unidade de Pronto Atendimento Valéria**. Salvador, 2012. Disponível em: <http://www.saude.salvador.ba.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/UPA-VALÉRIA-Model-1.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

SANCHO, Thaís Aurora Vilela *et al.* Potencial de aproveitamento da ventilação natural em unidades de pronto atendimento (UPA) no pós-pandemia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 11031–11050, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-754>

SANTANA, Elaine Gonçalves Ferreira. **Conforto térmico e concentração de CO2**

**em salas de cirurgias e salas de espera para pacientes, climatizadas artificialmente.** 114 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24122013-115533/publico/DISSERTACAO\\_ElaineGFSantana\\_unprotected.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-24122013-115533/publico/DISSERTACAO_ElaineGFSantana_unprotected.pdf). Acesso em: 10 nov. 2021.

SANTOS, João Pedro Calçada Maia dos. **Avaliação experimental dos níveis de qualidade do ar interior em quartos de dormir.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2008.

TOLEDO, Luiz Carlos. **Feitos para curar: arquitetura hospitalar e processo projetual no Brasil.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar (ABDEH), 2006.

WHO, World Health Organization. **Natural ventilation for infection control in health-care settings.** Suíça: World Health Organization, 2009. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/natural\\_ventilation/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/natural_ventilation/en/). Acesso em: 4 jan. 2022.

**APÊNDICE A – Manual de vistoria para avaliação da QAI em salas de espera de  
EAS**



# MANUAL DE VISTORIA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR EM SALAS DE ESPERA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE

Trabalho de Conclusão de Curso

Aluna

**Maria Eduarda da Silva Knoblauch**

Orientadora

**Profa. Dra. Ana Lígia Papst de Abreu**

Coorientador

**Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira**

Florianópolis, 2022.

## APRESENTAÇÃO

O manual tem como objetivo fornecer orientações aos responsáveis pelo planejamento e execução de monitorização da qualidade do ar interior em salas de espera de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) e faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso da aluna de Engenharia Civil **Maria Eduarda da Silva Knoblauch**, sob orientação da **Profa. Dra. Ana Lígia Papst de Abreu** e coorientação do **Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira**.

Neste documento são apresentados os principais parâmetros que influenciam na qualidade do ar interior, além de indicar os equipamentos e métodos necessários para a avaliação de cada um dos parâmetros. Além disso, o manual também fornece um Checklist para análise dos parâmetros conforme a NBR 7256 (ABNT, 2021). Visando facilitar a usabilidade dos procedimentos descritos no manual, foram selecionados os equipamentos e os métodos mais indicados para o ambiente que será analisado.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>QUALIDADE DO AR INTERIOR .....</b>	<b>4</b>
1.1	Qualidade do ar interior e Saúde.....	4
<b>2</b>	<b>AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR .....</b>	<b>6</b>
2.1	Temperatura e Umidade relativa do ar.....	6
2.2	Diferencial de pressão .....	7
2.3	Taxa de renovação do ar.....	9
2.3.1	Ventilação Natural .....	10
2.3.1.1	<i>Ventilação Natural Unilateral.....</i>	<i>11</i>
2.3.1.2	<i>Ventilação Natural Cruzada .....</i>	<i>12</i>
2.3.2	Ventilação Mecânica.....	14
2.4	Planilha de verificação (Checklist).....	16
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>19</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>

# 1 QUALIDADE DO AR INTERIOR

---

Esta seção inicial é destinada a apresentar o conceito, a importância e a influência da qualidade do ar interior na saúde pública.

## 1.1 Qualidade do ar interior e Saúde

O termo Qualidade do Ar Interior (QAI) vem do inglês *Indoor Air Quality* (IAQ), que incorpora diferentes fatores para a composição do sistema de ventilação e de ar-condicionado que determinará a eficácia da ventilação, o funcionamento e a manutenção do sistema e das características de contaminação interna (BRASIL, 2014). Sendo assim, a qualidade do ar em ambientes internos compreende os componentes e as características do ar que afetam a saúde e conforto dos ocupantes de uma edificação (QUADROS, 2008).

Segundo a OMS (2009) a QAI é considerada um fator de risco e um indicador de saúde pública. Diversos estudos apontam o surgimento de síndromes relacionadas a qualidade do ar interno que afetam a saúde e produtividade dos ocupantes, como a síndrome do edifício doente (SED) e a doença relacionada ao edifício (DRE). Países como Europa e Estados Unidos, possuem doenças ocasionados pela inadequada QAI como as principais causas de pedido de afastamento de trabalho (QUADROS, 2008).

Em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) é necessário um maior cuidado e atenção aos aspectos relacionados à qualidade do ar, visto que estes ambientes buscam a proteção, a promoção e a recuperação da saúde dos seus pacientes. Um dos ambientes comuns nos EAS, que podem afetar na saúde e bem-estar dos ocupantes, é a sala de espera. Neste local, o paciente permanece aguardando atendimento médico, sem ter sua condição clínica diagnosticada e controlada, podendo assim, contaminar os outros ocupantes, já que este ambiente possui um alto fluxo de pessoas. As salas de espera precisam, portanto, prover sistemas de ventilação bem dimensionados para garantir o conforto e o bem-estar de seus ocupantes.

Entre as normas que regem o controle da qualidade do ar em estabelecimentos de saúde, tem-se a NBR 7256. Esta norma foi atualizada em 2021, e estabelece os requisitos mínimos de projeto e execução de instalações de tratamento de ar para três tipos de salas de espera: salas de espera de urgência e emergência, salas de espera de radiologia e salas de espera de ambientes odontológicos, de forma a garantir uma melhor qualidade do ar nestes locais. Por ser uma norma atual, muitas salas de espera poderão não estar atendendo esses parâmetros indicados, por isso, é de extrema importância que se avalie, conforme será indicado no manual, e, assim, verificar se

as salas estão garantindo os requisitos mínimos normalizados. Entre os parâmetros abordados pela NBR 7256 (ABNT, 2021) e que possuem grande influência na qualidade do ar das salas de espera, tem-se a temperatura; a umidade relativa do ar; o diferencial de pressão; e a taxa de renovação do ar.

## 2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

---

Nesta seção são apresentados os principais parâmetros que influenciam na qualidade do ar interior das salas de espera de estabelecimentos assistenciais de saúde e como podem ser avaliados. Ademais, é explicado como utilizar o checklist para verificar se os parâmetros obtidos da sala de espera estão atendendo os requisitos estabelecidos pela NBR 7256 (ABNT, 2021).

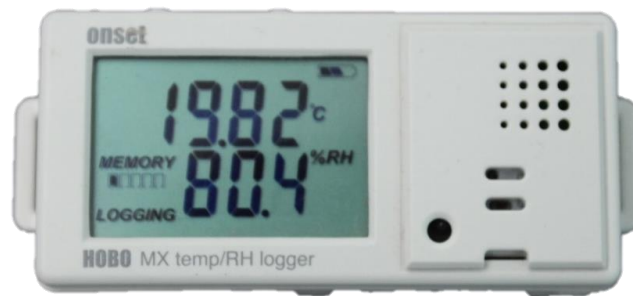
### 2.1 Temperatura e Umidade relativa do ar

A temperatura e a umidade relativa do ar são dois parâmetros que afetam no bem-estar e interferem diretamente na qualidade de vida dos ocupantes. Por exemplo, ambientes com excesso de umidade podem proporcionar uma sensação de desconforto térmico, pois em altas umidades a saturação do ar impede a evaporação do suor, aumentando a sensação de calor. Já em baixas umidades, o ressecamento das mucosas pode dificultar a respiração.

Estudos apontam que ambientes com altas temperaturas podem provocar problemas respiratórios no paciente e causar sintomas como náuseas, vômitos e dores de cabeça. Sendo assim, a temperatura indicada pela NBR 7256 (ABNT, 2021), para os três tipos de salas de espera abordadas na norma, é de no mínimo 20°C e máximo 24°C, já a umidade relativa deve ser de no máximo 60%.

Os **termo-higrômetros** são equipamentos que fazem a medição da temperatura e umidade relativa simultaneamente. Existem alguns tipos de termo-higrômetro que permitem a leitura e armazenamento das temperaturas e umidades medidas de forma automática em um intervalo de tempo (**dataloggers**), como ilustrado na Figura 1. Estes equipamentos devem ser calibrados frequentemente e, durante as medições, é recomendado evitar locais de amostragem perto de maquinários ou locais aquecidos diretamente pelo sol ou por outras fontes de radiação, para que não interfira na aquisição de dados (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2009). É também indicado que as medições de temperatura e umidade sejam feitas em um dia crítico de inverno e de verão, tanto com alta taxa de umidade, quanto com baixa taxa de umidade no ar, por serem considerados dias extremos. Se as medições num ambiente estiverem de acordo com as recomendações em dias extremos, estima-se que a temperatura e umidade estejam adequadas e atenderão a norma durante o resto do ano.

Figura 1 – Equipamento para medição da temperatura e umidade relativa do ar (datalogger)



Fonte: Autora (2022).

Os dois parâmetros podem fornecer indicações indiretas da condição do sistema de climatização. Se a umidade do local estiver acima do estabelecido, o problema pode estar na capacidade de desumidificação do sistema de climatização. Caso o ambiente apresente temperaturas fora do recomendado, é um indicativo de que o sistema de ventilação não esteja atendendo as necessidades do local, ou o termostato esteja com problema, sendo necessário a revisão do projeto ou do sistema de climatização da sala.

## 2.2 Diferencial de pressão

O diferencial de pressão entre a sala e os espaços adjacentes serve para verificar se o fluxo direcional do ar está se movimentando para dentro ou fora da sala. A pressão positiva ocorre quando o fluxo direcional é para fora do ambiente, sendo empregada quando existe uma preocupação em proteger o local contra a contaminação do ar de outros lugares, e a pressão negativa quando o fluxo direcional é para dentro do ambiente, impedindo que os contaminantes da sala sejam dispersos para outros ambientes.

Segundo a NBR 7256 (ABNT, 2021) o nível de pressão das salas de espera de urgência e emergência e de radiologia devem ser negativa em relação aos corredores e outros ambientes adjacentes às salas, já as salas de espera de ambientes odontológicos devem possuir pressão positiva. De acordo com a RDC 50 (ANVISA, 2002) é obrigatório que as salas de espera apresentem um sanitário. Neste caso, a pressão do sanitário deve ser negativa por ser um lugar de alta contaminação, ou seja, para evitar que seu ar se espalhe para o interior das salas de espera, é necessário que seu fluxo direcional seja para dentro do sanitário.

Sendo assim, para avaliar o nível de pressão do ambiente, pode-se utilizar o **manômetro de pressão diferencial**, como o ilustrado na Figura 2. É indicado que façam duas

medições, uma em relação aos corredores e ambientes adjacentes a salas de espera e outra em relação ao sanitário presente no ambiente.

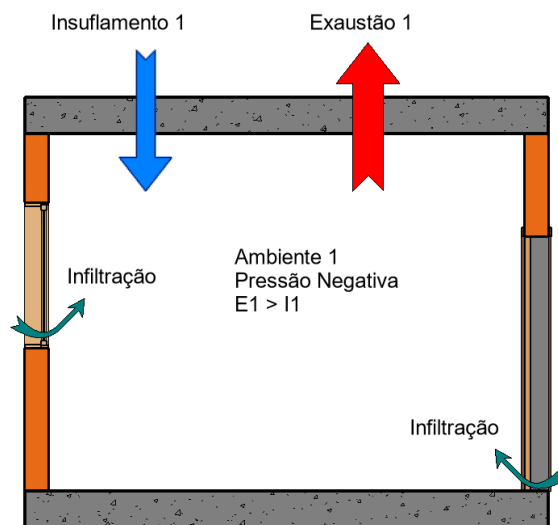
Figura 2 – Equipamento para medição do diferencial de pressão



Fonte: Autora (2022).

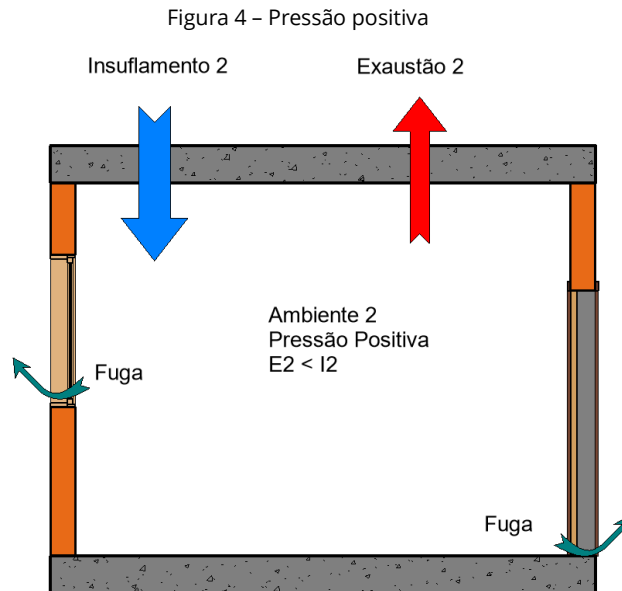
Se porventura a sala de espera não estiver atendendo os níveis de pressão indicado, o problema pode estar no volume de ar que está sendo insuflado ou extraído do ambiente. No caso de salas de espera que não apresentem pressão negativa, com exceção da sala de espera odontológica, é interessante utilizar a ventilação mecânica para auxiliar nessa diferença de pressão, sendo necessário que a exaustão do ar seja maior do que o volume de ar que está insuflado no ambiente, criando, assim, uma pressão negativa, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Pressão negativa



Fonte: Adaptado de Adolph (2020).

Caso a sala de espera odontológica não esteja com pressão positiva, a solução consiste em insuflar um volume de ar maior que o volume de exaustão do ar, de modo a criar uma pressão positiva, como mostra a Figura 4.



Fonte: Adaptado de Adolph (2020).

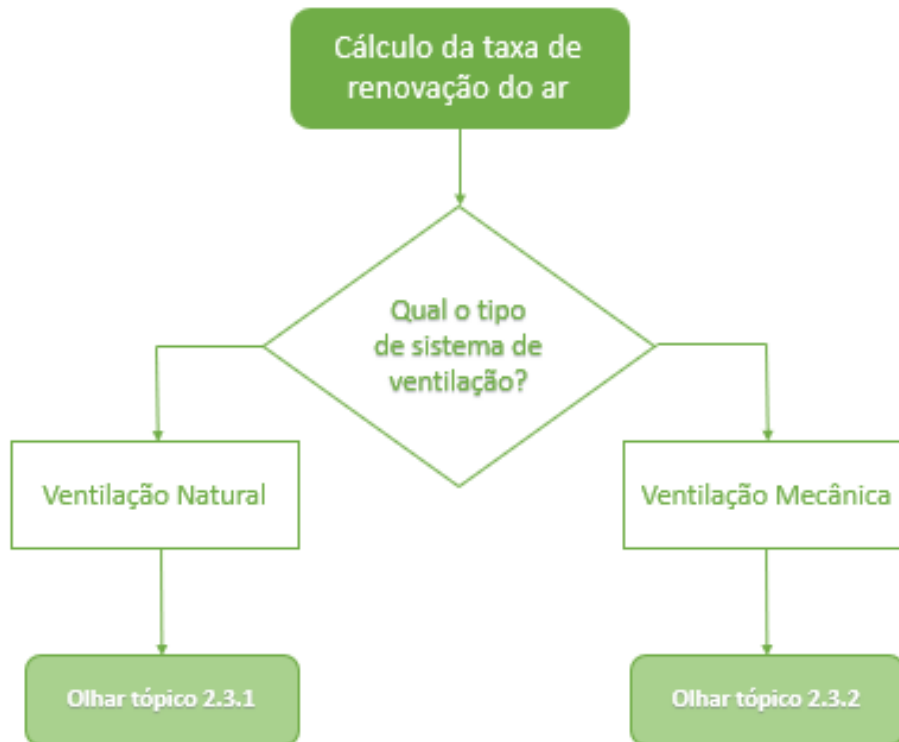
### 2.3 Taxa de renovação do ar

A renovação do ar é o método mais eficiente para se avaliar condições aceitáveis de qualidade do ar interno e o funcionamento do sistema de ventilação. A taxa de renovação do ar corresponde ao número de vezes que o volume de ar do ambiente é totalmente renovado com um ar externo/novo em um dado intervalo de tempo.

A NBR 7256 (ABNT, 2021) recomenda uma taxa mínima de 12 trocas de ar por hora para salas de espera de urgência e emergência e de radiologia, ou seja, todo o ar do ambiente deve ser renovado por um ar limpo (ar externo) por 12 vezes a cada hora. Entretanto, para salas de espera de consultórios odontológicos, a norma indica uma taxa mínima de 6 trocas de ar por hora. Apesar destes valores serem recomendados para ambientes climatizados artificialmente, também serão adotados como referência mínima para salas com ventilação natural, respectivamente.

Para avaliar a taxa de renovação do ar, é importante verificar o tipo de sistema de climatização que está sendo utilizado na sala de espera. O passo a passo para determinar a taxa de renovação é indicado na Figura 5. Se o valor da taxa de renovação da sala for abaixo do sugerido pela norma, é necessário aumentar a vazão de ar externo para que ocorra corretamente a diluição dos contaminantes presentes no ar interno.

Figura 5 – Cálculo taxa de renovação do ar



Fonte: Autora (2022).

### 2.3.1 Ventilação Natural

Os cálculos para determinar a taxa de renovação do ar variam conforme o tipo de ventilação natural, que é classificada de acordo com o posicionamento das aberturas, podendo ser ventilação natural unilateral ou cruzada. Nos próximos itens são abordados os cálculos necessários para determinar a taxa de renovação do ar com ventilação natural unilateral e ventilação natural cruzada, além de serem indicados as relações entre profundidade e pé-direito da sala de espera para se possuir uma boa ventilação natural, baseadas nos estudos de Irving, Ford e Etheridge (2005).

Para o cálculo da taxa de renovação do ar em salas de espera com ventilação natural foi utilizado como base as equações descritas no Capítulo 6: Ventilação Natural do **livro Eficiência Energética na Arquitetura**, que tem como autores Roberto Lamberts, Luciano Dutra e Fernando O. R. Pereira e está disponível de forma gratuita no site [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf).

### 2.3.1.1 Ventilação Natural Unilateral

Para determinar a taxa de renovação do ar em sala com ventilação unilateral, primeiramente, é necessário calcular o fluxo de ar através da Equação 1 e, para isso, é preciso determinar a área efetiva da janela e a velocidade média do vento que entra na altura dessa abertura.

$$Q = 0,025 \times A \times V \quad (1)$$

Onde:

Q = fluxo de ar com ventilação unilateral [m<sup>3</sup>/s];

A = área efetiva da janela [m<sup>2</sup>];

V = velocidade média do vento [m/s].

Após calcular o fluxo de ar e com a dimensão do volume do ambiente (pé direito x comprimento x largura), pode-se aplicar os valores na Equação 2 e determinar a taxa de renovação do ar da sala de espera avaliada.

$$T = \frac{Q \times 3600}{v} \quad (2)$$

Onde:

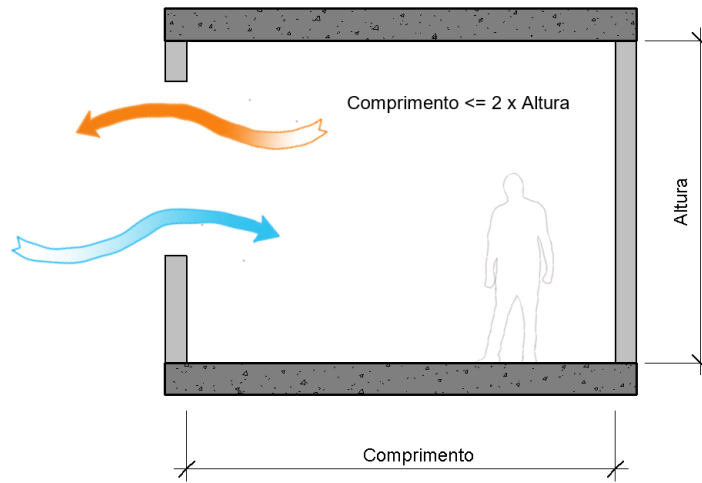
T = taxa de renovação do ar [trocas de ar por hora];

v = volume da sala de espera [m<sup>3</sup>];

Q = fluxo de ar [m<sup>3</sup>/s].

Uma sala com uma boa ventilação unilateral precisa que sua profundidade (W) seja menor ou igual a duas vezes sua altura (H), conforme indicado na Figura 6.

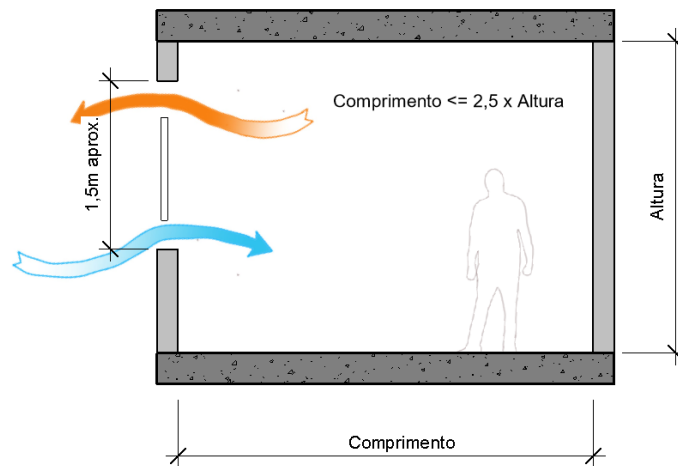
Figura 6 – Relação profundidade x altura na ventilação unilateral com abertura única



Fonte: Adaptado de Irving, Ford e Etheridge (2005).

Caso haja mais de uma abertura na mesma parede, a relação entre a profundidade (W) e altura (H) é de no máximo 2,5 vezes, como ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Relação profundidade x altura na ventilação unilateral com abertura dupla



Fonte: Adaptado de Irving, Ford e Etheridge (2005).

### 2.3.1.2 Ventilação Natural Cruzada

Para determinar a taxa de renovação do ar em sala com ventilação cruzada, primeiramente, é necessário calcular o fluxo de ar através da Equação 3 e, para isso, é preciso

determinar a área equivalente da abertura, a velocidade média do vento que entra na altura dessa abertura e o coeficiente de pressão do vento.

$$Q = 0,6 \times A_j \times V \times \sqrt{\Delta C_p} \quad (3)$$

Onde:

Q = fluxo de ar com ventilação cruzada [m<sup>3</sup>/s];

A<sub>j</sub> = área efetiva da janela [m<sup>2</sup>];

V = velocidade média do vento [m/s];

ΔC<sub>PL</sub> = coeficiente de pressão do vento.

Após calcular o fluxo de ar e com a dimensão do volume do ambiente (pé direito x comprimento x largura), pode-se aplicar os valores na Equação 4 e determinar a taxa de renovação do ar da sala de espera avaliada.

$$T = \frac{Q \times 3600}{v} \quad (4)$$

Onde:

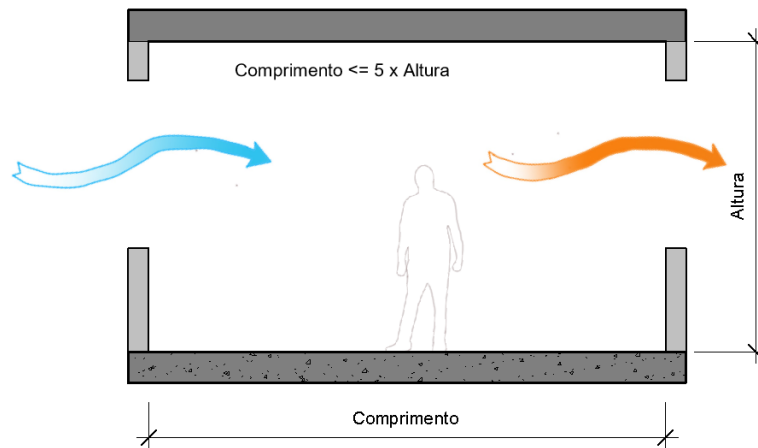
T = taxa de renovação do ar [trocas de ar por hora];

v = volume da sala de espera [m<sup>3</sup>];

Q = fluxo de ar [m<sup>3</sup>/s].

Uma sala com uma boa ventilação cruzada precisa que sua profundidade (W) seja menor ou igual a cinco vezes a sua altura (H), conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Relação profundidade x altura na ventilação cruzada



Fonte: Adaptado de Irving, Ford e Etheridge (2005).

### 2.3.2 Ventilação Mecânica

Existem diversas técnicas para se avaliar a taxa de renovação do ar de ambientes com ventilação mecânica. No caso de salas de espera com ventilação mecânica, sugere-se a utilização da **técnica do decaimento**, pela sua facilidade e precisão (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, 2009).

Para utilização dessa técnica, é necessário ter um cilindro de CO<sub>2</sub> e um medidor de CO<sub>2</sub>, como ilustrados na Figura 9, respectivamente. Além disso, recomenda-se que a sala esteja desocupada no momento da medição.

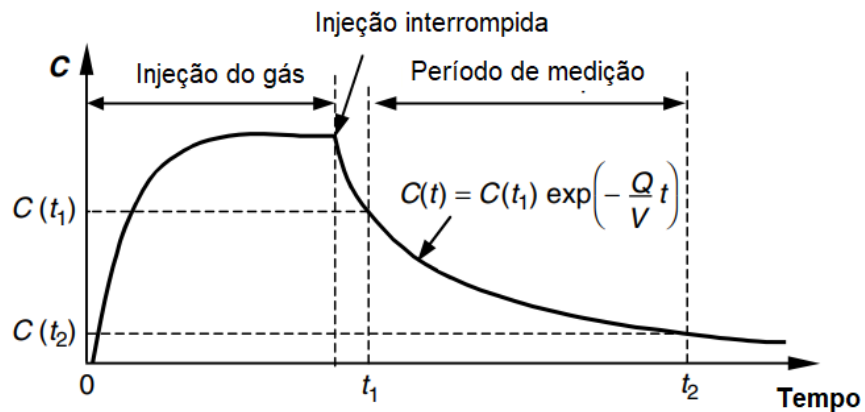
Figura 9 - Equipamentos para medição da renovação do ar



Fonte: Autora (2022).

A técnica do decaimento consiste em injetar uma certa quantidade de CO<sub>2</sub> por um curto período de tempo, no interior da sala de espera a ser testada, de modo a obter-se uma concentração uniforme. Após misturar com o ar ambiente, e atingindo uma certa concentração desejada, o dispositivo de injeção do gás deve ser desligado, iniciando assim, a medição do decaimento da concentração do gás traçador ao longo do tempo, até que a concentração se estabilize próximo do valor inicialmente medido no ambiente. A medição pode ser realizada a qualquer momento após a interrupção da injeção de CO<sub>2</sub>. É importante anotar os valores da concentração de CO<sub>2</sub>, após a interrupção da injeção do gás ( $C(t_1)$ ) e próximo ao valor da concentração inicial ( $C(t_2)$ ), conforme mostra a Figura 10.

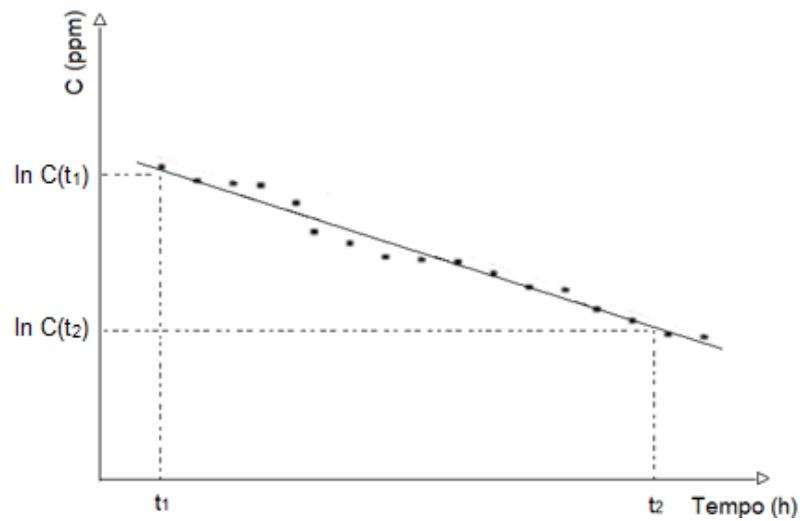
Figura 10 – Início da medição de CO<sub>2</sub>



Fonte: Pereira (2020).

No final do período de medição, deve-se obter uma curva exponencial logarítmica descendente ao longo do tempo, conforme ilustrado na Figura 11. Desta forma, os valores da concentração na escala logarítmica são usados para obter uma relação linear entre o logaritmo da concentração do gás marcador e o tempo.

Figura 11 – Curva de decaimento



Fonte: Adaptado de Pereira (2020).

A partir da curva logarítmica linearizada de decaimento da concentração versus tempo, obtém-se a Equação 5 e, assim, a taxa de renovação do ar.

$$T = \frac{\ln C(t_2) - \ln C(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

Onde:

T = taxa de renovação do ar [trocas de ar por hora];

C(t<sub>2</sub>) = concentração de CO<sub>2</sub> no tempo t<sub>2</sub> [ppm];

C(t<sub>1</sub>) = concentração de CO<sub>2</sub> no tempo t<sub>1</sub>[ppm];

t<sub>2</sub> = tempo 2 [h];

t<sub>1</sub> = tempo 1 [h].

## 2.4 Planilha de verificação (Checklist)

Após a medição dos parâmetros de temperatura, umidade relativa, taxa de renovação do ar e nível de pressão da sala, conforme indicado e abordado no manual, é disponibilizado para download, através do link [https://drive.google.com/drive/folders/1drYxT-b8IEFvxvEut5\\_8Y\\_piZ\\_VhHrwyu?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1drYxT-b8IEFvxvEut5_8Y_piZ_VhHrwyu?usp=sharing), uma planilha elaborada no Excel que indica se os valores avaliados estão atendendo os requisitos mínimos recomendado pela NBR 7256 (ABNT, 2021). Como a norma aborda três tipos diferentes de sala de espera, foi elaborada uma aba para cada tipo de sala de espera. Além disso, possui uma aba específica com as relações de

dimensionamento de salas de espera com ventilação natural baseada nos estudos de Irving, Ford e Etheridge (2005). A Figura 12 apresenta destacado as abas no canto inferior esquerdo.

Figura 12 – Checklist

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR DE SALAS DE ESPERA DE EMERGÊNCIA E URGÊNCIA DE ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE DE ACORDO COM A NBR 7256 Trabalho de Conclusão de Curso   Engenharia Civil   DACC Orientação Prof. Dra. Ana Lígia Papt de Abreu   Desenvolvido por Maria Eduarda da Silva Knoblauch   Coorientação Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira							
Responsável técnico	Data da vistoria	Ambiente	Sistema de Ventilação	Temperatura da sala [°C]	Umidade relativa da sala [%]	Taxa de renovação de ar da sala [trocas de ar/h]	Nível de pressão da sala
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						

Sala de espera - Emerg. e Urg. | Sala de espera - Radiologia | Sala de espera - Odontológica | Sala de espera - Vent. Natural

Fonte: Autora (2022).

No caso das salas de espera não categorizadas pela NBR 7256 (ABNT, 2021), pode-se utilizar a mesma aba das salas de espera de emergência e urgência, visto que dos três tipos abordados pela norma, esta apresenta os parâmetros mais rigorosos. Neste caso, estas salas de espera não necessitam atender os requisitos da norma, servindo apenas como base.

Conforme o responsável pela avaliação da qualidade do ar for preenchendo os dados que se pede na coluna, é apontado automaticamente se o valor está dentro ou não do estabelecido pela norma. **Resultados em vermelho** indicam que o parâmetro **não está atendendo a norma**, já **resultados em verde** indicam que **está dentro das especificidades da NBR 7256** (ABNT, 2021). Para demonstrar o funcionamento da planilha e facilitar o entendimento, a Figura 12 apresenta um exemplo fictício de uma sala de espera de unidade de pronto atendimento e como ficaria o preenchimento da planilha conforme os dados obtidos.


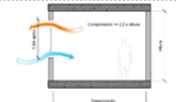

Figura 13 – Demonstração da planilha de verificação

<b>AValiação da Qualidade do Ar de Salas de Espera de Emergência e Urgência de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde</b> <b>DE ACORDO COM A NBR 7256</b> Trabalho de Conclusão de Curso   Engenharia Civil   DACC Orientação Prof. Dra. Ana Lúcia Papt de Abreu   Desenvolvido por Maria Eduarda da Silva Knoblauch   Coorientação Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira							
Responsável técnico	Data da vistoria	Ambiente	Sistema de Ventilação	Temperatura da sala [°C]	Umidade relativa da sala [%]	Taxa de renovação do ar da sala [trocas de ar/h]	Nível de pressão da sala
Maria Eduarda da Silva Knoblauch	30/06/2022	Sala de espera da UPA	Mecânica	22	78	10	Negativo
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						
	00/00/0000						

Fonte: Autora (2022).

Na avaliação das relações de dimensionamento de salas de espera com ventilação natural, o responsável precisará verificar a quantidade de janelas que possui na sala e qual o tipo de ventilação natural que está sendo utilizado, além das medidas de profundidade e altura da sala. Após esse levantamento, o responsável deverá preencher a profundidade e altura da sala e, com isso, a planilha já indicará se a relação para ser prover uma ventilação natural eficaz está sendo atendida ou não. A Figura 13 demonstra um exemplo fictício de uma sala de espera da unidade básica de saúde com ventilação unilateral e abertura única.

Figura 14 – Demonstração da planilha de verificação para relações de dimensionamento

<b>AValiação das Relações de Dimensionamento de Salas de Espera com Ventilação Natural de Estabelecimentos de Saúde de acordo com Irving, Ford e Etheridge</b> Trabalho de Conclusão de Curso   Engenharia Civil   DACC Orientação Prof. Dra. Ana Lúcia Papt de Abreu   Desenvolvido por Maria Eduarda da Silva Knoblauch   Coorientação Prof. Dr. Marcelo Luiz Pereira									
Responsável técnico	Data da vistoria	Ambiente	Sistema de Ventilação Natural	Abertura	Relação Altura x Comprimento	Dimensão [m]			
Maria Eduarda da Silva Knoblauch	30/06/2022	Sala de espera da UBS	Unilateral	Única		W ≤ 2H	Altura (H)	2,8	Atende
				Dupla			W ≤ 2,5H	Comprimento (W)	
			Cruzada	-		W ≤ 5H	Altura [m]		-
							Comprimento (W)		-

Fonte: Autora (2022).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade do ar em ambientes internos, principalmente nos estabelecimentos assistenciais de saúde, vem recebendo uma crescente atenção devido a seus efeitos sobre a saúde humana. Os aspectos arquitetônicos e o controle dos parâmetros físicos podem contribuir para o controle de doenças transmitidas pelo ar, como aquelas causadas por vírus que atacam as vias respiratórias. Sendo assim, um espaço limpo e agradável tornou-se garantia de bem-estar e saúde para seus ocupantes.

Em ambientes como as salas de espera, manter níveis agradáveis destes padrões estabelecidos asseguram uma possível não contaminação dos indivíduos presentes, promovendo ainda uma sensação de segurança e conforto diante dos quadros infecciosos de cada paciente. Portanto, o manual buscou trazer os principais parâmetros que afetam a qualidade do ar e indicar como podem ser aferidos. Além disso, é disponibilizado ao responsável um checklist para verificar de forma mais simples e automática se os valores aferidos estão de acordo com a NBR 7256 (ABNT, 2021).

Para uma avaliação eficiente é importante coletar e observar dados e comportamentos, elaborando hipóteses e potenciais soluções para os eventuais problemas encontrados no ambiente. Esta avaliação do espaço estudado busca mitigar os problemas provocados pela ausência de condição adequada do ar, orientando a pesquisa e a solução a proporcionar um ambiente seguro tecnicamente. É importante que ao final do preenchimento, o responsável faça um levantamento dos parâmetros que não estavam de acordo, para que assim, o engenheiro consiga identificar o problema que está ocasionando a falta de qualidade do ar no interior das salas de espera, além de deixar registrado historicamente como está a qualidade do ar daquele ambiente. Com os dados apresentados e as soluções levantadas, faz-se possível verificar a necessidade de reforma nas salas de espera mais críticas e, assim, estruturar um ambiente mais confortável e saudável para toda a sociedade.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7256**: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) — Requisitos para projeto e execução das instalações. Rio de Janeiro: 2021.
- ADOLPH, Marco. O que faz o ar condicionado de um hospital ser prejudicial? **TROX**, São Paulo, 2020. Disponível em: [https://www.troxbrasil.com.br/downloads/6c9cababad3006ec/Artigo-Split-hospitais-Marco-Adolph\\_-FINAL.pdf?type=brochure](https://www.troxbrasil.com.br/downloads/6c9cababad3006ec/Artigo-Split-hospitais-Marco-Adolph_-FINAL.pdf?type=brochure)
- AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico. **Amadora**, Amadora, 2009.
- ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2002.
- BRASIL. **Conforto Ambiental em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2014. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33852/271892/Manual+-+Conforto+ambiental+em+estabelecimentos+assistenciais+de+saúde/1972dd59-4a12-44a8-8d11-7ac348433fba>. Acesso em: 4 jan. 2022.
- IRVING, Steve; FORD, Prof. Brian; ETHERIDGE, David. **Natural ventilation in non-domestic buildings**. London: [s. n.], 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9780203477380-14>
- PEREIRA, Marcelo Luiz. **Apostila de Ventilação e Qualidade do ar**. São José: [s. n.], 2020.
- QUADROS, Marina Eller. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91068>. Acesso em: 28 dez. 2021.
- WHO, World Health Organization. **Natural ventilation for infection control in health-care settings**. Suíça: World Health Organization, 2009. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/natural\\_ventilation/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/natural_ventilation/en/). Acesso em: 4 jan. 2022.

