

QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNOS DE UNIDADES DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE

INDOOR AIR QUALITY IN HEALTHCARE UNITS

João Victor Araújo da Silva¹
Rossean Golin²
Danila Soares Caixeta³

RESUMO

A qualidade do ar interior em ambientes destinados ao atendimento a saúde, tem gerado grandes preocupações, por serem locais onde há grande ocupação por indivíduos debilitados, predisponíveis a adquirir doenças vinculadas a contaminantes e poluentes disseminados no ar. A pesquisa objetivou analisar a qualidade do ar interior em unidades de assistência à saúde. A pesquisa refere-se a um estudo de desenho transversal, realizado no mês de fevereiro de 2023, sendo analisados a abundância de fungos filamentosos e bactérias, temperatura, umidade, CO² e velocidade do ar. Em todos os locais amostrados foi detectado a presença de fungos filamentosos e bactérias. Em todas as 5 unidades, os valores de umidade relativa e velocidade do ar excederam valores permitidos pela resolução em vigência. Verifica-se a necessidade da adoção de medidas, que assegurem a qualidade do ar interior e saúde dos indivíduos.

Palavras-chave: critérios de qualidade do ar; normas de qualidade do ar; poluição do ar; controle da qualidade do ar; poluição do ar em ambientes fechados.

ABSTRACT

Indoor air quality in healthcare settings has raised significant concerns, as these environments are occupied by a large number of debilitated individuals who are susceptible to diseases linked to airborne contaminants and pollutants. The research aimed to analyze indoor air quality in healthcare units. A cross-sectional study was conducted in February 2023 to assess the abundance of filamentous fungi and bacteria, as well as temperature, humidity, CO² levels, and air velocity. The presence

¹Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos. Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-7462-2775>. E-mail: joaovictoraraujo.ds@gmail.com

²Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9065-1023>

³Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2036-1378>.

of filamentous fungi and bacteria was detected in all sampled locations. All five units exceeded the permitted levels of relative humidity and air velocity according to current regulations. The findings highlight the need for measures to ensure indoor air quality and protect the health of individuals.

Keywords: air quality criteria; air quality standards; air pollution; air quality control; air pollution in closed environments.

Artigo recebido em: 16/08/2024

Artigo aprovado em: 12/12/2024

Artigo publicado em: 19/12/2024

Doi: <https://doi.org/10.24302/sma.v.13.5569>

INTRODUÇÃO

A poluição do ar tem um grande impacto na saúde humana e é uma das principais ameaças à saúde ambiental do nosso planeta, pois mais de 99% da população mundial respira ar poluído, que excede os limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde¹. Sobretudo, a poluição do ar interior tem sido motivo de preocupação em todo o mundo, pois em média, os seres humanos passam entre 70% e 90% do seu tempo, em ambientes fechados².

As substâncias que estão frequentemente presentes no ambiente interno incluem material particulado (PM 10, PM 2,5 e PM 0,1 com base no aerodímetro das partículas), dióxido de enxofre, terpenos, cetonas, aldeídos, compostos orgânicos voláteis, monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃), amianto, radônio e biocontaminantes, como fungos, bactérias, vírus, pêlos de animais e alérgenos². Por consequência, esses poluentes são gerados como resultado de uma variedade de fontes antropogênicas e/ou naturais, bem como sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado¹.

O microbioma do ar, composto por bactérias, fungos, vírus e metabólitos derivados desses agentes, é um elemento-chave na Qualidade do Ar Interior (QAI) e representa aproximadamente 34% da contaminação presente no ar, visto que estão em suspensão ou associados a partículas inorgânicas, como poeira, cinza, névoa e material particulado¹. Os indivíduos, quando expostos a contaminantes biológicos, podem desenvolver uma variedade de problemas de saúde transmitidos pelo ar, incluindo infecções respiratórias, alergias e doenças infecciosas.

Por outro lado, a temperatura, umidade e a velocidade do ar, além de indicadores de conforto térmico, estão também atreladas a fatores predisponentes no aumento das problemáticas relacionadas a má qualidade do ar interior, uma vez que, esses fatores são responsáveis pelo aumento na dissipação e concentração de microrganismos no ar^{3,4}. O dióxido de carbono no ambiente interno é quantificado como um indicador de combustão e atividade metabólica, mas também pode ser

estudado como um poluente, pois em quantidades excessivas pode causar dores de cabeça, náuseas, dificuldades respiratórias, sonolência, fadiga e redução da produtividade⁵.

Embora vários estudos tenham caracterizado e avaliado a QAI em edifícios como residências, escolas, edifícios públicos, cinemas, shopping, dentre outros, poucos estudos empregaram tais avaliações em ambientes críticos, como edifícios destinados a saúde⁶.

Em ambientes hospitalares e instalações destinados a saúde, a qualidade do ar interior, pode ser afetada por fontes externas e parâmetros internos, como atividades humanas, onde diversos usuários, fatores de risco à saúde e atividades específicas estão em constante interação⁷, tornando-se em um ambiente interno complexo e exigente. Assim, má qualidade do ar em instalações de saúde e ambientes hospitalares, propiciam um maior risco de infecção cruzada, uma vez que indivíduos suscetíveis e pacientes vulneráveis estão em contato próximo em ambientes fechados.

Devido à gravidade dos impactos da poluição do ar interior na saúde humana, na produtividade e na sobrevivência, o monitoramento e a análise da poluição do ar, ajudarão a identificar as fontes de poluição e a determinar medidas de mitigação.

Considerando que grande maioria das unidades de assistência à saúde, não realizam um controle periódico, da qualidade do ar interior, este estudo se faz necessário, uma vez que altas ou baixas temperatura, alto índice de CO₂, alterações na umidade, bem como microrganismos presentes em partículas dispostas no ar que podem ser inalados, causando uma série de danos à saúde. Dessa maneira a pesquisa, justifica-se devido a necessidade de obter mais informações sobre a qualidade do ar interior nesses espaços, que muitas vezes é inexistente, e que assim possam servir de contribuição para a composição novos projetos e ações na saúde, que contribuam para a melhoria das condições atuais.

Diante disso, essa pesquisa objetivou analisar a qualidade do ar interior em unidades de assistência à saúde, localizadas no município de Chapada dos Guimarães-MT.

METODOLOGIA

Pontos de coleta

A presente pesquisa refere-se a um estudo de desenho transversal, realizado no mês de fevereiro do ano de 2023, em cinco unidades de assistência à saúde do município de Chapada dos Guimarães-MT (coordenadas geográficas: Latitude: 15° 27' 10" Sul, Longitude: 55° 44' 21" Oeste), situada a aproximadamente 62 km da capital mato-grossense, Cuiabá. Os locais de coleta incluem: Hospital Municipal Dom Osvaldo (n = 18); Unidade de Pronto Atendimento Frei Osvaldo – UPA (n = 14); Unidade Básica de Saúde – UBS Centro (n = 6), Unidade Básica de Saúde - UBS São Sebastião (n = 12) e Posto de Saúde Familiar - PSF Santa Cruz (n = 7), sendo coletado

em cada local uma amostra no ambiente externo, exceto no Hospital que foram duas coletas (frente e fundo).

Amostragem e análises da qualidade do ar

A técnica de amostragem ativa (Equipamento Impactador de Ar portátil (SAS SUPER ISO 100) foi utilizada para obtenção de amostras para análises microbiológicas (bactérias e fungos filamentosos), sendo filtrado um volume de 500L de ar. O protocolo de coleta seguiu o recomendado pela Resolução Anvisa n° 9 de 2003⁹.

Para a quantificação de bactérias foram utilizadas placas contendo Ágar Nutriente e para os fungos filamentosos utilizou-se Ágar Sabouraud. Após as coletas, as amostras foram armazenadas sob refrigeração e transferidas para o laboratório, para posteriores procedimentos.

As amostras, foram incubadas a 37 °C por 48 horas para crescimento de bactérias, enquanto que para fungos foi a temperatura de 25 °C durante 5 dias. Os números de colônias foram registrados e convertidos de acordo com a tabela de correção, fornecida pelo fabricante do equipamento de amostragem, sendo os resultados expressos em Unidades Formadora de Colônias por metro cúbico (UFC/m³).

Para realizar a medição da variável de Velocidade do ar (m/s), utilizou o aparelho Termo-Higro-Anemômetro Digital Portátil, modelo THAR-185. Para as medições a temperatura ambiente (°C), a umidade relativa (%) e o dióxido de carbono (ppm), foi utilizado um aparelho portátil de modelo C-02.

Consulta Pública n° 109 de 2003, classifica os ambientes de acordo com nível de risco a saúde, por exposição ao ar de locais com potencial de produzir eventos adversos que afetem a saúde dos pacientes e funcionários. Conforme a mesma, a contagem total de bactérias e fungos, não deve ultrapassar os limites de acordo com o nível de cada ambiente. Nesse estudo, os níveis encontrados nos pontos amostrais, dos ambientes analisados foram nível 1, nível 2 e nível 3, em que a concentração máxima não dever exceder o valor de 500 UFC/m³, 200 UFC/m³ e 50 UFC/m³, respectivamente⁸, a classificação é apresentada nas tabelas 1, 2 e 3.

Análise estatística

Teste de ANOVA (Excel) foi utilizado para análise de variância entre as 5 unidades de assistência à saúde, pontos amostrais de cada local e entre fungos e bactérias.

RESULTADOS

Abundância de microrganismos

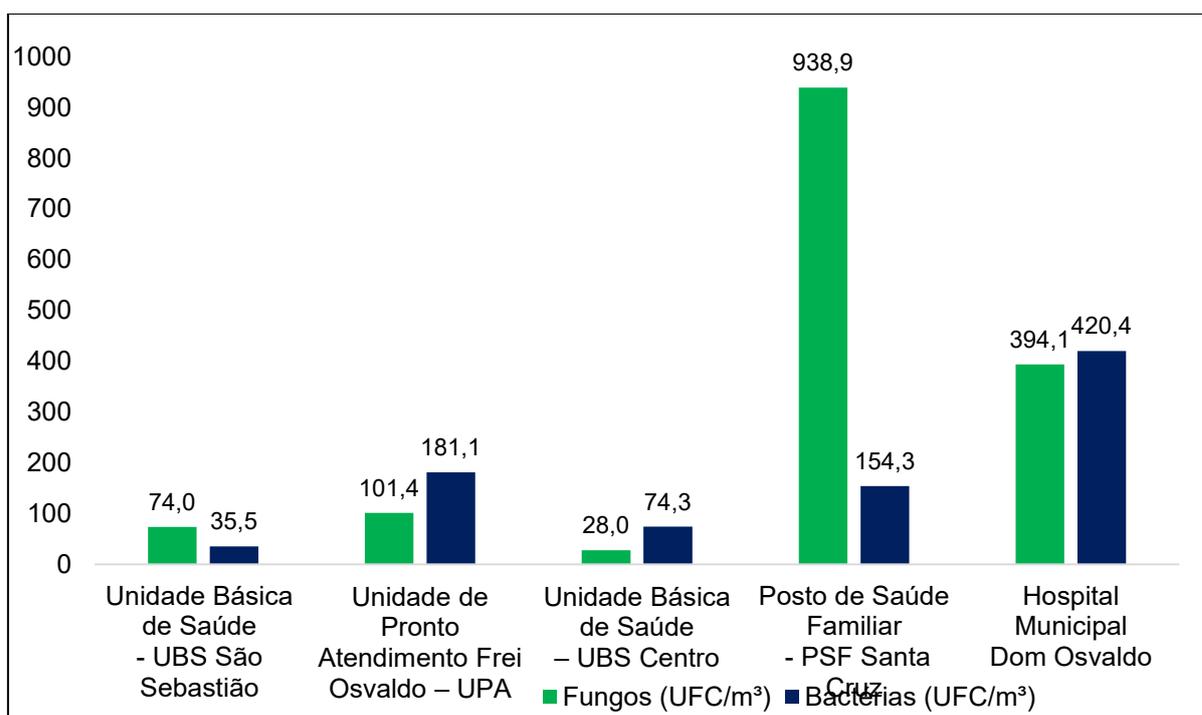
Os resultados revelaram que em todas as 5 unidades de assistência à saúde (Hospital Municipal Dom Osvaldo, Unidade de Pronto Atendimento Frei Osvaldo – UPA, Unidade Básica de Saúde – UBS Centro, Unidade Básica de Saúde - UBS São Sebastião e Posto de Saúde Familiar - PSF Santa Cruz) foram isolados fungos filamentosos e bactérias (Figura 1).

De acordo com resultados de análise de variância (ANOVA), não houve diferença significativa entre as 5 unidades de assistência à saúde ($p = 0,31$) e entre fungos e bactérias ($p = 0,13$).

No Posto de Saúde Familiar - PSF Santa Cruz foram coletadas amostras em 7 pontos. Um total de 6.572 UFC/m³ colônias de fungos filamentosos foram encontradas nos pontos amostrais, com média de 938,9 UFC/m³ e dp= 1214,6 e 1.080 UFC/m³ de colônias bacterianas, com média 154,28 UFC/m³ e dp= 206,8. A relação I/E foi de 22,18 para fungos e 6,42 para bactérias.

Embora os resultados de análise de variância mostrarem que não houve diferença significativa entre os pontos amostrais ($p = 0,64$) e entre fungos e bactérias ($p = 0,16$), a maior concentração de fungos foi encontrada na sala de coleta laboratorial e copa com 2.614 UFC/m³ e menor concentração no consultório médico com 26 UFC/m³, enquanto que a concentração de bactérias foi maior no consultório médico com 610 UFC/m³ e menor na sala de coleta laboratorial com 8 UFC/m³ (Tabela 1).

Figura 1 – Concentração Média de bactérias e fungos filamentosos nas unidades de assistência à saúde.



Na Unidade Básica de Saúde - UBS São Sebastião foram coletadas amostras em 12 pontos amostrais. Foram isolados um total de 888 UFC/m³ de fungos filamentosos, com média de 74 UFC/m³ e dp=66,9; por outro lado a quantidade de isolados de bactérias foi bem inferior, com um total de 426 UFC/m³ e média de 35,5 UFC/m³ (dp=37,4). A relação I/E foi de 0,6 para fungos filamentosos e 0,22 para bactérias. A concentração mínima de fungos filamentosos foi encontrada na sala de curativo com 4 UFC/m³ e máxima na sala de acolhimento com 190 UFC/m³, enquanto que para bactérias foi de 2 UFC/m³ na sala de acolhimento e máxima de 124 UFC/m³ na copa (Tabela 1). No entanto, resultados de análise de variância mostraram que não houve diferença significativa entre os pontos amostrais ($p= 0,79$) e entre fungos e bactérias ($p= 0,14$).

Na Unidade Básica de Saúde – UBS Centro foram coletadas amostras em 6 pontos. Foram isolados um total de 168 UFC/m³ de fungos filamentosos, com média de 28 UFC/m³, dp=25,5 e I/E de 1, enquanto que para bactérias foram isoladas 446 UFC/m³, média de 74,3 UFC/m³, dp=85,8 e I/E de 0,7. Os resultados de análise de variância mostraram que não houve diferença significativa entre os pontos amostrais ($p= 0,71$) e entre fungos e bactérias ($p= 0,31$). A maior concentração de fungos foi encontrada na sala de vacina com 78 UFC/m³ e menor no consultório médico com 8 UFC/m³, enquanto que as bactérias a máxima foi no consultório médico com 228 UFC/m³ e menor na copa com 10 UFC/m³ (Tabela 1).

Tabela 1: resultados das análises microbiológicas, físicas, químicas, I/E e nível de risco das unidades de atendimento primário.

	Ambiente	Umidade Relativa (%)	CO ² (ppm)	Temperatura (°C)	Velocidade do Ar (m/s)	Fungos (UFC/m ³)	I/E Fungos	Bactérias (UFC/m ³)	I/E Bactérias	Nível de Risco
UBS - Centro	Sala Consultório Médico	62,9	946	23,5	0,6	8	0,3	228	2,1	1
	Copa	79,8	694	28,3	0,5	28	1	10	0,1	1
	Sala de reunião	77,3	728	28,7	0,4	22	0,8	26	0,2	1
	Sala de Vacina	92,4	791	22,6	0,5	78	3	20	0,2	2
	Procedimentos/Inalação	76,6	807	27,4	0	12	0,4	38	0,3	2
	Sala curativo	69,1	740	29,6	0,4	20	0,7	124	1,1	2
	Ponto Externo (entrada da unidade)	75,7	774	29,8	0,1	26	-	110	-	-
	Média	76,4	784,3	26,7	0,4	28	1	74,3	0,7	-
	Desvio Padrão	10	89,4	2,9	0,2	25,5	1	85,8	0,8	-
UBS - São Sebastião	Recepção	80,5	589	26,8	0	24	0,31	46	0,29	1
	Sala Reunião	77,4	573	27,1	0,4	40	0,52	8	0,05	1
	Sala de Acolhimento	72,2	609	28,2	0,4	190	2,5	2	0,01	1
	Consultório Médico 2	74,4	846	26	0,9	184	2,42	4	0,03	1
	Consultório de enfermagem	79,7	819	27,01	0	8	0,1	22	0,14	1
	Copa	73,3	985	30	0	46	0,6	124	0,78	1
	Almoxarifado	78,6	812	28,3	0	42	0,55	64	0,4	1
	Consultório Odontologia	72,9	636	25,9	0,7	132	1,73	6	0,04	2
	Sala de Vacina	78,8	742	26,2	0,1	126	1,65	76	0,48	2
	Sala de Medicação	73,1	820	28,02	0	72	0,94	14	0,09	2
	Sala de Curativo	76,7	864	27,07	0	4	0,05	14	0,09	2
	Sala de esterilização	70,1	772	28,7	0	20	0,26	46	0,29	3

Qualidade do ar em ambientes internos de unidades de assistência à saúde

	Ponto externo	50	648	31,4	1,4	76	-	160	-	-
	Média	75,6	755,6	27,4	0,2	74	0,6	35,5	0,22	-
	Desvio Padrão	3,4	128,4	1,2	0,3	66,9	0,9	37,4	0,23	-
PSF - Santa Cruz	Sala Coleta Laboratorial	77,5	745	27,4	0	2614	62	8	0,3	1
	Consultório Médico	74	925	28,1	1,3	26	0,6	610	25,4	1
	Copa	79,5	812	24,6	0,4	2614	62	22	0,9	1
	Recepção	78,5	734	25,3	0	34	0,8	90	3,8	1
	Consultório de Enfermagem	76,9	748	25,8	0	48	1,1	96	4	1
	Sala de Vacina	78,5	734	25,3	0	76	1,8	106	4,4	2
	Sala de medicação	78,5	764	27,9	0	1160	27	148	6,2	2
	Ponto externo	100	688	21,4	0,5	42	-	24	-	-
	Média	77,6	780,3	26,3	0,2	938,9	22,2	154,3	6,4	-
Desvio Padrão	1,8	69,3	1,4	0,5	1214,6	28,8	206,8	8,6		

Tabela 2: resultados das análises microbiológicas, físicas, químicas, I/E e nível de risco da unidade UPA.

	Ambiente	Umidade Relativa (%)	CO ² (ppm)	Temperatura (°C)	Velocidade do Ar (m/s)	Fungos (UFC/m ³)	I/E Fungos	Bactérias (UFC/m ³)	I/E Bactérias	Nível de Risco
Unidade de Pronto Atendimento-UPA	Classificação de risco	69,8	887	26	0,7	282	3,9	244	4,07	1
	Recepção ponto 1	77	832	27,6	0,7	24	0,3	234	3,9	1
	Farmácia	75,2	844	23,9	0,5	102	1,4	80	1,33	1
	Sala de Repouso Masc.	75,8	777	22,6	0,7	74	1	78	1,3	1
	Sala Preparo de Material	71,7	855	27	0	66	0,9	36	0,6	1
	Recepção ponto 2	77,5	767	27,8	0	10	0,1	2	0,03	1
	Urgência	68,4	742	26,4	0,8	180	2,5	52	0,87	2
	Observação Pediátrica	76,7	794	27,8	0,5	284	3,9	72	1,2	2
	Observação Adulta	75,8	762	28	0,4	56	0,8	202	3,37	2
	Coleta Laboratorial	56,1	871	25,5	0,7	14	0,2	86	1,43	2
	Sala de Nebulização	70,3	881	24,5	1,1	38	0,5	698	11,63	2
	Consultório Médico 1	70,1	928	25,6	1,3	126	1,7	78	1,3	2
	Suturas/Curativos	69,5	867	23,6	0,9	50	0,6	80	1,33	2
	Isolamento	76,2	867	27,4	0	114	1,6	594	9,9	3
	Ponto externo	83,1	659	26,8	1,3	72	-	60	-	-
		Média	72,2	833,9	26	0,6	101,4	1,4	181,1	3,02
	Desvio Padrão	5,7	56,1	1,8	0,4	90,1	1,3	210,7	3,51	-

Tabela 3: resultados das análises microbiológicas, físicas, químicas, I/E e nível de risco da unidade Hospital Municipal.

	Ambiente	Umidade Relativa (%)	CO ² (ppm)	Temperatura (°C)	Velocidade do Ar (m/s)	Fungos (UFC/m ³)	I/E* Fungos	Bactérias (UFC/m ³)	I/E* Bactérias	Nível de Risco
Hospital Municipal	Recepção Ponto 1	90,5	354	24	0,4	198	1,7	140	0,1	1
	Consultório médico 1	87,1	465	25,4	0	504	4,4	356	0,3	1
	Consultório Psicológico 5	67,7	895	20,1	0,7	2614	23	28	0	1
	Consultório Nutricionista 2	89,9	573	25,9	0,7	142	1,2	18	0	1
	Consultório Psicológico 6	72	652	24,1	0,8	342	3	2614	1,9	1
	ADM Secretaria de Saúde	56,8	1139	22,5	0,4	120	1	166	0,1	1
	CPD Centro de Informação	73,2	1180	23	0,5	670	5,8	662	0,5	1
	Farmácia	76	830	21,1	0	652	5,7	378	0,3	1
	Vigilância Ambiental	87,7	805	21,4	1,1	304	2,7	20	0	1
	Sala de Sinésio/Ginásio	86,2	780	24	0,8	324	2,8	72	0,1	1
	Sala de Avaliação Fisio.	85,5	787	25,6	0	142	1,2	66	0	1
	Recepção Fisioterapia	88,9	748	26	1,3	192	1,7	2614	1,9	1
	Copa Fisio.	92,3	668	25,9	1,12	334	2,9	78	0,1	1
	Sala de Assistência Social	88,9	754	25	0,8	140	1,2	12	0	1
	Copa Hospital	92	671	26,6	0	166	1,4	40	0	1
	Refeitório	92,3	650	26,5	0	30	0,2	22	0	1
	Recepção ponto 2 Prox. Banh.	98,4	597	24,8	1,1	176	1,5	38	0	1
	Sala de Vacina	70,2	783	22,6	0,5	44	0,4	244	0,2	2
	Ponto Externo 1 Fundo Hosp.	100	585	24,7	1,2	198	-	76	-	-
	Ponto Externo 2 Entr. Hosp.	100	615	24,4	1,6	30	-	2614	-	-
Média	83,1	740,6	24,1	0,6	394,1	3,4	420,4	0,3	-	
Desvio Padrão	11,0	202,0	2,0	0,4	584,2	5,1	816,0	0,6	-	

Nota: * foi realizado a média entre os dois pontos externos, para o cálculo da relação Interno/Externo.

Na Unidade de Pronto Atendimento Frei Osvaldo – UPA foram analisados 14 pontos amostrais. Em todos os pontos amostrais, foi encontrado um total de 1.420 UFC/m³ de fungos filamentosos, com média de 101,4 UFC/m³, dp=90,1 e relação I/E 1,4, enquanto que para bactérias foram isoladas 2.536 UFC/m³ de bactérias, com média de 181,1 UFC/m³, dp=210,7 e I/E de 3,02. No entanto, resultados de análise de variância mostraram que não houve diferença significativa entre fungos e bactérias (p= 0,22) e entre os pontos amostrais (p= 0,56).

No entanto, na observação pediátrica foi encontrada a maior concentração de fungos filamentosos, perfazendo um total de 284 UFC/m³ e na recepção ponto 2 a menor concentração 10 UFC/m³. Por outro lado, a maior concentração de bactérias foi na sala de nebulização, 698 UFC/m³ e menor na recepção ponto 2, com um total de 2 UFC/m³ (Tabela 2).

No Hospital Municipal Dom Osvaldo foram coletadas 18 amostras. O total de fungos filamentosos encontrados em todos os pontos amostrais foi de 7.094 UFC/m³, com média de 394,1 UFC/m³, dp= 569,6 e I/E 3,4; para bactérias foi um total de 7.568 UFC/m³, média de 420,4 UFC/m³, dp= 796,9 e I/E de 0,3. Os resultados de análise de variância mostraram que não houve diferença significativa entre os pontos amostrais (p=0,59) e entre fungos e bactérias (p=0,91).

A maior concentração de fungos foi encontrada no Consultório Psicológico 5 com 2.614 UFC/m³ e a menor concentração foi no refeitório com 30 UFC/m³, enquanto de bactérias foi de 2.614 UFC/m³, no consultório de psicologia e recepção de fisioterapia cada, e o menor valor na sala de assistência social com 12 UFC/m³ (Tabela 3).

Na Unidade Básica de Saúde - UBA São Sebastião e Unidade Básica de Saúde – UBS Centro, nenhum ponto amostral ultrapassou os limites estabelecidos pela Consulta Pública n° 109 de 2003, em contra partida, na Unidade de Pronto Atendimento Frei Osvaldo – UPA 3 pontos excederam para bactérias (Classificação de risco, Observação Pediátrica e Isolamento) e 3 pontos para fungos (Observação Adulta, Sala de Nebulização e Isolamento); no Posto de Saúde Familiar - PSF Santa Cruz foram 3 pontos excedentes para fungos (Sala Coleta Laboratorial, Copa e Sala de medicação) e apenas um ponto para bactérias (Consultório Médico) e; no Hospital Municipal Dom Osvaldo foram 4 pontos amostrais para fungos (Consultório médico 1, Consultório Psicológico 5, CPD Centro de Informação e Farmácia), e para bactérias 4 pontos amostrais (Consultório Psicológico 6, CPD Centro de Informação, Recepção Fisioterapia e Sala de Vacina).

A RE n° 9 recomenda que relação I/E não deve ultrapassar o valor de 1,5, sendo um padrão de referência a ser adotado devido a anormalidades ocasionais, uma vez que o normal seria uma concentração externa maior que a interna⁹. No entanto, no Posto de Saúde Familiar - PSF Santa Cruz a relação de I/E para fungos filamentosos e bactérias foi de 22,18 e 6,42, respectivamente; na Unidade de Pronto Atendimento Frei Osvaldo –o índice para bactérias foi de I/E de 3,02 e no Hospital Municipal Dom Osvaldo foi de I/E 3,4 para fungos.

DISCUSSÃO

Carrazana *et al.*¹, citam que centros médicos e instalações de saúde são comumente categorizados como “ambientes complexos” de alto risco biológico, devido a dispersão de potenciais patógenos humanos transportados pelo ar (PAHPs), sendo as principais fontes pacientes infectados que expõem aerossóis no ar durante a respiração, tosse, espirro, pele, fezes e vômito.

Ademais, Carrazana *et al.*¹, relatam que os aerossóis podem permanecer suspensos, ser transportados através de diferentes fluxos de ar e depositar-se em superfícies (pisos, balcões, paredes, etc) ou fômites (roupas de funcionários hospitalares, instrumentos médicos, material de limpeza, etc.) que facilitam a sua dispersão e disseminação pelas diferentes áreas dos edifícios hospitalares. Além disso, a concentração de microrganismos transportados pelo ar no ar interior é altamente dependente da natureza e do desempenho do sistema de ventilação do edifício, onde uma ventilação insuficiente ou deficiente pode contribuir para o acúmulo de maior carga microbiana interna, bem como de outros poluentes¹⁰.

Dentre os microrganismos, que normalmente são encontrados no ar e superfícies em centros de saúde destacam-se os fungos filamentosos (*Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Scedosporium sp.*, *Rhizopus sp.*, *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.* e *Cladosporium sp.*) e bactérias patogênicas (*Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus cereus*, *Moraxella catarrhalis*, *Mycobacterium tuberculosis* e *Pseudomonas aeruginosa*), que podem causar doenças em pacientes gravemente imunocomprometidos^{1,11}. Destaca-se que nesse estudo foi realizada apenas a quantificação de fungos filamentosos e bactérias, não havendo qualquer tipo de identificação.

Estudo realizado por Hassan e Zeeshan¹⁰, mostraram altas concentrações de bactérias (829–4980 UFC/m³) e fungos (90–920 UFC/m³) em departamentos ambulatoriais e enfermarias, respectivamente, sendo que *Staphylococcus spp.* (53%), *Micrococcus spp.* (30%) e *Bacillus spp.* (11%) foram encontrados como microbiota bacteriana de ocorrência abundante, enquanto *Aspergillus spp.* (67%) e *Penicillium spp.* (28%) foram observados gêneros fúngicos predominantes. Em 2009, Quadros *et al.*¹² realizaram estudos da QAI em unidade de terapia intensiva (UTI) adulto, UTI neonatal (UTN) e centro cirúrgico de um hospital em Florianópolis, Brasil, sendo encontrado em média 231 UFC/m³ para fungos e de 187 UFC/m³ para bactérias.

A poluição fúngica interna se infiltra pelo exterior tanto pelas janelas e portas quanto também de patologias nas estruturas como trincas, fissuras e rachaduras, conforme estudos recentes as interações homem-edifício, como abrir portas e janelas, aumentarão muito a quantidade de partículas externas introduzidas no edifício^{13,14}. Locais de alto fluxo rotativo de paciente e funcionários, são lugares onde se encontram infecções de diversas naturezas. Estudos anteriores demonstraram que a poluição bacteriana está associada ao grau de ocupação nesses ambientes^{4,15}. Ambientes que possuem banheiros conjugados as salas também podem explicar seu alto valor de poluição, sendo associado a um fator de contaminação por aproximação.

Parâmetros físicos e químico

A Resolução Anvisa nº 9 de 2003, estabelece que a contaminação química por CO₂ não deve ultrapassar o limite de 1000 ppm de dióxido de carbono, enquanto que para os parâmetros físicos como temperatura, umidade e velocidade do ar, deverão atender as seguintes recomendações: para temperatura a faixa recomendável de operação das Temperaturas de Bulbo Seco, nas condições internas para verão, deverá variar de 23°C a 26°C e a faixa máxima de operação deverá variar de 26,5°C a 27°C, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28°C; a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverão variar de 40% a 65% (máxima de 70% em locais de acesso) e; o Valor Máximo Recomendável - VMR de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, na região de influência da distribuição do ar é de menos 0,25 m/s⁹.

Nessa pesquisa foram consideradas valores referentes ao verão, visto que o município de Chapada dos Guimarães, apresenta clima tropical quente e sub-úmido, com temperatura média anual de 24°C (máxima 40°C e mínima 0°C)¹⁶.

A umidade relativa do ar, temperatura, concentração de CO₂ e velocidade do ar foram aferidas em todas as 5 unidades de assistência à saúde (Tabela 4). Os resultados mostraram que em todas as 5 unidades de assistência à saúde pesquisadas, os valores de umidade relativa e velocidade do ar excederam os valores permitidos pela resolução em vigência, em contrapartida, os valores de CO₂ e temperatura não apresentaram fora dos padrões, sendo a temperatura considerada de 28°C, por serem áreas de acessos. A média entre os pontos amostrais de cada local, podem ser observados na Tabela 4.

Os sistemas de ventilação desempenham um importante papel na QAI em unidades de saúde, pois possibilitam o controle da temperatura, umidade, CO₂ e velocidade do ar, além de ter forte relação com a concentração de microrganismos circulantes nesses ambientes, que conseqüentemente estão diretamente relacionados ao conforto e saúde dos ocupantes. Todavia, o fato das unidades de saúde terem características funcionais únicas e serem ambientes complexos, há dificuldades de proporcionar um ambiente uniforme e unificado, o que conseqüentemente dificulta uma adequação na QAI.

O CO₂ é o bioefluente mais abundante, com uma taxa de emissão proporcional ao nível de atividade metabólica, sendo o gás mais utilizado para definir valores de referência para a QAI associada à ocupação, além de também ser utilizado para definir requisitos de ventilação¹⁷. Nessa pesquisa, os valores de CO₂, somente dois ambientes do Hospital Municipal, ultrapassou o limite de 1000 ppm, o que demonstra uma boa taxa de ocupação (Tabela 3).

Os parâmetros temperatura e umidade relativa excederam os valores permitidos pela resolução em vigência, em todas as unidades de assistência à saúde pesquisadas. Rahman *et al.*¹⁸, citam que altas temperaturas e umidade elevada, causam desconforto aos indivíduos, podendo levar ao aquecimento corporal, uma vez que uma umidade acima de 70% em um ambiente quente impediria a evaporação do suor da pele humana, o que poderia reduzir o calor. Ademais, a exposição a altas

temperaturas e altos níveis de umidade podem causar, além do estresse térmico, doenças cardiovasculares, distúrbios cerebrovasculares, doenças respiratórias, aumento do risco de trombose, diminuição da viscosidade do sangue e comprometimento da função renal¹⁹.

O movimento do ar também é um fator significativo que afeta o conforto térmico dos ocupantes internos. Em todas as unidades de assistência à saúde pesquisadas, observa-se na Tabela 1, 2 e 3, que a velocidade do ar em diversos ambientes está acima de 0,25 m/s. De acordo com Ganesh *et al.*²⁰, o movimento do ar, geram correntes de ar e, portanto, uma maior sensação de frio para o ocupante, mas por outro lado, em ambientes de assistência à saúde, movimento do ar interno controla a propagação de microrganismos.

Observado que no ato da coleta, muito dos locais possuíam atendimento a portas e janelas abertas, o que corrobora com o aumento da temperatura interna. Relatados também em estudo similar feito por Sattayakorn *et al.*²¹, investigaram dois hospitais gerais em Bangkok, Tailândia e notaram que as temperaturas médias do ar variam entre 20,0 e 29,3°C e umidade entre 43 - 85% nas áreas de espera do ambulatório e; em salas de exames e postos de enfermagem, a temperatura e umidade estavam entre 18,7 - 29,6°C a 40 - 93%, respectivamente.

Estudo realizado por Fonseca *et al.*²², em três unidades de saúde localizadas na região noroeste de Portugal: dois hospitais gerais (H1 e H2) e um centro de saúde (HC), mostram que a concentração interna de CO₂ variou entre 405 ppm e 1870 ppm; temperatura do ar interno entre 19,3 °C e 25,8 °C; umidade relativa do ar interno entre 25,8% e 65,5%. Na avaliação da qualidade do ar interior o CO₂ atua como um importante parâmetro indicador, quando está muito acima do recomendado, indicando que haja renovação do ar no ambiente.

Recomendações

Para a Temperatura elevada causada pela Alta exposição solar, janelas e portas que carecem isolamento para redução do calor. Sugere-se a introdução de algumas cortinas internas, para reduzir ao máximo o acúmulo de calor, mantendo fatores microclimáticos adequados e instalação de equipamento de condicionamento de ar no ambiente^{23,24}.

Para o parâmetro CO₂ elevado ocasionado em locais sem ventilação natural, lotados e insalubres. Deve-se garantir a renovação do ar ambiente com o ar exterior da edificação de forma a garantir a diluição adequada da concentração desse poluente. Solicita-se que melhorem a taxa de troca de ar ou melhorar as estratégias de ventilação natural com aberturas de janelas e uma menor densidade de ocupantes regula a concentração^{10,25}.

A alta Umidade Relativa está muito atrelada a Falha no sistema de vedação da edificação. Manutenção em sistemas de vedação e acabamento das edificações especialmente pinturas periódicas nas paredes internas e externas, manutenção na cobertura da edificação e trocas em placas de gesso e papel de parede^{9,23}.

A velocidade do ar influencia na dissipação de microrganismos presente no ar interior. Sugere-se padronização na velocidade do ar a valores adequados em locais com climatização por ar condicionado, se possível a implementação de sistemas modernos de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) melhoram o fluxo de ar circulado no ambiente interno^{10,23,24,26}.

Locais de climatização deficiente com falha na renovação do ar, facilitam a proliferação de fungos. A Renovação do ar ambiente com o ar exterior da edificação garante a diluição adequada da concentração dos poluentes, a recirculação do ar e procedimentos de limpeza em unidade de refrigeração e aquecimento (serpentina do aparelho) inibe do crescimento de microrganismos^{9,23}.

Locais de climatização deficiente, baixa frequência de limpeza e alta densidade de ocupantes, demonstram alta carga bacteriana. Pelo menos duas vezes ao dia os ambientes de atendimento e internação sejam limpos, com os produtos de limpeza adequados para cada superfície. Em conjunto com troca de ar durante e após a atividade de limpeza, com janelas abertas o suficiente (10 a 15 minutos) durante e após as atividades de desinfecção^{24,25}.

CONCLUSÃO

Em todas as unidades de assistência à saúde pesquisadas, foram constatadas a presença de fungos filamentosos e bactérias, portanto, em apenas alguns pontos amostrais de cada local, excederam o limite estabelecido pela legislação em vigência. Os valores de umidade relativa e velocidade do ar excederam os valores permitidos pela resolução em vigência, em contrapartida, os valores de CO² e temperatura não apresentaram fora dos padrões.

No entanto, medidas devem ser adotadas, para que a saúde dos indivíduos ocupantes desses ambientes seja assegurada.

REFERÊNCIAS

1. Carrazana E, Ruiz-Gil T, Fujiyoshi S, et al. Potential airborne human pathogens: A relevant inhabitant in built environments but not considered in indoor air quality standards. *Science of The Total Environment*. 2023;901:165879. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2023.165879
2. Saini J, Dutta M, Marques G. Smart indoor air quality monitoring for enhanced living environments and ambient assisted living. *Advances in Computers*. 2024;133:99-125. doi:10.1016/BS.ADCOM.2023.10.008
3. Hiwar W, King MF, Shuweihdi F, Fletcher LA, Dancer SJ, Noakes CJ. What is the relationship between indoor air quality parameters and airborne microorganisms in hospital environments? A systematic review and meta-analysis. *Indoor Air*. 2021;31(5):1308-1322. doi:10.1111/INA.12846

4. Zhao YH, Qu H, Wang Y, et al. Detection of microorganisms in hospital air before and during the SARS-CoV-2 pandemic. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2022;26(3):1020-1027. doi:10.26355/EURREV_202202_28011
5. Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. *Environ Int*. 2018;121:51-56. doi:10.1016/J.ENVINT.2018.08.059
6. Zhou Y, Yang G. Real-time monitoring of pollutants in occupied indoor environments: A pilot study of a hospital in China. *Journal of Building Engineering*. 2022;59:105105. doi:10.1016/J.JOBE.2022.105105
7. Kalender-Smajlović S, Kukec A, Dovjak M. The problem of indoor environmental quality at a general Slovenian hospital and its contribution to sick building syndrome. *Build Environ*. 2022;214:108908. doi:10.1016/J.BUILDENV.2022.108908
8. ANVISA. Consulta Pública nº 109, de 11 de dezembro de 2003. Proposta de resolução que dispõe sobre Indicadores da qualidade do ar ambiental interior em serviços de saúde. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*. Published online December 11, 2003. Accessed June 12, 2024. http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/ambiente_manuais.html
9. ANVISA. Resolução nº 09, de 16 de janeiro de 2003. Orientação Técnica sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. *Agência Nacional de Vigilância Sanitária*. Published online January 16, 2003. Accessed June 12, 2024. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0009_16_01_2003.html
10. Hassan A, Zeeshan M. Microbiological indoor air quality of hospital buildings with different ventilation systems, cleaning frequencies and occupancy levels. *Atmos Pollut Res*. 2022;13(4):101382. doi:10.1016/J.APR.2022.101382
11. Agorio IL, Fernández NB, Relloso MS, Maldonado I. Compilation of regulations and procedures for monitoring filamentous fungi in hospital environments. *Rev Argent Microbiol*. Published online April 9, 2024. doi:10.1016/J.RAM.2024.02.001
12. Quadros ME, Lisboa H de M, de Oliveira VL, Schirmer WN. Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. 2009;14(3):431-438. doi:10.1590/S1413-41522009000300017
13. González-Martín J, Kraakman NJR, Pérez C, Lebrero R, Muñoz R. A state-of-the-art review on indoor air pollution and strategies for indoor air pollution control. *Chemosphere*. 2021;262:128376. doi:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.128376
14. Li X, Liu D, Yao J. Aerosolization of fungal spores in indoor environments. *Science of The Total Environment*. 2022;820:153003. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2022.153003

15. Fu Shaw L, Chen IH, Chen CS, et al. Factors influencing microbial colonies in the air of operating rooms. *BMC Infect Dis.* 2018;18(1):1-8. doi:10.1186/S12879-017-2928-1/TABLES/3
16. CMCG. Geografia Municipal - Câmara Municipal de Chapada dos Guimarães - MT. 2024. Accessed June 12, 2024. <https://www.camarachapadadosguimaraes.mt.gov.br/Cidade/Geografia/>
17. Winck JC, Almeida SM, Correia G, Gabriel MF, Marques G, Silva MG. A call for a national strategy for indoor air quality. *Pulmonology.* 2022;28(4):245-251. doi:10.1016/J.PULMOE.2022.02.003
18. Abd Rahman NM, Haw LC, Fazlizan A, Hussin A, Imran MS. Thermal comfort assessment of naturally ventilated public hospital wards in the tropics. *Build Environ.* 2022;207:108480. doi:10.1016/J.BUILDENV.2021.108480
19. Hampo CC, Schinasi LH, Hoque S. Surviving indoor heat stress in United States: A comprehensive review exploring the impact of overheating on the thermal comfort, health, and social economic factors of occupants. *Heliyon.* 2024;10(3):e25801. doi:10.1016/J.HELİYON.2024.E25801
20. Ganesh GA, Sinha SL, Verma TN, Dewangan SK. Investigation of indoor environment quality and factors affecting human comfort: A critical review. *Build Environ.* 2021;204:108146. doi:10.1016/J.BUILDENV.2021.108146
21. Sattayakorn S, Ichinose M, Sasaki R. Clarifying thermal comfort of healthcare occupants in tropical region: A case of indoor environment in Thai hospitals. *Energy Build.* 2017;149:45-57. doi:10.1016/J.ENBUILD.2017.05.025
22. Fonseca A, Abreu I, Guerreiro MJ, Abreu C, Silva R, Barros N. Indoor Air Quality and Sustainability Management—Case Study in Three Portuguese Healthcare Units. *Sustainability* 2019, Vol 11, Page 101. 2018;11(1):101. doi:10.3390/SU11010101
23. ABNT. NBR 7256 - Tratamento de ar em estabelecimentos de saúde (EAS) – Requisitos para projeto e execução das instalações. 2022.
24. Gola M, Settimo G, Capolongo S. How Can Design Features and Other Factors Affect the Indoor Air Quality in Inpatient Rooms? Check-Lists for the Design Phase, Daily Procedures and Maintenance Activities for Reducing the Air Concentrations of Chemical Pollution. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol 17, Page 4280. 2020;17(12):4280. doi:10.3390/IJERPH17124280
25. Gola M, Settimo G, Capolongo S. Chemical Pollution in Healing Spaces: The Decalogue of the Best Practices for Adequate Indoor Air Quality in Inpatient Rooms. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol 16, Page 4388. 2019;16(22):4388. doi:10.3390/IJERPH16224388
26. Saran S, Gurjar M, Baronia A, et al. Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) in intensive care unit. *Crit Care.* 2020;24(1):1-11. doi:10.1186/S13054-020-02907-5/TABLES/5