

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM ENGENHARIA- FCTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA- PPGEB

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTE HOSPITALAR NO DISTRITO FEDERAL:
CONFORMIDADE COM PADRÕES E IMPACTOS NA SAÚDE DOS USUÁRIOS**

DAVID FRANCISCO VIEIRA LEITE

ORIENTADORA: DRA. ALDIRA GUIMARÃES DUARTE DOMÍNGUEZ



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM ENGENHARIA- FCTE



**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTE HOSPITALAR NO DISTRITO
FEDERAL: CONFORMIDADE COM PADRÕES E IMPACTOS NA SAÚDE DOS USUÁRIOS**

DAVID FRANCISCO VIEIRA LEITE

ORIENTADORA: DRA. ALDIRA GUIMARÃES DUARTE DOMÍNGUEZ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM
ENGENHARIA BIOMÉDICA

PUBLICAÇÃO: 194A/2024
BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO DE 2024

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS EM ENGENHARIA- FCTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTE HOSPITALAR NO DISTRITO FEDERAL:
CONFORMIDADE COM PADRÕES E IMPACTOS NA SAÚDE DOS USUÁRIOS**

DAVID FRANCISCO VIEIRA LEITE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

APROVADA POR:

DRA. ALDIRA GUIMARÃES DUARTE DOMÍNGUEZ
(ORIENTADOR)

DR. MÁRIO FABRÍCIO FLEURY ROSA
(EXAMINADOR INTERNO)

DRA. SIMONE CYNAMON COHEN
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO DE 2024
FICHA CATALOGRÁFICA

LEITE, DAVID FRANCISCO VIEIRA

Avaliação da Qualidade do Ar em Ambiente Hospitalar no Distrito Federal: Conformidade com Padrões e Impactos na Saúde dos Usuários.[Distrito Federal], 2024.

(FCTE/ Faculdade de Ciências e Tecnologias em Engenharia, Mestrado em Engenharia Biomédica, 2024).

Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Faculdade UnB Gama, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Qualidade do Ar | 2. Saúde Ambiental |
| 3. Ambiente Hospitalar | 4. Parâmetros Ambientais |
| I. FGA UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA

Leite, David Francisco Vieira (2024). Avaliação da Qualidade do Ar em Ambiente Hospitalar no Distrito Federal: Conformidade com Padrões e Impactos na Saúde dos Usuários. Dissertação de mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 194A/2024, Programa de Pós-Graduação, Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 128p.

CESSÃO DE DIREITOS

Autor: David Francisco Vieira Leite

Título: Avaliação da qualidade do ar em ambiente hospitalar no Distrito Federal: conformidade com padrões e impactos na saúde dos usuários.

Grau: Mestre

Ano: 2024

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender essas cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

231103152@aluno.unb.br

Brasília, DF – Brasil

DEDICATÓRIA

Gostaria de dedicar este trabalho a Deus, cuja infinita bondade e misericórdia têm me capacitado para realizar os sonhos e alcançar os objetivos que, sem Ele, seriam impossíveis. Sua presença constante me concedeu muitas bênçãos, incluindo este momento tão significativo.

Agradeço também à minha família, pelo apoio e incentivo incondicionais. Vocês são a base que me impulsiona em direção aos meus sonhos, sempre torcendo pelo meu sucesso e me sustentando em todas as etapas. À minha esposa, Caroline Carvalho Leite, minha parceira de vida, que esteve ao meu lado nos momentos bons e nos desafios. Seu amor, paciência e apoio inabaláveis foram fundamentais para que eu prosseguisse. Além disso, sua ajuda, tanto nos aspectos científicos que tanto admiro, quanto no suporte emocional, fez com que eu pudesse chegar até aqui. Tenho uma gratidão imensa por tudo o que você representa.

Ao meu filho, Emanuel Carvalho Leite, nosso presente de Deus, que chegou para encher nossas vidas de alegria. Sua presença me fortalece ainda mais na busca pelos meus objetivos e me lembra do que é realmente importante.

Aos meus pais, por tudo o que fizeram para que eu tivesse uma educação de qualidade, e, mais do que isso, por me ensinarem valores profundos sobre trabalho, persistência e a importância de nunca desistir dos nossos sonhos.

À professora Aldira Guimarães Duarte Domínguez, minha orientadora, que me guiou não apenas academicamente e profissionalmente, mas também esteve ao meu lado, torcendo por mim em todos os momentos e celebrando minhas conquistas pessoais e familiares. Sou profundamente grato pelo seu tempo e dedicação.

Ao professor André Luís Brasil Cavalcante, por sua simplicidade e generosidade. Através do Grupo de Pesquisa Inovações e Tecnologias Aplicadas em Geotecnia Ambiental (GEOFLUXO) e do projeto NEXUS, tive a oportunidade de adquirir conhecimentos valiosos, não só para este trabalho, mas também para a minha vida pessoal.

AGRADECIMENTO

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília – *campus* Gama, pela oportunidade de realização do curso e por abrir as portas para formação de novos profissionais.

Aos professores que compõem o colegiado do curso de graduação Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade de Brasília –*campus* Gama, pela transmissão de todo conhecimento e por toda paciência e dedicação com o qual executam seus trabalhos.

Agradeço ao Programa Ecoplanetário, Programa de pesquisa e extensão da Universidade de Brasília que objetiva a análise de condições ambientais e seus impactos na saúde humana, programa este ao qual eu orgulhosamente faço parte e que possibilitou o financiamento do equipamento utilizado no presente trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa Inovações e Tecnologias Aplicadas em Geotecnia Ambiental Geofluxo ao qual também faço parte também de sua extensão o projeto Nexus, que coordenado pelo professor André Luís Brasil Cavalcante trouxe diversas contribuições para o trabalho e para minha vida pessoal.

À minha banca examinadora, Professora Simone Cynamon Cohen; Professor Mário Fabrício Fleury Rosa; e Professor Carlos Federico Domínguez Avila, por terem me honrado em aceitar o convite e por dispor de seus tempos para que este momento fosse possível.

Ao amigo Mario Rene Rivera Osorto, também integrante do Geofluxo por toda ajuda e insights valiosos para execução do trabalho e por todo auxílio na condução do Nexus nos condicionando aos caminhos corretos.

Ao amigo Ramon Mendes de Souza, minha profunda gratidão por todo o incentivo e pelas palavras de apoio, especialmente nos momentos cruciais. Sua parceria e compartilhamento de conhecimento foram fundamentais para manter o ânimo e seguir em frente com determinação.

RESUMO

A saúde ambiental refere-se à qualidade do ambiente em que as pessoas vivem e interagem, influenciando diretamente seu bem-estar. Em contextos hospitalares, ela é especialmente importante, pois fatores como a qualidade do ar, podem afetar a recuperação dos pacientes, a eficácia dos tratamentos e a segurança de todas as pessoas que frequentam esses espaços. Garantir ambiente internos arejados é essencial para prevenir complicações e reduzir a ocupação em decorrência de internações hospitalares. Estudar a qualidade do ar nesses ambientes é fundamental para compreender como fatores como dióxido de carbono (CO₂), umidade e temperatura podem afetar a saúde dos usuários e trabalhadores que permanecem longos períodos dentro desses espaços. Inadequações nessas variáveis podem resultar em problemas respiratórios, fadiga, desconforto térmico e até comprometer os resultados dos procedimentos médicos, sendo, portanto, o monitoramento contínuo e o controle rigoroso dessas variáveis cruciais para garantir a segurança e a qualidade dos cuidados oferecidos. Este estudo avaliou a qualidade do ar em um hospital público no Distrito Federal, com o objetivo de verificar a conformidade dos níveis de CO₂, umidade e temperatura com os padrões estabelecidos por órgãos reguladores e analisar os impactos dessas variáveis na saúde dos usuários. Foi conduzido um estudo observacional transversal, com coleta de dados em seis pontos estratégicos do hospital utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de dióxido de Carbono (CO₂) MX1102, fabricado pela Onset Computer Corporation, uma empresa especializada em registradores de dados ambientais, no qual permitiu a mensuração das condições ambientais. Os resultados foram comparados com as normas vigentes. Os dados mostraram, ao longo da pesquisa, que majoritariamente as condições ambientais apresentavam conformidade parcial com os padrões estabelecidos. Nas áreas críticas, como o Centro Cirúrgico e a UTI, o controle de temperatura e umidade foi adequado, proporcionando um ambiente seguro para a recuperação dos pacientes. No entanto, foi detectado níveis elevados de CO₂ nesses espaços o que sugerem a necessidade de melhorias nos sistemas de ventilação. Em áreas de grande circulação, como salas de espera e recepção, temperaturas elevadas e baixa umidade apontaram a possibilidade de desconforto térmico que podem afetar o bem-estar de pacientes e visitantes. Desta forma entende-se que os dados sobre ventilação, especialmente nas áreas mais críticas, podem comprometer tanto a recuperação dos pacientes quanto o desempenho dos profissionais de saúde. Sugestões de melhoria realizadas ao longo deste trabalho incluem a instalação de sistemas de ventilação mais eficientes e instalação de sistema de climatização nas áreas de alta complexidade. O estudo também ressaltou a importância do monitoramento contínuo dos parâmetros ambientais para garantir respostas rápidas e adequadas, promovendo um ambiente saudável, seguro e confortável. Em conclusão, o controle rigoroso das

condições ambientais é essencial para a segurança e o bem-estar de todos os usuários e trabalhadores do hospital. A implementação de melhorias reduzirá os riscos de complicações hospitalares, além de proporcionar um ambiente mais propício à recuperação dos usuários, acelerando o processo de desospitalização. O estudo sugere, ainda, a criação de políticas públicas fundamentadas em monitoramento contínuo e a adoção de práticas de gestão ambiental hospitalar com o uso de tecnologias.

Palavras-chave: Qualidade do ar, ambiente hospitalar, saúde ambiental, parâmetros ambientais.

ABSTRACT

Environmental health pertains to the quality of the environment where people live and interact, directly influencing their well-being. In hospital settings, it is particularly important, as factors like air quality can affect patient recovery, treatment efficacy, and the safety of all those who frequent these spaces. Ensuring well-ventilated indoor environments is essential for preventing complications and reducing hospital admissions. Studying air quality in these environments is crucial to understanding how factors such as carbon dioxide (CO₂), humidity, and temperature can affect the health of users and workers who spend extended periods in these areas. Inadequacies in these variables can lead to respiratory problems, fatigue, thermal discomfort, and even compromise medical outcomes, making continuous monitoring and strict control of these variables crucial for ensuring safety and quality of care. This study evaluated air quality in a public hospital in the Federal District, aiming to verify the compliance of CO₂, humidity, and temperature levels with standards set by regulatory bodies and to analyze the impacts of these variables on users' health. A cross-sectional observational study was conducted, with data collected from six strategic points in the hospital using the MX1102 Digital Thermo-Hygrometer with Data Logger and Carbon Dioxide (CO₂) Sensor, manufactured by Onset Computer Corporation, a company specializing in environmental data loggers, which allowed for the measurement of environmental conditions. The results were compared with current standards. The data showed that, throughout the research, environmental conditions mostly partially complied with established standards. In critical areas, such as the Surgical Center and ICU, temperature and humidity control was adequate, providing a safe environment for patient recovery. However, elevated CO₂ levels were detected in these spaces, suggesting the need for improvements in ventilation systems. In high-traffic areas, such as waiting rooms and reception, high temperatures and low humidity indicated the possibility of thermal discomfort, which can affect the well-being of patients and visitors. Thus, it is understood that ventilation data, especially in the most critical areas, can compromise both patient recovery and healthcare professionals' performance. Improvement suggestions made throughout this work include the installation of more efficient ventilation systems and air conditioning in high-complexity areas. The study also highlighted the importance of continuous monitoring of environmental parameters to ensure rapid and appropriate responses, promoting a healthy, safe, and comfortable environment. In conclusion, strict control of environmental conditions is essential for the safety and well-being of all hospital users and workers. Implementing improvements will reduce the risks of hospital complications and provide a more conducive environment for user recovery, speeding up the discharge process. The study further

suggests the creation of public policies based on continuous monitoring and the adoption of hospital environmental management practices using technology.

Keywords: Air quality, hospital environment, environmental health, environmental parameters.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVOS	21
1.1.1	Objetivo Geral	21
1.1.2	Objetivos Específicos	21
1.2	Justificativa	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	Saúde Ambiental e Poluição Atmosférica	24
2.2	Qualidade do Ar	27
2.3	Atenção Hospitalar no SUS	30
2.4	Legislação e Normas Técnicas	33
2.5	Parâmetros Ambientais	41
2.5.1	Temperatura	41
2.5.2	Umidade	43
2.5.3	Dióxido de Carbono (CO ₂)	44
3	ASPECTOS METODOLÓGICOS	45
3.1	Tipo de Estudo	46
3.2	Coleta dos Dados	46
3.3	Instrumentação	48
3.4	Análise dos Dados	51
3.5	Comparação com Normas e Diretrizes	52
3.6	Divulgação dos Resultados	53
3.7	Limitações da Pesquisa	53
4	RESULTADOS	54
5	DISCUSSÃO	112
6	CONCLUSÃO	117
7	REFERÊNCIAS	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição Sensor de Temperatura.	49
Tabela 2. Descrição Sensor de Umidade.	49
Tabela 3. Descrição Sensor de CO ₂	50
Tabela 4. Descrição de Captação e Armazenamento de Dados.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Principais Agentes Poluentes Presentes na Atmosfera e Suas Repercussões na Saúde Humana	25
Quadro 2 Qualidade do Ar e Efeitos à Saúde Humana.....	30
Quadro 3 Fundamentos que Caracterizam os Modelos de Gestão no Brasil Para Atenção Hospitalar.	31
Quadro 4. Dados coletados, no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO2 MX1102..	56
Quadro 5. Dados coletados, no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO2 MX1102	65
Quadro 6. Dados coletados, na sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO2 MX1102..	74
Quadro 7. Dados coletados, na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO2 MX1102.	84
Quadro 8. Dados coletados, na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO2 MX1102.....	94
Quadro 9. Dados coletados, na hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO2 MX1102.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Registrador de Dados de Dióxido de Carbono/Temperatura/UR HOBO.....	49
Figura 2. Aplicativo HOBO Mobile.	51
Figura 3. Medições de Temperatura, Umidade e Dióxido de Carbono (CO ₂) no Centro Cirurgico do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	55
Figura 4. Medições de Temperatura, Umidade e Dióxido de Carbono (CO ₂) no Quarto De Internação do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	64
Figura 5. Medições de Temperatura, Umidade e Dióxido de Carbono (CO ₂) na Sala de Espera da Radiologia do Hospital, o Utilizando Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	73
Figura 6. Medições de Temperatura, Umidade e Dióxido de Carbono (CO ₂) na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	83
Figura 7. Medições de Temperatura, Umidade e Dióxido de Carbono (CO ₂) na Central De Materiais Esterilizados (CME) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	93
Figura 8. Medições de Temperatura, Umidade e Dióxido de Carbono (CO ₂) na Hotelaria do Hospital, o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Dados de Temperatura no Centro Cirúrgico do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	57
Gráfico 2. Dados de Umidade Relativa (RH%) no Centro Cirúrgico do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102	58
Gráfico 3. Dados de CO ₂ no Centro Cirúrgico do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	59
Gráfico 4. Dados de Média e Desvio Padrão de Temperatura e Temperatura de Saturação do Ar no Centro Cirúrgico do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	60
Gráfico 5. Dados de Média e Desvio Padrão de Umidade Relativa (RH%) no Centro Cirúrgico do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	61
Gráfico 6. Dados de Média e Desvio Padrão de CO ₂ no Centro Cirúrgico do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	62
Gráfico 7. Dados de Temperatura em Quarto de Internação do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	65
Gráfico 8. Dados de Umidade Relativa (RH%) em Quarto de Internação do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	67
Gráfico 9. Dados de CO ₂ em Quarto de Internação do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	68
Gráfico 10. Dados de Média e Desvio Padrão de Temperatura e Temperatura de Saturação do Ar em Quarto de Internação do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	69
Gráfico 11. Dados de Média e Desvio Padrão de Umidade Relativa (RH%) em Quarto de Internação do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	70
Gráfico 12. Dados de Média e Desvio Padrão de CO ₂ em Quarto de Internação do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102	71
Gráfico 13. Dados de Temperatura na Sala de Espera da Radiologia do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	75
Gráfico 14. Dados de Umidade Relativa (RH%) na Sala de Espera da Radiologia do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	77
Gráfico 15. Dados de CO ₂ na Sala de Espera da Radiologia do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	78
Gráfico 16. Dados de Média e Desvio Padrão de Temperatura e Temperatura de Saturação na Sala de Espera da Radiologia do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	79
Gráfico 17. Dados de Média e Desvio Padrão de Umidade Relativa (RH%) na Sala de Espera da Radiologia do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	80
Gráfico 18. Dados de Média e Desvio Padrão de CO ₂ na Sala de Espera da Radiologia do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	81
Gráfico 19. Dados de Temperatura na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	85
Gráfico 20. Dados de Umidade Relativa (RH%) na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	86

Gráfico 21. Dados de CO ₂ na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	87
Gráfico 22. Dados de Média e Desvio Padrão de Temperatura e Temperatura de Saturação na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	88
Gráfico 23. Dados de Média e Desvio Padrão de Umidade Relativa (RH%) na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	89
Gráfico 24. Dados de Média e Desvio Padrão de CO ₂ na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	91
Gráfico 25. Dados de Temperatura na Central de Materiais Esterilizados (CME) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	94
Gráfico 26. Dados de Umidade Relativa (RH%) na Central de Materiais Esterilizados (CME) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	96
Gráfico 27. Dados de CO ₂ na Central de Materiais Esterilizados (CME) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	97
Gráfico 28. Dados de Média e Desvio Padrão de Temperatura e Temperatura de Saturação na Central de Materiais Esterilizados (CME) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	98
Gráfico 29. Dados de Média e Desvio Padrão de Umidade Relativa (RH%) na Central de Materiais Esterilizados (CME) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	99
Gráfico 30. Dados de Média e Desvio Padrão de CO ₂ na Central de Materiais Esterilizados (CME) do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	100
Gráfico 31. Dados de Umidade Relativa (RH%) na Hotelaria do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	104
Gráfico 32. Dados de Umidade Relativa (RH%) na Hotelaria do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	105
Gráfico 33. Dados de CO ₂ na Hotelaria do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	107
Gráfico 34. Dados de Média e Desvio Padrão de Temperatura e Temperatura de Saturação na Hotelaria do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	108
Gráfico 35. Dados de Média e Desvio Padrão de Umidade Relativa (RH%) na Hotelaria do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	110
Gráfico 36. Dados de Média e Desvio Padrão de CO ₂ na Hotelaria do Hospital, Utilizando o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO ₂ MX1102.....	111

LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIações

CO₂	Dióxido de Carbono
OMS	Organização Mundial da Saúde
DataSUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
QAI	Qualidade do Ar Interno
AVCs	Acidentes Vasculares Cerebrais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
IQA	Índice de Qualidade do Ar
PQAr	Padrões de Qualidade do Ar
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PPM	Partes por Milhão
PM10	Material Particulado
O₃	Ozônio
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudanças Climáticas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
EAH	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
MS	Ministério da Saúde
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
°C	Celsius
°F	Fahrenheit
UR	Umidade Relativa do Ar
APA	Associação Portuguesa do Ambiente

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido observado um aumento significativo na quantidade de gases de efeito estufa presentes na atmosfera terrestre, tais como dióxido de carbono (CO₂), ozônio, metano e óxido nítrico. Esse aumento é resultado das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e as mudanças no uso da terra. Esse fenômeno desempenha um papel crucial no que diz respeito ao aquecimento global. Durante o período entre 1906 e 2005, a temperatura média global da terra registrou um aumento de aproximadamente 0,74 + 0,18°C, e projeções indicam que até o ano de 2100 esse aumento poderá variar entre 2 e 4,5°C. Este aumento na temperatura traz consigo implicações preocupantes para o ecossistema do planeta, incluindo impactos significativos nos recursos naturais, nos padrões climáticos e na vida de várias espécies, inclusive a humana (IPCC, 2007).

A presença de substâncias tóxicas na atmosfera, conhecida como poluição do ar, tem um impacto negativo tanto no meio ambiente quanto na saúde das pessoas. Essa poluição pode abranger uma variedade de agentes poluentes, como gases, partículas suspensas e produtos químicos industriais comprometendo à qualidade do ar, do solo, da água e da biodiversidade, além de contribuir para o surgimento de problemas respiratórios, cardiovasculares e até mesmo câncer. Estratégias para combater esse problema incluem a implementação de regulamentações mais rigorosas, o estímulo ao uso de energias renováveis e a conscientização pública sobre o assunto (ELSON, 1992).

Os impactos da poluição do ar são uma das principais causas subjacentes das mortes prematuras por doenças cardiovasculares como ataques cardíacos e problemas respiratórios em todo o mundo como aponta o estudo realizados pela Organização das Nações Unidas em 2016. Isso destaca a séria ameaça desta problemática ambiental à saúde humana, especialmente para o sistema cardiovascular e pulmonar. É crucial tomar medidas imediatas para reduzir as emissões de poluentes, promover o uso de fontes de energia renovável e aumentar a conscientização sobre os riscos da poluição do ar. Tais ações são essenciais para proteger a saúde da população, sobretudo das que vivem em situações de maior vulnerabilidade, garantindo assim um ambiente mais saudável também para as futuras gerações como discutido no conceito de desenvolvimento sustentável (OMS, 2016).

No Brasil, conforme apontado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição do ar tem sido apontada como causa de mais de 50 mil mortes a cada ano. Uma pesquisa realizada pelo Ministério da Saúde reforça essa constatação, estimando que em 2016 ocorreram cerca de 44.228 óbitos relacionados a doenças crônicas não transmissíveis associadas à poluição atmosférica no país. Além disso, dados obtidos pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DataSUS) indicam que, no período de 2008 a 2019, as enfermidades do sistema respiratório e circulatório foram listadas entre as principais razões para internações hospitalares no Brasil (BRASIL, 2019).

A liberação de gases como o dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera pode influenciar os sistemas biológicos em diferentes níveis de organização. Em particular, os impactos nos processos fisiológicos e nos ecossistemas naturais vêm sendo investigados ao longo de um extenso período (AINSWORTH *et al.*, 2007).

Ademais do dióxido de carbono, diversas substâncias poluentes desempenham um papel fundamental na perturbação do equilíbrio ambiental e na fisiologia humana sendo as doenças respiratórias a maior preocupação dos especialistas. Diante dessa realidade, lidar com a exposição prolongada à poluição do ar requer não apenas soluções pontuais, mas também a implementação de ações em larga escala, visando melhorias em benefício de todos (DAPPER *et al.*, 2016).

Como já mencionado a qualidade do ar desempenha um papel crucial na sua saúde das pessoas sendo necessário portanto, distinguir com base em suas propriedades, categorizando-as como substâncias químicas, físicas ou biológicas, além de classificá-las como compostas por elementos biológicos ou não biológicos. Esse tipo de monitoramento é sumamente necessário, sobretudo para impulsionar a busca por soluções para esse desafiador problema ambiental que vem ao longo do tempo ocupando o campo de saber e prática da saúde coletiva, cujo objeto de estudo são as necessidades sociais em saúde (QUADROS, 2008).

É importante mencionar que neste estudo será utilizado o termo “Ar Interno” para se referir ao ar encontrado em ambientes não industriais, como casas, escritórios, escolas e hospitais, dentre outros. A análise da sua qualidade do ar interno é fundamental para assegurar a saúde das pessoas que ocupam esses diferentes espaços, assim como para garantir o bom funcionamento das atividades realizadas neles (GIODA *et al.*, 2003).

No contexto hospitalar, a qualidade do ar pode ter um impacto considerável e direto no tempo de internações e na recuperação dos pacientes. Esse fator é especialmente relevante em unidades que tratam de pacientes com câncer, doenças imunossupressoras ou que estão em fase pós-cirúrgica, uma vez que esses indivíduos possuem sistemas imunológicos comprometidos. Portanto, a realização de estudos nessa área assume uma importância ainda maior, visando entender e melhorar o ambiente para assegurar a melhoria da qualidade dos serviços ofertados na saúde (SAUTOUR *et al.*, 2009).

No Brasil, existem regulamentos e diretrizes que regem a qualidade do ar, com destaque para aquelas estabelecidas pela ANVISA, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Um exemplo dessas regulamentações é a resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003, que define os padrões ideais de qualidade do ar em ambientes públicos e compartilhados que são artificialmente climatizados. Esta resolução, implementada no país em 2003, serve como um guia para garantir em espaços de uso coletivo condições climáticas ideais sobretudo em instalações de saúde (BRASIL, 2003). Neste estudo as normativas que servirão de referências para as análises serão as da Associação Brasileira de Norma Técnicas, ABNT por se tratar da legislação vigente no Brasil.

Assegurar a qualidade do ar em espaços fechados vai além de apenas supervisionar o conforto térmico. Inclui também o controle dos níveis de dióxido de carbono, juntamente com a aplicação de estratégias efetivas de ventilação e circulação de ar. Isso implica a implementação de sistemas de ventilação mecânica, incentivo à ventilação regular através da abertura de janelas e utilização de purificadores de ar. Estas medidas são fundamentais para manter um ambiente interno saudável e com menos agentes poluentes (SUZUKI, 2010). Neste contexto, pensar ações de proteção ambiental e melhoria da qualidade do ar, como reduzir emissões e ampliar a infraestrutura verde, é fundamental. A gestão de riscos é vital para identificar e mitigar esses perigos, exigindo monitoramento constante e políticas públicas eficazes. Após a identificação dos riscos, é crucial propor recomendações práticas, como a promoção de energias renováveis e a eficiência energética, para assegurar ambientes mais saudáveis (MANAN *et al.*, 2018).

Desta forma monitorar a qualidade do ar nos ambientes hospitalares é vital para garantir a segurança e o conforto dos pacientes, funcionários e acompanhantes. No entanto, a questão abordada na pesquisa sugere que há uma lacuna no entendimento sobre se os níveis de dióxido

de carbono, umidade e temperatura estão em conformidade com os padrões estabelecidos nos hospitais do Distrito Federal. Além disso, não está claro como esses parâmetros variam ao longo do tempo e em diferentes áreas do hospital. Portanto, entende-se que é de extrema importância investigar e avaliar a qualidade do ar nos ambientes hospitalares, buscando identificar possíveis desvios em relação aos padrões estabelecidos e compreender se há impactos dessas variáveis na saúde e no bem-estar das pessoas que ocupam esses espaços.

Assim, a pesquisa busca responder à seguinte pergunta: A qualidade do ar em ambiente hospitalar no Distrito Federal cumpre as normativas da ABNT para quantificação de dióxido de carbono, umidade e temperatura garantindo assim a recuperação e a segurança dos pacientes? Partimos da hipótese de que a presença de poluentes no ar interno, juntamente com o desconforto térmico em ambientes hospitalares, poderá estar fora dos padrões de referência gerando condições que comprometerá a recuperação e a desospitalização dos pacientes.

Neste sentido, este estudo tem como propósito monitorar temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂) em um hospital público do DF seguindo os padrões de referência da ABNT para avaliar riscos para os usuários dos serviços.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade do ar em diferentes espaços de um hospital público do Distrito Federal, utilizando parâmetros ambientais como: umidade, temperatura e dióxido de carbono, em conformidade com os padrões normativos da ABNT.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Coletar os dados referente aos parâmetros elencados, utilizando o equipamento Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO₂ MX1102, fabricado pela empresa Onset Computer Corporation em espaços internos de um hospital público do Distrito Federal.

- Executar análise estatística no Microsoft Excel, calculando as médias e os desvios-padrão para análise e gerar planilhas interativas e gráficos para facilitar a visualização e interpretação dos resultados no estudo.
- Utilizar as diretrizes e normas Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionadas à qualidade do ar em ambientes hospitalares, para comparar os dados obtidos com o equipamento Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.
- Compreender as variações nesses parâmetros e seus potenciais de impacto para os usuários da unidade de saúde e propor recomendações estratégicas para o controle e melhoria da qualidade do ar em ambiente hospitalar.

1.2 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa faz parte do Programa de pesquisa e extensão da Universidade de Brasília Faculdade de Ceilândia “Ecoplanetário” que investiga temas relacionados as mudanças climáticas e saúde ambiental. As ações e atividades do programa busca envolver a comunidade acadêmica e a sociedade de modo geral nas discussões sobre o processo de degradação ambiental e a saúde humana, visando levantar evidências científicas que venham a subsidiar os tomadores de decisões, assim como, contribuir para a implementação de novas políticas públicas na área da saúde ambiental.

Neste sentido, reconhece-se a pertinência desse estudo tendo em vista a escassez de pesquisas sobre esse tema e a necessidade de acompanhar o desenvolvimento constante da área da saúde, especialmente no que diz respeito à saúde do ambiente e à segurança dos usuários dos serviços ofertados pelo setor públicos. Analisar a qualidade do ar em hospitais, focando na concentração de CO₂, sobretudo nos que ficam localizados próximos a grandes vias de circulação de automóveis é crucial para identificar possíveis riscos de alta concentração de poluentes atmosféricos nos espaços hospitalares internos.

A proposta desse projeto é integrar a saúde ambiental com a engenharia biomédica, entendida como: um campo que une conhecimentos de engenharia e ciências biomédicas para criar, avaliar e monitorar tecnologias destinadas à saúde (LEE, 2011). No campo da engenharia biomédica a área da saúde coletiva, assume um papel no qual se interligam por meio do desenvolvimento de tecnologias e soluções que visam melhorar a saúde pública. Uma das áreas de destaque nessa relação é a de soluções para vigilância em saúde, em que sensores e dispositivos biomédicos desempenham um papel essencial no monitoramento de indicadores de saúde. Ademais, busca garantir estudos coordenados envolvendo abordagem multimétodos para auxiliar na resolução de problemas complexos em saúde com destaque para auxílio no controle de enfermidades e na gestão estratégica de dados em saúde pública; e a produção de ferramentas capazes de acompanhar indicadores em comunidades e prevenir agravos à saúde. Acredita-se que os resultados obtidos neste estudo poderão ajudar a entender melhor os fatores que influenciam a qualidade do ar interno no contexto hospitalar, assim como a percepção de bem-estar dos usuários, permitindo a implementação de políticas públicas e ações específicas para melhorar as condições ambientais nos espaços internos dos centros de internação.

Ademais, os resultados dessa pesquisa podem subsidiar a atualização e o desenvolvimento de novas diretrizes específicas sobre a qualidade do ar interno nos hospitais do Distrito Federal de modo particular e do Brasil de modo geral, o que pode impactar positivamente a saúde pública e o conforto dos usuários do sistema. Ações interdisciplinares são fundamentais nesse contexto, pois permite a integração de diferentes áreas do conhecimento, como ciências médicas, sociais, humanas e engenharias, para abordar de forma abrangente os desafios da saúde ambiental nos hospitais, sobretudo no que diz respeito a inovação tecnológica desde a perspectiva das necessidades sociais em saúde como preconizado no campo da saúde coletiva.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SAÚDE AMBIENTAL E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Saúde Ambiental é um campo da saúde pública que se concentra em examinar as diferentes formas de vida, substâncias e condições presentes no ambiente humano, que podem afetar a saúde e o bem-estar das pessoas. Esta disciplina abrange a pesquisa e gestão dos elementos físicos, químicos e biológicos do ambiente que têm o potencial de influenciar diretamente a saúde das pessoas (BRASIL, 1999).

Ademais, a saúde ambiental compreende tanto a teoria quanto a prática de examinar, corrigir, controlar e prevenir estes elementos ambientais que possam ter um impacto prejudicial sobre a saúde das gerações presentes e futuras (OMS, 2005).

A crise ambiental nos grandes centros urbanos está revelando impactos na saúde cada vez mais substancial e imediato. Isso acontece mesmo diante de desafios ambientais globais, como as mudanças climáticas, a acidificação das chuvas, o desmatamento das florestas tropicais e a extinção de várias espécies animais e vegetais (ROSSI- ESPAGNET *et al.*, 1991).

Apesar dos alertas sobre as mudanças climáticas, os impactos na saúde ambiental ainda são limitados. No entanto, começam a surgir abordagens que conectam saúde e fatores sociais, como alimentação e acesso a serviços, favorecendo políticas mais eficazes para melhorar a qualidade de vida (COHEN *et al.*, 2011).

De acordo com informações da Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que aproximadamente sete milhões de vidas são perdidas anualmente devido à exposição à poluição do ar. Um estudo conduzido pela Global Health Metrics em 2019 destacou que a poluição atmosférica figura entre os 10 principais fatores de risco que contribuem para a perda de anos de vida ajustados por incapacidade em todas as faixas etárias (GBD 2019 THREAT FACTORS COLLABORATORS *et al.*, 2020).

A utilização de combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo e o gás natural, tanto em motores veiculares quanto em processos industriais, resultam na emissão de diversos poluentes para a atmosfera. Estes incluem o dióxido de carbono, os óxidos de nitrogênio, as partículas em suspensão e os compostos orgânicos voláteis (COELHO, 2007).

De maneira similar, as indústrias siderúrgicas desempenham um papel significativo na poluição do ar e da água, liberando uma variedade de poluentes, como óxidos de enxofre, metais pesados e substâncias químicas tóxicas. Esses poluentes estão associados a diversos impactos negativos na saúde humana, incluindo problemas respiratórios, cardiovasculares e, em casos de exposição prolongada, câncer (MARIO, 2012).

Pesquisas sobre poluição atmosférica indicam que mesmo concentrações baixas de poluentes podem afetar a saúde, contribuindo não apenas para problemas respiratórios e cardiovasculares, mas também para distúrbios neurodegenerativos. Isso ressalta a necessidade de políticas ambientais mais rigorosas para salvaguardar a saúde pública (MARTINS et al., 2002).

O termo "material particulado" refere-se a partículas sólidas e líquidas de pequeno porte presentes na atmosfera, originadas tanto por fontes naturais quanto por atividades humanas. Essas partículas exercem impactos significativos na saúde, podendo causar problemas respiratórios, como asma e câncer de pulmão, devido à sua capacidade de penetrar nos pulmões. Além disso, podem conter substâncias químicas prejudiciais, como metais pesados, afetando órgãos internos. No meio ambiente, contribuem para a redução da visibilidade atmosférica, acidificação e eutrofização de corpos d'água, além de prejudicar a fotossíntese e os ecossistemas. Portanto, é crucial monitorar e controlar as emissões de material particulado para proteger tanto a saúde humana quanto o meio ambiente, o que demanda regulamentações mais rígidas, tecnologias de controle de poluição e a transição para fontes de energia mais limpas (YANAGI *et al.*, 2012).

Quadro 1: Principais agentes poluentes presentes na atmosfera e suas repercussões na saúde humana

Poluentes	Efeitos na Saúde
CO Monóxido de Carbono CO ₂ Dióxido de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Afeta o processo de transporte do oxigênio; ➤ Induz a sensação de enjoo e toxicidade.
NO ₂ Dióxido de Nitrogênio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Impacta a mucosa ocular, da garganta e nasal; ➤ Provoca dificuldades respiratórias e amplifica a reatividade dos brônquios, tornando-os mais propensos a infecções e alergias.
MP Material Particulado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desencadeia irritação nas vias aéreas; ➤ Se conseguir ultrapassar as defesas do organismo e alcançar os alvéolos pulmonares, resultará em irritações, asma, bronquite e potencialmente câncer pulmonar.

O ₃ Ozônio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desencadeia inflamação na mucosa das vias respiratórias; ➤ Resulta em tosse e sensação de desconforto no peito; ➤ Induz inflamação e bloqueio das vias aéreas em resposta a estímulos.
-----------------------	--

Fonte: Arbex *et al.* (2012), adaptado.

A problemática da poluição atmosférica vai além das preocupações tradicionais de saúde pública, permeando também as esferas econômicas e sociais. A degradação da qualidade do ar tem sido associada a impactos negativos na produtividade agrícola e ao aumento dos custos relacionados à saúde especificamente nas doenças respiratórias e cardiovasculares. Nos centros urbanos as pessoas com menos condições socioeconômicas são as mais ameaçadas. Comumente concentradas nas periferias das grandes cidades onde muitas vezes os serviços públicos são escassos e há grandes concentrações de indústrias e fabricas estão sobre maiores riscos de adoecimento. Para enfrentar esses desafios complexos, são necessárias políticas eficazes que reduzam as emissões de poluentes e promovam a adoção de energias renováveis, com o objetivo não apenas de proteger a saúde pública, mas também de impulsionar o avanço socioeconômico das populações mais vulneráveis (IEMA, 2014).

A Organização Mundial da Saúde (2005), comparou o impacto da poluição do ar ao do tabagismo e dietas desequilibradas, destacando sua gravidade e a necessidade urgente de ações. Isso evidencia que a poluição atmosférica não é apenas ambiental, mas uma ameaça séria à saúde global por estar associada a diversas doenças, exigindo políticas públicas mais eficazes para reduzir emissões e conscientização pública sobre seus riscos. Este reconhecimento sublinha a urgência de ações coordenadas para enfrentar esse problema.

É importante destacar que em 2015, a Assembleia Mundial da Saúde adotou uma resolução histórica reconhecendo oficialmente a poluição atmosférica como um fator de risco para diversas doenças não transmissíveis, como problemas cardíacos, derrames, doença pulmonar obstrutiva crônica, asma e câncer (OMS,2005). Essa medida destacou a conexão entre a qualidade do ar e a saúde humana, ressaltando os altos custos econômicos associados a essas condições e enfatizando a necessidade de ações globais para enfrentar esse desafio. Recentemente, houve avanços significativos na promoção de um ambiente com ar mais limpo, principalmente em países desenvolvidos, resultado da redução das emissões industriais e

veiculares e da adoção de tecnologias mais sustentáveis. Apesar desses progressos, os atuais níveis de poluição atmosférica continuam a representar um sério problema de saúde pública em todo o mundo.

Estudo de Gouveia *et al.*, 2006, indicam que os efeitos adversos da poluição do ar persistem, mesmo em regiões com políticas de controle mais rigorosas. As queimadas no Brasil têm sido associadas a um aumento nas internações hospitalares por doenças respiratórias, conforme evidenciado em diversos estudos científicos. A queima de biomassa libera poluentes atmosféricos, no qual afetam diretamente a saúde humana. Esse cenário enfatiza a necessidade contínua de esforços coordenados para combater a poluição atmosférica e proteger a saúde das populações afetadas.

2.2 QUALIDADE DO AR

A poluição atmosférica representa um desafio relevante que afeta uma parcela expressiva da população urbana global, cujos efeitos na saúde frequentemente são subestimados. Atualmente, a presença de poluentes no ar tornou-se uma realidade quase inevitável no dia a dia das áreas urbanas. Embora existam esforços para mitigar os impactos, o avanço urbano e o crescimento das atividades humanas tornam essa questão um desafio crescente, exigindo atenção constante para preservar a saúde pública e o equilíbrio ambiental (OMS, 1996).

A poluição do ar é reconhecida como o principal risco ambiental para a saúde global, resultando em muitas mortes prematuras anualmente, especialmente devido ao material particulado fino, como MP2,5. A maioria dessas fatalidades ocorre em países de baixa e média renda, evidenciando a necessidade de abordagens globais e equitativas para lidar com esse problema. Reduzir as emissões de poluentes, promover o uso de energias renováveis e garantir acesso a cuidados de saúde adequados são medidas essenciais para mitigar os efeitos adversos da poluição atmosférica, protegendo a saúde humana e fomentando o desenvolvimento sustentável (OMS, 2018).

No contexto brasileiro, tanto a Organização Mundial da Saúde (OMS) quanto o Ministério da Saúde enfatizam os efeitos graves da poluição do ar na saúde das pessoas. Estudos dessas instituições apontam que a exposição contínua à poluição atmosférica está

associada a diversas doenças respiratórias e cardiovasculares, além de potencializar problemas de saúde crônicos. Esses impactos reforçam a necessidade de medidas concretas, como o controle das emissões de veículos e indústrias, o incentivo ao uso de fontes de energia limpa e a conscientização da população sobre práticas que minimizem a degradação do ar. Tais ações são essenciais para melhorar a qualidade de vida e reduzir os riscos à saúde associados a esse problema ambiental (BRASIL, 2019).

É importante resgatar aqui o conceito de "ar interno" que se refere ao ar presente em ambientes não industriais, como residências, escritórios, escolas e hospitais. Esses locais são caracterizados por não estarem diretamente associados a atividades industriais ou processos de produção, tornando-os espaços onde a qualidade do ar desempenha um papel fundamental no conforto e saúde das pessoas que os frequentam. Portanto, garantir uma boa qualidade do ar interno nessas áreas é essencial para promover um ambiente saudável e propício ao desempenho adequado das atividades realizadas (WANG *et al.*, 2007).

Eis aqui a condição conhecida como Síndrome do Edifício Doente (SED), um termo cunhado pela Organização Mundial da Saúde em 1999. Essa terminologia está associada a ambientes internos onde a qualidade do ar é comprometida por diversos fatores, incluindo ventilação inadequada, presença de poluentes, substâncias químicas e outros elementos que podem afetar a saúde e o bem-estar das pessoas que ocupam esses espaços. A identificação e a compreensão da Síndrome do Edifício Doente são fundamentais para desenvolver soluções que garantam a saúde dos ocupantes e a qualidade do ar em edificações, proporcionando um ambiente interno seguro e saudável.

A influência da Qualidade do Ar Interno (QAI) na saúde humana tem sido objeto de pesquisas intensivas, principalmente devido à ampla variedade de substâncias químicas, partículas e agentes biológicos encontrados nesses espaços. A crescente atenção dada a esse tema reflete o reconhecimento da importância de fornecer ambientes internos seguros, onde as pessoas passam a maior parte do tempo. A diversidade de poluentes e contaminantes presentes nesses ambientes requer uma compreensão mais aprofundada dos efeitos na saúde, bem como a implementação de medidas eficazes para melhorar a qualidade do ar interno e proteger o bem-estar das pessoas que os frequentam (QUADROS *et al.*, 2009).

A Qualidade do Ar Interno (QAI) está intrinsecamente relacionada às características ambientais e aos atributos do sistema de ventilação do ar, cujo objetivo é proporcionar conforto

térmico sem comprometer a saúde dos ocupantes, seja em locais de trabalho, lazer, residências ou instituições de saúde. É sabido que as características do ar nos ambientes internos podem ser influenciadas pelas atividades realizadas dentro desses espaços. Essa interação entre o ar interno e as características do local é crucial para compreender a QAI, pois fatores como ventilação, poluentes, atividades humanas e materiais de construção podem afetar diretamente a composição e as condições do ar que respiramos em ambientes fechados. Portanto, garantir uma boa QAI é essencial para garantir saúde com qualidade para as pessoas que usam com frequência espaços fechados ou climatizados (STATHOLAPOU *et al.*, 2008).

Em relação à poluição do ar, a Organização Mundial da Saúde (OMS) identificou que ela é responsável por uma parcela significativa das mortes prematuras, com várias doenças associadas à exposição a partículas finas e poluentes. Esses dados ressaltam a urgência de abordar a poluição do ar como uma séria preocupação de saúde pública global, destacando a necessidade de reduzir as emissões de poluentes e promover políticas que garantam um ar mais limpo e seguro para todos.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), desempenha um papel crucial na monitorização e controle da qualidade do ar em São Paulo e em todo o estado. O quadro abaixo, este quadro elaborado pela CETESB, tem como objetivo fornecer uma análise detalhada sobre a qualidade do ar e seus efeitos na saúde humana. A estrutura geral do Índice de Qualidade do Ar (IQA), segmentada de acordo com os efeitos gerais na saúde humana, é apresentada no quadro a seguir. As faixas existentes no IQA refletem, em grande medida, o impacto direto da qualidade do ar na saúde humana.

Quadro 2: Qualidade do Ar e Efeitos à Saúde Humana

QUALIDADE	ÍNDICE	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2.5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (pMP) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 100	0 - 80
N3 - MODERADA	41 - 80	>50 - 100 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>25 - 50 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>100 - 130 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.	>9 - 11 Pessoas com doenças cardíacas podem apresentar sintomas como cansaço e dor no peito.	>15 Agravamento das doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio e insuficiência cardíaca congestiva.	>20 - 40 Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.
N4 - RUIM	81 - 120	>100 - 150 Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>50 - 75 Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>130 - 160 Pessoas com doenças respiratórias, como asma, e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.	>11 - 13 População em geral pode apresentar sintomas como cansaço. Pessoas com doenças cardíacas têm os sintomas como cansaço e dor no peito agravados.	>240 - 320 População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias e crianças têm os sintomas agravados.	>40 - 365 População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço. Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados.
N5 - MUITO RUIM	121 - 200	>150 - 250 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>75 - 125 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>160 - 200 Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>13 - 15 Aumento de sintomas em pessoas cardíacas. Aumento de sintomas cardiovasculares na população em geral.	>320 - 1130 Aumento dos sintomas respiratórios em crianças e pessoas com doenças pulmonares, como asma. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.	>365 - 800 Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.
N - 6 PÉSSIMA	> 200	>250 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.	>125 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.	>200 Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica.	>15 Agravamento das doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio e insuficiência cardíaca congestiva.	>1130 Agravamento de sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e doença pulmonar obstrutiva crônica.	>800 Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.

Fonte: CETESB (2016)

2.3 ATENÇÃO HOSPITALAR NO SUS

Ao longo dos anos, os hospitais passaram por diversas transformações, refletindo mudanças importantes em sua concepção e funcionamento. Antigamente principalmente durante a Idade Média, especialmente entre os séculos V e XV, essas instituições não se pareciam muito com o que conhecemos hoje. Na verdade, eram mais como refúgios para pessoas doentes e necessitadas, e o termo "hospital" abrangia desde albergues até hospedarias, muitas vezes geridos por entidades religiosas (AMARANTE, 2007).

Atualmente no século XXI, os hospitais têm um propósito bem diferente. Eles se concentram na melhoria da qualidade de saúde dos pacientes, buscando oferecer cuidados de qualidade em todas as etapas do tratamento. Isso vai desde o tratamento dos enfermos até o apoio à pesquisa e à prática da medicina preventiva e curativa. Neste contexto, o SUS estrutura

os serviços de saúde em três níveis de atenção: a primária, responsável por cuidados básicos, prevenção e promoção da saúde nas UBS; a secundária, que atende casos encaminhados com maior necessidade de especialização em ambulatórios e exames mais detalhados; e a terciária, destinada a tratamentos de alta complexidade, como cirurgias e cuidados intensivos. Essa organização assegura um atendimento integral e eficiente à população (GONÇALVES, 1998).

É fundamental reconhecer a importância de os hospitais se adaptarem constantemente a novos modelos de cuidado. A abordagem moderna não se limita apenas à cura das doenças, mas também se preocupa em oferecer um atendimento humanizado e de excelência, inspirando-se em serviços hoteleiros para proporcionar uma experiência mais confortável aos pacientes (GALVÃO, 2003).

A implementação de um modelo eficiente de atenção hospitalar é essencial para garantir o cuidado adequado aos pacientes e otimizar o uso dos recursos disponíveis. Isso inclui uma organização e estruturação adequadas, visando oferecer serviços de saúde de qualidade à comunidade. Um modelo eficiente de atenção hospitalar vai além da organização física. Envolve otimizar processos internos, garantir comunicação eficaz entre profissionais, implementar protocolos de tratamento padronizados e promover uma cultura de segurança do paciente. Além disso, requer uma abordagem interdisciplinar, uso eficiente de recursos e compromisso com a qualidade do cuidado prestado. Em resumo, é um esforço conjunto para oferecer um atendimento de qualidade, seguro e humanizado aos pacientes (BURMESTER *et al.*, 2007).

Quadro 3. Fundamentos que caracterizam os modelos de gestão no Brasil para atenção hospitalar.

Modelos De Gestão	Legislação	Natureza Jurídica e Administrativa	Instrumento de Gestão
Órgãos da Administração Pública Direta	- CFB 1937 – Decreto Lei nº 579/1938	Direta com Direito Público	Termo de Compromisso entre Entes Públicos

Empresas públicas	EBSERH	- Decreto Lei nº 200/1967 - Lei nº 12.550/2011 - Decreto nº 7.661/2011	Indireta com Direito Privado	Termo de Adesão e Contrato de Gestão
Autarquia		- Decreto-Lei nº 6016/1943 - Decreto-Lei nº 200/1967 - CFB/1988, Art.37		
		- Decreto nº 2487/1998	Indireta com Direito Público	Contrato de Gestão Termo de parceria
Fundação Pública de Direito Público		- CFB/1988, Artigos nº 37 a 40		
Fundação Pública de Direito Privado		- LC nº 92/2007	Indireta com Direito Privada sem fins lucrativos e qualificada pelo Poder Público	
Fundação de Apoio		- Lei nº 8.958/1994		
Entes públicos não estatais OSCIP OSC	OS	- Lei nº 9637/1998		
		- Lei nº 9.790/99		
		- Lei nº 13019/2014		
Sociedade Propósito Específico	PPP	- Lei nº 11.079/2004	Indireta com Direito Privado	Contrato de Concessão

Fonte: Santos *et al.* (2021), adaptado.

No ambiente hospitalar, há uma propensão não apenas para a proliferação de microrganismos resistentes devido ao uso excessivo de medicamentos antimicrobianos, mas também pela junção de pessoas com diferentes tipos de enfermidades e vulnerabilidades à infecção. Além disso, a realização frequente de procedimentos invasivos favorece a disseminação de infecções dentro do contexto hospitalar afetando tanto os usuários dos serviços quanto os profissionais da saúde (NOGUEIRA *et al.*, 2015).

A qualidade do ar nos hospitais é essencial para a recuperação dos pacientes e a segurança dos profissionais. Sistemas de climatização devem garantir ventilação eficiente,

filtragem adequada e controle de umidade para prevenir infecções, minimizar contaminantes e criar um ambiente seguro e confortável (BRASIL, 2003).

A arquitetura e infraestrutura dos hospitais mais antigos é outro grande desafio considerando que o crescimento populacional das cidades demanda cada vez maiores procuras por serviços hospitalares. Sabe-se que, poucos hospitais têm hoje a oportunidade de projetar e gerenciar seus espaços internos de acordo com os padrões mais modernos para atender essa maior demanda, o que muitas vezes resulta em problemas relacionados a dificuldades de aprimoramento do atendimento dos usuários. Estudos para subsidiar a modernização desses espaços, sobretudo no que diz respeito a ventilação interna são cada vez mais necessários e estão nas pautas dos gestores hospitalares (GUFFI, 2007).

No Brasil o Sistema Único de Saúde classifica as áreas hospitalares em espaços não críticos, (sem pacientes, como escritórios e almoxarifados); semicríticos, (para pacientes que não necessitam de cuidados intensivos, como enfermarias e ambulatórios); e críticos, (com alto risco de infecção devido a procedimentos invasivos, presença de pacientes imunocomprometidos ou riscos ocupacionais), como Centro Cirúrgico, UTI e Unidades de Transplantes (BRASIL, 1985).

A regulação dos sistemas de tratamento de ar em estabelecimentos de saúde, incluindo unidades médicas, é estabelecida por normas como a NBR 7256 (ABNT, 2005), e portarias da ANVISA, como a RDC 50 (ANVISA, 2002). Essas regulamentações visam garantir condições ideais de qualidade do ar considerando a complexidade dos centros hospitalares, especialmente aqueles dedicados a transplantes e cirurgias de alto risco, requer um controle preciso de pressão, temperatura e fluxo de ar para garantir um ambiente seguro e controlado durante os procedimentos cirúrgicos complexos.

2.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

Os Padrões de Qualidade do Ar (PQAr), definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2005, consideram diversos fatores, como riscos à saúde, viabilidade técnica, questões econômicas e políticas, além do contexto de cada país. A OMS destaca a importância

dos governos adaptarem esses padrões às suas realidades locais.

Algumas das principais normas técnicas globais sobre qualidade do ar são:

A **ISO 16814:2008** estabelece diretrizes para avaliar a qualidade do ar interno em edifícios não industriais, visando garantir a segurança e a saúde dos ocupantes (ISO, 2008).

A norma **ASHRAE 62.1** define requisitos mínimos para ventilação de ar fresco em edifícios comerciais e institucionais, promovendo ambientes internos saudáveis e confortáveis (ASHRAE, 2022).

Os Padrões e Diretrizes de Qualidade do Ar Interno (IAQ) da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (**EPA**) oferecem orientações para manter a qualidade do ar em ambientes fechados, visando proteger a saúde pública (EPA, 2023).

A **Diretiva 2009/125/EC** da União Europeia busca promover a eficiência energética e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, estabelecendo requisitos para produtos relacionados ao ar (UNIÃO EUROPEIA, 2009).

No Brasil, as principais normas técnicas sobre qualidade do ar incluem:

As normas brasileiras **NBR 16401-1** (Associação Brasileira de Normas Técnicas e **NBR 16401-2**, são normas brasileiras que estabelecem requisitos para a qualidade do ar em ambientes internos, cobrindo edifícios residenciais e não residenciais. Enquanto a NBR 16401-1 se aplica a edifícios não residenciais, como escritórios e hospitais a NBR 16401-2 trata de ambientes residenciais, como casas e apartamentos. Essas normas definem diretrizes detalhadas relacionadas à ventilação, filtragem do ar, controle de umidade e temperatura, visando garantir ambientes internos saudáveis e confortáveis para os ocupantes. Periodicamente atualizadas, refletem avanços tecnológicos e descobertas científicas recentes, proporcionando um guia confiável para proprietários, projetistas e gestores de edifícios no cumprimento dos padrões de qualidade do ar interno (ABNT, 2008).

A **Resolução RDC nº 9/2003 da ANVISA** estabelece critérios mínimos para avaliação da qualidade do ar em ambientes internos climatizados de uso público e coletivo, visando garantir um ambiente saudável. Emitida em 16 de janeiro de 2003, essa resolução define limites e padrões para diversos poluentes presentes no ar, abrangendo espaços como hospitais, escolas e escritórios. Ela define concentrações máximas permitidas de CO₂ e partículas suspensas, métodos de medição e responsabilidades dos proprietários, promovendo a conformidade com os padrões estabelecidos. A resolução visa proteger a saúde pública e o bem-estar da população,

orientando a manutenção e operação de sistemas de climatização de acordo com as regulamentações sanitárias. Os limites máximos estabelecidos pela resolução para CO₂, PM10 e ozônio são de 1.000 ppm, controle da concentração e 160 µg/m³, respectivamente (ANVISA, 2003).

A **Portaria MS/GM nº 3.523/1998** estabelece parâmetros técnicos para garantir a Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo, visando proteger a saúde dos frequentadores. Define limites aceitáveis para poluentes atmosféricos como CO₂, material particulado e ozônio, além de diretrizes para manutenção e operação de sistemas de climatização. Esses parâmetros incluem critérios para temperatura e umidade relativa do ar, visando proporcionar um ambiente interno confortável e saudável. A portaria contribui para a promoção da saúde pública e bem-estar da população. No entanto, não especifica os limites exatos para os poluentes, variando conforme recomendações de órgãos de saúde e meio ambiente apesar de que para o dióxido de carbono (CO₂), um limite comum é de 1.000 partes por milhão (ppm) para ambientes internos. Para o material particulado (PM10) e o ozônio (O₃), os limites variam dependendo das diretrizes específicas adotadas pelo país ou região respectivamente (BRASIL, 1998).

A **norma ABNT NBR 7256:2021**, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), estabelece requisitos para sistemas de ventilação em ambientes hospitalares, visando garantir a qualidade do ar e a segurança de pacientes, funcionários e visitantes. Ela aborda aspectos como filtragem do ar, controle de ruídos, temperatura, velocidade do ar, umidade e pressão, além de estabelecer diretrizes para manutenção periódica dos equipamentos. Essa norma classifica os ambientes hospitalares em três níveis de acordo com o potencial de risco para contaminação e infecções: não críticos, semicríticos e críticos (ABNT, 2021).

Algumas das principais Leis e regulamentações mundiais sobre qualidade do ar incluem:

A **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)** que é um tratado internacional focado na redução das emissões de gases de efeito estufa para combater as mudanças climáticas. Embora não se concentre diretamente na qualidade do ar, muitas de suas medidas indiretamente contribuem para a redução da poluição atmosférica. A promoção de fontes de energia limpa e a cooperação internacional para compartilhar

tecnologias e recursos financeiros são exemplos de como a UNFCCC influencia positivamente a qualidade do ar ao enfrentar as causas subjacentes da poluição (UNFCCC, 1992).

O **Protocolo de Kyoto** é um anexo à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), estabelecendo metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para os países desenvolvidos. Adotado em 1997, o protocolo definiu objetivos específicos de redução com base nos níveis de emissões de 1990. Além disso, introduziu mecanismos flexíveis, como o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, para auxiliar na consecução dessas metas. Apesar das críticas e desafios, o Protocolo de Kyoto que não foi assinado pelos Estados Unidos, desempenhou um papel crucial na conscientização global sobre mudanças climáticas e estabeleceu um modelo para futuros acordos internacionais sobre o assunto (UNFCCC, 1997).

O **Acordo de Paris**, aprovado em 2015, tem como objetivo principal limitar o aumento da temperatura global e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Embora não se concentre exclusivamente na qualidade do ar, suas metas implicam ações que podem melhorar significativamente a poluição atmosférica. A transição para fontes de energia mais limpas e renováveis, juntamente com medidas para aumentar a eficiência energética e promover o transporte sustentável, contribui indiretamente para reduzir a poluição do ar em áreas urbanas e industriais (UNFCCC, 2015).

Algumas das principais leis e regulamentações brasileiras sobre qualidade do ar incluem:

A **Lei nº 9.605/1998**, também conhecida como **Lei de Crimes Ambientais**, estabelece penalidades para uma variedade de condutas prejudiciais ao meio ambiente, incluindo a poluição do ar. Ela aborda atividades como emissões de poluentes além dos limites legais, queima ilegal de resíduos e lançamento de poluentes na atmosfera sem autorização. As sanções podem incluir multas e penas de detenção, visando dissuadir tais práticas e promover a proteção ambiental (BRASIL, 1998).

A **Lei nº 6.938/1981**, Política Nacional do Meio Ambiente, é uma legislação crucial no Brasil que estabelece os princípios e diretrizes para a proteção ambiental. Ela visa promover o desenvolvimento sustentável e garantir a qualidade do meio ambiente, abordando questões como a qualidade do ar através de medidas de prevenção, controle da poluição e

estabelecimento de padrões ambientais (BRASIL, 1981).

O **CONAMA**, inspirado nas suas responsabilidades estabelecidas pela **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981, e pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, além das suas diretrizes internas, juntamente com o Processo Administrativo nº 02000.002704/2010-22, reconhecendo a importância dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar no contexto do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, os quais funcionam como diretrizes suplementares e de referência para o PRONAR. A **Resolução CONAMA nº 491/2018**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabelece os padrões de qualidade do ar em todo o território nacional do Brasil. Esses padrões têm o objetivo de proteger a saúde pública e o meio ambiente contra os efeitos prejudiciais da poluição atmosférica, definindo limites máximos permitidos para a concentração de diversos poluentes atmosféricos, como dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono, partículas inaláveis, ozônio e benzeno (BRASIL, 2018).

A **Lei nº 6.938/1981** estabelece diretrizes para a proteção do meio ambiente, incluindo a qualidade do ar. Ela atribui ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) a responsabilidade de monitorar e controlar a poluição atmosférica, estabelecendo padrões de qualidade do ar e promovendo medidas de prevenção e mitigação dos impactos negativos da poluição. A legislação também prevê a elaboração de programas de controle da qualidade do ar, estudos sobre seus efeitos na saúde e no meio ambiente, além de ações de conscientização ambiental (BRASIL, 1981).

A **Lei nº 13.288/2016**, conhecida como Lei de Prevenção e Combate à Poluição, representa uma legislação abrangente que visa prevenir e combater a poluição em suas diversas formas, incluindo a poluição do ar. Esta legislação estabelece uma série de medidas destinadas a controlar e fiscalizar as atividades poluidoras, bem como a responsabilizar os agentes envolvidos, além de requerer a elaboração de planos para monitoramento e redução das emissões de poluentes atmosféricos (BRASIL, 2016).

É relevante destacar que as leis e regulamentações mencionadas fornecem uma base fundamental para compreender as medidas voltadas à proteção da qualidade do ar, tanto em nível global quanto no contexto brasileiro. Entretanto, é necessário ressaltar que o campo da legislação ambiental é dinâmico, com novas leis, regulamentos e políticas sendo desenvolvidos e implementados regularmente.

No âmbito específico da qualidade do ar em ambientes hospitalares, existem normas

técnicas e regulamentações importantes a serem consideradas. Por exemplo, a Norma Brasileira Regulamentadora (**NBR**) **7256/2005** estabelece requisitos para sistemas de ar-condicionado em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAH), como hospitais, com o intuito de garantir a qualidade do ar e o conforto térmico. Esta norma define critérios técnicos para projeto, instalação, operação e manutenção desses sistemas, levando em consideração aspectos como renovação do ar, filtragem de impurezas e parâmetros de qualidade do ar para promover ambientes saudáveis e seguros (ABNT, 2005).

Além disso, a **Nota Técnica nº 179/2014** da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) oferece diretrizes para a implementação de medidas de prevenção e controle de infecções relacionadas à qualidade do ar em ambientes hospitalares. Este documento aborda aspectos como ventilação adequada, monitoramento da qualidade do ar e controle de contaminantes atmosféricos, visando promover ambientes seguros e livres de riscos para pacientes e profissionais de saúde (ANVISA, 2014).

Essas normas e regulamentações são essenciais para garantir um ambiente seguro e saudável para pacientes e profissionais de saúde, contribuindo para a prevenção da disseminação de infecções e outros riscos à saúde associados à qualidade do ar em ambientes hospitalares. Para os fins deste estudo serão utilizados como parâmetros de análises CO₂, temperatura e umidade em ambientes internos de um hospital público do DF. Um dos motivos da escolha do hospital foi sua localização nas proximidades de uma via pública de auto fluxo de veículos automotivos aumentando o risco de poluentes atmosféricos nas áreas próximas ao hospital gerando riscos à saúde das pessoas que frequentam o local.

Padrões de CO 2:

No contexto brasileiro, a regulamentação referente aos níveis de dióxido de carbono (CO₂) em ambientes hospitalares carece de uma definição precisa, embora segundo orientação da NBR 16401 (ABNT, 2008), sugere que não ultrapasse 1000 partes por milhão (PPM) em ambientes internos.

As normativas nacionais geralmente priorizam outros poluentes do ar e oferecem diretrizes mais amplas para assegurar a qualidade do ar em ambientes internos. A Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 9, de 16 de janeiro de 2003, trata da qualidade do ar em espaços climatizados de uso coletivo, incluindo hospitais. Entretanto, essa

resolução não estipula um limite específico para o CO₂, concentrando-se predominantemente em outros poluentes como partículas em suspensão, formaldeído e ozônio (BRASIL, 2003).

Desta forma é essencial considerar que tais diretrizes podem variar conforme as condições ambientais específicas e as necessidades dos pacientes. A ASHRAE sugere que os níveis de CO₂ em ambientes internos sejam mantidos o mais baixo possível dentro dos limites de conforto, com uma meta geral de não ultrapassar 700 ppm acima dos níveis internos (ASHRAE, 2022).

Além disso, segundo a NBR 16401, recomenda-se manter estes níveis de CO₂ abaixo de 1000 PPM para garantir a qualidade do ar interno e o conforto térmico, pois concentrações superiores podem indicar ventilação inadequada e possível acúmulo de outros poluentes. Entretanto, é importante observar que estes requisitos específicos podem variar de acordo com o tipo de ambiente e sua finalidade. A norma ABNT NBR 16401-2:2008 estabelece que os níveis de dióxido de carbono (CO₂) em ambientes internos não devem ultrapassar 1000 ppm, sendo esse um indicador da qualidade do ar e da ventilação. Concentrações acima desse limite estão associadas a sensação de abafamento, desconforto, redução do desempenho cognitivo e acúmulo de outros poluentes. Para garantir o controle adequado, é essencial manter sistemas de ventilação bem dimensionados, realizar manutenção periódica e, quando necessário, monitorar o CO₂ em tempo real. Seguir essa recomendação assegura o conforto, o bem-estar e a saúde dos ocupantes, além de contribuir para a eficiência energética do ambiente. (ABNT, 2008).

Padrões de Temperatura

A temperatura considerada ideal em ambientes hospitalares, geralmente situada entre 20°C e 24°C, é estabelecida com o intuito de proporcionar conforto térmico aos pacientes, funcionários e visitantes, embora determinados setores possam requerer variações de acordo com as atividades desenvolvidas. A American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) e regulamentações locais, como a Resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil, fornecem diretrizes para assegurar condições térmicas adequadas (ASHRAE, 2022).

A ASHRAE, por meio da norma Standard 170 - Ventilation of Health Care Facilities, recomenda uma faixa de temperatura entre 20°C e 24°C para áreas destinadas ao tratamento de

pacientes, e entre 20°C e 26.7°C para áreas de apoio e escritórios. No entanto, a Resolução ANVISA nº 50/2002, embora trate de questões relacionadas à infraestrutura física de estabelecimentos de saúde, não estabelece uma faixa específica de temperatura para ambientes hospitalares.

A ABNT NBR 7256:2021 (2021), estabelece diretrizes para a qualidade do ar em ambientes climatizados, com ênfase em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). Para áreas críticas, como centros cirúrgicos e unidades de terapia intensiva (UTIs), a norma recomenda manter a temperatura entre 20°C e 24°C, visando ao conforto térmico, controle microbiológico e funcionamento adequado de equipamentos médicos. Em áreas comuns, como salas de espera, a faixa de temperatura permitida é de 20°C a 26°C, proporcionando maior flexibilidade e eficiência energética. Além da temperatura, a norma especifica parâmetros como umidade relativa entre 40% e 60%, taxas de renovação de ar para eliminar contaminantes e níveis de filtração para remover partículas e microrganismos. A adesão a essas orientações é essencial para prevenir infecções hospitalares, garantir conforto e eficiência energética, além de assegurar a segurança e o bem-estar de pacientes e profissionais.

Padrões de Umidade

A manutenção da umidade relativa do ar em ambientes hospitalares entre 40% e 60% é amplamente recomendada devido aos potenciais efeitos adversos associados a níveis excessivamente altos ou baixos de umidade. Umidade baixa pode desencadear desconforto respiratório e ressecamento das membranas mucosas, enquanto umidade elevada pode propiciar a proliferação de mofo e bactérias, prejudiciais à saúde.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no Brasil não estabelece um valor específico para a umidade relativa do ar em ambientes hospitalares em suas regulamentações sobre qualidade do ar e infraestrutura de estabelecimentos de saúde, concentrando-se principalmente em aspectos relacionados ao planejamento físico e licenciamento desses locais.

A ausência de diretrizes explícitas da ANVISA sobre esse tema não impede que as instituições de saúde sigam recomendações internacionais, como as fornecidas pela American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), e outras autoridades de saúde locais. Manter a umidade relativa do ar dentro da faixa de 40% a 60% não

apenas promove o conforto geral, mas também auxilia na prevenção de problemas dermatológicos, irritações oculares e complicações respiratórias.

Portanto, embora a ANVISA não forneça orientações específicas sobre a umidade relativa do ar em ambientes hospitalares, as diretrizes de entidades reconhecidas internacionalmente e locais podem ser seguidas para garantir condições adequadas de umidade que contribuam para o bem-estar dos ocupantes desses espaços.

A adaptação dessas diretrizes para atender às necessidades específicas de cada área hospitalar é essencial para garantir a segurança e o conforto dos pacientes, além de otimizar a eficiência operacional. Recomenda-se que os hospitais sigam não apenas as diretrizes gerais, mas também as normas específicas de saúde pública e segurança estabelecidas pelo país, além de consultar os regulamentos locais relevantes ao planejar e manter suas instalações. Assim, ao considerar as particularidades de cada ambiente hospitalar e as condições específicas de cada instituição, os hospitais podem assegurar um ambiente seguro e confortável em conformidade com as melhores práticas e regulamentos aplicáveis.

A ABNT NBR 7256:2021 recomenda que a umidade relativa (UR) em ambientes hospitalares seja mantida entre 40% e 60%, faixa ideal para garantir conforto térmico, prevenir a proliferação de microrganismos e preservar equipamentos e materiais sensíveis. UR abaixo de 40% pode causar ressecamento das vias respiratórias e aumentar a vulnerabilidade a infecções, enquanto valores acima de 60% favorecem o crescimento de fungos e bactérias. O controle da UR deve ser feito por sistemas de climatização ajustados e monitorados continuamente, com manutenção regular. Seguir essa recomendação é essencial para prevenir infecções, preservar materiais e garantir o conforto e segurança de pacientes e profissionais.

2.5 PARÂMETROS AMBIENTAIS

2.5.1 TEMPERATURA

As altas temperaturas representam um desafio significativo para as áreas urbanas globalmente, trazendo consigo uma gama de impactos negativos na saúde, no bem-estar social e na economia das comunidades. Além das questões de saúde envolvidas, elas causam desconforto generalizado e resultam em despesas econômicas substanciais. Consequentemente,

há uma pressão crescente sobre os governos municipais para implementarem políticas de adaptação às mudanças climáticas. Estas políticas abrangem medidas como o aumento da cobertura vegetal nas cidades e a criação de ambientes com refrigeração. Além disso, é crucial elevar a conscientização pública e incentivar práticas individuais de adaptação para reduzir os impactos das altas temperaturas (BROWN *et al.*,2015)

As transformações climáticas terão repercussões amplas e profundas nas áreas urbanas, acarretando alterações significativas na temperatura, nos padrões de chuva, no nível do mar e na ocorrência de eventos climáticos extremos. Isso resultará em uma série de desafios imediatos, como o aumento da demanda por energia, o aumento do risco de inundações, deslizamentos de terra e migração de populações, além de interrupções nos serviços básicos, como abastecimento de água e saneamento. Além disso, haverá impactos secundários, como o aumento dos preços dos alimentos, o surgimento de doenças relacionadas ao clima e mudanças na disponibilidade de água potável. Essas mudanças exigirão esforços coordenados e urgentes para adaptar as cidades a um ambiente climático em constante mudança e reduzir os impactos negativos sobre as comunidades urbanas (APOLLARO *et al.*,2016)

A temperatura do ar é um indicador que expressa a quantidade de calor percebido em um ambiente específico, sendo um dos resultados mais evidentes da energia solar. Suas flutuações, tanto ao longo do tempo quanto no espaço, são moldadas pelo balanço energético na superfície terrestre. A temperatura mais alta do ar é geralmente registrada algumas horas após o pico de exposição solar (tipicamente ao meio-dia em dias ensolarados), enquanto a temperatura mais baixa ocorre antes do amanhecer, devido ao resfriamento durante a noite. Fatores como a latitude, a proximidade de corpos d'água, a topografia e os movimentos de grandes massas de ar têm um papel fundamental na definição dessas variações (COSTA, 2003).

O conforto térmico é a percepção pessoal de estar satisfeito com as condições de temperatura ao redor, onde alguém que está vestido adequadamente não sente nem frio nem calor. Essa sensação é afetada por vários elementos, incluindo a temperatura ambiente, a umidade relativa, a produção de calor pelo corpo humano, a vestimenta, o vento, o nível de atividade e outros fatores. Normalmente, a faixa de temperatura considerada ideal para ambientes de trabalho varia entre 18 °C e 22 °C, exceto em situações climáticas específicas, quando pode chegar a 25 °C. Quando as temperaturas internas ultrapassam os 22 °C em espaços

fechados, podem surgir sintomas como irritação das mucosas, dores de cabeça, letargia e fadiga (IOAN *et al.*,2011)

Um estudo realizado por Lam *et al.* (2016), examinou a ligação entre hospitalizações devido à asma, temperatura ambiente, outros elementos meteorológicos e poluentes atmosféricos em Hong Kong. A investigação utilizou análise de séries temporais e identificou uma associação significativa entre o aumento das hospitalizações por asma e as variações na temperatura ambiente, bem como em determinados poluentes do ar. Esses achados ressaltaram a importância de levar em consideração os fatores climáticos e os poluentes atmosféricos na gestão de condições respiratórias, como a asma

A temperatura do ar, juntamente com a temperatura radiante média (TRM), tem um impacto substancial no conforto das pessoas, pois reflete a transferência de calor por radiação das superfícies ao redor para o ambiente. Esta medida de temperatura pode ser determinada utilizando termômetros, frequentemente expressa em graus Celsius (°C) ou Fahrenheit (°F). (CORRÊA, 2008).

2.5.2 UMIDADE

A Umidade Relativa do Ar (UR) é uma medida crucial que indica a quantidade de vapor de água presente na atmosfera em relação à sua capacidade máxima de retenção, determinada pela temperatura. Esse parâmetro desempenha um papel fundamental no conforto humano e nos processos atmosféricos. A UR é calculada comparando a umidade absoluta do ar com sua umidade de saturação. Valores elevados de UR podem causar desconforto térmico e favorecer a formação de nuvens e precipitação, enquanto baixos níveis de UR podem resultar em desconforto respiratório e ressecamento. Essa medida é de grande importância em áreas como agricultura, meteorologia e planejamento urbano (SEARS,1984).

A umidade relativa do ar é influenciada pela evaporação das águas dos oceanos, rios e superfícies úmidas, assim como pela transpiração das plantas. Ela varia ao longo do dia e das estações, refletindo as mudanças na temperatura do ar, que afetam sua capacidade de retenção de vapor d'água. Essa umidade é então distribuída sobre a superfície terrestre pelos ventos (BORGES, 2009).

A manutenção de níveis adequados de umidade relativa é essencial para garantir um ambiente confortável e saudável. A umidade inferior a 25% pode causar desconforto,

ressecamento da pele e mucosas, além de aumentar a eletricidade estática, dificultando o uso de equipamentos eletrônicos. Por outro lado, níveis elevados de umidade relativa podem levar à condensação da água e ao crescimento de microrganismos patogênicos, como fungos (APA, 2009).

A relação entre a temperatura do ar e a umidade relativa é inversamente proporcional: à medida que a temperatura aumenta, a UR tende a diminuir, e vice-versa. Isso ocorre porque a capacidade do ar de reter vapor de água varia com a temperatura. Essa relação é crucial em várias áreas, incluindo meteorologia, climatologia e no controle ambiental de espaços fechados, como hospitais e residências (AYOADE, 2002).

A UR é afetada por diversos fatores climáticos, incluindo a precipitação pluvial e a temperatura do ar. Uma relação importante a ser considerada é a inversão entre a temperatura e a UR: quando a temperatura diminui, a UR tende a aumentar, e vice-versa. Isso ocorre porque a capacidade do ar de reter vapor de água muda com a temperatura, influenciando a saturação do ar e, conseqüentemente, a UR. Essa relação é fundamental para entender as variações climáticas e é observada em padrões meteorológicos diários e sazonais (Varejão-Silva, 2006).

2.5.3 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás naturalmente produzido pelo metabolismo humano e liberado durante atividades físicas, além de ser gerado em processos de combustão e emissões veiculares. Este gás, incolor e inodoro, é comumente encontrado em ambientes internos em concentrações típicas entre 700 e 2.000 PPM (partes por milhão). O controle adequado dos níveis de CO₂ é crucial, uma vez que concentrações elevadas podem causar desconforto e afetar a saúde e bem-estar das pessoas presentes nesses espaços (GIODA, 2003).

Em concentrações extremamente altas (acima de 30.000 ppm), o CO₂ pode tornar-se asfíxiante e irritante para o sistema respiratório humano. Embora danos à saúde ocorram raramente em ambientes internos, em níveis moderados o CO₂ pode causar desconforto, como

uma sensação de ar "abafado". Quando ultrapassam 30.000 PPM, os efeitos podem incluir dores de cabeça, tonturas e náuseas (JONES, 1999).

O aumento dos níveis de CO₂ em ambientes internos pode levar a desconforto, afetar a concentração e o desempenho, e em concentrações elevadas, acima dos limites de tolerância, pode resultar em sintomas mais graves (LIDDAMENT, 1997).

Segundo a OMS, para garantir uma boa Qualidade do Ar Interno (QAI), é essencial monitorar regularmente os níveis de CO₂ e implementar medidas corretivas, se necessário. Manter uma ventilação adequada, permitindo a entrada de ar fresco e a remoção de poluentes, é crucial para controlar os níveis de CO₂ e garantir um ambiente interno saudável e confortável para os ocupantes. Além disso, garantir que os sistemas de ventilação e circulação de ar estejam em bom funcionamento é fundamental para manter a qualidade do ar em níveis seguros e promover o bem-estar de todos que utilizam esses espaços internos.

Manter uma ventilação adequada é crucial para controlar os níveis de CO₂ e promover um ambiente interno saudável e confortável. A utilização de sistemas de ventilação mecânica, a ventilação natural e a purificação do ar são estratégias importantes para manter a qualidade do ar interior (SUZUKI, 2010).

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O propósito deste estudo está pautado em avaliar a qualidade do ar em seis ambientes de um hospital público do Distrito Federal, utilizando parâmetros ambientais específicos, temperatura, umidade relativa e quantidade de dióxido de carbono presente no ar, bem como a conformidade com os padrões tecnológicos, legislação e normas técnicas vigentes. Ademais o estudo busca compreender as variações nesses parâmetros e seus potenciais impactos, propondo recomendações e estratégias para o controle do conforto térmico e a redução dos níveis de CO₂, visando o bem-estar dos usuários e a melhoria da qualidade do ar em ambientes hospitalares.

3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um estudo exploratório, descritivo, observacional e transversal. Nesse tipo de estudo, os dados são coletados em um único momento no tempo, ou em um período relativamente curto, sem acompanhamento a longo prazo. É importante ressaltar que o estudo observacional transversal não permite estabelecer relações causais entre as variáveis, mas pode fornecer dados preliminares importantes que justifiquem investigações mais aprofundadas (WANG; CHENG, 2020).

A pesquisa foi conduzida em um hospital público do Distrito Federal no qual inicialmente a estrutura foi projetada com modularidade e flexibilidade, utilizando módulos padronizados com elementos estruturais específicos para permitir layouts dinâmicos e expansões futuras. A estrutura do hospital foi organizada em áreas administrativas, técnicas e de atendimento de forma funcional, com corredores para facilitar a circulação. Janelas posicionadas para garantir garantiram ventilação natural e iluminação do ambiente.

Ademais a escolha do hospital não foi por acaso, trata-se de um hospital de nível secundário de assistência que realiza aproximadamente 20 mil atendimentos mensais, em diversas especialidades. O hospital foi construído há 52 anos e a gestão é feita por estatal vinculada ao Ministério da Educação, sendo, portanto, um hospital público. Ademais também traz a particularidade de ficar localizado próximo a uma via de alto fluxo de veículos automotivos o que despertou o interesse nos pesquisadores dos programas Ecoplaneário e Geofluxo da Universidade de Brasília.

3.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para avaliação da qualidade do ar em diferentes áreas do hospital foi realizada ao longo de 15 dias consecutivos entre segunda e sexta-feira, no mês de julho do ano de 2024, na cidade de Brasília. Este período foi cuidadosamente selecionado para coincidir com as condições típicas do clima da região durante o inverno, caracterizado por temperaturas amenas e baixa umidade relativa do ar. Brasília, em julho, enfrenta uma estação seca, com níveis de umidade que frequentemente caem abaixo dos 40%, o que pode influenciar diretamente os parâmetros ambientais monitorados, especialmente em ambientes hospitalares onde o controle climático é essencial (NAJAR, 2018).

As medições foram realizadas em triplicatas, ou seja, três coletas independentes foram

realizadas em cada ponto monitorado. Essa estratégia foi adotada para garantir uma maior precisão e confiabilidade dos dados, minimizando possíveis variações momentâneas que poderiam ocorrer devido a fatores sazonais. A triplicata também permitiu o cálculo de desvios padrão e a construção de medidas médias para cada um dos parâmetros (temperatura, umidade relativa e concentração de CO₂), oferecendo uma análise estatística mais robusta. Isso assegurou que as variações observadas estivessem dentro de um intervalo estatisticamente confiável e que as médias calculadas refletissem de forma mais precisa a realidade das condições ambientais.

É importante ressaltar que a coleta foi realizada fora do período letivo escolar, o que contribuiu para a redução no fluxo de veículos e de pessoas em algumas áreas, especialmente nas regiões próximas ao hospital. Essa característica atípica de menor tráfego durante o mês de julho pode apontar reduções nos níveis de CO₂, já que há a possibilidade de menores emissão de gases por veículos que comumente trafegam na avenida próxima ao hospital.

A escolha de um período com menor circulação de pessoas e veículos e a metodologia de coleta em triplicata contribuem para a busca de uma avaliação precisa da qualidade do ar hospitalar. Esses cuidados metodológicos foram essenciais para identificar com maior clareza possíveis áreas problemáticas e desvios em relação aos padrões da norma ABNT NBR 7256:2021, possibilitando a formulação de propostas para melhorar a ventilação e a climatização nas áreas analisadas.

As áreas selecionadas para as coletas foram escolhidas para comparar com as normas de Qualidade do Ar Interno, abrangendo: quartos de internação e UTIs, onde o ar influencia diretamente a recuperação e prevenção de infecções; centro cirúrgico, para evitar infecções pós-operatórias; salas de espera, com variações de CO₂ e temperatura devido à ocupação; central de materiais esterilizados (CME), monitorada para segurança durante o calor gerado pela esterilização; e hotelaria, que requer ventilação adequada devido ao aquecimento contínuo dos equipamentos.

3.3 INSTRUMENTAÇÃO

Para realizar as medições da concentração de dióxido de carbono, bem como umidade e temperatura do ar foi utilizado um aparelho portátil de leitura direta por meio de sensor infravermelho não dispersivo, o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO₂ MX1102, fabricado pela Onset Computer Corporation. O Termo-higrômetro Digital HOBO MX1102, é equipado com um Datalogger, ou seja, um armazenador de dados, no qual registra dados de temperatura, umidade do ar, ponto de orvalho e CO₂. Sendo ideal para uso em ambientes internos que não apresentam riscos de exposição à umidade excessiva.

É importante ressaltar que foi requerido a parte da aquisição do aparelho, também, o certificado de calibração junto a empresa, no qual respalda que o aparelho esteja em perfeitas condições de uso e com as métricas adequadas para manuseio e devidamente calibrado. Ademais o aparelho foi comparado a outros aparelhos de propriedade do laboratório de geotecnia da Universidade de Brasília o Geofluxo, onde o pesquisador responsável pelas coletas teve a oportunidade de realizar treinamentos de aperfeiçoamento para manuseio do equipamento e conseqüentemente coleta dos dados.

Desta forma o Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO₂ MX1102, é um dispositivo versátil, capaz de registrar não apenas a concentração de CO₂, mas também dados de temperatura e umidade do ar. Essas informações são essenciais para entender e controlar a qualidade do ar em ambientes internos, especialmente em espaços onde a ventilação e a qualidade do ar podem afetar o conforto e a saúde das pessoas presentes. Além de temperatura, umidade e CO₂, o aparelho também calcula e registra o ponto de orvalho, no qual diz respeito a uma medida importante que indica a temperatura na qual o ar saturado de vapor d'água começa a condensar, levando à formação de orvalho. Esse parâmetro é especialmente útil para avaliar o potencial de condensação em superfícies e prevenir problemas relacionados à umidade em ambientes fechados.



Figura 1. Termo-higrômetro Digital com Data Logger e Sensor de CO₂ MX1102, fabricado pela Onset Computer Corporation. **Fonte:** [Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOB0, HOB0 ware are registered trademarks of Onset Computer Corporation.].

Características Técnicas:

Tabela 1. Descrição sensor de temperatura

Modelo: MX1102

Sensor de Temperatura

Faixa de medição:	0°C a +50°C;
Precisão:	+ 0,21°C de 0° a 50°C
Resolução:	0,024°C

Fonte: Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOB0, HOB0 ware are registered trademarks of Onset Computer Corporation.

Tabela 2. Descrição sensor de umidade

Modelo: MX1102

Sensor de umidade

Faixa de medição:	1% a 90%
Precisão:	+2% de 20% a 80% a 25°C

Resolução:	0,01% a 25°C
Histerese:	+ 2% RH

Fonte: Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOBO, HOBO ware are registered trademarks of Onset Computer Corporation.

Tabela 3. Descrição sensor de CO₂

Modelo: MX1102	
Sensor CO2	
Faixa de medição:	0 a 5000 ppm
Precisão:	+5% ou 50 ppm a 25°C
Tempo de aquecimento:	15 segundos
Não-linearidade:	<1% FS
Método do sensor	infravermelho não dispersivo (NDIR)

Fonte: Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOBO, HOBO ware are registered trademarks of Onset Computer Corporation.

Tabela 4. Descrição de captação e armazenamento de dados

Modelo: MX1102	
Captação e armazenamento de dados	
Intervalo da coleta de dados:	1 segundo a 18h
Memória:	84.650 medições
Dimensões:	7,6x12,95x4,7 cm
Comunicação:	USB e Bluetooth; IP 50

Fonte: Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOBO, HOBO ware are registered trademarks of Onset Computer Corporation.

CE - A marcação CE identifica que este produto foi produzido cumprindo com as diretivas relevantes da União Europeia (UE).

É importante destacar que a transferência dos dados coletados pelo equipamento é realizada por meio de um celular ou tablet, com um alcance de até 30 metros, eliminando a necessidade de remover o dispositivo do local ou acessar áreas de difícil alcance. Os dados de concentração de CO₂, temperatura e umidade relativa do ar foram coletados simultaneamente a cada período e armazenados na memória do aparelho.

As coletas foram realizadas com auxílio de um suporte localizado a 1,5 metros do solo conforme recomendado no manual de utilização do aparelho. Os dados foram armazenados utilizando o aplicativo integrado ao equipamento projetado especificamente para a série de Datalogger HOBO MX.



Figura 2. Aplicativo HOBO mobile. Fonte: [Onset Computer Corporation. All rights reserved. Onset, HOBO, HOBOWare are registered trademarks of Onset Computer Corporation].

Durante a coleta dos dados foram levados em consideração ocupação dos ambientes bem como questões sazonais. Os dados foram exportados para arquivos .xml (formato Excel), o qual apresenta todos os pontos de coleta dispostos em formato tabular, juntamente com as informações de início e término da coleta, número de série, modelo e nome do datalogger.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados foram condicionados a uma análise estatística para identificar as médias e desvio padrão utilizando o Microsoft Excel. Essa ferramenta é essencial na análise de dados devido à sua facilidade de uso, integração junto ao aparelho e capacidade de processar grandes volumes de informações, permitindo a visualização eficiente de dados por meio de gráficos e tabelas dinâmicas, ademais de possibilitar a automação de tarefas repetitivas com Macros. Sua integração com outras fontes de dados torna o Excel mais versátil para realizar a tabulação dos dados obtidos e respectivamente a análise deste estudo.

Além disso, a ferramenta oferece funcionalidades avançadas, como fórmulas automatizadas, que reduziram erros no cálculo estatístico e possibilitaram maior consistência nos resultados. O uso de Macros foi especialmente vantajoso, permitindo a automação de tarefas repetitivas e a padronização dos processos de análise, economizando tempo e garantindo maior eficiência. A integração do Excel com diferentes fontes de dados, como planilhas externas e arquivos gerados pelos equipamentos utilizados na coleta, também agregou versatilidade à análise, simplificando a importação, organização e cruzamento de informações.

Essa abordagem analítica, aliada à robustez da ferramenta utilizada, proporcionou uma base confiável e bem estruturada para a análise dos dados, permitindo explorar de forma detalhada as variáveis e sua conformidade com os parâmetros normativos. Assim, o Microsoft Excel demonstrou ser não apenas prático, mas também um recurso fundamental para o tratamento e interpretação dos dados coletados neste estudo.

.3.5 COMPARAÇÃO COM NORMAS E DIRETRIZES

Os resultados obtidos, foram comparados com as normas vigentes para a localidade em questão especificados na ABNT NBR 7256:2021. Essa decisão fundamenta-se na necessidade de adequar o estudo às regulamentações vigentes no Brasil, que levam em conta as condições climáticas, estruturais e sanitárias específicas do país. A utilização exclusiva da norma nacional assegura a validade técnica e jurídica dos resultados, garantindo que estejam alinhados à realidade local. A norma ABNT NBR 7256:2021 estabelece critérios claros para ambientes hospitalares: para áreas críticas, como centro cirúrgico e UTI, a faixa de temperatura recomendada está entre 20°C e 24°C; em espaços comuns, como salas de espera, a faixa permitida é de 20°C a 26°C. No que diz respeito à umidade relativa, o intervalo ideal situa-se entre 40% e 60%, favorecendo o conforto e a segurança microbiológica. Complementando essas diretrizes, a ABNT NBR 16401-2:2008 sugere que a concentração de dióxido de carbono em ambientes internos não ultrapasse 1000 ppm. Ao adotar exclusivamente as normas

brasileiras, o estudo respeita as exigências locais, promovendo condições adequadas para a saúde e segurança de todos que frequentam o hospital.

3.6 DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da pesquisa serão apresentados em relatórios técnicos e científicos para o local de pesquisa, bem como apresentado em eventos e conferências relacionadas à saúde e ao meio ambiente. Além disso, poderá ser publicado em revistas científicas para compartilhar as descobertas com a comunidade acadêmica.

3.7 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As limitações desta pesquisa incluem diversos fatores que podem influenciar os resultados e sua interpretação. Primeiramente, considera-se a variação natural do CO₂ em diferentes ambientes, que pode ser afetada pela ocupação do espaço, tipo de ventilação e atividades realizadas no local durante o período de coleta. Além disso, a influência de outros poluentes atmosféricos, como partículas em suspensão (PM₁₀ e PM_{2,5}) ou compostos orgânicos voláteis (COVs), não foi avaliada de forma detalhada, o que poderia complementar a análise da qualidade do ar.

Outro ponto relevante é a sazonalidade nas condições do ar, uma vez que a coleta foi realizada em um período específico do ano, e mudanças climáticas sazonais podem alterar os parâmetros avaliados, como temperatura, umidade e concentração de poluentes. O horário de coleta dos dados também representa uma limitação, pois variações nos fluxos de ocupação e atividades nos ambientes hospitalares ao longo do dia podem impactar os níveis registrados, especialmente no caso do CO₂.

Por fim, a condição climática do dia de coleta, incluindo temperatura, umidade relativa e ventos, pode ter influenciado os resultados, sobretudo em ambientes com ventilação natural ou insuficiente controle mecânico. Esses fatores apontam para a necessidade de estudos complementares em períodos e contextos variados para maior robustez na análise dos resultados.

4 RESULTADOS

Após realizadas as coletas durante os quinze dias do mês de junho do ano de 2024 no qual aferiu cada ambiente por três vezes em horários similares para uma melhor precisão e obtidos os valores relacionados a concentração de dióxido de carbono, umidade relativa e temperatura, este estudo aplicou a metodologia estatística relacionada análise descritiva no qual verifica a média e o desvio padrão de valores coletados, especificamente no contexto de medidas de tendência central e medidas de dispersão.

Neste contexto, de acordo com Meyer et al. (1995) “a média ou média aritmética é uma medida de tendência central que assinala o valor ou representação de um conjunto de dados. É calculada somando todos os valores e dividindo pelo número total de observações. “

Ademais, segundo Harrisson (2018) “o desvio padrão é uma medida de dispersão que indica o grau de variação ou dispersão dos valores em relação à média. Um desvio padrão baixo indica que os valores estão próximos da média, nesse mesmo sentido um desvio padrão alto indica maior dispersão. “

Para alcançar uma análise mais estruturada e visualmente compreensível dos dados, o Microsoft Excel foi empregado como ferramenta principal. Por meio dele, foram criadas planilhas dinâmicas que permitiram organizar e filtrar informações de maneira eficiente, facilitando a interpretação dos resultados. Além disso, gráficos foram gerados com o propósito de ilustrar as tendências e relações identificadas nos dados, oferecendo uma representação visual que complementa a análise textual. Essa abordagem visa não apenas a precisão na apresentação dos resultados, mas também a sua acessibilidade, tornando-os mais claros e impactantes para o leitor conforme apresentado abaixo de acordo com cada local desta pesquisa conforme apresentado abaixo:

1- Centro Cirúrgico

O centro cirúrgico é uma área hospitalar com um número considerável de pessoas, incluindo equipe médica e pacientes, onde o fluxo constante de pessoas e a necessidade de manutenção de um ambiente estéril resultam em pouca saída de ar, devido às recomendações estruturais que priorizam o controle do ambiente. Esse controle rigoroso limita a circulação de

ar, o que pode contribuir para o acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) no ambiente. No momento das coletas esta área estava com uma circulação considerável de profissionais atuando, sendo que o aparelho ficou posicionado próximo aos quartos.



Figura 3. Medições de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂) no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102. **Fonte:** Elaborado pelo autor

Desta forma, a **temperatura** média registrada no centro cirúrgico foi de 23,24°C, dentro da faixa recomendada de 20°C a 24°C, garantindo o conforto térmico necessário tanto para os profissionais quanto para os usuários, essencial para a realização de procedimentos cirúrgicos com segurança.

A **umidade** média foi de 42,15%, também dentro da faixa aceitável de 40% a 60%, o que é importante para controlar o crescimento de micro-organismos e manter um ambiente seguro.

No entanto, o nível de **dióxido de carbono (CO₂)** foi de 1093 ppm, levemente acima do limite recomendado de 1000 ppm, o que pode ser causado por diversos fatores como: ventilação inadequada, sistemas de exaustão ou filtros obstruídos, elevada ocupação da sala, uso de equipamentos médicos que liberam CO₂, procedimentos cirúrgicos prolongados, isolamento hermético sem renovação de ar suficiente, falhas no controle da pressão positiva e vazamentos em dutos ou entrada de ar contaminado de áreas, todos estes fatores precisam ser

investigados. Acredita-se que, o mais comum é que essa elevação no nível de CO₂ seja explicada pela baixa renovação do ar, característica comum em ambientes como centros cirúrgicos, onde a ventilação é limitada para garantir a esterilidade e evitar contaminações. Embora o valor esteja apenas um pouco acima do recomendado, isso pode afetar as condições favoráveis para a recuperação dos pacientes e o desempenho dos profissionais, pois, a exposição a níveis elevados de CO₂ por muito tempo podem causar sensação de fadiga e diminuir a capacidade de concentração.

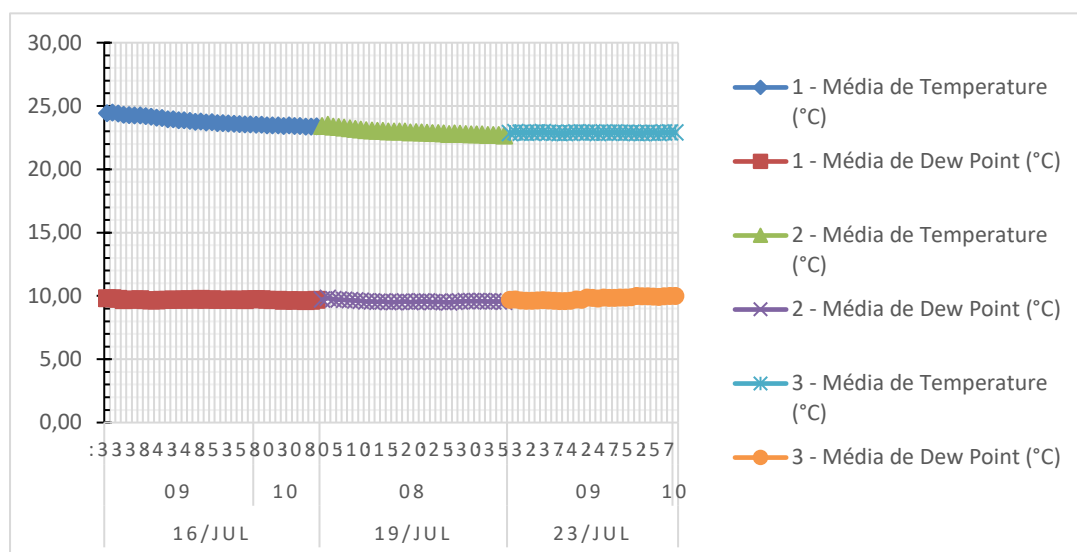
Quadro 4. Dados coletados, no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

Parâmetro	Valor de Referência	Média das Coletas	Conformidade
Temperatura (°C)	20 - 24	23,24 °C	SIM
Umidade Relativa (%)	40 - 60	42,15 %	SIM
Dióxido de Carbono (CO₂)	≤ 1000 ppm	1093 ppm	NÃO

Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Em suma, comparando com as normas, a temperatura e a umidade estão dentro dos padrões recomendados, assegurando um ambiente adequado para os procedimentos cirúrgicos. No entanto, a elevação do nível de CO₂ pode indicar a necessidade de melhorias no sistema de ventilação, de forma a garantir uma renovação de ar mais eficiente e manter os níveis de CO₂ abaixo do limite recomendado, sem comprometer o controle de contaminação conforme demonstrado nos gráficos abaixo:

Gráfico 1. Dados de temperatura, no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Analisando o gráfico de temperatura das coletas no centro cirúrgico, observa-se que os dados foram coletados ao longo de três dias, conforme indicado no eixo horizontal: 16, 19 e 23 de julho. As três séries de dados mostram a média de temperatura e o ponto de orvalho para cada dia de coleta.

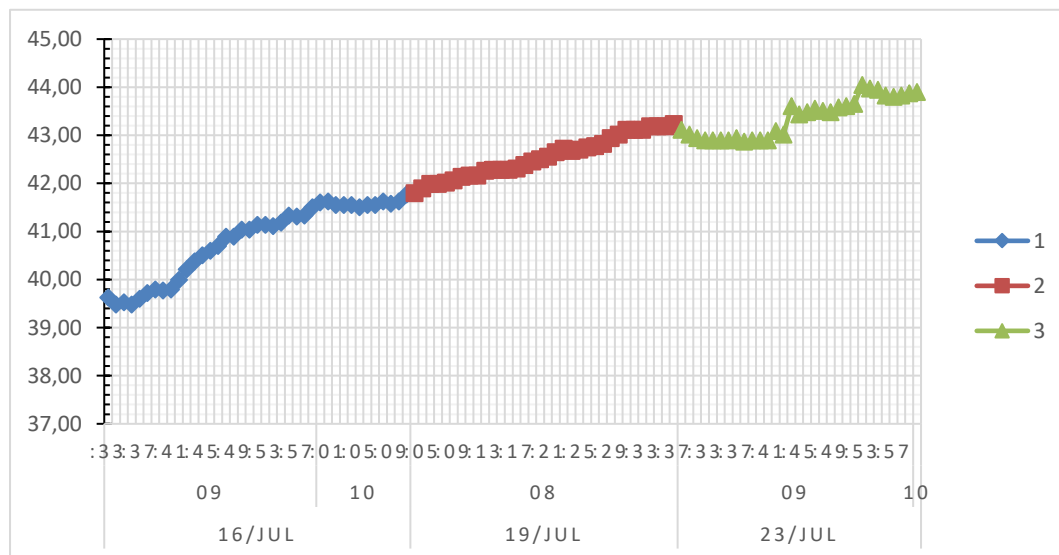
A primeira linha de coleta, representada pela cor azul, mostra a média de temperatura em torno de 23,5°C, permanecendo estável durante o dia 16 de julho. No segundo dia de coleta, 19 de julho, a linha verde também indica uma temperatura próxima de 23°C, porém com uma leve queda para 22,5°C no final do período, mas ainda dentro da faixa recomendada para centros cirúrgicos, que é de 20°C a 24°C. No terceiro e último dia de coleta, 23 de julho, a linha roxa mostra a temperatura estável em torno de 23°C.

As linhas laranja e azul-claro representam o ponto de orvalho, que é uma medida indireta da umidade relativa do ar. Ambas as linhas indicam valores estáveis em torno de 10°C durante os três dias de coleta, o que demonstra um controle consistente da umidade no centro cirúrgico. Esse controle é essencial para evitar condensação e manter um ambiente seguro e higiênico.

Em resumo, ao longo dos três dias de monitoramento (16, 19 e 23 de julho), as temperaturas e o ponto de orvalho permaneceram estáveis e dentro dos limites recomendados.

Apesar de uma leve queda na temperatura no dia 19, o ambiente foi mantido em condições ideais, com um controle adequado da temperatura e umidade, garantindo a segurança e o conforto no centro cirúrgico.

Gráfico 2. Dados de umidade relativa (RH%), no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

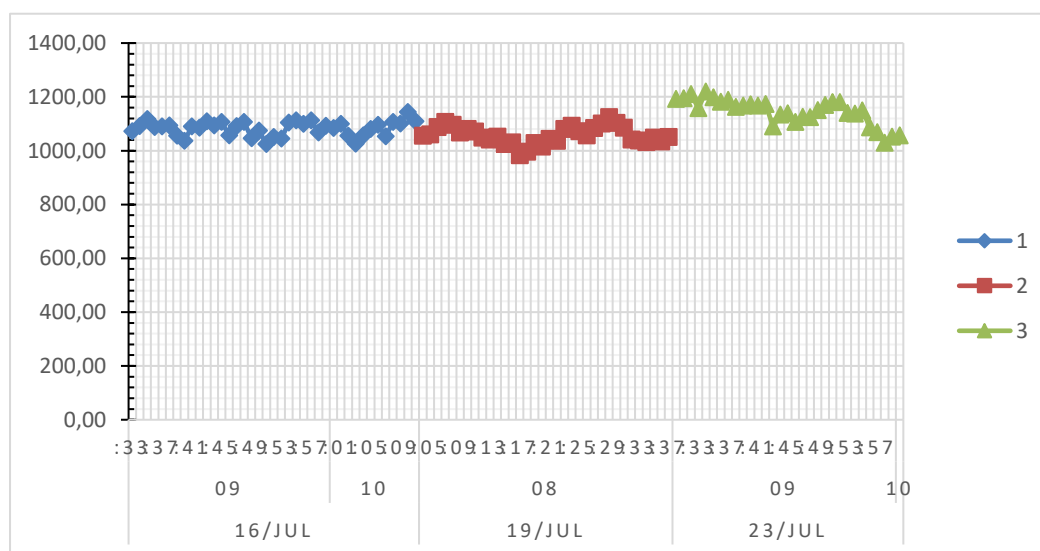


Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

Analisando o gráfico de umidade relativa ao longo dos três dias de coleta no centro cirúrgico, observa-se um aumento gradual da umidade durante o período monitorado. No primeiro dia de coleta, 16 de julho, representado pela linha azul, a umidade relativa começa em torno de 39% e sobe gradualmente até alcançar aproximadamente 41,5% ao final do dia. Esse aumento progressivo indica uma variação natural que se estabiliza dentro da faixa recomendada para centros cirúrgicos, entre 40% e 60%, garantindo que o ambiente permaneça adequado. No segundo dia de coleta, 19 de julho, a linha laranja mostra uma elevação contínua, iniciando em 41,5% e chegando a cerca de 43% ao final do período. O comportamento é suave e controlado, sem grandes oscilações, o que demonstra um bom gerenciamento da umidade. No terceiro dia, 23 de julho, a linha verde apresenta um aumento adicional da umidade, partindo de 43% e atingindo aproximadamente 44%, com pequenas variações ao longo do dia. Apesar das leves oscilações, os valores se mantêm dentro dos padrões recomendados.

De forma geral, o gráfico demonstra uma tendência de elevação controlada da umidade relativa ao longo dos três dias de coleta, partindo de 39% no primeiro dia e chegando a 44% no último. Esses valores estão dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, garantindo que o controle da umidade no centro cirúrgico esteja adequado para a prevenção de micro-organismos e para o conforto dos ocupantes.

Gráfico 3. Dados de CO₂ centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

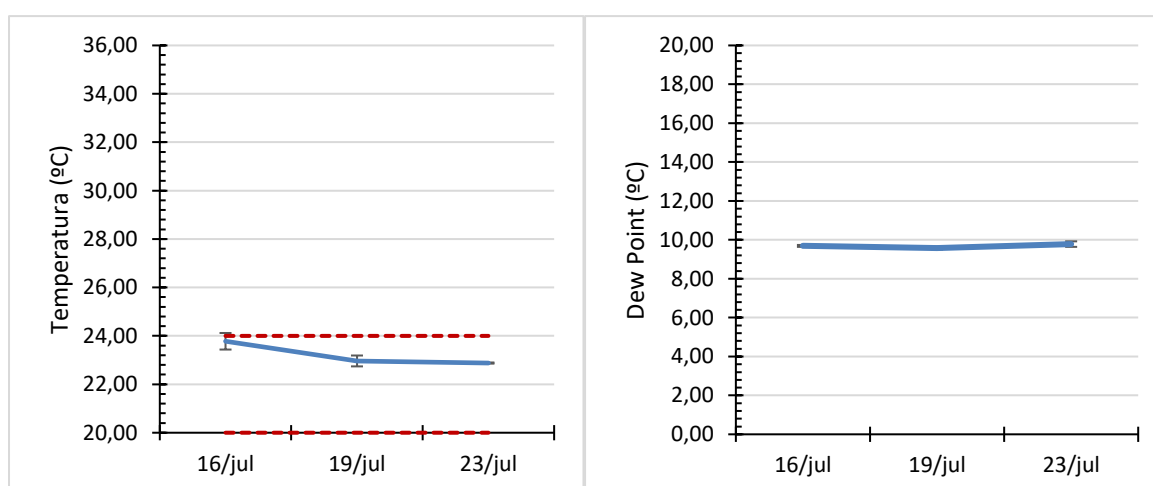


Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Observando o gráfico de CO₂ ao longo dos três dias de coleta no centro cirúrgico, observou-se que os níveis de dióxido de carbono (CO₂) variam de forma consistente acima do limite recomendado de 1000 ppm. No primeiro dia, 16 de julho, representado pela linha azul, os valores de CO₂ variam entre 1100 ppm e 1200 ppm, com pequenas flutuações ao longo do dia, sugerindo uma ventilação insuficiente. No segundo dia de coleta, 19 de julho, a linha laranja mostra uma leve redução nos níveis de CO₂, com variações entre 1050 ppm e 1150 ppm, indicando uma pequena melhora na ventilação ou uma menor ocupação do ambiente. No terceiro dia, 23 de julho, a linha verde apresenta valores entre 1000 ppm e 1100 ppm, com uma leve tendência de queda no final do período. Embora os níveis de CO₂ estejam mais próximos do limite recomendado, eles ainda permanecem levemente elevados, o que indica que a renovação do ar, embora tenha melhorado, ainda não está ideal.

De maneira geral, ao longo dos três dias de coleta, os níveis de CO₂ permanecem consistentemente acima de 1000 ppm, o que sugere a necessidade de melhorias no sistema de ventilação ou na circulação de ar no centro cirúrgico. Manter os níveis de CO₂ controlados é fundamental para garantir o conforto e o bem-estar dos ocupantes, especialmente em um ambiente hospitalar crítico, onde a qualidade do ar deve ser monitorada para garantir a segurança tanto de pacientes quanto de profissionais de saúde.

Gráfico 4. Dados de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação do ar no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



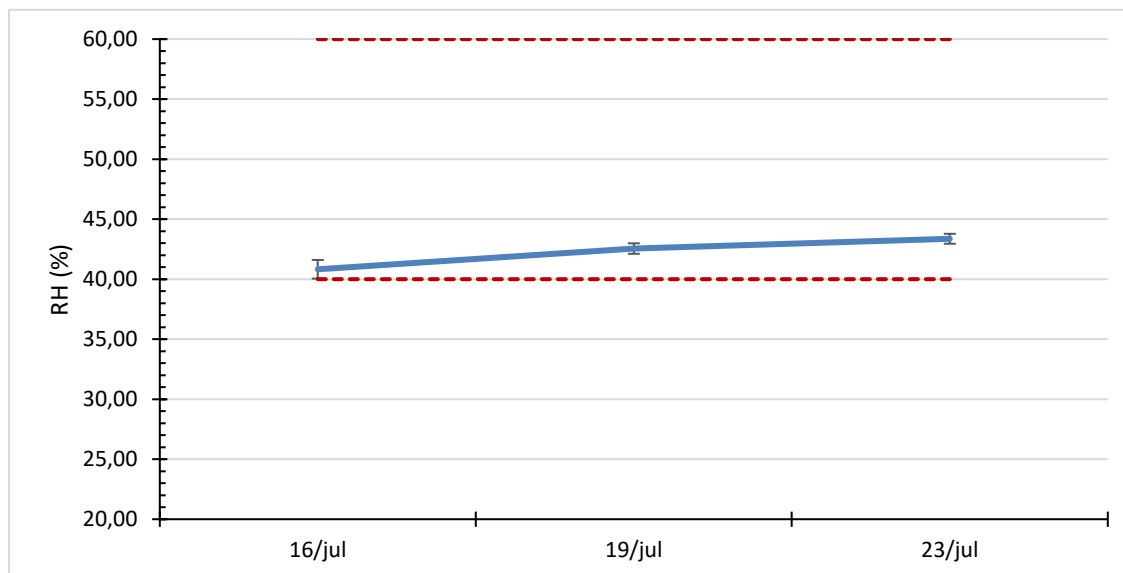
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Analisando os gráficos de média e desvio padrão das coletas no centro cirúrgico em relação à temperatura e à temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho), observou-se que a temperatura média ao longo dos três dias (16, 19 e 23 de julho) manteve-se próxima de 23°C, com uma leve queda no dia 19, quando passou de aproximadamente 23,5°C para 22,5°C. Essa variação, embora pequena, continua dentro da faixa recomendada para centros cirúrgicos, que é de 20°C a 24°C. O desvio padrão foi baixo, o que indica que as medições de temperatura foram consistentes ao longo do tempo, sem grandes oscilações, sugerindo um controle ambiental estável.

Quanto à temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho), os valores permaneceram estáveis, em torno de 9°C a 10°C ao longo dos três dias de coleta, com um desvio padrão praticamente inexistente. Isso indica uma alta consistência no controle da umidade do

ambiente, garantindo que não houve grandes variações durante os períodos monitorados. A estabilidade do ponto de orvalho confirma que a umidade relativa do ar foi controlada adequadamente, assegurando a qualidade do ambiente do centro cirúrgico.

Gráfico 5. Dados de média e desvio padrão de umidade relativa (RH%) no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

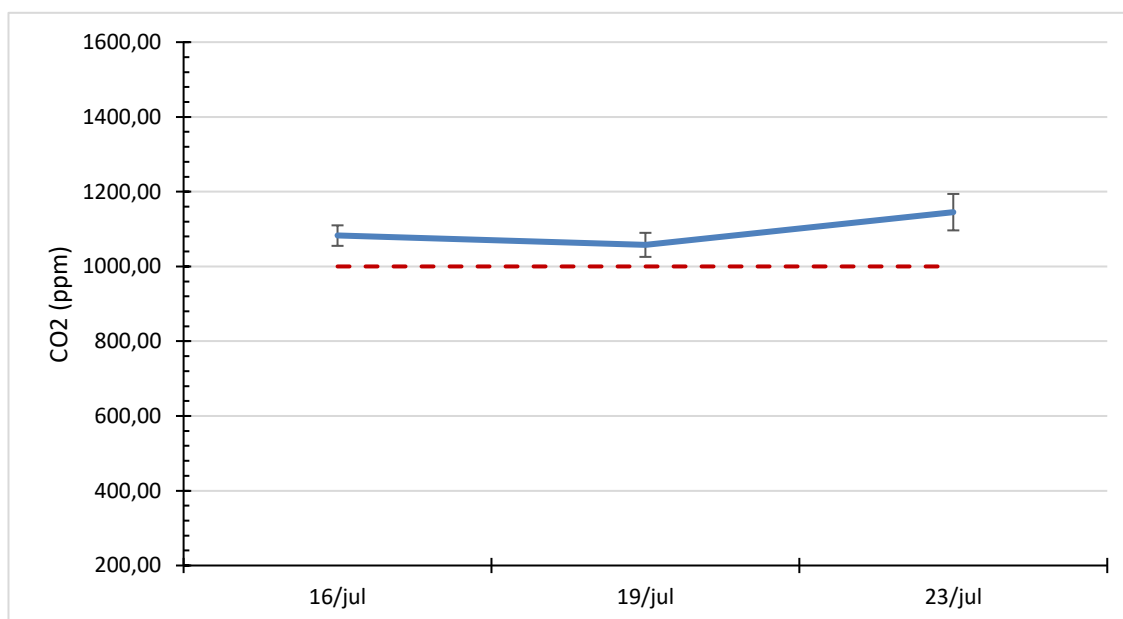
Quanto ao gráfico de umidade relativa no centro cirúrgico, que apresenta a média e o desvio padrão ao longo dos dias 16, 19 e 23 de julho, observa-se uma tendência de aumento gradual nos níveis de umidade. No dia 16 de julho, a umidade relativa média iniciou em torno de 40%, levemente acima do limite inferior recomendado para ambientes hospitalares. O desvio padrão foi pequeno, indicando pouca variação nos dados de umidade durante este dia. No segundo dia de coleta, 19 de julho, a umidade relativa subiu para aproximadamente 42%, ainda dentro da faixa aceitável de 40% a 60%, com o desvio padrão permanecendo pequeno, o que sugere estabilidade no controle da umidade. No último dia de coleta, 23 de julho, a umidade continuou a aumentar, atingindo cerca de 44%, com um desvio padrão também pequeno, mostrando que o controle de umidade foi mantido de forma estável.

As linhas pontilhadas vermelhas no gráfico indicam os limites recomendados para umidade relativa em centros cirúrgicos, entre 40% e 60%. Em todos os dias de coleta, a

umidade se manteve dentro desses limites, demonstrando um controle eficaz do ambiente. O leve aumento da umidade ao longo dos dias não comprometeu a qualidade do ar no centro cirúrgico, mantendo-se dentro dos parâmetros ideais para a segurança e conforto no local.

Em resumo, o gráfico revela que a umidade relativa no centro cirúrgico foi bem controlada ao longo dos três dias de coleta, subindo gradualmente de 40% para 44%. O desvio padrão pequeno em todos os dias sugere que as variações dentro de cada dia foram mínimas, garantindo um ambiente estável e seguro para os procedimentos cirúrgicos, com a umidade se mantendo dentro da faixa recomendada para evitar a proliferação de micro-organismos.

Gráfico 6. Dados de média e desvio padrão de CO₂ no centro cirúrgico do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

Analisando o gráfico de CO₂ no centro cirúrgico, que apresenta a média e o desvio padrão ao longo dos dias 16, 19 e 23 de julho, observa-se que os níveis de dióxido de carbono se mantiveram consistentemente acima do limite recomendado de 1000 ppm em todos os dias de coleta. No dia 16 de julho, a concentração de CO₂ começou em torno de 1100 ppm, acima do ideal, com um desvio padrão pequeno, o que indica variações moderadas durante o dia, mas com o nível de CO₂ ainda elevado. No dia 19 de julho, os níveis de CO₂ apresentaram uma leve queda, ficando próximos a 1050 ppm, mais perto do limite recomendado, mas ainda acima do

ideal. O desvio padrão neste dia foi um pouco maior, sugerindo uma variação maior ao longo do dia. Já no dia 23 de julho, a concentração de CO₂ subiu novamente, atingindo cerca de 1200 ppm, com um desvio padrão mais significativo, indicando variações durante o período, mas sempre acima do recomendado.

A linha pontilhada vermelha no gráfico indica o limite recomendado de 1000 ppm para centros cirúrgicos, e o fato de os níveis de CO₂ se manterem acima desse limite ao longo dos três dias sugere que a ventilação no ambiente pode não estar sendo suficiente para garantir uma boa renovação do ar. Embora tenha havido uma leve melhora no dia 19, o nível de CO₂ voltou a subir no dia 23, o que reforça a necessidade de melhorias no sistema de ventilação.

Em resumo, os níveis de CO₂ no centro cirúrgico variaram entre 1050 ppm e 1200 ppm, sempre acima do limite recomendado de 1000 ppm. Isso indica que o ambiente não está recebendo uma renovação de ar adequada, e o controle da ventilação precisa ser aprimorado para garantir que os níveis de CO₂ fiquem dentro dos padrões aceitáveis, assegurando a qualidade do ar necessária para a segurança e o bem-estar de pacientes e profissionais.

Em resumo, os gráficos mostram que tanto a temperatura quanto a umidade foram bem controladas durante o período de coleta. A leve variação na temperatura foi pequena e dentro dos padrões recomendados, enquanto o desvio padrão reduzido para ambos os parâmetros indica que as condições ambientais foram mantidas estáveis, garantindo um ambiente adequado e seguro para o trabalho no centro cirúrgico.

Recomenda-se, portanto, reforçar o sistema de ventilação para reduzir os níveis de CO₂ e garantir uma circulação de ar mais eficiente, o que contribuirá para o bem-estar dos profissionais e dos pacientes. Além disso, o monitoramento contínuo dos parâmetros de temperatura, umidade e CO₂ é essencial para assegurar que o ambiente mantenha as condições adequadas para os procedimentos cirúrgicos e o conforto de todos os ocupantes.

2- Quartos de Internação

O quarto de internação analisado é uma área destinada à recuperação de pacientes internados, onde o conforto térmico e a qualidade do ar são essenciais para o bem-estar e recuperação dos pacientes. No momento da coleta, o ambiente contava com dois pacientes,

duas macas e circulação de profissionais de saúde, o que pode influenciar nos níveis de dióxido de carbono (CO₂) e na variação da temperatura devido à atividade metabólica e à movimentação no local. A coleta de dados foi realizada com autorização do hospital em apenas um dos quartos, refletindo as condições específicas desse ambiente.



Figura 4. Medições de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂) no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102. **Fonte:** Elaborado pelo autor

Os resultados mostraram uma **temperatura** média de 23,91°C, dentro da faixa de conforto recomendada pela ABNT, que estabelece entre 21°C e 24°C como ideal para ambientes de internação. Essa temperatura proporciona conforto e estabilidade aos pacientes, sem interferir na sua recuperação ou no trabalho dos profissionais.

A **umidade** do ar foi registrada em 43,67%, também dentro da faixa ideal de 40% a 60%, o que garante um ambiente saudável e previne problemas respiratórios e a proliferação de micro-organismos.

O nível de **CO₂** registrado foi de 493 ppm, bem abaixo do limite máximo de 1000 ppm estabelecido pela ABNT, indicando uma boa ventilação e circulação de ar no quarto de internação, o que é fundamental para garantir a segurança e o conforto de todos no ambiente.

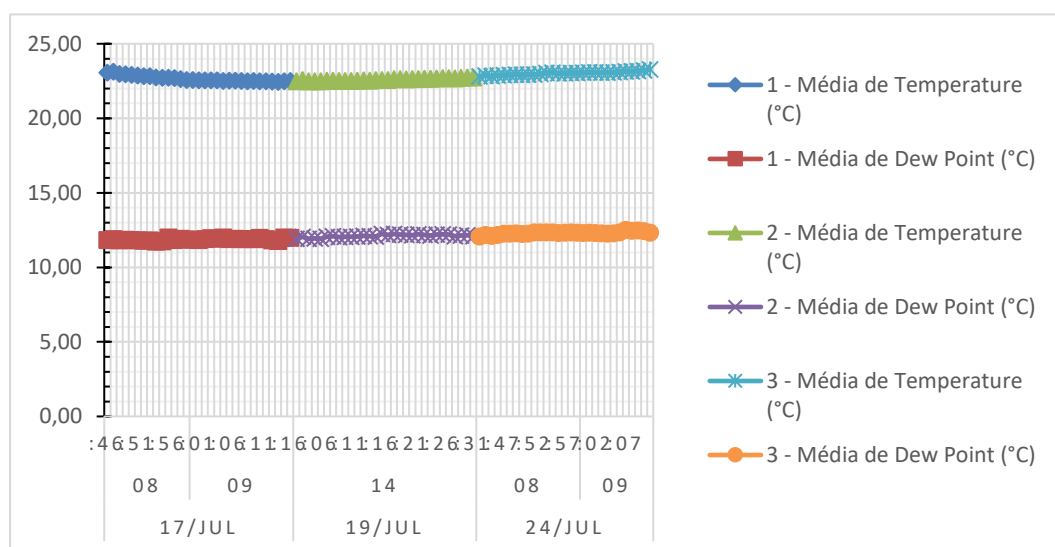
Quadro 5 . Dados coletados, no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

Parâmetro	Valor de Referência	Média da Coleta	Conformidade
Temperatura (°C)	20 - 24	23,91°C	SIM
Umidade Relativa (%)	40 - 60	43,67%	SIM
Dióxido de Carbono (CO ₂)	≤ 1000 ppm	493 ppm	SIM

Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Os resultados indicaram condições ambientais adequadas no quarto de internação, com temperatura média e umidade ambas dentro das faixas recomendadas pela ABNT para conforto e saúde. O nível de CO₂ foram, significativamente abaixo do limite de 1000 ppm, evidenciando boa ventilação e qualidade do ar, essenciais para a melhoria da qualidade de saúde dos usuários.

Gráfico 7. Dados de temperatura, no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

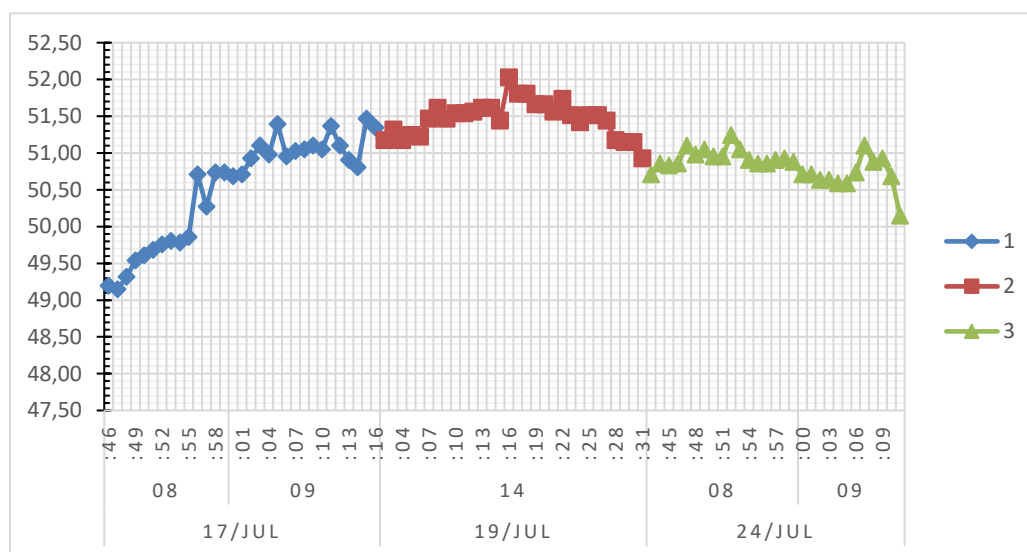
O gráfico de temperatura do quarto de internação revela uma estabilidade significativa nas medições, com a temperatura média mantendo-se consistentemente em torno de 23,9°C. Esse nível de controle térmico demonstra que o sistema de climatização do local está funcionando de forma eficiente, proporcionando um ambiente adequado para a recuperação dos pacientes. A faixa de temperatura observada está dentro dos parâmetros recomendados pela ABNT, que sugere uma faixa de 21°C a 24°C para ambientes hospitalares, garantindo o conforto térmico necessário para evitar complicações de saúde relacionadas a variações excessivas de temperatura.

A estabilidade registrada no gráfico também indica que o ambiente hospitalar está bem controlado, mesmo com a circulação de profissionais e a presença de pacientes. Manter a temperatura estável é crucial, especialmente em quartos de internação, onde oscilações podem afetar negativamente a recuperação dos pacientes. Além disso, as condições de conforto térmico favorecem o desempenho dos profissionais de saúde, criando um ambiente de trabalho mais confortável e eficiente.

O ponto de orvalho, que também é monitorado no gráfico, apresenta uma variação mínima, o que indica que a umidade do ar está sendo controlada adequadamente. Esse fator é essencial para garantir que o ambiente não favoreça a proliferação de micro-organismos, prevenindo problemas de saúde relacionados à má qualidade do ar e à presença de umidade excessiva.

Em suma, o controle adequado da temperatura e do ponto de orvalho no quarto de internação, como mostrado no gráfico, indica que o ambiente é seguro e confortável tanto para os pacientes quanto para os profissionais de saúde, respeitando as normas técnicas e promovendo condições favoráveis à recuperação e ao bem-estar.

Gráfico 8. Dados de umidade relativa (RH%), no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



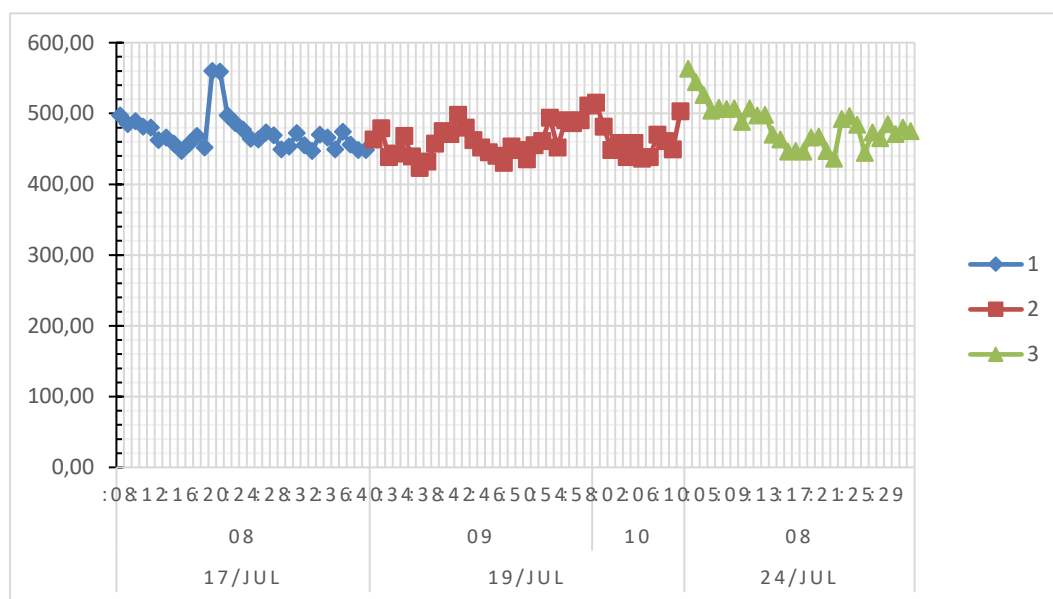
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O gráfico de umidade relativa (RH%) ao longo dos dias 17, 19 e 24 de julho revela uma variação controlada, com os níveis de umidade permanecendo dentro da faixa recomendada pela ABNT, entre 40% e 45%. No dia 17 de julho, a umidade começa em torno de 45% e apresenta uma leve redução ao longo do dia, estabilizando-se próximo a 40%. Isso sugere que o sistema de climatização do hospital está funcionando adequadamente, garantindo um controle eficaz da umidade.

No dia 19 de julho, os níveis de umidade se mantêm estáveis em torno de 40%, sem grandes variações, refletindo um ambiente bem controlado e seguro para os pacientes, com condições ideais para evitar problemas respiratórios ou proliferação de micro-organismos.

Já no dia 24 de julho, a umidade apresenta um leve aumento, partindo de 40% e chegando a aproximadamente 45% ao final do período monitorado, o que pode indicar uma redução no uso dos sistemas de climatização ou uma variação natural do ambiente. Mesmo com esse aumento, a umidade continua dentro da faixa considerada adequada para ambientes hospitalares. Em resumo, a umidade relativa nos três dias monitorados manteve-se controlada e dentro dos parâmetros ideais, garantindo um ambiente seguro e confortável para a recuperação dos pacientes e o trabalho dos profissionais de saúde.

Gráfico 9. Dados de CO₂ no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



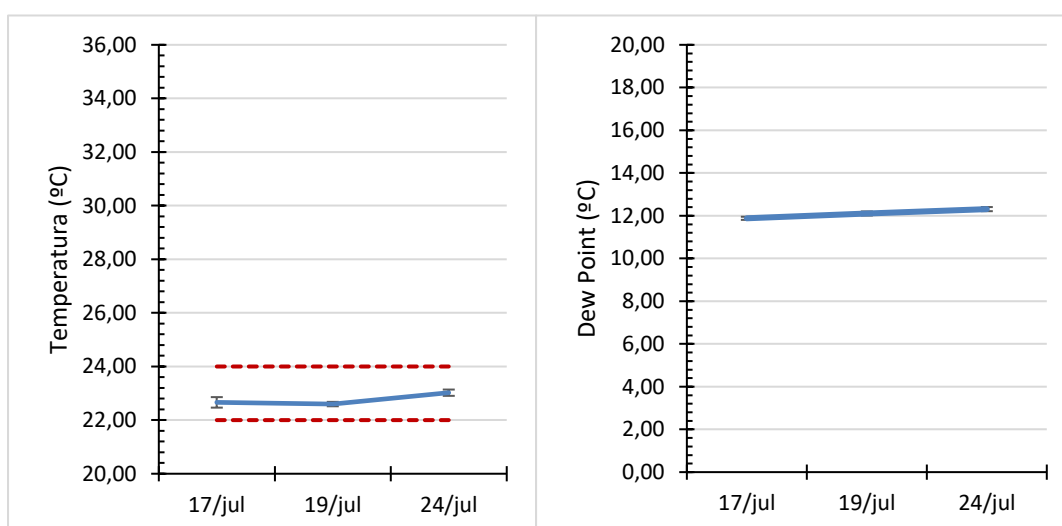
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O gráfico de CO₂ (ppm) revela a variação da concentração de dióxido de carbono ao longo de três dias monitorados (17, 19 e 24 de julho) em um quarto de internação. No dia 17 de julho, os níveis de CO₂ começam em torno de 450 ppm, com uma leve oscilação entre 450 ppm e 500 ppm. Há um pico de CO₂ durante o meio do dia, ultrapassando 500 ppm, o que pode ser atribuído ao aumento momentâneo da circulação de pessoas no ambiente, como profissionais de saúde. Após esse pico, os níveis de CO₂ voltam a se estabilizar entre 450 e 480 ppm, indicando uma ventilação adequada no ambiente, capaz de controlar o acúmulo de dióxido de carbono.

No dia 19 de julho, há uma variação mais constante nos níveis de CO₂, oscilando entre 400 e 500 ppm ao longo do dia. Essas flutuações podem ser explicadas por uma variação no uso do quarto, com momentos de maior e menor circulação de pessoas. Mesmo com essa oscilação, os níveis de CO₂ se mantêm dentro de uma faixa segura, abaixo dos 1000 ppm, conforme recomendado pela ABNT para ambientes internos. No dia 24 de julho, os níveis de CO₂ começam acima de 450 ppm, com um aumento gradual até cerca de 500 ppm, seguido por uma estabilização com pequenas oscilações. Esse comportamento indica que o ambiente continua a ser bem ventilado, controlando os níveis de dióxido de carbono.

Em termos gerais, o gráfico mostra que, ao longo dos três dias, os níveis de CO₂ permanecem dentro dos limites seguros, com todas as medições abaixo de 500 ppm, muito abaixo do limite de 1000 ppm recomendado pela ABNT. As flutuações são normais para um ambiente com circulação de pessoas, e os picos de CO₂ são rapidamente controlados pela ventilação, garantindo que a qualidade do ar no quarto de internação seja mantida dentro de níveis adequados. O controle eficaz da concentração de CO₂ é essencial para garantir um ambiente hospitalar seguro, minimizando o risco de desconforto respiratório e assegurando a qualidade do ar para pacientes e profissionais de saúde.

Gráfico 10. Dados de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação do ar no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

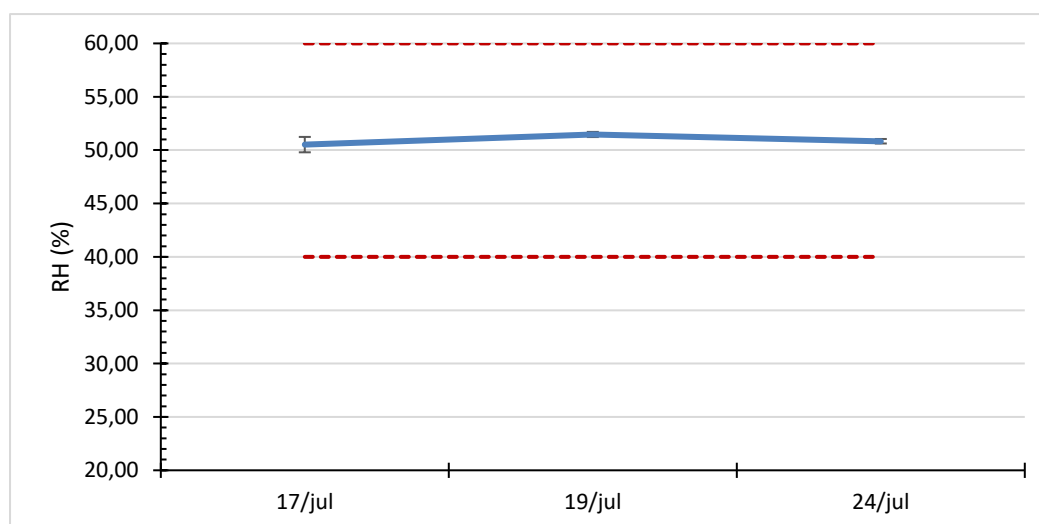
Os gráficos de média e desvio padrão da temperatura e da temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho) nos dias 17, 19 e 24 de julho revelam uma estabilidade significativa nos parâmetros monitorados. No gráfico de temperatura, os valores médios se mantêm próximos de 24°C ao longo dos três dias, com um desvio padrão pequeno, indicando uma variação mínima e controle eficaz do sistema de climatização. Isso significa que a temperatura do ambiente hospitalar permanece estável e dentro dos limites aceitáveis, conforme indicado pelas linhas vermelhas no gráfico, que representam o intervalo de temperatura ideal entre 21°C e

26°C. O leve aumento observado no dia 24 ainda está dentro dos parâmetros recomendados, sugerindo que o ambiente continua confortável e adequado para a recuperação dos pacientes.

Já o gráfico da temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho) mostra uma leve queda ao longo dos três dias, partindo de cerca de 11°C no dia 17 de julho para pouco menos de 9°C no dia 24. Essa queda indica uma diminuição gradual na umidade do ambiente, porém o desvio padrão também é pequeno, refletindo uma estabilidade nos níveis de umidade, sem grandes oscilações. O controle da umidade é crucial para evitar problemas respiratórios e a proliferação de micro-organismos, e essa estabilidade sugere que o ambiente está adequadamente controlado.

Em resumo, os gráficos indicam que tanto a temperatura permanece estável e dentro dos padrões recomendados, com variações mínimas ao longo dos dias monitorados. Isso reflete um ambiente hospitalar bem controlado, adequado para garantir o conforto térmico e a qualidade do ar, promovendo assim um espaço propício à recuperação dos pacientes e ao bem-estar dos profissionais de saúde.

Gráfico 11. Dados de média e desvio padrão de umidade relativa (RH%) no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



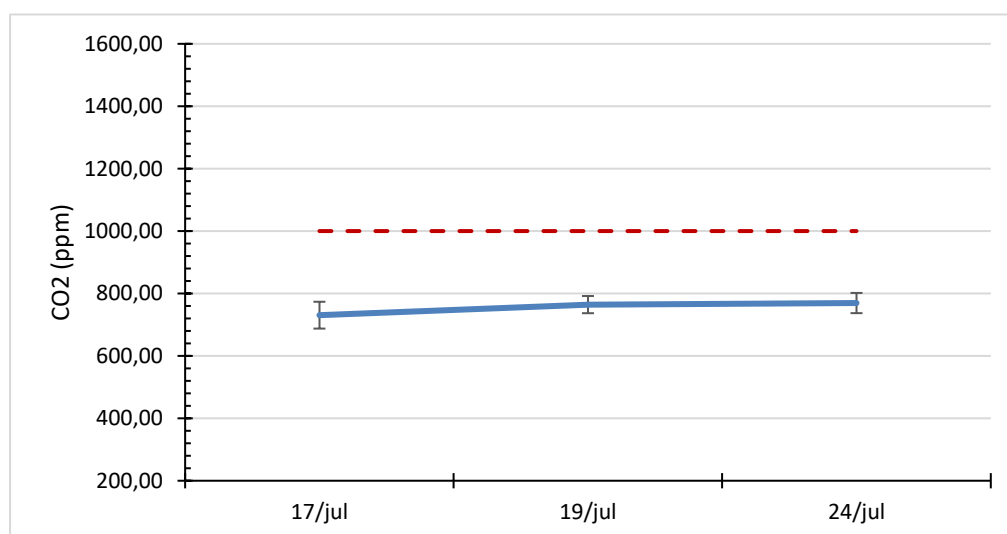
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O gráfico de média e desvio padrão da umidade relativa (RH%) no quarto de internação mostra uma tendência de queda gradual ao longo dos dias 17, 19 e 24 de julho. No dia 17 de

julho, a umidade média estava em torno de 40%, com um desvio padrão pequeno, indicando variações mínimas ao longo do dia e um controle eficaz do ambiente. No dia 19 de julho, houve uma leve redução na umidade, que chegou a aproximadamente 38%, ainda com um desvio padrão baixo, o que demonstra que, apesar da diminuição, a umidade permaneceu estável. No dia 24 de julho, a umidade média caiu para cerca de 35%, próxima do limite inferior recomendado de 40% para ambientes hospitalares, mas ainda dentro de parâmetros aceitáveis. O desvio padrão continuou pequeno, sugerindo que as variações diárias foram controladas de maneira eficaz, garantindo a estabilidade do ambiente.

Essa tendência de redução na umidade ao longo dos três dias pode estar relacionada a mudanças na ventilação ou na ocupação do quarto, influenciando a capacidade do ar de reter umidade. Mesmo com essa queda, o controle do ambiente se manteve adequado, garantindo um nível de umidade que favorece o conforto respiratório e a prevenção de problemas relacionados à proliferação de micro-organismos. A estabilidade observada, refletida pelo pequeno desvio padrão, é essencial para o conforto dos pacientes, assegurando que não ocorrem variações bruscas que possam comprometer a qualidade do ar e o conforto no quarto de internação.

Gráfico 12. Dados de média e desvio padrão de CO₂ no quarto de internação do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

O gráfico de média e desvio padrão de CO₂ (ppm) no quarto de internação mostra que a concentração de dióxido de carbono se manteve estável ao longo dos dias 17, 19 e 24 de julho. No dia 17, a média de CO₂ foi de aproximadamente 450 ppm, com um desvio padrão pequeno, indicando pouca variação ao longo do dia. No dia 19, os valores de CO₂ permaneceram próximos, com uma média semelhante de 450 ppm e com um desvio padrão baixo, o que sugere um controle constante da ventilação. No dia 24, houve um leve aumento na concentração de CO₂, atingindo cerca de 480 ppm, mas ainda bem abaixo do limite de 1000 ppm recomendado pela ABNT para ambientes internos, o que garante a segurança do ar no ambiente hospitalar.

A tendência observada no gráfico é de estabilidade na concentração de CO₂, com variações mínimas ao longo dos três dias monitorados. Essa consistência indica que o sistema de ventilação está funcionando de forma eficaz, garantindo que o nível de dióxido de carbono permaneça bem abaixo dos limites recomendados. O pequeno desvio padrão nos três dias também sugere que as oscilações na concentração de CO₂ foram controladas, mantendo a qualidade do ar estável e adequada para a recuperação dos pacientes e o trabalho dos profissionais de saúde.

Em resumo, o gráfico demonstra que o quarto de internação possui uma ventilação eficiente, com concentrações de CO₂ bem abaixo dos limites aceitáveis, assegurando um ambiente seguro e confortável para todos os ocupantes.

Em comparação com as normas, todos os parâmetros medidos – temperatura, umidade e CO₂ – estavam dentro das diretrizes da ABNT, o que indica que o quarto de internação oferece condições adequadas para a recuperação dos pacientes, sem riscos de desconforto térmico ou exposição a níveis excessivos de CO₂. Esse ambiente apresenta boas condições de qualidade do ar e conforto, fundamentais para o bem-estar dos pacientes e para o trabalho dos profissionais de saúde, garantindo um ambiente propício à recuperação e à segurança dos ocupantes.

3- Sala de Espera

A sala de espera da radiologia é uma área caracterizada por um grande fluxo de pessoas, o que torna o controle ambiental essencial para garantir o conforto tanto dos pacientes quanto

dos visitantes que aguardam atendimento. No período da coleta, o local contava com poucas janelas abertas, o que pode ter contribuído para um ambiente mais fechado e menos ventilado, potencializando o desconforto térmico. Além disso, o número de pessoas na sala era moderado, mas como se trata de uma área comum, é comum haver variações significativas no número de ocupantes ao longo do dia, o que pode impactar diretamente a qualidade do ar e as condições térmicas.



Figura 5. Medições de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂) na sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102. Fonte: Elaborado pelo autor

A média de **temperatura** registrada foi de 26,95°C, o que está acima do limite recomendado para áreas comuns em ambientes hospitalares, que normalmente varia entre 21°C e 24°C. Essa temperatura elevada pode gerar um desconforto térmico significativo, especialmente em uma sala de espera onde as pessoas permanecem por longos períodos. Em locais com poucas janelas, a falta de ventilação natural pode dificultar a dissipação do calor, agravando ainda mais o desconforto térmico.

A **umidade** média foi de 38,5%, abaixo do mínimo recomendado pela ABNT, que sugere uma faixa ideal de umidade entre 40% e 60%. Níveis de umidade abaixo desse intervalo podem causar desconfortos respiratórios, ressecamento das vias aéreas e da pele, especialmente em um ambiente onde as pessoas já estão potencialmente vulneráveis à espera de atendimento médico. A baixa umidade, combinada com a alta temperatura, intensifica a sensação de desconforto térmico, agravando a percepção de calor no ambiente.

A concentração média de **CO₂** foi de 475 ppm, o que está dentro dos limites aceitáveis, já que o recomendado pela ABNT é que os níveis de dióxido de carbono fiquem abaixo de 1000 ppm. Embora o CO₂ esteja controlado, a qualidade do ar não pode ser considerada totalmente adequada devido às condições térmicas desfavoráveis (temperatura alta e baixa umidade). A ventilação insuficiente ou a falta de circulação de ar fresco pode não estar agravando o CO₂, mas certamente está contribuindo para o desconforto geral.

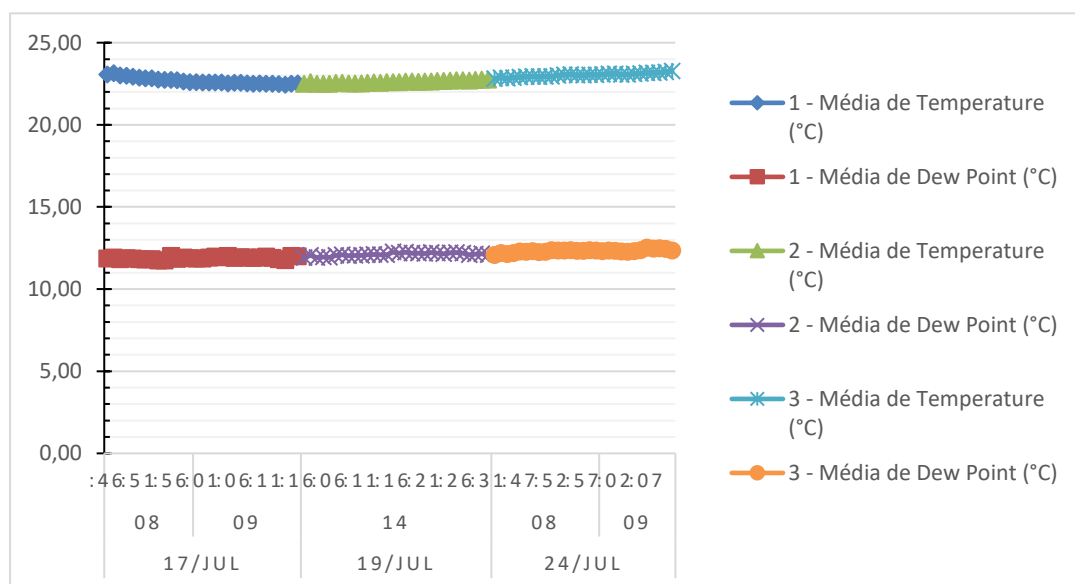
Quadro 6. Dados coletados, na sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

Parâmetro	Valor de Referência	Média da Coleta	Conformidade
Temperatura (°C)	20 - 24	26,95°C	SIM
Umidade Relativa (%)	40 - 60	38,5%	NÃO
Dióxido de Carbono (CO ₂)	≤ 1000 ppm	475 ppm	SIM

Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

Embora o ambiente apresente boa ventilação (CO₂ dentro do limite), os problemas com alta temperatura e baixa umidade indicam a necessidade de intervenções para melhorar o conforto térmico e a qualidade ambiental geral. Ajustes no sistema de climatização ou umidificação podem ser recomendados.

Gráfico 13. Dados de temperatura, na sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O gráfico de temperatura média da sala de espera apresenta a variação da temperatura ao longo de três dias: 17, 19 e 24 de julho. No dia 17, a temperatura média foi registrada em torno de 27°C. Essa temperatura, embora estável, está acima do limite recomendado para áreas comuns em ambientes hospitalares, que deve ser entre 21°C e 24°C. Essa elevação pode gerar desconforto térmico para pacientes e visitantes que aguardam atendimento, especialmente considerando que a sala de espera possui poucas janelas, o que limita a ventilação natural e pode intensificar a sensação de calor.

No dia 19 de julho, a temperatura média se manteve em 26°C, seguindo o mesmo padrão do dia anterior. A consistência nesse valor indica que o ambiente continua a ser controlado de maneira eficaz, mas a temperatura ainda permanece acima do ideal. A falta de variações significativas sugere que o sistema de climatização está funcionando de forma contínua, mas o desconforto térmico persiste, especialmente em um espaço com grande fluxo de pessoas.

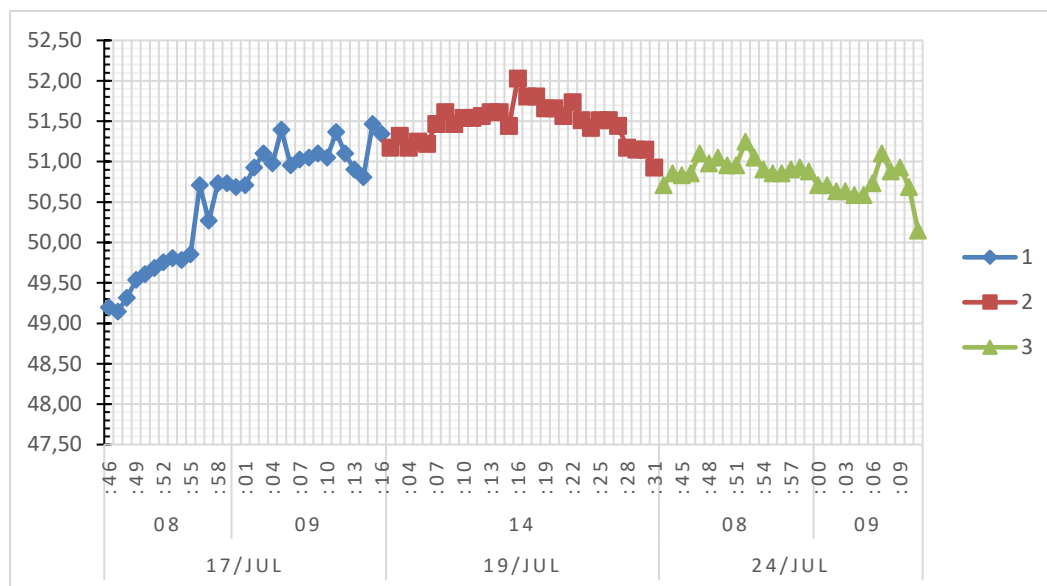
No dia 24 de julho, a temperatura novamente se manteve em 26,95°C. Embora a estabilidade nos valores seja positiva em termos de controle térmico, a persistência dessa temperatura elevada continua a ser uma preocupação para o conforto dos ocupantes da sala.

Essa situação é preocupante, pois, mesmo com o fluxo de pessoas e a possível necessidade de ventilação adicional, a temperatura não diminuiu para níveis mais confortáveis.

Em resumo, ao longo dos três dias monitorados, a temperatura média da sala de espera permaneceu constantemente em 26°C, acima do limite recomendado. Essa condição indica um potencial desconforto térmico para pacientes e visitantes. Apesar do controle eficaz da temperatura, a elevação contínua sugere que o sistema de climatização pode precisar de ajustes para melhorar a ventilação e reduzir a temperatura a níveis mais adequados, garantindo um ambiente mais confortável e seguro para todos os que aguardam atendimento.

Para melhorar o conforto na sala de espera da radiologia, onde a temperatura média se manteve em 26,9°C, acima do limite recomendado, várias ações são recomendadas. Primeiro, é essencial ajustar o sistema de climatização para manter a temperatura entre 21°C e 24°C, especialmente durante horários de maior fluxo de pessoas. Aumentar a ventilação natural com mais janelas ou ventiladores de exaustão também é importante para dissipar o calor e melhorar a qualidade do ar. Além disso, a instalação de desumidificadores pode ajudar a manter a umidade relativa entre 40% e 60%, evitando desconfortos associados ao ar seco. Implementar um monitoramento contínuo da temperatura e umidade permitirá ajustes rápidos, enquanto sinalizações informativas ajudarão a preparar os ocupantes. Avaliar o design do mobiliário para garantir conforto e um ambiente arejado é fundamental. A equipe deve ser treinada para monitorar as condições do ambiente, e o feedback de pacientes e visitantes deve ser coletado para identificar oportunidades de melhoria. Essas recomendações visam criar um ambiente mais confortável e seguro para todos os usuários da sala de espera.

Gráfico 14. Dados de umidade relativa (RH%), na sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

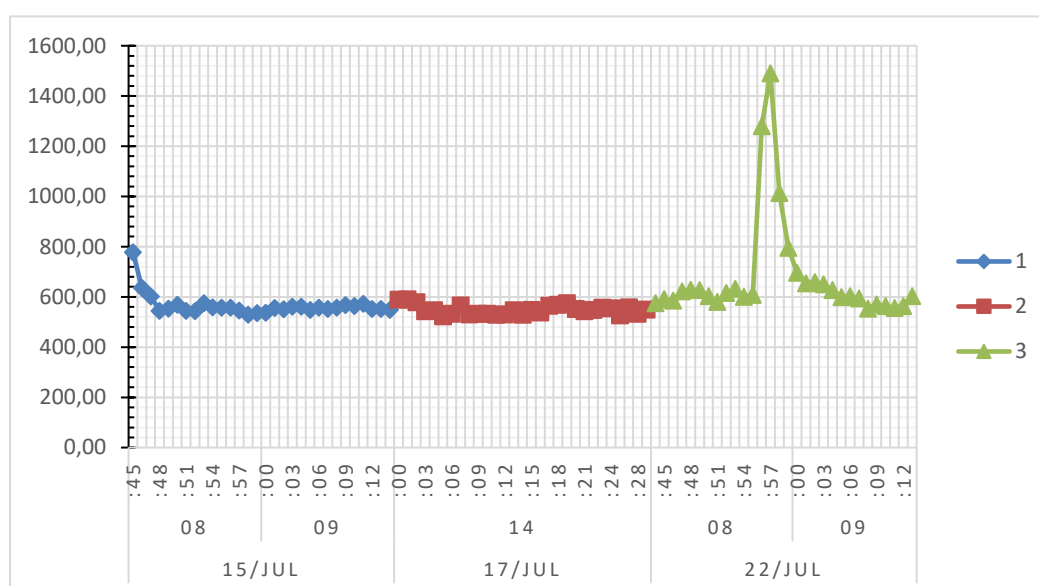
A análise do ambiente da sala de espera da radiologia, considerando os dados de umidade relativa, embora o gráfico mostre variações de umidade entre 49% e 51% em determinados períodos, a média registrada foi de 38,5%, o que está abaixo do mínimo recomendado pela ABNT, que sugere uma faixa ideal entre 40% e 60%. Isso indica que houve momentos críticos em que a umidade esteve significativamente baixa, prejudicando a qualidade do ambiente o que também pode ter relação sazonal dado o clima de Brasília nesta determinada época do ano.

A baixa umidade pode causar desconfortos respiratórios, como ressecamento das vias aéreas, além de aumentar a sensação de calor, especialmente quando combinada com uma temperatura elevada de 29,5°C, como registrada na sala. Essa temperatura, muito acima do ideal para áreas hospitalares, que deve variar entre 21°C e 24°C, agrava o desconforto térmico, especialmente em um espaço fechado e com pouca ventilação, como foi observado.

Portanto, a combinação de baixa umidade e alta temperatura torna o ambiente inadequado para o conforto e bem-estar de pacientes e visitantes que aguardam atendimento.

A ventilação insuficiente e a falta de renovação de ar fresco contribuem para essa condição desfavorável, mesmo que os níveis de CO₂ tenham permanecido dentro dos limites aceitáveis. Para melhorar a qualidade do ambiente, seriam necessárias intervenções como a otimização da ventilação e a introdução de umidificadores, visando alcançar condições mais adequadas tanto em termos de umidade quanto de temperatura, garantindo um ambiente mais seguro e confortável para todos.

Gráfico 15. Dados de CO₂ da sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

A análise do gráfico de concentração de CO₂ revela que os níveis de dióxido de carbono na área variaram entre 700 ppm e 800 ppm durante a maior parte do tempo, com alguns picos chegando a 850 ppm. Embora esses valores estejam abaixo do limite máximo recomendado pela ABNT, que é de 1000 ppm, ainda sim pode indicar de uma ventilação mais eficaz, especialmente em áreas com grande fluxo de pessoas como essa.

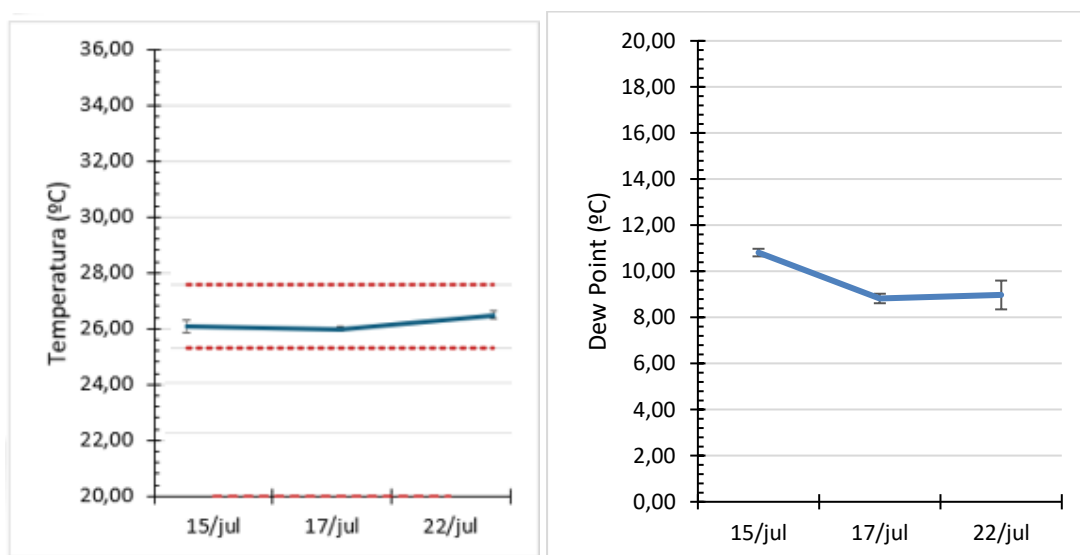
Os picos observados, principalmente na primeira coleta, podem estar relacionados a momentos de maior ocupação ou baixa renovação do ar, o que contribuiu para o aumento da concentração de CO₂. Durante a segunda e terceira coleta, os níveis se estabilizaram entre 750

ppm e 800 ppm, com uma leve tendência de queda na terceira, possivelmente devido a uma leve melhoria na ventilação ou a um menor número de ocupantes.

Apesar de os níveis de CO₂ não terem ultrapassado os limites recomendados, a concentração apresentada sugere que o ambiente carece de observação no sistema de ventilação. Níveis entre 700 ppm e 800 ppm, embora não críticos, podem causar desconforto aos ocupantes, gerando sintomas leves como fadiga ou dores de cabeça, indicando que a qualidade do ar não é ideal.

Recomenda-se investigar possibilidade de melhoria da ventilação do local, seja por meio de sistemas mecânicos ou pelo ajuste no fluxo de ar, para reduzir os níveis de CO₂ e garantir um ambiente mais confortável e saudável. A monitorização contínua dos níveis de CO₂ também é importante para identificar momentos de pico de ocupação, permitindo intervenções pontuais para otimizar a qualidade do ar.

Gráfico 16. Dados de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação da sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

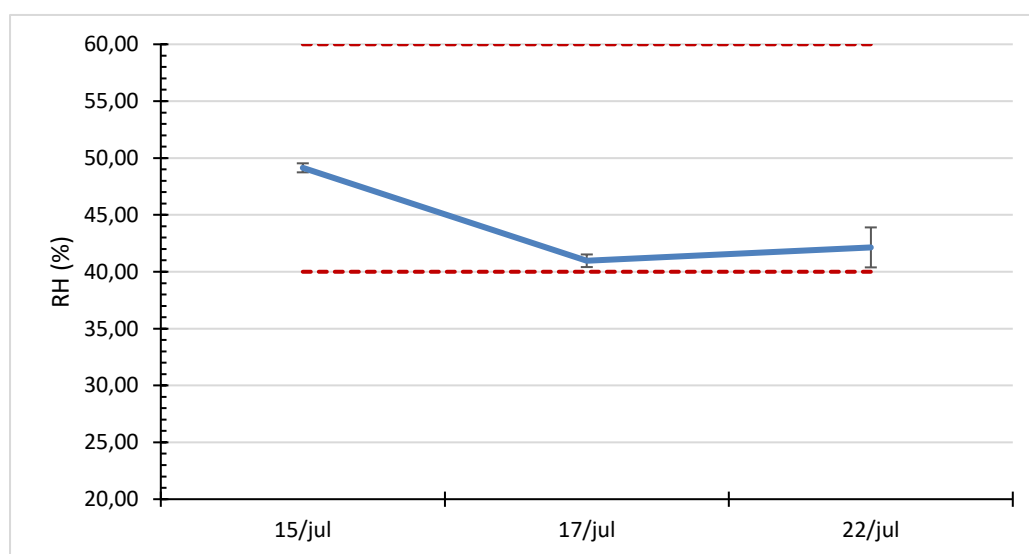
A análise dos gráficos de temperatura e temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho) revela que as condições climáticas no ambiente hospitalar estão levemente acima dos

parâmetros recomendados. No gráfico de temperatura, a média oscilou entre 22°C e 24°C ao longo do período analisado, de 17 de julho a 24 de julho, com variações mínimas indicadas pelas barras de erro. Essas variações são pequenas e consistentes, demonstrando que a temperatura se manteve estável e dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, que varia entre 21°C e 24°C, proporcionando conforto térmico adequado tanto para pacientes quanto para visitantes.

No gráfico de temperatura de saturação do ar, ou ponto de orvalho, os valores variaram entre 11°C e 13°C, também com variações mínimas ao longo do período. Esse parâmetro é importante para indicar a umidade do ambiente, e a leve tendência de aumento observada não traz riscos de condensação ou umidade excessiva. A estabilidade do ponto de orvalho sugere que o ambiente está bem ventilado e que as condições de umidade não favorecem o crescimento de micro-organismos, o que é crucial em ambientes hospitalares.

Em síntese, os gráficos indicam que a temperatura permanece sob controle, dentro dos padrões recomendados, garantindo um ambiente confortável e seguro para os ocupantes, sem grandes oscilações que possam comprometer o bem-estar ou a saúde dos presentes.

Gráfico 17. Dados de média e desvio padrão de umidade relativa (RH%) na sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



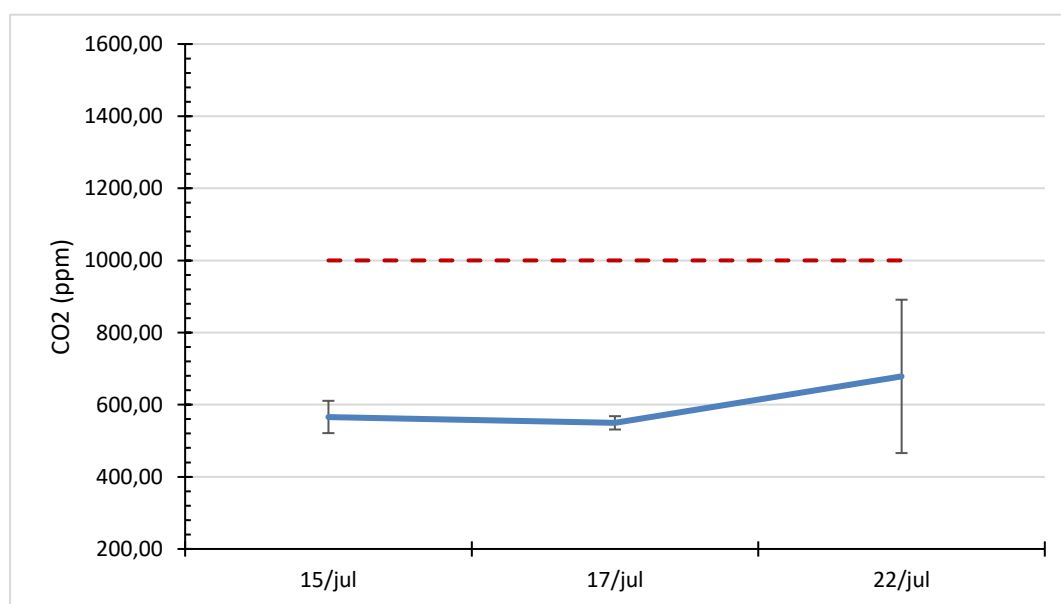
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O gráfico de média e desvio padrão de umidade relativa demonstra que os níveis de umidade na área analisada mantiveram-se controlados e estáveis entre os dias 17 e 24 de julho. A umidade relativa média variou entre 50% e 51%, posicionando-se dentro dos limites recomendados pela ABNT, que sugere uma faixa ideal entre 40% e 60% para ambientes hospitalares. Esses níveis são adequados para garantir o conforto térmico e a segurança respiratória, evitando tanto o ressecamento excessivo do ar quanto a umidade elevada, que poderia favorecer a proliferação de micro-organismos.

As barras de erro que representam o desvio padrão são pequenas, indicando que a variação da umidade foi mínima ao longo do período, evidenciando um controle ambiental eficiente. A estabilidade da umidade garante que o ambiente permaneça confortável e seguro para os ocupantes, sem grandes oscilações que possam comprometer o bem-estar de pacientes e profissionais de saúde.

Em síntese, o ambiente apresentou uma umidade relativa adequada e estável durante o período analisado, com variações mínimas, assegurando um espaço confortável e seguro, sem riscos associados à umidade excessiva ou baixa. O bom gerenciamento das condições climáticas no ambiente hospitalar contribuiu para manter o conforto e a segurança dos ocupantes.

Gráfico 18. Dados de média e desvio padrão de CO₂ na sala de espera da radiologia do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

A análise do gráfico de média e desvio padrão de CO₂ ao longo dos dias 17, 19 e 24 de julho revela que a concentração de dióxido de carbono se manteve estável, com uma média próxima de 740 a 750 ppm em todos os três dias. No dia 17 de julho, a concentração média foi de aproximadamente 750 ppm, com um pequeno desvio padrão, o que indica que os níveis de CO₂ variaram pouco ao longo do dia, sugerindo que a ventilação foi adequada, mas que o ambiente poderia se beneficiar de uma circulação de ar mais eficiente, uma vez que os níveis de CO₂ estão próximos do limite superior de conforto.

No dia 19 de julho, a concentração de CO₂ permaneceu semelhante, em torno de 750 ppm, também com um desvio padrão pequeno, o que reflete uma estabilidade nas condições ambientais e uma consistência nos níveis de CO₂. No entanto, o fato de não ter havido redução nos níveis de CO₂ pode sugerir que a ventilação não foi suficiente para diminuir a concentração do gás, indicando a necessidade de ajustes para melhorar a qualidade do ar.

Por fim, no dia 24 de julho, houve uma leve redução na concentração média de CO₂, que ficou em torno de 740 ppm, com variação mínima ao longo do dia, conforme indicado pelo desvio padrão pequeno. Essa leve diminuição pode ser atribuída a uma melhora na ventilação ou a uma diminuição no número de ocupantes no ambiente monitorado.

Em resumo, embora a concentração de CO₂ tenha se mantido estável e dentro dos limites aceitáveis durante os três dias de monitoramento, os níveis estiveram próximos de 750 ppm, o que indica que o ambiente poderia se beneficiar de uma ventilação mais eficiente. A estabilidade observada sugere que o sistema de ventilação tem sido capaz de manter o CO₂ sob controle, mas uma melhoria nesse sistema pode ajudar a reduzir ainda mais os níveis e garantir uma qualidade do ar ainda mais confortável para os ocupantes, especialmente se o número de pessoas no ambiente aumentar ou se o fluxo de ocupação for intenso em dias futuros.

As temperaturas elevadas e a umidade baixa em alguns momentos estão fora das recomendações da ABNT, indicando um ambiente com desconforto térmico significativo. A combinação de alta temperatura e baixa umidade torna o ambiente mais propenso a causar desconforto físico nos ocupantes, aumentando a sensação de calor e dificultando a dissipação do suor, ainda que a causa possa ser em decorrência sazonal. A melhoria da ventilação, ou a implementação de sistemas de climatização mais eficazes, seria necessária para alinhar essa sala de espera às normas de conforto e segurança hospitalar.

4- Unidade de Terapia Intensiva (UTI)

A Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é uma área crítica destinada ao tratamento intensivo de pacientes em estado grave, o que exige um controle rigoroso da qualidade do ar e do conforto térmico. No momento das coletas observou-se que se caracteriza pela presença de poucas janelas e uma dependência de ar-condicionado, o que limita a ventilação natural, tornando essencial o uso de sistemas de ventilação mecânica eficientes para manter o ar fresco e com baixos níveis de poluentes. Destaca-se ainda que as medidas não foram realizadas dentro dos quartos por segurança tanto dos pesquisadores quanto dos pacientes o que pode justificar alguma variação.



Figura 6. Medições de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂) na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102. Fonte: Elaborado pelo autor

A análise dos dados da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) ao longo dos três dias de coleta (16, 19 e 23 de julho) revela que a temperatura, umidade relativa, CO₂ e ponto de orvalho mantiveram-se dentro de faixas seguras e recomendadas para ambientes hospitalares.

A **temperatura** média variou de 23,02°C a 24,39°C, com uma média geral de 23,95°C, permanecendo estável e dentro da faixa ideal de 20°C a 24°C. Isso garante um conforto térmico adequado para os pacientes e a equipe, sem grandes oscilações.

A **umidade relativa** também se manteve dentro dos padrões, variando de 50,84% no dia 16 de julho a 55,42% no dia 23 de julho, com uma média geral de 53,92%. Apesar de uma leve elevação nos dias 19 e 23 de julho, os valores permaneceram dentro da faixa recomendada de 40% a 60%, o que assegura condições adequadas para evitar o ressecamento das vias respiratórias e garantir um ambiente confortável.

Os níveis de **CO₂** ao longo dos três dias também foram analisados. No dia 16 de julho, o CO₂ foi de 769 ppm, subindo para 840 ppm no dia 19 de julho e voltando a cair para 708 ppm no dia 23 de julho. A média geral de CO₂ foi de 771 ppm, abaixo do limite máximo de 1000 ppm recomendado pela ABNT. Apesar do pico registrado no dia 19, os níveis de CO₂ permaneceram controlados e dentro de uma faixa segura, sugerindo que a ventilação foi suficiente na maioria dos períodos.

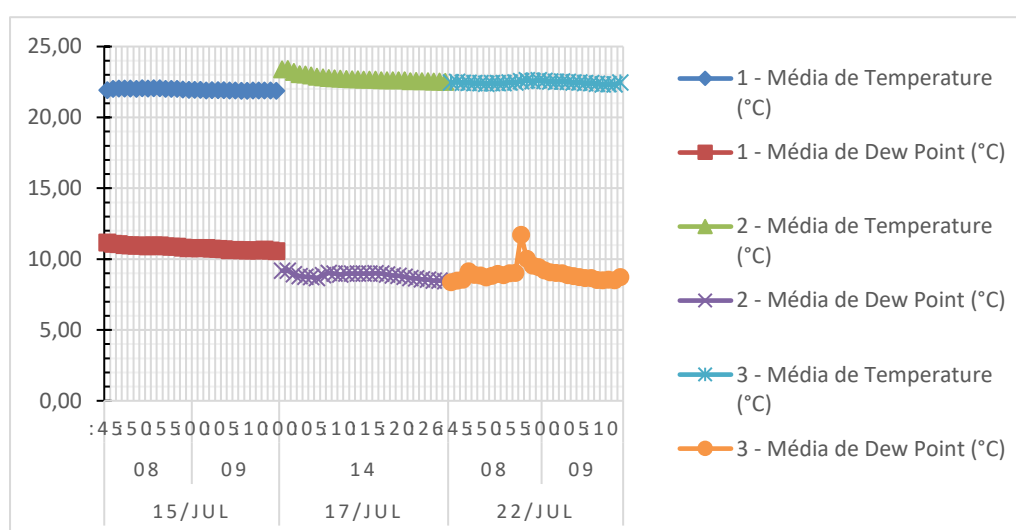
Quadro 7. Dados coletados, na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

Parâmetro	Valor de Referência	Média da Coleta	Conformidade
Temperatura (°C)	20 - 24	23,95°C	SIM
Umidade Relativa (%)	40 - 60	53,92%	SIM
Dióxido de Carbono (CO₂)	≤ 1000 ppm	771 ppm	SIM

Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

O ponto de orvalho, que indica a temperatura na qual o ar satura e pode haver condensação, também foi estável. No dia 16 de julho, o valor foi de 12,31°C, subindo para 14,86°C no dia 19 e mantendo-se em 14,88°C no dia 23, com uma média geral de 14,05°C. Esses valores indicam que não houve risco de umidade excessiva nas superfícies, o que é importante para evitar a proliferação de micro-organismos em um ambiente hospitalar.

Gráfico 19. Dados de temperatura, na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

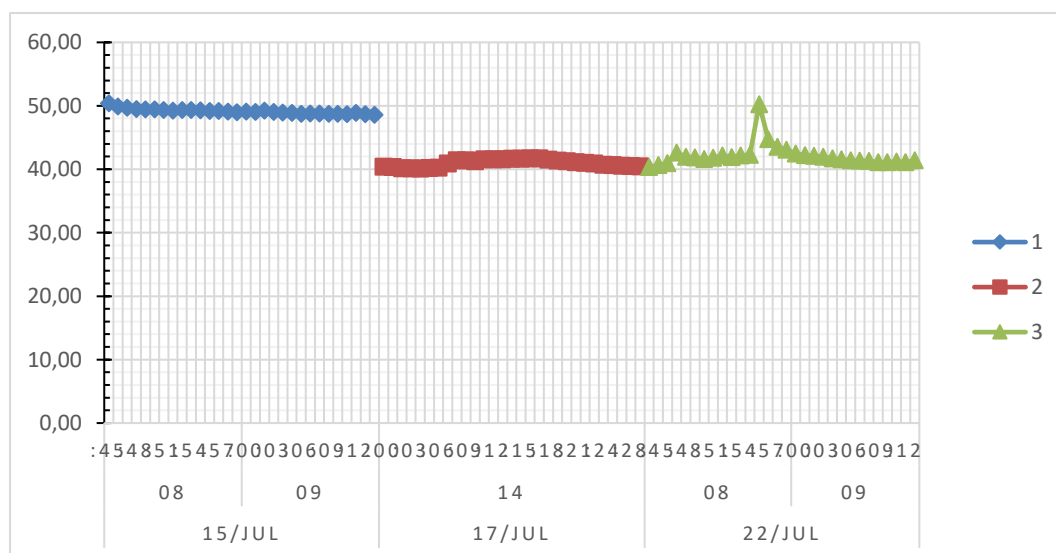
O gráfico de temperatura e ponto de orvalho da UTI revela que a temperatura média foi monitorada em três coletas diferentes, apresentando estabilidade térmica ao longo do período. A primeira coleta (linha azul) mostrou uma temperatura média ligeiramente abaixo de 25°C, enquanto as segunda e terceira coletas (linhas verde e roxa) também mantiveram valores próximos de 25°C. Esse comportamento indica que a temperatura da UTI foi mantida de forma consistente e dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, que varia entre 21°C e 24°C, com uma leve tendência a estar próxima ao limite superior.

Em relação ao ponto de orvalho, as linhas laranja, azul claro e verde demonstram que ele se manteve estável ao longo do tempo, variando entre 12°C na primeira coleta e 15°C nas coletas subsequentes. Esses valores indicam que o ar na UTI continha uma quantidade significativa de umidade, mas sem chegar a níveis de saturação, o que é positivo para evitar a

formação de condensação e garantir que a umidade no ambiente permaneça dentro dos padrões recomendados.

De maneira geral, a temperatura e o ponto de orvalho na UTI mantiveram-se dentro dos padrões recomendados, garantindo um ambiente controlado e seguro para pacientes e profissionais. Embora a temperatura estivesse próxima do limite superior em algumas ocasiões, isso não apresentou risco imediato, mas é importante que continue sendo monitorada para evitar qualquer aumento indesejado. O controle da umidade, evidenciado pelo ponto de orvalho, também foi adequado, prevenindo problemas relacionados à qualidade do ar e ao crescimento de micro-organismos.

Gráfico 20. Dados de umidade relativa (RH%), Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



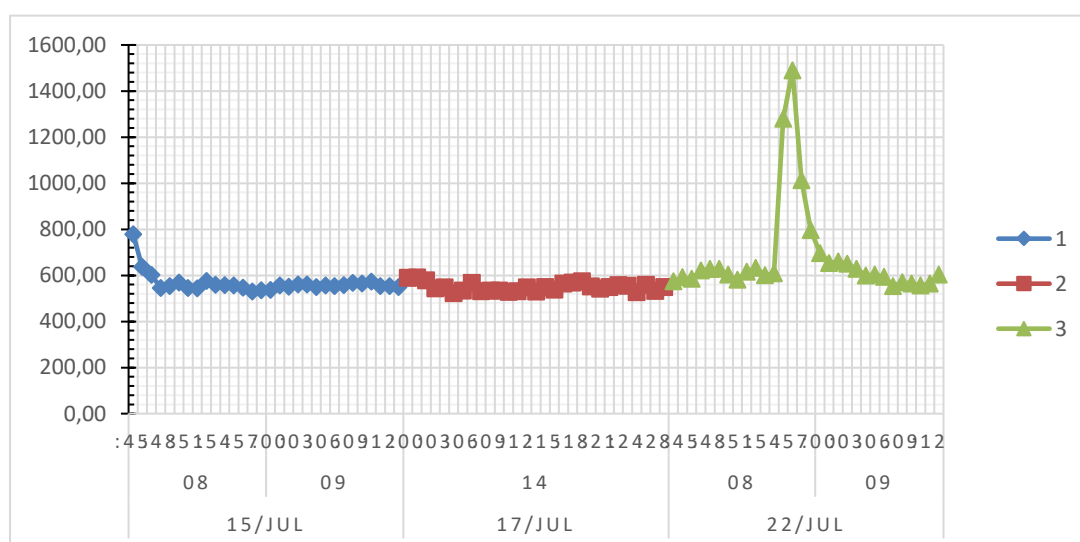
Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

O gráfico de umidade relativa na UTI, ao longo das três coletas, mostra que os níveis se mantiveram dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, que varia entre 40% e 60%, garantindo condições adequadas de conforto e qualidade do ar. Na primeira coleta, a umidade ficou estável entre 50% e 52%, com uma leve queda para 50% ao final. Durante a segunda coleta, houve um aumento gradual nos níveis de umidade, partindo de 50% e atingindo um pico de 55%, estabilizando-se em torno de 54%. Esse aumento pode ter sido causado por

alterações na ventilação ou no fluxo de ocupantes da UTI. Na terceira coleta, a umidade começou em 54%, mas apresentou uma queda gradual até 50% ao final da coleta.

Mesmo com essas variações, a umidade permaneceu dentro da faixa recomendada, o que é essencial para evitar o ressecamento das vias respiratórias e manter um ambiente confortável para os pacientes e profissionais de saúde. A estabilidade observada no gráfico indica que o sistema de controle de umidade da UTI está funcionando de maneira eficaz para manter um ambiente adequado, mesmo com as oscilações entre as coletas.

Gráfico 21. Dados de CO₂ , Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O gráfico de CO₂ na UTI ao longo das três coletas mostra variações nos níveis de dióxido de carbono que refletem a ventilação e a ocupação do ambiente. Na primeira coleta, os níveis de CO₂ oscilaram entre 750 ppm e 850 ppm, com algumas flutuações, mas mantendo-se dentro de uma faixa estável. Embora os valores estejam abaixo do limite máximo de 1000 ppm, eles indicam que a ventilação estava funcionando, mas não de forma ideal, possivelmente devido à alta ocupação ou a um fluxo de ar reduzido.

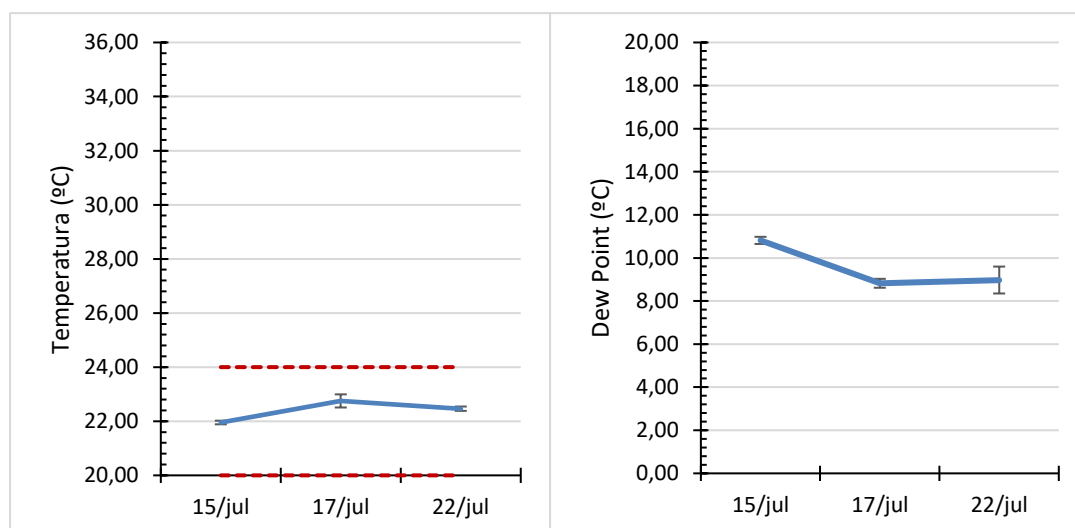
Na segunda coleta, observa-se um pico mais acentuado, onde os níveis de CO₂ atingiram 900 ppm. Após esse pico, houve uma leve diminuição, mas os valores permaneceram em torno de 850 ppm. Esse aumento pode ter sido causado por um período de maior ocupação ou um

fluxo de ar reduzido, sugerindo que a ventilação pode ter sido insuficiente naquele momento para compensar a maior produção de CO₂.

Na terceira coleta, há uma redução progressiva dos níveis de CO₂, que começaram em 850 ppm e caíram gradualmente para 600 ppm ao final da coleta. Isso sugere uma melhoria na ventilação ou uma diminuição na ocupação do ambiente, permitindo uma dissipação mais eficiente do CO₂.

De modo geral, os níveis de CO₂ variaram entre 600 ppm e 900 ppm, abaixo do limite máximo de 1000 ppm recomendado para ambientes hospitalares. No entanto, os picos observados na segunda coleta indicam que a ventilação da UTI enfrentou desafios durante momentos de maior ocupação. A queda progressiva na terceira coleta é um sinal positivo de que o sistema de ventilação foi mais eficiente, reduzindo a concentração de CO₂ no ambiente.

Gráfico 22. Dados de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

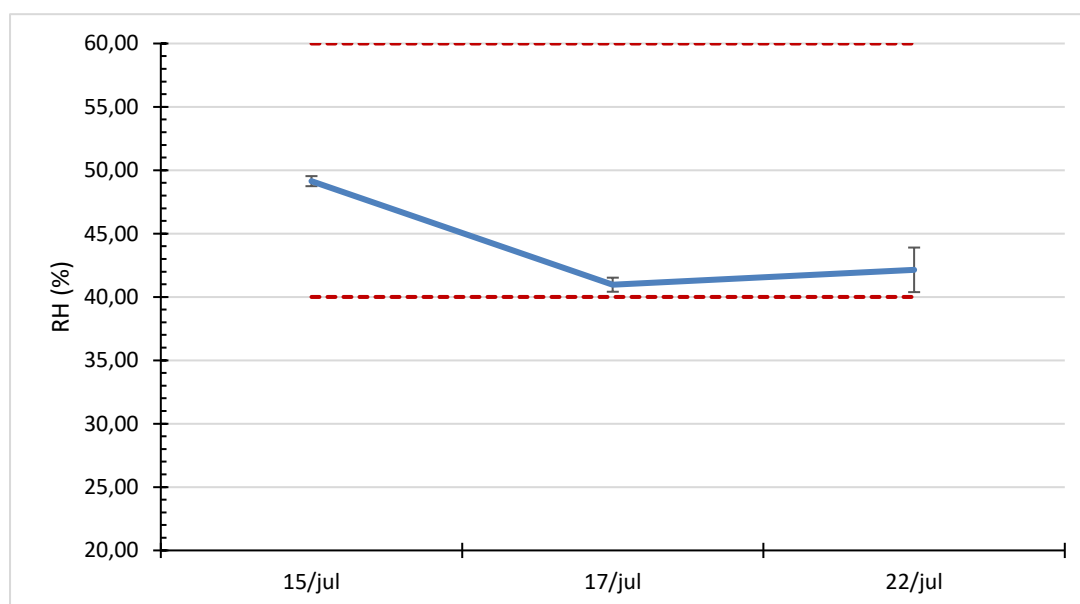
Analisando os gráficos de média e desvio padrão de temperatura e de temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho), podemos observar que, ao longo dos dias monitorados (16 de julho, 19 de julho e 23 de julho), a temperatura média se manteve estável dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares. No dia 16 de julho, a temperatura média foi em torno de 23°C, com um desvio padrão pequeno, indicando pouca variação. Nos dias 19 e 23 de julho,

a temperatura subiu ligeiramente para cerca de 24°C, mantendo-se próxima ao limite superior da faixa recomendada, que é de 24°C, como indicado pela linha vermelha pontilhada. Apesar dessa elevação, o desvio padrão continuou pequeno, mostrando que a variação foi mínima e o ambiente manteve condições estáveis.

Quanto à temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho), no dia 16 de julho, o valor foi de aproximadamente 12°C, com um desvio padrão pequeno, sugerindo controle adequado da umidade. Nos dias seguintes, o ponto de orvalho aumentou para cerca de 15°C, refletindo um aumento da umidade no ambiente. O desvio padrão também aumentou levemente, indicando uma maior variação nas condições de umidade, mas ainda dentro de uma faixa segura e controlada para evitar a condensação de umidade.

Em resumo, tanto a temperatura quanto o ponto de orvalho mantiveram-se dentro de parâmetros adequados ao longo dos três dias monitorados. A estabilidade da temperatura, com pequenas variações, assegurou um ambiente hospitalar confortável e seguro, enquanto o controle da umidade, refletido pelo ponto de orvalho, foi eficaz, evitando problemas com excesso de umidade. Isso demonstra que o sistema de controle climático da UTI está operando de forma eficiente, garantindo a qualidade do ar e o conforto dos ocupantes.

Gráfico 23. Dados de média e desvio padrão de umidade relativa (RH%) na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

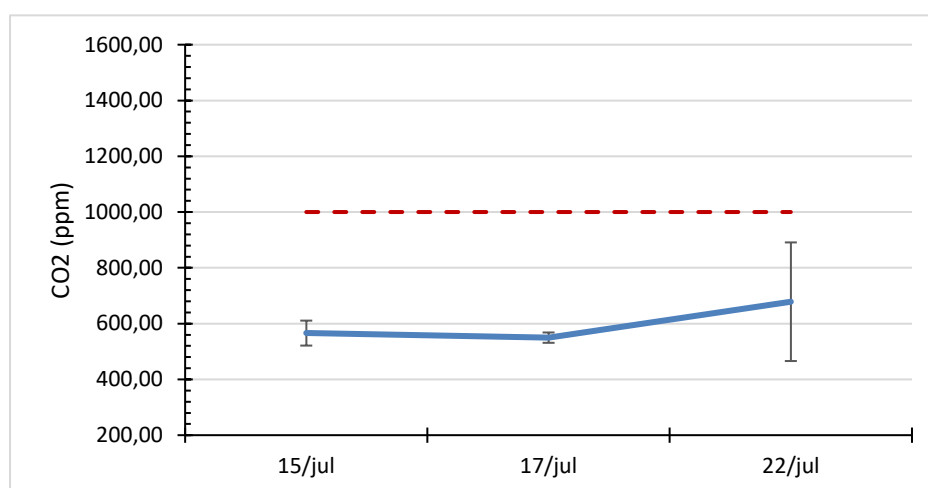
O gráfico de média e desvio padrão da umidade relativa na UTI, ao longo dos dias 16, 19 e 23 de julho, mostra que a umidade permaneceu dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, que é entre 40% e 60%. No dia 16 de julho, a umidade relativa foi de aproximadamente 51%, com um desvio padrão pequeno, o que indica pouca variação ao longo do dia, mantendo-se bem dentro da faixa ideal para proporcionar boas condições de conforto e segurança.

No dia 19 de julho, a umidade subiu para cerca de 55%, com um aumento no desvio padrão, sugerindo uma variação um pouco maior nos níveis de umidade ao longo do dia, mas ainda dentro do intervalo recomendado. Essa leve variação pode ter sido influenciada por mudanças nas condições de ventilação ou na ocupação da UTI.

Já no dia 23 de julho, a umidade se manteve estável em torno de 55%, com um desvio padrão semelhante ao do dia anterior, indicando que o controle de umidade foi eficaz em manter os níveis dentro de uma faixa segura e confortável para o ambiente hospitalar.

Em resumo, ao longo dos três dias, a umidade relativa variou entre 51% e 55%, permanecendo sempre dentro dos limites recomendados. O desvio padrão foi pequeno na maior parte do período, exceto no dia 19, quando houve uma leve variação nos níveis de umidade. Contudo, a umidade foi bem controlada, o que garante um ambiente adequado para o conforto respiratório dos pacientes e a prevenção de complicações relacionadas à umidade. O sistema de controle climático da UTI mostrou-se eficiente em manter as condições ideais.

Gráfico 24. Dados de média e desvio padrão de CO₂ na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

O gráfico de média e desvio padrão de CO₂ na UTI, ao longo dos dias 16, 19 e 23 de julho, mostra variações nos níveis de dióxido de carbono, refletindo a ventilação e a ocupação do ambiente. A linha pontilhada vermelha indica o limite máximo recomendado de 1000 ppm, e em nenhum dos dias os níveis de CO₂ ultrapassaram esse limite, o que indica um bom controle da qualidade do ar.

No dia 16 de julho, a média de CO₂ foi de aproximadamente 780 ppm, com um desvio padrão pequeno, sugerindo uma variação mínima nos níveis ao longo do dia. Esses valores estão bem abaixo do limite recomendado, mostrando que a ventilação da UTI funcionou adequadamente.

Já no dia 19 de julho, houve um aumento nos níveis de CO₂, que atingiram uma média de 840 ppm, com um desvio padrão maior, indicando uma variação mais significativa durante o dia. Esse aumento pode estar relacionado a uma maior ocupação ou a uma menor eficiência da ventilação em determinados momentos. Apesar desse aumento, os níveis de CO₂ ainda permaneceram abaixo do limite recomendado.

No dia 23 de julho, os níveis de CO₂ voltaram a diminuir, com uma média de cerca de 720 ppm, e o desvio padrão também reduziu, sugerindo uma menor variação ao longo do dia. Essa queda indica que a ventilação foi mais eficiente ou que a ocupação do ambiente foi menor, permitindo uma melhor dispersão do CO₂.

Em resumo, os níveis de CO₂ na UTI variaram entre 720 ppm e 840 ppm, sempre dentro do limite recomendado de 1000 ppm. O aumento observado no dia 19 de julho indica uma maior variação nos níveis de CO₂, possivelmente devido a uma maior ocupação ou ventilação menos eficiente, mas ainda dentro dos padrões seguros. A redução dos níveis de CO₂ no dia 23 de julho sugere uma melhoria nas condições de ventilação ou uma menor ocupação, garantindo uma maior estabilidade. Ao longo dos três dias, a ventilação da UTI mostrou-se eficaz em manter a qualidade do ar dentro dos padrões adequados.

Desta forma, os dados indicam que a UTI manteve condições dentro dos padrões de temperatura, umidade e qualidade do ar ao longo dos três dias de monitoramento. Embora tenha havido um leve aumento no CO₂ no dia 19, os valores gerais se mantiveram dentro dos limites aceitáveis, entretanto, sugere-se que os sistemas de ventilação sejam verificados principalmente em momentos de maior ocupação.

5- CME (CENTRAL DE MATERIAIS ESTERILIZADOS)

A Central de Materiais Esterilizados (CME) é uma área essencial no ambiente hospitalar, responsável pela esterilização de materiais e equipamentos. Durante a coleta dos dados, havia uma quantidade considerável de pessoas trabalhando, embora nem todas as autoclaves estivessem em funcionamento. A presença de equipamentos de esterilização gera calor, o que torna crucial o uso de um sistema de controle ambiental eficiente para manter a temperatura e umidade adequadas. A ventilação eficaz também é fundamental para garantir a renovação do ar e evitar o acúmulo de CO₂, garantindo um ambiente seguro e saudável para os trabalhadores e usuários.



Figura 7. Medições de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂) na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102. Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados indicam que a **temperatura** média foi de 24,91°C, dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, embora próxima do limite superior. Isso demonstra que o sistema de controle de temperatura estava operando de forma eficaz, mesmo com a presença de calor gerado pelos equipamentos em funcionamento.

A **umidade relativa** foi de 43,67%, também dentro da faixa ideal de 40% a 60%, o que é essencial para o conforto das pessoas e para garantir que os processos de esterilização ocorram de forma eficiente, sem riscos de ressecamento ou umidade excessiva.

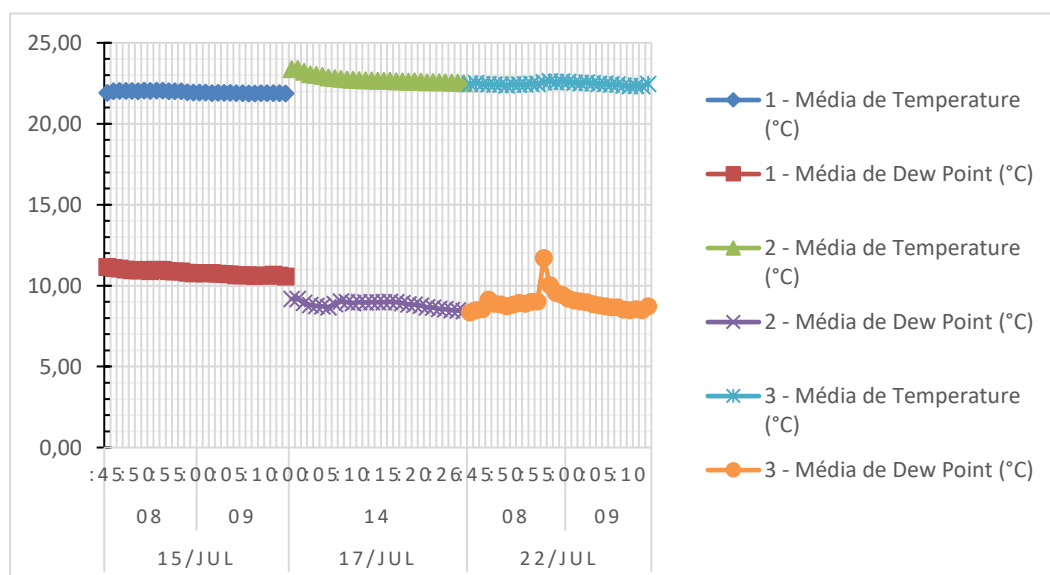
O nível de **CO₂** foi de 493 ppm, muito abaixo do limite máximo de 1000 ppm recomendado, indicando que a ventilação no local estava funcionando adequadamente, promovendo uma boa renovação do ar. Todos os parâmetros — temperatura, umidade e CO₂ — estavam dentro dos limites recomendados, refletindo boas condições ambientais.

Quadro 8. Dados coletados, na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

Parâmetro	Valor de Referência	Média da Coleta	Conformidade
Temperatura (°C)	20 - 24	24 °C	SIM
Umidade Relativa (%)	40 - 60	43,67%	SIM
Dióxido de Carbono (CO ₂)	≤ 1000 ppm	493 ppm	SIM

Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Gráfico 25. Dados de temperatura, na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

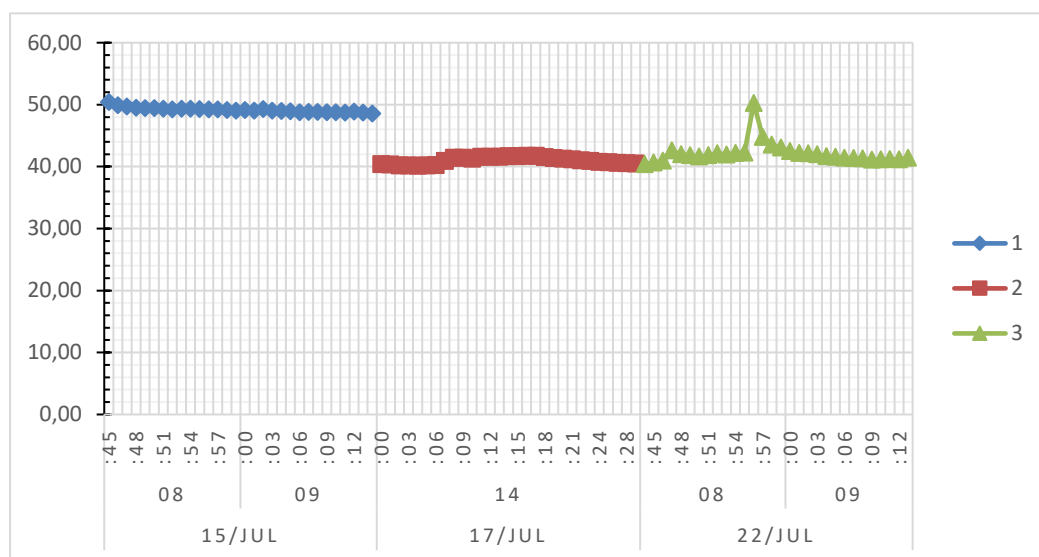
Analisando o gráfico de temperatura e ponto de orvalho da Central de Materiais Esterilizados (CME), observamos que a temperatura média se manteve estável ao longo das três coletas. Na primeira coleta, representada pela linha azul, a temperatura variou entre 24,5°C e 25°C, o que está de acordo com a média registrada de 24 °C. Na segunda coleta, a

temperatura, indicada pela linha verde, manteve-se um pouco acima de 24,5°C, mas ainda dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares. A terceira coleta, representada pela linha roxa, também apresentou uma temperatura muito próxima de 24°C, mostrando que houve uma leve variação entre as coletas, mas sem grandes oscilações. Isso sugere que o sistema de controle de temperatura da CME foi eficiente em manter a temperatura dentro de um intervalo seguro e confortável, mesmo com a presença de equipamentos que geram calor.

Quanto ao ponto de orvalho, que reflete a umidade do ambiente, as três coletas mostraram consistência. A linha laranja, referente à primeira coleta, apresentou um ponto de orvalho estável em torno de 11°C, indicando uma umidade bem controlada. Na segunda coleta, representada pela linha azul claro, o ponto de orvalho caiu levemente, permanecendo entre 10°C e 11°C, enquanto a terceira coleta, representada pela linha verde, manteve-se praticamente estável, com valores similares aos das coletas anteriores. Isso demonstra que a umidade no ambiente foi bem gerenciada, evitando problemas de ressecamento ou umidade excessiva que poderiam comprometer os materiais esterilizados ou os equipamentos.

Em resumo, tanto a temperatura quanto o ponto de orvalho na CME permaneceram dentro dos parâmetros adequados ao longo das três coletas. A temperatura variou levemente, sempre próxima de 24°C, o que mostra a eficiência do sistema de controle térmico, garantindo um ambiente confortável e seguro, mesmo com o funcionamento dos equipamentos de esterilização. O ponto de orvalho, que se manteve entre 10°C e 11°C, indica que a umidade foi controlada de forma eficaz, preservando a integridade dos materiais e o bem-estar dos profissionais.

Gráfico 26. Dados de umidade relativa (RH%), na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

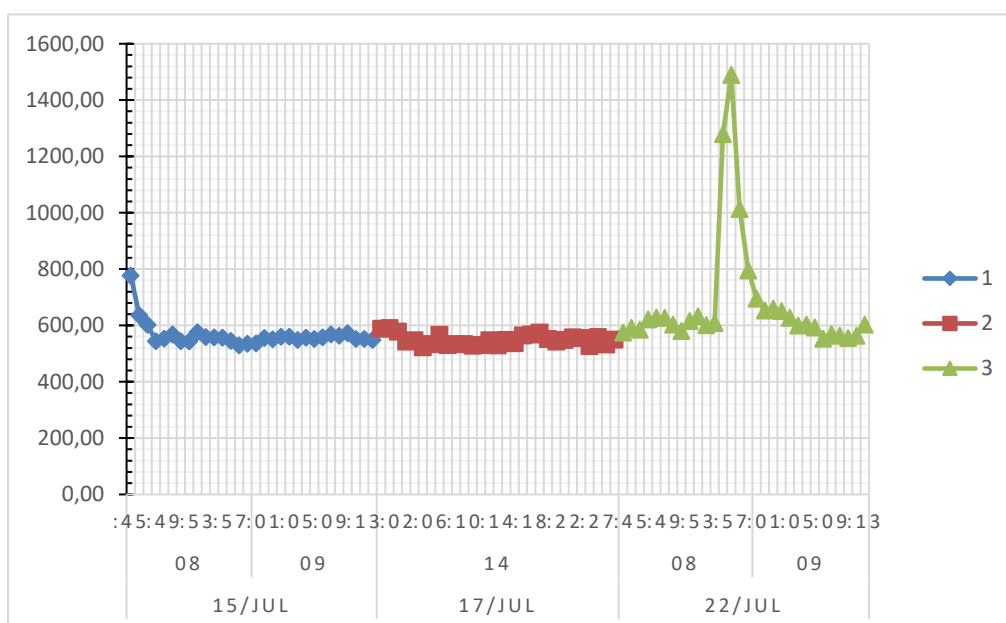
Analisando o gráfico de umidade relativa (RH) da Central de Materiais Esterilizados (CME) ao longo das três coletas, observamos uma tendência de queda gradual nos níveis de umidade, que se mantiveram dentro dos parâmetros recomendados para ambientes hospitalares, entre 40% e 60%. Na primeira coleta, representada pela linha azul, a umidade iniciou em aproximadamente 50%, apresentando uma leve queda ao longo do tempo, até chegar a cerca de 45%. Essa variação foi mínima e permaneceu dentro da faixa recomendada, indicando que o sistema de controle de umidade estava funcionando de forma eficaz, garantindo um ambiente seguro e confortável.

Na segunda coleta, representada pela linha laranja, a umidade começou em torno de 45%, mas apresentou uma tendência de diminuição mais acentuada, caindo para cerca de 42%. Apesar dessa redução, os níveis ainda se mantiveram dentro do limite mínimo recomendado, o que sugere que o controle de umidade foi eficaz, embora o ambiente tenha enfrentado alguma variação, possivelmente devido à operação de equipamentos ou mudanças na ventilação.

Já na terceira coleta, representada pela linha verde, a umidade começou em 42% e permaneceu relativamente estável, com uma leve queda ao final, estabilizando-se próximo de 40%. Embora no limite inferior da faixa recomendada, a umidade ainda estava dentro dos padrões exigidos para garantir um ambiente seguro e adequado na CME.

Em resumo, a umidade relativa na CME apresentou uma diminuição gradual ao longo das três coletas, variando de 50% no início para cerca de 40% ao final da terceira coleta. Essa variação é esperada, dado o uso de equipamentos de esterilização que geram calor e podem influenciar a retenção de umidade no ambiente. No entanto, o sistema de controle de umidade demonstrou eficiência em manter os níveis dentro da faixa recomendada, garantindo um ambiente adequado tanto para os profissionais quanto para os materiais esterilizados.

Gráfico 27. Dados de CO₂, na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



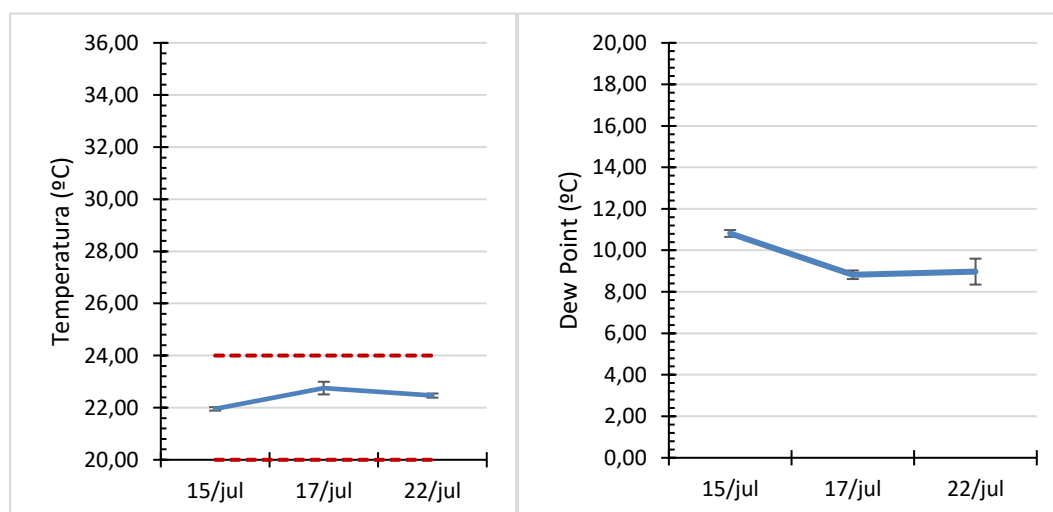
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O gráfico de CO₂ da Central de Materiais Esterilizados (CME) mostra que os níveis de dióxido de carbono ao longo das três coletas mantiveram-se dentro de uma faixa controlada, abaixo dos limites recomendados para ambientes hospitalares, que é de 1000 ppm. Na primeira coleta, representada pela linha azul, a concentração de CO₂ começou em torno de 500 ppm e apresentou picos próximos de 600 ppm, mas na maior parte do tempo permaneceu ao redor de 500 ppm. Isso sugere que, apesar de possíveis momentos de maior ocupação ou menor ventilação, a concentração de CO₂ permaneceu bem controlada e dentro dos limites recomendados, refletindo uma boa circulação e renovação de ar.

Na segunda coleta, indicada pela linha laranja, o CO₂ também se manteve em torno de 500 ppm, com um pico pontual que atingiu quase 600 ppm. Esse pico pode ter sido causado por um aumento temporário da ocupação ou pelo uso de mais equipamentos, mas a ventilação rapidamente estabilizou os níveis de CO₂. Na terceira coleta, representada pela linha verde, os níveis de CO₂ apresentaram uma leve queda, mantendo-se entre 450 ppm e 500 ppm, sem grandes picos. Essa estabilidade indica que o ambiente estava bem ventilado e com baixa ocupação, resultando em uma concentração de CO₂ controlada e adequada para a CME.

Em resumo, os níveis de CO₂ variaram entre 450 ppm e 600 ppm nas três coletas, sempre abaixo do limite de 1000 ppm. O sistema de ventilação da CME demonstrou ser eficaz, garantindo uma boa circulação de ar e mantendo a qualidade do ambiente mesmo em momentos de maior uso de equipamentos ou maior ocupação. A estabilidade observada, especialmente na terceira coleta, confirma a eficiência do controle ambiental na CME, assegurando um ambiente seguro para os trabalhadores e adequado para os processos de esterilização.

Gráfico 28. Dados de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

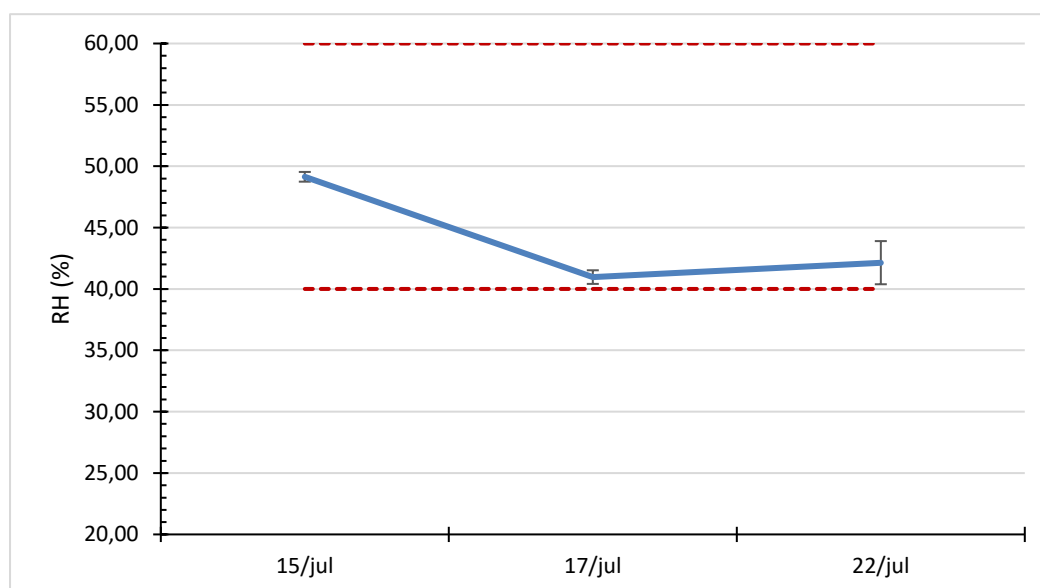
Analisando os gráficos de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação do ar (ponto de orvalho) da Central de Materiais Esterilizados (CME) ao longo dos dias 15, 17 e 22 de julho, observa-se que a temperatura média se manteve estável nos três dias

de coleta, com valores próximos de 24°C. O desvio padrão foi muito pequeno, indicando pouca variação na temperatura ao longo do tempo, o que reflete um bom funcionamento do sistema de controle de temperatura na CME. Essa estabilidade é importante para garantir o adequado funcionamento dos processos de esterilização e proporcionar um ambiente confortável para os profissionais.

Em relação à temperatura de saturação do ar, que reflete a umidade, houve uma leve variação ao longo dos dias de coleta. No dia 15 de julho, o ponto de orvalho estava em torno de 11°C, aumentando levemente para 12°C no dia 17 de julho, e caindo novamente para cerca de 10°C no dia 22 de julho. Essas variações indicam mudanças sutis na umidade relativa do ar, provavelmente influenciadas pelo uso dos equipamentos de esterilização. No entanto, essas oscilações foram pequenas e não comprometeram o ambiente controlado da CME.

Em resumo, a temperatura na CME permaneceu estável, com pouca variação e dentro da faixa recomendada, enquanto o ponto de orvalho apresentou pequenas oscilações que indicam leves alterações na umidade, mas ainda dentro de parâmetros adequados para a área hospitalar. Esses dados demonstram que a CME manteve um ambiente controlado e adequado para garantir a qualidade dos processos de esterilização e o conforto dos profissionais.

Gráfico 29. Dados de média e desvio padrão de umidade relativa (RH%) na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



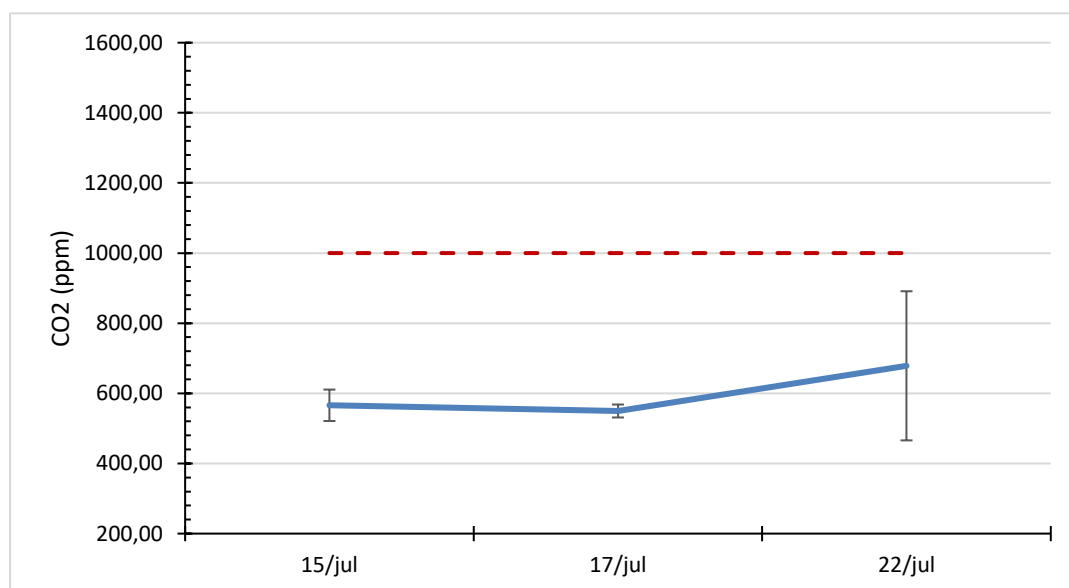
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Analisando o gráfico de média e desvio padrão de umidade relativa da Central de Materiais Esterilizados (CME) ao longo dos dias 15, 17 e 22 de julho, observa-se uma variação nos níveis de umidade, embora ainda dentro dos limites recomendados para ambientes hospitalares, que ficam entre 40% e 60%. No dia 15 de julho, a umidade relativa foi de aproximadamente 45%, com um desvio padrão pequeno, indicando uma variação mínima ao longo do dia. Esse valor se manteve dentro da faixa recomendada, garantindo um ambiente adequado tanto para os profissionais quanto para os processos de esterilização.

No dia 17 de julho, a umidade relativa permaneceu estável, em torno de 45%, com variações mínimas, sugerindo um controle eficiente das condições ambientais na CME. No entanto, no dia 22 de julho, houve uma queda significativa na umidade, que atingiu aproximadamente 40%, o que a coloca no limite inferior da faixa recomendada. Embora o desvio padrão tenha sido pequeno, essa queda indica uma leve diminuição nos níveis de umidade.

Em resumo, nos dias 15 e 17 de julho, a umidade relativa se manteve estável em 45%, refletindo um bom controle do ambiente. Já no dia 22 de julho, houve uma queda para 40%, o que ainda está dentro dos parâmetros recomendados, mas exige atenção para evitar que caia abaixo do limite ideal. No geral, o controle ambiental da CME foi eficaz, mantendo o ambiente adequado para os processos de esterilização e confortável para os profissionais, apesar da queda observada no terceiro dia de coleta.

Gráfico 30. Dados de média e desvio padrão de CO₂ na Central de Materiais Esterilizados (CME) do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Analisando o gráfico de média e desvio padrão de CO₂ na Central de Materiais Esterilizados (CME) ao longo dos dias 15, 17 e 22 de julho, observa-se que os níveis de CO₂ se mantiveram bem abaixo do limite máximo recomendado de 1000 ppm para ambientes hospitalares. Ao longo dos três dias de coleta, o CO₂ apresentou uma leve queda, o que reflete uma boa ventilação e renovação do ar no ambiente.

No dia 15 de julho, a concentração média de CO₂ foi de aproximadamente 500 ppm, com um desvio padrão pequeno, indicando uma variação mínima nos níveis de CO₂ ao longo do dia. Esse valor está bem abaixo do limite de 1000 ppm, o que mostra que o ambiente estava bem ventilado, com uma renovação eficiente do ar. No dia 17 de julho, a concentração média de CO₂ permaneceu estável, também próxima de 500 ppm, com um leve aumento no desvio padrão, indicando uma pequena variação nos níveis de CO₂, mas sem grande impacto no ambiente. Assim como no dia anterior, os valores de CO₂ mantiveram-se bem abaixo do limite recomendado, reforçando a boa circulação de ar na CME.

No dia 22 de julho, houve uma leve queda na concentração de CO₂, que atingiu cerca de 400 ppm, com um desvio padrão menor, o que indica maior estabilidade e pouca variação

nos níveis de CO₂. Essa queda sugere que, nesse dia, o ambiente estava ainda mais bem ventilado, resultando em menores concentrações de dióxido de carbono no ar.

Em resumo, ao longo dos três dias de coleta, os níveis de CO₂ na CME permaneceram bem controlados, com uma média variando entre 400 ppm e 500 ppm, valores significativamente abaixo do limite máximo de 1000 ppm. Isso indica que o ambiente foi bem ventilado, garantindo uma qualidade do ar adequada para uma área hospitalar como a CME. O desvio padrão foi pequeno em todos os dias, indicando pouca variação nos níveis de CO₂. Esses resultados refletem uma boa ventilação e renovação do ar no ambiente, assegurando condições seguras e adequadas para o trabalho dos profissionais e os processos de esterilização na CME.

Assim, o CME manteve condições ambientais adequadas, com uma temperatura média de 24,91°C, umidade de 43,67% e CO₂ de 493 ppm, todos dentro dos limites recomendados. Mesmo com uma quantidade considerável de pessoas trabalhando e algumas autoclaves desligadas, o sistema de controle climático garantiu um ambiente saudável e seguro, preservando a eficiência dos processos de esterilização e o conforto dos trabalhadores.

6- HOTELARIA

A área de hotelaria do hospital é responsável por várias funções de suporte, incluindo a gestão dos serviços de lavanderia. No entanto, no hospital analisado para esta pesquisa, o serviço de lavanderia é terceirizado. Isso significa que a lavagem das roupas e materiais não ocorre no próprio hospital, mas em outra região. A empresa contratada realiza o serviço de lavagem fora do local e entrega os materiais limpos no hospital. Essa prática reduz o impacto de processos de lavagem no controle ambiental interno, como o calor e a umidade que seriam gerados pelas máquinas de lavanderia.



Figura 8. Medições de temperatura, umidade e dióxido de carbono (CO₂) na Hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102. Fonte: Elaborado pelo autor

A **temperatura** média registrada na área de hotelaria foi de 23,91°C, o que está dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, entre 20°C e 24°C. Esse valor é adequado para garantir o conforto térmico dos profissionais e para a boa conservação dos materiais processados ou armazenados na área.

A **umidade relativa** foi de 43,67%, também dentro da faixa recomendada pela ABNT, que sugere níveis entre 40% e 60%. Essa umidade adequada previne o ressecamento do ambiente e proporciona condições confortáveis para os trabalhadores. A terceirização da lavanderia contribui para manter a umidade estável, já que as máquinas de lavagem, que poderiam gerar vapor e calor, operam fora do hospital.

A concentração de **CO₂** foi de 494 ppm, um valor bem abaixo do limite de 1000 ppm recomendado pelas normas de qualidade do ar, indicando que a ventilação na área de hotelaria está funcionando de maneira eficaz, promovendo a renovação do ar e garantindo a saúde dos ocupantes e a boa conservação dos materiais.

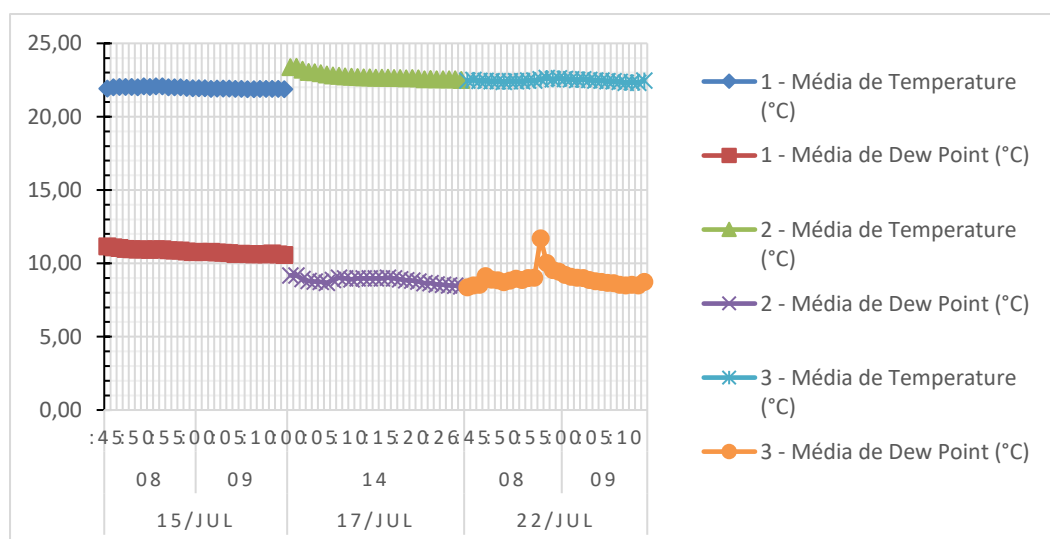
Quadro 9. Dados coletados, na hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.

Parâmetro	Valor de Referência	Média da Coleta	Conformidade
Temperatura (°C)	20 - 24	23,91°C	SIM
Umidade Relativa (%)	40 - 60	43,67%	SIM
Dióxido de Carbono (CO ₂)	≤ 1000 ppm	494 ppm	SIM

Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

O ambiente apresentou condições ideais, com temperatura de 23,91°C, umidade relativa de 43,67% e nível de CO₂ de 494 ppm, todos dentro dos valores de referência. Isso indica conforto térmico, umidade adequada e boa ventilação.

Gráfico 31. Dados de temperatura, na Hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



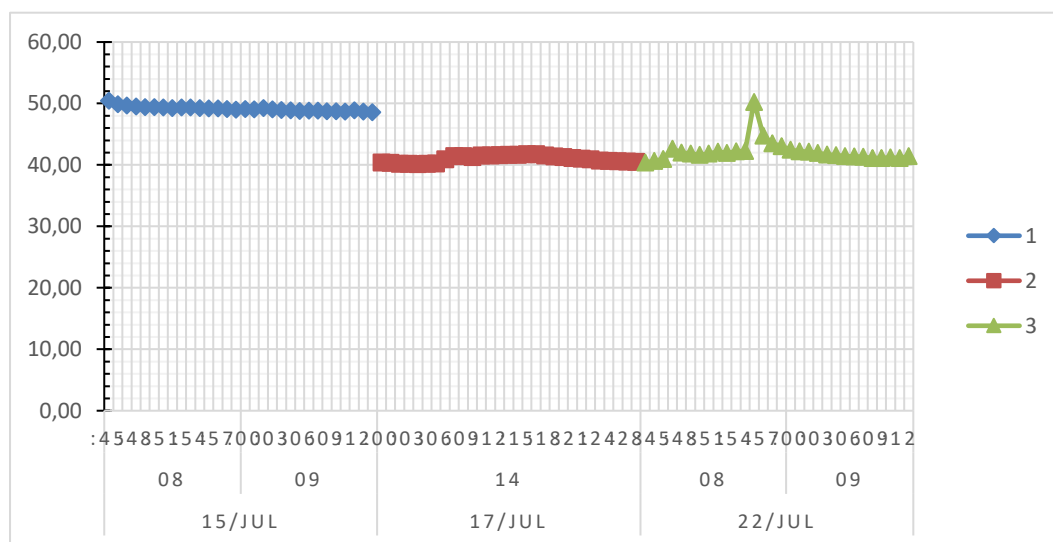
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Analisando o gráfico de temperatura da área de hotelaria, observa-se que a temperatura média permaneceu estável ao longo dos dias monitorados, sem grandes variações, o que indica um controle eficiente do ambiente térmico. Durante a primeira coleta, a temperatura média foi de cerca de 24°C, com pouca variação, o que demonstra um controle adequado do ambiente. Esse valor está dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, que varia entre 20°C e 24°C, garantindo conforto térmico tanto para os funcionários quanto para os pacientes.

Na segunda coleta, a temperatura também se manteve estável, próxima de 24°C, sem oscilações significativas, o que sugere que o ambiente está sendo climatizado de forma adequada, assegurando o bem-estar de todos que utilizam essa área. Na terceira coleta, a temperatura média permaneceu constante em torno de 24°C, confirmando a eficiência do controle ambiental na hotelaria.

Em resumo, o gráfico mostra que a temperatura na área de hotelaria foi constante e bem controlada, com médias próximas de 24°C em todas as coletas. Essa estabilidade é importante para garantir o conforto térmico dos funcionários e a manutenção adequada dos materiais armazenados ou processados nessa área. A ausência de oscilações significativas indica que o sistema de climatização está funcionando de maneira eficaz, mantendo o ambiente em condições ideais.

Gráfico 32. Dados de umidade relativa (RH%), na Hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



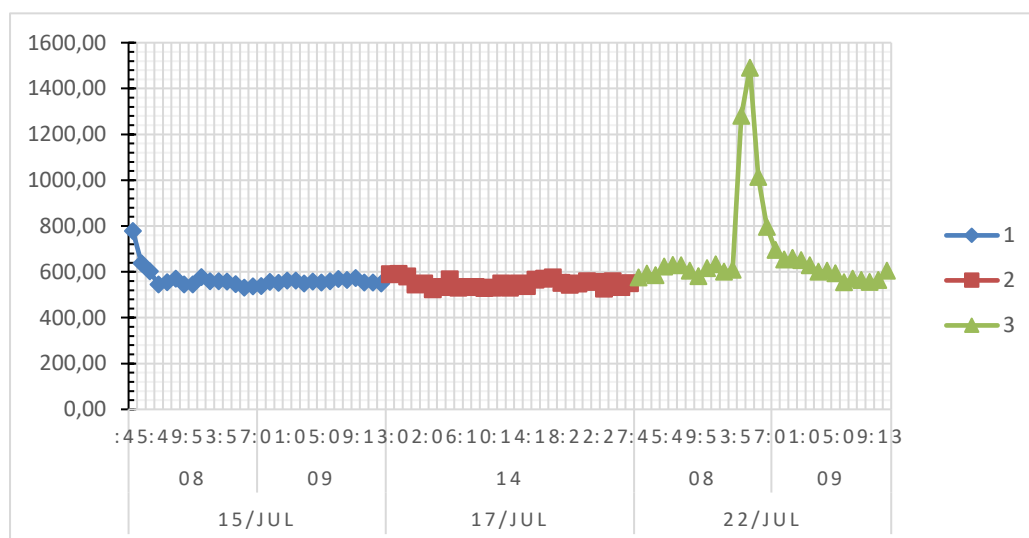
Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Analisando o gráfico de umidade relativa da área de hotelaria, observa-se que os níveis de umidade variaram de forma controlada ao longo dos dias monitorados, mantendo-se na maior parte do tempo dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, que é entre 40% e 60%. Na primeira coleta, a umidade relativa permaneceu estável, com valores em torno de 50%, garantindo um ambiente adequado tanto para o conforto dos ocupantes quanto para a conservação dos materiais. A ausência de grandes oscilações indica que o sistema de controle ambiental está funcionando de maneira eficaz, mantendo a umidade constante.

Durante a segunda coleta, a umidade relativa diminuiu um pouco, estabilizando-se em torno de 45%, o que também está dentro da faixa recomendada pela ABNT. Esse nível adequado de umidade previne o ressecamento do ambiente, assegurando um equilíbrio ideal para a saúde respiratória e o conforto térmico. Na terceira coleta, houve uma pequena oscilação nos níveis de umidade, com um pico temporário que ultrapassou os 50%, mas que rapidamente voltou para a faixa de 45%. Esse pico pode ter sido causado por um evento temporário no ambiente, como uma breve mudança nas condições de ventilação, mas a rápida estabilização mostra que o controle do ambiente foi eficaz.

Em resumo, ao longo das três coletas, os níveis de umidade na área de hotelaria se mantiveram dentro dos padrões recomendados, variando entre 45% e 50%, com apenas um pico momentâneo acima disso. Essa estabilidade sugere que o controle ambiental neste local está funcionando de maneira eficaz, garantindo o conforto térmico dos ocupantes e preservando a qualidade do ar na área.

Gráfico 33. Dados de CO₂, na Hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

Analisando o gráfico de CO₂ na área de hotelaria, observa-se uma variação nos níveis de dióxido de carbono ao longo do período monitorado, com alguns picos e quedas que chamam a atenção. Na primeira coleta, os níveis de CO₂ começaram relativamente elevados, com um pico inicial em torno de 800 ppm, mas logo houve uma queda, estabilizando-se em torno de 600 ppm. Esses valores estão bem abaixo do limite máximo recomendado de 1000 ppm, o que indica que o ambiente estava bem ventilado, com boa renovação do ar.

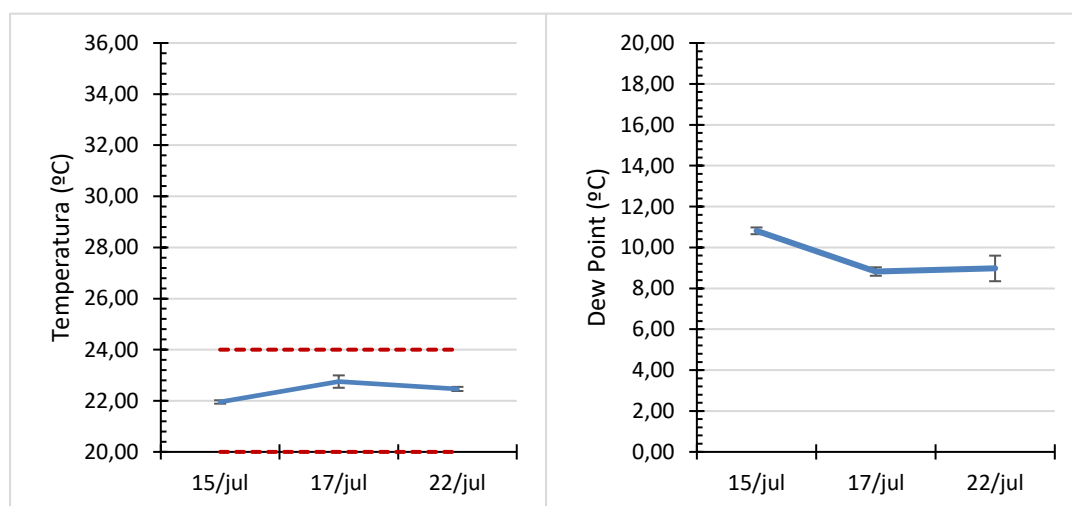
Na segunda coleta, os níveis de CO₂ permaneceram estáveis, variando entre 450 ppm e 500 ppm, o que demonstra um controle eficiente da ventilação nesse período. Esses valores continuam significativamente abaixo do limite recomendado, indicando que a qualidade do ar era boa e que a ventilação foi suficiente para garantir a segurança respiratória dos ocupantes.

Já na terceira coleta, houve um comportamento atípico. No início, os níveis de CO₂ estavam dentro da faixa esperada, em torno de 500 ppm, mas ocorreu um pico significativo que ultrapassou 1200 ppm em determinado momento. Esse pico pode ter sido causado por uma interrupção temporária no sistema de ventilação ou por um aumento na ocupação da área. No entanto, após esse aumento, os níveis de CO₂ caíram rapidamente, voltando para valores próximos de 500 ppm, o que demonstra que o sistema conseguiu restaurar a ventilação adequada em pouco tempo.

De forma geral, os níveis de CO₂ na área de hotelaria variaram dentro dos limites recomendados pela ABNT, com exceção do pico registrado na terceira coleta. Na maior parte do tempo, os níveis de CO₂ se mantiveram entre 450 ppm e 600 ppm, o que reflete uma boa ventilação e renovação do ar, proporcionando um ambiente seguro e confortável. O pico observado, embora momentâneo, sugere uma breve falha ou aumento na ocupação, mas a rápida recuperação dos níveis indica que o sistema de controle ambiental foi capaz de restaurar o equilíbrio com eficiência.

Em resumo, os níveis de CO₂ na área de hotelaria permaneceram dentro dos padrões recomendados durante a maior parte do tempo, com exceção de um pico momentâneo. A maioria dos valores variou entre 450 ppm e 600 ppm, sugerindo um ambiente bem ventilado e com boa qualidade do ar. A rápida resposta do sistema de ventilação após o pico demonstra a capacidade de recuperação do controle ambiental nessa área.

Gráfico 34. Dados de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação na hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital –autoria própria.

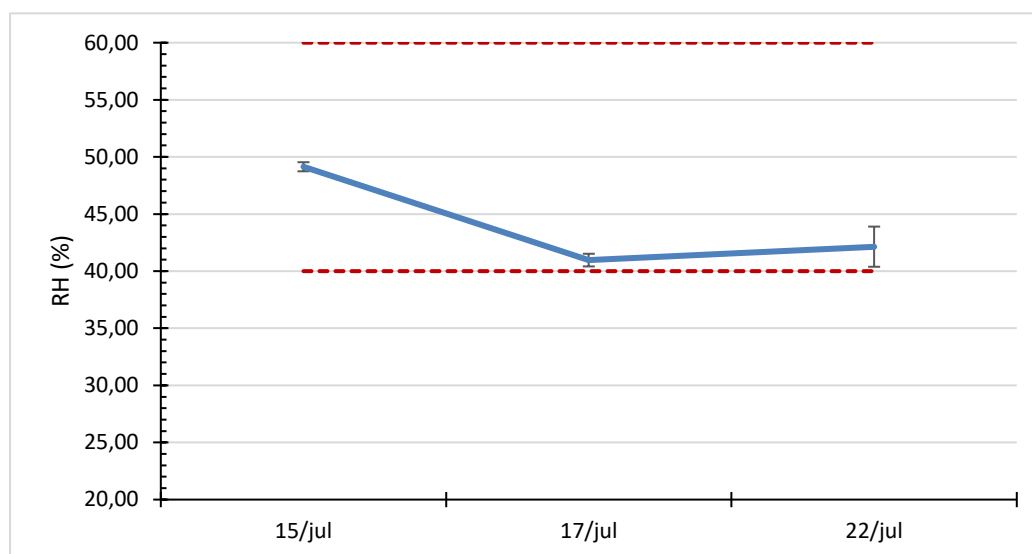
Analisando os gráficos de média e desvio padrão de temperatura e temperatura de saturação do ar na área de hotelaria, observa-se que a média de temperatura variou de forma sutil ao longo dos três dias de coleta. No dia 15 de julho, a temperatura média foi ligeiramente abaixo de 24°C, mantendo-se estável e dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, entre 20°C e 24°C. No dia 17 de julho, houve um pequeno aumento na

temperatura média, que subiu para aproximadamente 24,5°C, mas ainda dentro dos limites aceitáveis para garantir conforto térmico. No dia 22 de julho, a temperatura média voltou a cair, retornando para valores abaixo de 24°C, mostrando que o sistema de climatização conseguiu estabilizar o ambiente após o leve aumento observado no dia 17. O desvio padrão em cada coleta foi pequeno, o que indica uma baixa variabilidade da temperatura, sugerindo que o ambiente de hotelaria manteve uma temperatura estável, proporcionando condições adequadas de conforto.

No gráfico de temperatura de saturação do ar (dew point), a média mostra uma leve tendência de queda. No dia 15 de julho, o ponto de orvalho começou em torno de 11°C, o que é esperado em um ambiente com umidade controlada. No dia 17 de julho, houve um pequeno aumento, alcançando cerca de 12°C, sugerindo uma leve elevação na umidade ou na temperatura ambiente. No dia 22 de julho, o ponto de orvalho caiu novamente para valores em torno de 8°C, indicando uma redução da umidade ou a manutenção de um ar mais seco no ambiente. Essa queda na temperatura de saturação do ar ao longo dos dias pode estar relacionada à estabilização das condições térmicas e de umidade da área. O desvio padrão também foi baixo, indicando uma pequena variação na temperatura de saturação.

Em resumo, a análise dos gráficos de temperatura e temperatura de saturação do ar na área de hotelaria mostra que o ambiente permaneceu dentro das faixas recomendadas, com pouca variação e sem picos significativos. A temperatura média oscilou suavemente, mas se manteve dentro do intervalo ideal para conforto térmico. A temperatura de saturação do ar apresentou uma leve queda ao longo dos dias, indicando uma estabilização da umidade do ar no ambiente. De modo geral, os resultados refletem um ambiente bem controlado e confortável, com variações mínimas nos parâmetros monitorados.

Gráfico 35. Dados de média e desvio padrão de umidade relativa (RH%) na hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

Analisando o gráfico de média e desvio padrão da umidade relativa na área de hotelaria, observa-se uma variação nos níveis de umidade ao longo dos três dias monitorados. Na primeira coleta, realizada no dia 15 de julho, a umidade relativa estava em torno de 50%, dentro da faixa recomendada para ambientes hospitalares, que varia entre 40% e 60%, indicando que o ambiente estava bem controlado e com níveis adequados de umidade, proporcionando conforto térmico e qualidade do ar.

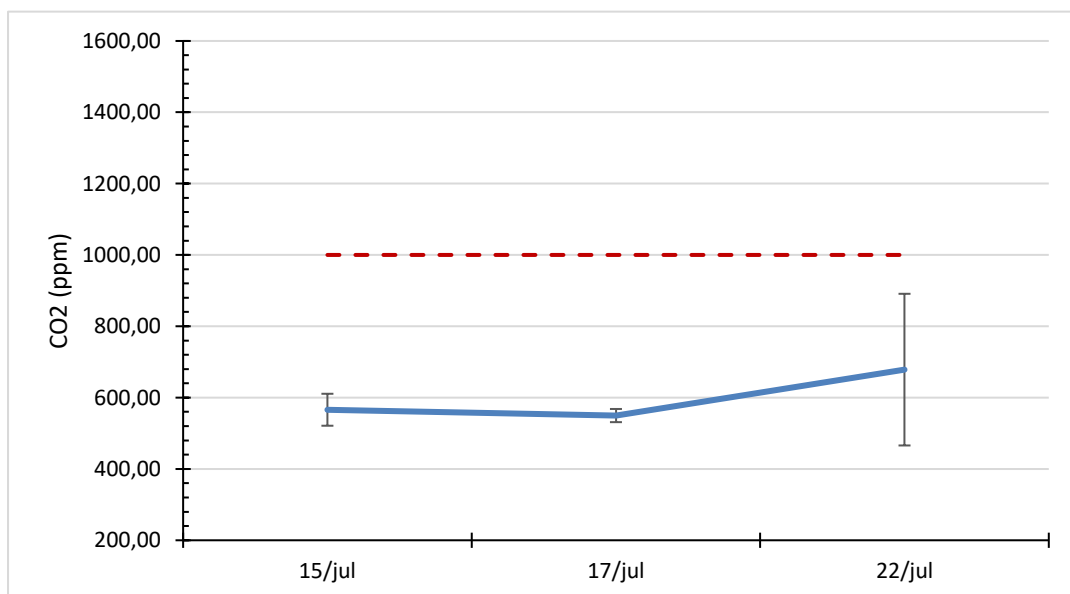
Na segunda coleta, no dia 17 de julho, houve uma queda significativa nos níveis de umidade, que desceram para cerca de 40%, o valor mínimo recomendado pela ABNT. Essa queda pode estar relacionada a mudanças no sistema de ventilação ou na ocupação do espaço, mas ainda se manteve dentro dos limites aceitáveis.

Na terceira coleta, no dia 22 de julho, a umidade relativa começou a subir novamente, estabilizando-se um pouco acima de 40%, sugerindo uma leve recuperação do ambiente em termos de umidade. Essa variação pode estar associada a uma correção do sistema de ventilação ou a mudanças nas condições ambientais da área.

O desvio padrão foi maior nas coletas onde ocorreram mudanças significativas nos níveis de umidade, indicando uma maior variabilidade nesses períodos. Já no início e no final do monitoramento, a variação foi menor, sugerindo um ambiente mais estável e controlado.

Em resumo, o gráfico de umidade relativa mostra que, embora tenha ocorrido uma queda nos níveis de umidade entre os dias 15 e 17 de julho, o ambiente de hotelaria conseguiu se manter dentro dos limites recomendados pela ABNT. A umidade variou de 50% para 40%, mas estabilizou-se na faixa mínima aceitável, o que indica que o sistema de controle ambiental garantiu condições adequadas de conforto e qualidade do ar, mesmo diante de oscilações pontuais.

Gráfico 36. Dados de média e desvio padrão de CO₂ na Hotelaria do hospital, utilizando o termo-higrômetro digital com data Logger e Sensor de CO₂ MX1102.



Fonte: Pesquisa realizada no hospital – autoria própria.

Analisando o gráfico de média e desvio padrão de CO₂ na área de hotelaria, observa-se que os níveis de dióxido de carbono permaneceram estáveis ao longo dos três dias monitorados, com uma elevação significativa na última coleta. Na primeira coleta, realizada no dia 15 de julho, o nível médio de CO₂ estava em torno de 600 ppm, um valor bem abaixo do limite máximo recomendado de 1000 ppm, indicando que o ambiente estava bem ventilado, proporcionando uma boa renovação do ar.

Na segunda coleta, no dia 17 de julho, houve uma leve queda nos níveis de CO₂, que chegaram a aproximadamente 500 ppm, o que sugere que o ambiente continuou bem ventilado, mantendo uma boa circulação de ar e qualidade adequada para os ocupantes.

Na terceira coleta, realizada no dia 22 de julho, ocorreu uma elevação significativa nos níveis de CO₂, atingindo cerca de 900 ppm, o que, apesar de ainda estar dentro dos limites recomendados pela ABNT, se aproximou do limite superior de 1000 ppm. Essa elevação pode ter sido causada por um aumento na ocupação da área ou por uma redução temporária na ventilação. O desvio padrão dessa coleta foi maior, indicando uma maior variabilidade nos níveis de CO₂ durante o dia.

Em resumo, o gráfico mostra que, durante a maior parte do período monitorado, os níveis de CO₂ permaneceram bem abaixo do limite recomendado, com uma média em torno de 600 ppm nas primeiras coletas. No entanto, houve um aumento significativo na última coleta, chegando perto de 900 ppm, mas ainda dentro dos parâmetros aceitáveis, o que garante uma boa qualidade do ar na maior parte do tempo.

Todos os parâmetros medidos – temperatura, umidade e CO₂– estão dentro das diretrizes estabelecidas pela ABNT para ambientes hospitalares. A terceirização do serviço de lavanderia ajudou a manter a estabilidade ambiental dentro da área de hotelaria, sem influências de umidade e calor gerados pelas máquinas de lavagem. Em resumo, a área de hotelaria apresentou temperatura, umidade e CO₂ dentro dos padrões recomendados. Com uma temperatura média de 23,91°C, umidade de 43,67% e concentração de CO₂ de 493 ppm, o ambiente está bem controlado, proporcionando conforto e segurança para os trabalhadores e garantindo a boa qualidade do ar

5. DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação da qualidade do ar em diferentes áreas do hospital público no Distrito Federal destacam tanto aspectos positivos quanto oportunidades de melhoria, com impacto direto na saúde de usuários, profissionais de saúde e visitantes. Embora algumas métricas tenham divergido dos padrões preestabelecidos, o controle ambiental geral apresenta

questões que precisam ser analisadas sob a ótica da saúde coletiva e da melhoria da qualidade de saúde das pessoas assistidas.

Nas áreas críticas internas, como o Centro Cirúrgico e a Unidade de Terapia Intensiva (UTI), o controle de temperatura e umidade mostrou-se adequado, permanecendo dentro dos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 7256:2021. A manutenção da temperatura entre 20°C e 24°C e da umidade relativa entre 40% e 60% nessas áreas é fundamental, não apenas para garantir o conforto térmico, mas principalmente para promover um ambiente seguro durante procedimentos cirúrgicos e cuidados intensivos. Condições ambientais estáveis ajudam a prevenir infecções hospitalares, que são uma das maiores preocupações nesses ambientes. No entanto, os níveis de dióxido de carbono (CO₂) nessas áreas foram detectados acima do ideal (superiores a 1000 ppm), indicando a necessidade de melhorias nos sistemas de ventilação. A ventilação inadequada pode prejudicar o desempenho cognitivo dos profissionais de saúde, impactando sua capacidade de realizar procedimentos com precisão em situações de alta pressão consequentemente podendo afetar os usuários. Além disso, pacientes, sobretudo os mais vulneráveis, podem apresentar desconforto respiratório, o que pode atrasar sua recuperação e aumentar o risco de complicações.

Com base nos resultados da análise e na comparação com os parâmetros normativos, este estudo propõe diversas recomendações práticas para o controle e a redução de níveis inadequados nas condições ambientais da unidade de saúde, visando não apenas a conformidade com as normas, mas também a promoção de um ambiente hospitalar mais seguro, saudável e confortável para todos os usuários.

Neste contexto conforme mencionado no estudo de Fonseca *et al.*, 2018, a qualidade do ar em unidades de saúde pode ser aprimorada por meio da combinação de ventilação natural e sistemas de ventilação mecânica, além do controle da umidade relativa e dos níveis de CO₂.

Uma das principais estratégias é o ajuste nos sistemas de climatização para atender aos intervalos de temperatura e umidade recomendados pela ABNT NBR 7256:2021, garantindo que, em áreas críticas como centros cirúrgicos e UTIs, a temperatura permaneça entre 20°C e 24°C, enquanto em áreas comuns, como salas de espera, seja mantida entre 20°C e 26°C. A umidade relativa deve ser controlada para permanecer no intervalo ideal de 40% a 60%, com o auxílio de dispositivos como umidificadores e desumidificadores assim como apontado no estudo de Shajahan *et al.*, (2019).

Semelhante ao abordado no estudo de Eckmanns *et al.*, (2006), a adoção bem como o monitoramento constante de sistemas de ventilação mais eficientes, como a instalação de ventiladores mecânicos com filtragem HEPA e sistemas de pressão positiva, é uma solução eficaz para reduzir os níveis de CO₂ e melhorar a qualidade do ar. Essas melhorias podem aumentar a eficácia na remoção de partículas contaminantes e microrganismos, diminuindo o risco de infecções e elevando a segurança dos ambientes hospitalares.

Nos quartos de internação e nas áreas de hotelaria, os parâmetros de temperatura, umidade e CO₂ estavam dentro dos limites recomendados, o que favorece um ambiente propício à recuperação dos pacientes. A ventilação eficiente, que mantém os níveis adequados de CO₂, evita o desconforto respiratório e reduz os riscos de contaminação cruzada. Esse ambiente controlado é essencial, pois os pacientes passam a maior parte do tempo nesses espaços durante o processo de recuperação. Como medida complementar, a implementação de ventilação natural, compatível com as normas de segurança, poderia ser explorada para melhorar ainda mais o conforto ambiental.

Por outro lado, nas áreas de alta circulação, como as salas de espera e a recepção, embora os níveis de CO₂ estivessem dentro dos limites aceitáveis, a temperatura (próxima de 25°C) e a umidade (abaixo de 40%) excederam levemente os padrões recomendados, podendo posteriormente resultar em desconforto térmico. Isso é especialmente problemático em momentos de maior fluxo de pessoas, intensificando o estresse de pacientes e acompanhantes, que já estão em situações de vulnerabilidade. O calor excessivo pode agravar condições pré-existentes, aumentar a ansiedade e gerar cansaço. Portanto, é crucial a implementação de sistemas de climatização mais eficientes, com controle rigoroso de temperatura e umidade, para garantir um ambiente confortável e seguro, melhorando a experiência de espera e o conforto geral dos usuários.

Levando em consideração que a não conformidade com os padrões ambientais pode ter repercussões graves para a saúde dos usuários do hospital. Níveis elevados de CO₂, como os detectados em áreas críticas, podem afetar o desempenho dos profissionais e retardar a recuperação dos pacientes, além de favorecer a proliferação de microrganismos, aumentando o risco de infecções hospitalares. Este cenário é agravado pela fadiga e pela queda de desempenho cognitivo dos profissionais de saúde, o que pode levar a erros em procedimentos complexos. Da mesma forma, temperaturas fora dos limites recomendados geram desconforto

térmico e elevam o risco de complicações, especialmente em pacientes com doenças cardiovasculares ou respiratórias.

Além disso, a baixa umidade observada em algumas áreas pode agravar problemas respiratórios, irritar as mucosas e aumentar a suspensão de partículas alergênicas no ar, resultando em um ambiente ainda mais desconfortável para pacientes e profissionais.

Portanto, a implementação das melhorias propostas, como o aprimoramento da ventilação em áreas críticas e a otimização da climatização em áreas de espera, traria benefícios substanciais para a saúde dos usuários. Essas intervenções minimizariam o risco de infecções hospitalares e aumentariam a eficiência dos profissionais de saúde, proporcionando condições ideais para a recuperação dos pacientes. Um ambiente hospitalar controlado e adequado em termos de temperatura, umidade e ventilação contribui diretamente para uma experiência mais segura e confortável, impactando positivamente a percepção dos serviços prestados.

Para garantir a manutenção dessas condições, é essencial a adoção de um sistema de monitoramento contínuo dos parâmetros ambientais, como temperatura, umidade e concentração de CO₂. Esse sistema permite o acompanhamento em tempo real das condições nas diferentes áreas do hospital, possibilitando ajustes preventivos e corretivos, assegurando conforto e segurança constantes. Diferente das medições pontuais, que oferecem uma visão momentânea, o monitoramento contínuo identifica variações diárias e sazonais, fornecendo uma visão mais abrangente das necessidades ambientais. Problemas como o acúmulo de CO₂ em áreas críticas ou a queda de umidade em locais de alta circulação de pessoas pode ser detectados rapidamente e corrigidos antes que afetem a saúde dos pacientes ou o desempenho dos profissionais de saúde.

Além disso, a criação de um banco de dados robusto, alimentado por um sistema de monitoramento conforme proposto no estudo Yang *et al.*, (2014), pode oferecer uma base sólida para análise de tendências e padrões ao longo do tempo. Isso possibilitaria estudos detalhados sobre como as condições ambientais impactam diretamente a saúde e o bem-estar dos usuários hospitalares, incluindo a taxa de infecções, a recuperação dos pacientes e a performance dos profissionais de saúde. A análise desses dados também auxiliaria na identificação de áreas problemáticas e na priorização de investimentos em infraestrutura, tornando a gestão hospitalar mais eficiente e proativa.

A longo prazo, esse banco de dados poderia embasar o desenvolvimento de políticas públicas voltadas para a saúde ambiental hospitalar. Informações empíricas sobre as condições ambientais nos hospitais poderiam ser utilizadas para formular diretrizes mais rigorosas sobre a qualidade do ar, temperatura e umidade, assegurando a segurança dos pacientes e melhorando as condições de trabalho dos profissionais de saúde. Esse banco de dados também poderia apoiar iniciativas governamentais de incentivo, como subsídios para que outras instituições de saúde adotem tecnologias de monitoramento contínuo, promovendo a disseminação de boas práticas em todo o país.

Em termos de segurança dos pacientes, a detecção precoce de condições inadequadas, como o aumento de CO₂ ou a queda de umidade, possibilitaria intervenções imediatas, reduzindo o risco de complicações como infecções respiratórias ou agravamento de doenças crônicas em pacientes vulneráveis conforme aponta o estudo de Blankush *et al.*, (2017). Assim, por exemplo, um sistema de monitoramento em tempo real nas UTIs e centros cirúrgicos poderia emitir alertas automáticos para que a equipe técnica ajustasse a ventilação, evitando que os níveis de CO₂ atinjam valores críticos.

Ademais, também evidenciado no estudo de Lenzer *et al.*, (2020), o monitoramento contínuo também traria benefícios significativos para o bem-estar geral dos usuários, ajustando a climatização conforme o número de pessoas em uma sala de espera, garantindo o conforto de pacientes e visitantes e minimizando o estresse e o desconforto térmico. Da mesma forma, o controle eficiente das condições ambientais nas áreas de internação e hotelaria garantiria que as condições ideais fossem mantidas, contribuindo diretamente para a recuperação mais rápida dos pacientes.

Com base na análise realizada e na comparação com as normas da ABNT, recomenda-se implementar ações para melhorar o controle ambiental na unidade de saúde, promovendo um ambiente hospitalar mais saudável e confortável. Entre as estratégias propostas, destacam-se a manutenção regular dos sistemas de climatização, garantindo a eficiência no controle de temperatura e umidade conforme os padrões normativos; ajustes para manter a temperatura entre 20°C e 24°C nas áreas críticas e entre 20°C e 26°C nas áreas comuns, além de assegurar que a umidade relativa fique entre 40% e 60%. É importante reduzir fontes internas de dióxido de carbono por meio de ventilação adequada e instalação de sensores para monitoramento contínuo. Adicionalmente, sugere-se capacitar a equipe sobre boas práticas no controle da

qualidade do ar, revisar infraestruturas, como filtros e vedação de ambientes, e estabelecer um plano de monitoramento com indicadores-chave, permitindo ações preventivas e corretivas. Essas medidas visam atender às exigências normativas e melhorar a segurança e o bem-estar de todos os usuários.

Em resumo, a implementação de um sistema de monitoramento contínuo, associado à criação de um banco de dados robusto, oferece uma oportunidade significativa para elevar os padrões de qualidade ambiental em hospitais. Além de permitir intervenções rápidas e precisas, esse sistema geraria dados valiosos para a construção de políticas públicas, possibilitando a regulamentação e o fomento de práticas ambientais mais seguras e eficientes em instituições de saúde. A adoção dessa abordagem traria impactos positivos não apenas para a saúde dos pacientes, mas também para o desempenho dos profissionais de saúde e a gestão hospitalar, criando um ambiente mais seguro, confortável e adequado para todos os usuários.

6. CONCLUSÃO

Este estudo sobre a Qualidade do Ar Interno em ambiente hospitalar no Distrito Federal oferece insights valiosos sobre a saúde e segurança de pacientes, profissionais de saúde e acompanhantes. A avaliação dos parâmetros ambientais em diferentes áreas do hospital permitiu identificar riscos potenciais associados à exposição a níveis inadequados de temperatura, umidade e dióxido de carbono. Embora o controle ambiental em várias áreas seja adequado, os resultados apontam para a necessidade de melhorias específicas, sobretudo em locais de grande fluxo, como salas de espera e corredores.

Os resultados indicaram que, com pequenas intervenções, como o aprimoramento da ventilação e o controle mais eficiente da climatização, o hospital pode melhorar ainda mais o conforto e a segurança dos usuários. A análise dos dados revela que algumas áreas do hospital não atendem integralmente aos padrões estabelecidos pelas normas da ANVISA e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com destaque para a elevação dos níveis de CO₂ em espaços de grande circulação, o que pode impactar negativamente o bem-estar de pacientes e profissionais de saúde.

Em áreas críticas, como o Centro Cirúrgico e a Unidade de Terapia Intensiva (UTI), o controle da temperatura e da umidade foi satisfatório, criando um ambiente adequado para a prevenção de infecções e recuperação dos pacientes. No entanto, a concentração elevada de CO₂ nesses locais evidencia a necessidade de melhorias nos sistemas de ventilação, visto que a ventilação inadequada pode comprometer a recuperação dos pacientes e o desempenho dos profissionais de saúde. Nas áreas de alta circulação, o desconforto térmico gerado por temperaturas elevadas e baixa umidade pode aumentar o estresse e agravar a condição de pacientes e visitantes, sobretudo em situações de vulnerabilidade.

O estudo também mostrou a importância do monitoramento contínuo dos parâmetros ambientais, associado à criação de um banco de dados robusto para o acompanhamento em tempo real das condições de temperatura, umidade e CO₂. Esse sistema permitirá intervenções rápidas, garantindo a segurança e o conforto dos usuários, além de auxiliar na recuperação dos pacientes e aumentar a eficiência dos profissionais de saúde. O monitoramento contínuo não apenas assegura a conformidade com padrões estabelecidos, mas também oferece uma base sólida para o desenvolvimento de políticas públicas e a formulação de regulamentações mais rigorosas para a gestão ambiental hospitalar.

Diante dos achados, conclui-se que o controle rigoroso das condições ambientais nos hospitais é essencial para garantir a segurança e o bem-estar de todos os usuários. As melhorias sugeridas não apenas reduzem os riscos de complicações e infecções hospitalares, como também proporcionarão um ambiente mais confortável e humanizado, fundamental para a recuperação eficaz dos pacientes e para a qualidade do atendimento oferecido.

7. LISTA DE REFERÊNCIAS

- [1] AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (EPA). Padrões e Diretrizes de Qualidade do Ar Interior (QAI). 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>. Acesso em: 02 abr. 2023.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). da Diretoria Colegiada - RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Estabelece requisitos mínimos para o funcionamento de estabelecimentos de assistência à saúde e Resolução dá outras especificações. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 fev. 2002. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0050_21_02_2002.html. Acesso em: 09 abr. 2024.
- [3] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Nota Técnica nº 15, de 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/notastecnicas/2017/nota-tecnica-n-15-2017-ggtes-anvisa>. Acesso em: 11 abr. 2024.
- [4] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Nota Técnica nº 179, de 2014. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/notastecnicas/2014/nota-tecnica-n-179-2014-ggcov/relnotatecnican1792014_ggtes_anvisa.pdf. Acesso em: 06 fev. 2024.
- [5] AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0009_16_01_2003.html. Acesso em: 07 jun. 2024.
- [6] AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (APA). Qualidade do Ar em Espaços Interiores: Guia Técnico. Amadora: APA, 2010. Disponível em: <http://www.apambiente.pt>. Acesso em: 12 dez. 2023.
- [7] AINSWORTH, EA; ROGERS, A. A resposta da fotossíntese e da condutância estomática ao aumento de [CO₂]: mecanismos e interações ambientais. *Planta, Célula e Meio Ambiente*, v. 30, n. 3, pág. 258-270, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01641.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2007.01641.x>. Acesso em: 26 fev. 2024.
- [8] APOLARO, C.; ALVIM, AATB Planejamento urbano para a adaptação das cidades frente às mudanças climáticas: uma análise sobre o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. *Revista Thésis*, v. 4, pág. 118-137, 2017. Disponível em: <https://thesis.anparq.org.br/revista-thesis/issue/view/4>. Acesso em: 02 mar. 2024.
- [9] ARBEX, AM et al. A poluição do ar e do sistema perigoso. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 5, pág. 643-655, 2012. DOI: 10.1590/S1806-37132012000500015. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/Qt8MF63ZTvPbYcNKkYkLpHf/?lang=pt>. Acesso em: 26 out. 2024.

- [10] ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: ASHRAE, 2022. Disponível em: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7256:2005 - Ar-condicionado em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAH). Rio de Janeiro: ABNT, 2005. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 11 de maio. 2024.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7256:2021 - Sistemas de ventilação para estabelecimentos assistenciais de saúde - Requisitos para projeto, instalação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 26 jan. 2024.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16401-1:2008 - Sistemas de ventilação para ambientes de uso escolar - Parte 1: Dimensionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. Disponível em: <https://www.abnt.org.br/>. Acesso em: 02 mai. 2024.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16401-2:2008 - Sistemas de ventilação para ambientes de uso residencial - Parte 2: Dimensionamento. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. Disponível em: <https://www.abnt.org.br/>. Acesso em: 04 jan. 2024.
- [15] AYOADE, Segun J. Introdução à Climatologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. p. 45. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/>. Acesso em: 27 mar. 2024.
- [16] BLANKUSH, J. et al. Implementação de um novo sistema de monitoramento pós-operatório usando pontuações de alerta precoce modificadas (MEWS) automatizadas incorporando capnografia expiratória final. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, v. 31, p. 1081-1092, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10877-016-9943-4>. Acesso em: 2 dez. 2024.
- [17] BORGES, MGE. Influência do ambiente construído no microclima urbano: Estudo de caso no campus da Universidade Federal de Santa Catarina. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92839>. Acesso em: 03 jun. 2024.
- [18] BRASIL. Lei nº 13.288, de 16 de maio de 2016. Dispõe sobre a prevenção e o combate à poluição e a preservação da saúde e do meio ambiente. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 maio 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13288.htm. Acesso em: 11 abr. 2024.
- [19] BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 10 abr. 2024.

- [20] BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm. Acesso em: 10 abr. 2024.
- [21] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora NR-32 - Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-32-atualizada-2022-2.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2024.
- [22] BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS/GM nº 3.523, de 28 de agosto de 1998. Estabelece os parâmetros técnicos para garantia da qualidade do ar interior em ambientes climatizados de uso público e coletivo. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 28 de agosto de 1998. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523_28_08_1998.html. Acesso em: 08 abr. 2024.
- [23] BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0009_16_01_2003.html. Acesso em: 15 mar. 2024.
- [24] BRASIL. Ministério da Saúde. Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar. Manual de Controle de Infecção Hospitalar. Brasília, 1985. 121 p. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-663491>. Acesso em: 17 de maio. 2024.
- [25] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Impacto da poluição atmosférica na mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis no Brasil. Em: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não Transmissíveis e Promoção da Saúde. Saúde Brasil: uma análise de situação de saúde e das doenças e agravos típicos: desafios e perspectivas. Brasília, DF: MS, 2019. p. 307-332. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-aaz/saude-brasil>. Acesso em: 23 jun. 2024.
- [26] BROWN, RD; VANOS, J.; KENNY, N.; LENZHOLZER, S. Projetando parques urbanos que melhorem os efeitos das mudanças climáticas. Paisagismo e Urbanismo, v. 138, p. 118-131, 2015. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2015.02.017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204615000348>. Acesso em: 27 jul. 2024.
- [27] BURMESTER, H.; PEREIRA, J.; SCARPI, MJ. Modelo de gestão para organizações de saúde. Revista de Administração em Saúde, São Paulo, v. 37, pág. 125-132, out./dez. 2007. Disponível em: http://www.cqh.org.br/files/RAS37_modelo.pdf. Acesso em: 12 de maio. 2024.

- [28] COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade do ar no estado de São Paulo, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: 05 mar. 2024.
- [29] COELHO, SZSM. Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-05062007-143512/>. Acesso em: 27 maio. 2024.
- [30] COHEN, SC et al. Habitação saudável como determinante social da saúde: experiências internacionais e nacionais. *Revista Brasileira de Promoção da Saúde (RBPS)*, Rio de Janeiro, v. 2, pág. 169-179, 2011. DOI: 10.5020/18061230.2011.p169. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/index.php/RBPS/article/view/1866>. Acesso em: 08 mar. 2024.
- [31] CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (UNFCCC). Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 1992. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas.html>. Acesso em: 02 abr. 2023.
- [32] CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (UNFCCC). Protocolo de Kyoto, 1997. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-kioto.html>. Acesso em: 09 abr. 2024.
- [33] CORRÊA, LV. Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/6848>. Acesso em: 27 out. 2024.
- [34] COSTA, ADL. Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/12411>. Acesso em: 25 de maio. 2024.
- [35] DAPPER, SN; SPOHR, C.; ZANINI, RR. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 86, pág. 83-97, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/115082>. Acesso em: 13 jan. 2024.
- [36] ECKMANN, T. et al. A influência da filtração de ar de partículas de alta eficiência na mortalidade e infecção fúngica entre pacientes altamente imunossuprimidos: uma revisão sistemática. *The Journal of Infectious Diseases*, v. 193, n. 10, p. 1408-1418, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/503435>. Acesso em: 3 out. 2024.

- [37] ELSOM, DM. *Poluição atmosférica: um problema global*. 2. ed. Oxford: Blackwell, 1992. Disponível em: https://archive.org/details/atmosphericpollu0000elso_u0z9. Acesso em: 13 jan. 2024.
- [38] FONSECA, A. et al. *Qualidade do ar interior e gestão da sustentabilidade: estudo de caso em três unidades de saúde portuguesas*. Sustentabilidade, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/SU11010101>. Acesso em: 2 Out. 2024.
- [39] GALVÃO, J. *O segmento de saúde para o desenvolvimento regional no município de Blumenau – SC: a participação do Hospital Santa Isabel*. 2003. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2003. Disponível em: <https://repositorio.furb.br/handle/123456789/12411>. Acesso em: 12 jun. 2024.
- [40] GBD 2019 FATORES DE RISCO COLABORADORES et al. *Carga global de 87 fatores de risco em 204 países e territórios, 1990-2019: uma análise sistemática para o Global Burden of Disease Study 2019*. *The Lancet* (Londres, Inglaterra), v. 10258, pág. 1223–1249, 2020. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30752-2. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)30752-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)30752-2/fulltext). Acesso em: 16 jun. 2024.
- [41] GIODA, A. *Poluição Atmosférica e de Interiores: Influência Mútua e Seus Reflexos na Saúde*. 2003. Tese (Doutorado em Ciências – Química Orgânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/2498>. Acesso em: 14 mar. 2024.
- [42] GONÇALVES, EL. *Estrutura organizacional do hospital moderno*. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 38, n. 1, pág. 80-90, jan./mar. 1998. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rae/article/view/37820>. Acesso em: 27 atrás. 2024.
- [43] GOUVEIA, N. et al. *Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo*. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 12, pág. 2669-2677, 2006. DOI: 10.1590/S0102-311X2006001200016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/DScYNQrNKbMZvNGRzHWG9mM/?lang=pt>. Acesso em: 04 jan. 2024.
- [44] GUFFI, FS. *Ambiente Cirúrgico – Sala Cirúrgica*. In: GOFFI, FS. *Técnica Cirúrgica: Bases Anatômicas, Fisiopatológicas e Técnicas da Cirurgia*. 4.ed. São Paulo: Ateneu, 2007. 822 p. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-594197>. Acesso em: 13 de maio. 2024.
- [45] HARRISSON, Simon. *O lado negativo da dispersão: porque o desvio padrão é uma medida melhor de dispersão na polimerização de precisão*. *Polymer Chemistry*, v. 9, p. 1366-1370, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/C8PY00138C>. Acesso em: 22 nov. 2024.
- [46] IOAN, S.; SEBARCHIEVICI, C. *Garantia de Conforto Olfativo em Edifícios*. In: *Química, Controle de Emissões, Poluição Radioativa e Qualidade do Ar Interior*.

- Rijeka: InTech, p. 407-428, 2011. DOI: 10.5772/17898. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/17898>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- [47] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 16814:2008 – Building environment design – Indoor air quality – Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy. Geneva: ISO, 2008. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/42720.html>. Acesso em: 21 abr. 2024.
- [48] INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). 1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil. São Paulo: IEMA, 2014. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/publicacoes/diagnostico-monitoramento-ar-2014>. Acesso em: 07 atrás. 2024.
- [49] IPCC. Mudanças Climáticas 2007: A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Em: SOLOMON, S. et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2007. DOI: 10.1017/CBO9780511546013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/relatorio/ar4/wg1/>. Acesso em: 23 jan. 2024.
- [50] JONES, AP. Qualidade e saúde do ar interno. *Ambiente Atmosférico*, v. 33, n. 28, pág. 4535-4564, 1999. ISSN 1352-2310. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231099002294>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- [51] KABIRI, N. et al. Gestão de riscos e segurança do paciente na sala de cirurgia: uma revisão sistemática. *7*, 2017. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-015415.109. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2016-015415.109>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- [52] KHALILI, N. Risco à Saúde Ambiental. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9780470061596.RISK0275>. Acesso em: 17 jan. 2024.
- [53] KLINKE, A.; RENN, O. Uma nova abordagem para avaliação e gestão de riscos: estratégias baseadas em risco, precaução e discurso. *Análise de Risco*, v. 22, 2002. DOI: 10.1111/1539-6924.00274. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1539-6924.00274>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- [54] LAM, HC et al. A associação de curto prazo entre hospitalizações por asma, temperatura ambiente, outros fatores meteorológicos e poluentes atmosféricos em Hong Kong: um estudo de série temporal. *Tórax*, v. 71, pág. 1097-1109, 2016. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2015-208054. Disponível em: <https://thorax.bmj.com/content/71/12/1097>. Acesso em: 25 atrás. 2024.
- [55] LEE, S. Sobre o lançamento de um novo periódico 'Biomedical Engineering Letters' para pesquisa multidisciplinar. *Biomedical Engineering Letters*, v. 1, p. 2, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S13534-011-0011-1>. Acesso em: 27 nov. 2024.
- [56] LENZER, B. et al. Efeitos do aquecimento, ventilação e ar-condicionado na saúde de pacientes hospitalares: uma revisão de escopo. *BMC Public Health*, v. 20, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09358-1>. Acesso em: 2 dez. 2024.
- [57] LEUNG, M.; CHAN, A. Controle e gestão da qualidade do interno do hospital. *Monitor de Ciências Médicas: Revista Médica Internacional de Pesquisa Experimental*

- e Clínica, v. 3, pág. SR17-23, 2006. Disponível em: <https://hub.hku.hk/handle/10722/75813>. Acesso em: 16 jul. 2024.
- [58] MANAN, N.; AIZUDDIN, A.; HOD, R. Efeito da poluição do ar e descarga hospitalar: uma revisão sistemática. *Anais da Saúde Global*, v. 84, p. 670-678, 2018. DOI: 10.29024/aogh.2376. Disponível em: <https://doi.org/10.29024/aogh.2376>. Acesso em: 17 mar. 2024.
- [59] MANISALIDIS, I. et al. Impactos ambientais e de saúde da poluição do ar: uma revisão. *Fronteiras em Saúde Pública*, v. 8, art. 14, 2020. DOI: 10.3389/fpubh.2020.00014. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- [60] MARIO, MPJ. Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: análise na cidade de Porto Alegre, RS. 2012. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/55492>. Acesso em: 17 atrás. 2024.
- [61] MARTINS, LC et al. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 3, pág. 220-229, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2001000300005>. Acesso em: 11 jun. 2024.
- [62] MEYER, Rudolf; BROWNING, Christine; CHANNELL, David. Expandindo as concepções dos alunos sobre a média aritmética. *School Science and Mathematics*, v. 95, p. 114-117, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/J.1949-8594.1995.tb15741.x>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- [63] NAJAR, D. M. et al. Mudanças climáticas e impactos na saúde: uma análise das doenças sensíveis ao clima no Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 42, e85, 2018. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/rpsp/2018.v42/e85/pt/>. Acesso em: 21 out. 2024.
- [64] ONSET COMPUTER CORPORATION. Onset, HOB0, HOB0 ware are registered trademarks of Onset Computer Corporation. Disponível em: <https://www.onsetcomp.com/>. Acesso em: 17 jan. 2024.
- [65] ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO (ISO). ISO 16814:2008 - Ar Interior - Parte 1: Aspectos Gerais da Qualidade do Ar Interior e Princípios de Avaliação do Ambiente Interior. Genebra: ISO, 2008. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/38976.html>. Acesso em: 02 fev. 2024.
- [66] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Critérios de qualidade do ar. Genebra, Suíça, 1999. Disponível em: <https://www.who.int>. Acesso em: 03 jul. 2024.
- [67] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Padrões de qualidade do ar: orientações da OMS sobre a qualidade do ar ambiente. Genebra: OMS, 2005. Disponível em: <https://www.who.int/publications>. Acesso em: 02 atrás. 2024.
- [68] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Base de dados global sobre poluição atmosférica urbana – atualização 2016. Genebra: WHO, 2016. Disponível

- em: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/. Acesso em: 22 jul. 2024.
- [69] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Criando cidades saudáveis no século XXI. Genebra, 1996. (OMS/EOS/96.9). Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/63333>. Acesso em: 19 de maio. 2024.
- [70] QUADROS, ME et al. Qualidade do ar interior em hospitais: um estudo de caso e uma revisão crítica das normas atuais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 3, pág. 431-438, jul./set. 2009. DOI: 10.1590/s1413-41522009000300017. Disponível em: https://experts.colorado.edu/display/pubid_140042. Acesso em: 21 fev. 2024.
- [71] ROSSI-ESPAGNET, A. et al. Urbanização e saúde nos países em desenvolvimento: um desafio para a saúde para todos. *Estatística Mundial da Saúde*. P., v. 44, n. 4, pág. 186-244, 1991. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/60916>. Acesso em: 19 fev. 2024.
- [72] SANTOS, Lia Giraldo da Silva et al. Modelos de gestão e o SUS. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 5, p. 1895-1904, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/8qftxM5GZwvNkVKvvnv43kWw/>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- [73] SANTOS, U. et al. Poluição atmosférica ambiental: efeitos nocivos. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 47, 2021. DOI: 10.36416/1806-3756/e20200267. Disponível em: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267>. Acesso em: 11 jan. 2024.
- [74] SAUTOUR, M. et al. Um levantamento prospectivo da contaminação fúngica do ar e da superfície em um laboratório de micologia médica em um hospital universitário terciário. *Jornal Americano de Controle de Infecções*, v. 3, pág. 189-194, 2009. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.07.009. Acesso em: 14 mar. 2024.
- [75] SEARS, F. et al. Física 2: Mecânica dos Fluidos, Calor, Movimento Ondulatório. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1984. p. 1-520. Disponível em: <https://www.ltceditora.com.br/>. Acesso em: 27 atrás. 2024.
- [76] SEN, P.; SEN, P. Qualidade do ar interno do hospital em relação à transmissão de infecção. In: *Gestão em Saúde na Prevenção de Doenças*. Singapura: Springer, 2020. p. 53-66. DOI: 10.1007/978-981-15-1334-3_7. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-15-1334-3_7. Acesso em: 15 jan. 2024.
- [77] SHAJAHAN, A. et al. Efeitos de parâmetros ambientais internos relacionados a sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado de edifícios nos resultados médicos dos pacientes: uma revisão de pesquisas científicas em edifícios hospitalares. *Indoor Air*, v. 29, p. 161-176, out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ina.12531>. Acesso em: 2 out. 2024.
- [78] SIMPSON, O. et al. Avaliação de ações para melhorar a qualidade do ar em hospitais universitários Birmingham NHS Foundation Trust. *Sustentabilidade*, 2022. DOI: 10.3390/su14181128. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14181128>. Acesso em: 17 jul. 2024.

- [79] STAFOGGIA, M. et al. Fatores que afetam a mortalidade hospitalar relacionada ao calor: uma análise de cruzamentos de casos em várias cidades. *Jornal de Epidemiologia e Saúde Comunitária*, v. 209-215, 2008. DOI: 10.1136/jech.2007.060715. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/jech.2007.060715>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- [80] STATHOLOUPOULOU, OI; ASSIMAKOPOULOS, VD; FLOCAS, HA; HELMIS, CG. Um estudo experimental da qualidade do ar dentro de grandes pavilhões esportivos. *Construção e Meio Ambiente*, v. 43, n. 5, pág. 793-803, 2008. DOI: 10.1016/j.buildenv.2007.01.026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.01.026>. Acesso em: 17 mar. 2024.
- [81] SUZUKI, EH. Avaliação do conforto térmico e do nível de CO₂ em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-10012011-101735/>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- [82] UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2009/125/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009, que estabelece um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0125>. Acesso em: 13 abr. 2024.
- [83] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Padrões e Diretrizes de Qualidade do Ar Interno (IAQ). 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>. Acesso em: 21 nov. 2024.
- [84] VAREJÃO-SILVA, MA. Umidade relativa do ar. In: VAREJÃO-SILVA, MA. *Meteorologia e climatologia*. Recife: Versão Digital 2, 2006. p. 133-155. Disponível em: <https://zlib.pub/book/meteorologia-e-climatologia-68g2081rhca0>. Acesso em: 17 fev. 2024.
- [85] WANG, S. et al. Compostos orgânicos voláteis em ambiente interno e oxidação fotocatalítica: Estado da arte. *Environmental International*, v. 33, n. 5, p. 694-705, 2007. Disponível em: <https://www.environmental.org/article/wang-single-organic-compounds-in-indoor-in-indoor-oxyding-photocatalytic-state-of-the-art>. DOI: 10.1016/j.envint.2007.02.011. Acesso em: 06 jun. 2024.
- [86] WANG, Xiang; CHENG, Zongli. Estudos transversais: pontos fortes, fracos e recomendações. *Peito*, v. 158, n. 1S, p. S65-S71, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>. Acesso em: 21 out. 2024.
- [87] WATSON, S. *On Hospitals: Welfare, Law, and Christianity in Western Europe*, 400-1320. Oxford: Oxford University Press, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/shm/hkab017>. Acesso em: 21 maio 2024.
- [88] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Ambient (outdoor) air quality and health: fatos principais*. Genebra: OMS, 2018. Disponível em:

[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). Acesso em: 17 fev. 2024.

- [89] YANAGI, Y.; ASSUNÇÃO, VJ; BARROZO, VL. Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 9, pág. 1737-1748, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2012000900015>. Acesso em: 27 out. 2024.
- [90] YANG, C. et al. Construção e aplicação de um sistema inteligente de monitoramento da qualidade do ar para ambiente de saúde. *Journal of Medical Systems*, v. 38, p. 1-10, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0015-3>. Acesso em: 2 dez. 2024.