

# Análise da qualidade do ar interior sob a abordagem da manutenção preditiva e da inovação

*Indoor air quality analysis an approach based on predictive maintenance and innovation*

André Marques Cavalcanti

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Professor do Departamento de Ciências Administrativas da pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.  
Recife, PE [Brasil]  
andremarques2008@gmail.com

André Marques Cavalcanti Filho

Bacharel em Sistema de Informações pela Faculdade Integrada do Recife – FIR.  
Recife, PE [Brasil]

Gustavo Passos Fortes

Graduado em Administração de Empresas pela Universidade Federal de Sergipe – UFS.  
Recife, PE [Brasil]

Janaína Karla de Souza Neto

Bacharela em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Especialista em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, desenvolve atividades junto ao Sebrae como Agente de Inovação.  
Recife, PE [Brasil]

Leydiana de Sousa Pereira

Graduanda em Administração pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.  
Recife, PE [Brasil]

## Resumo

A qualidade do ar em interiores tem influência direta no bem-estar das pessoas que ocupam ou transitam nesses locais. A climatização surge da necessidade em oferecer condições de conforto para seus ocupantes, bem como dispor de sistemas que os protejam de impurezas contidas no ar. Em alguns ambientes com climatização artificial, os ocupantes podem desenvolver enfermidades, como: fadiga, infecções, irritação nos olhos e mucosas, náuseas, tonturas etc. Estes sintomas caracterizam, segundo a OMS, a “Síndrome do Edifício Doente”. Este artigo, por uma metodologia descritiva e exploratória, trata da avaliação da qualidade do ar interior, indicando a manutenção preditiva e seus aspectos de inovação como minimizadores dos agentes causadores de enfermidades que podem desenvolver-se nesses ambientes. Para tal, analisaram-se dez clientes de uma empresa especializada em climatização. Como resultado, encontraram-se inconformidades em alguns aspectos analisados, possibilitando a confecção de um plano de ação para adequação aos parâmetros legais.

**Palavras-chave:** Climatização. Inovação. Qualidade do ar interior. Manutenção preditiva.

## Abstract

The quality of indoor air has a direct influence on the welfare of persons occupying or moving through these spaces. The use of indoor climate control systems arises from the need to provide comfortable conditions for the occupants, as well as providing systems that protect them from impurities in the air. In some environments with climate control, occupants can develop diseases, such as fatigue, infections, irritation of the eyes and mucous membranes, nausea, dizziness, etc. According to the WHO, these symptoms are characteristic of “Sick Building Syndrome”. This article, through a descriptive and exploratory methodology, deals with the assessment of the quality of indoor air, pointing to predictive maintenance and its innovative aspects as factors that minimize the causative agents of diseases that may arise in these environments. For this, we analyzed ten clients of a company specializing in climate-control systems. The results revealed noncompliance in some aspects that were analyzed, enabling the preparation of an action plan for compliance with all legal standards.

**Key words:** Climate control. Innovation. Indoor air quality. Predictive maintenance.

## 1 Introdução

O homem em condições adversas pode sobreviver alguns dias sem ingerir alimentos e/ou água, mas em relação à inalação de ar sua autonomia restringe-se a minutos. O ar é uma mistura de gases, vapor d' água, microrganismos e até mesmo impurezas. É um elemento imprescindível aos seres vivos, condicionando o processo de respiração. Com a urbanização, cresceu a necessidade da construção de recintos fechados, e, conseqüentemente, do uso de mecanismos artificiais de climatização. No início, havia uma preocupação centrada na estética dessas edificações, deixando de lado aspectos energéticos e ambientais, logo, não sendo concedida a devida importância à qualidade do ar. Com o passar do tempo, os indivíduos que permaneciam em alguns desses recintos foram acometidos por enfermidades, como dor de cabeça e de garganta, fadiga, infecções, reações alérgicas, sinusite, etc. Tais sintomas, segundo Mcquiston e Parker (1994), caracterizam a “Síndrome dos Edifícios Doentes” (SED), termo reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) desde os anos de 1980. Complementando, Niosh (1987) apresenta que 52% dos problemas relacionados à qualidade do ar interior têm suas causalidades fundamentadas nos sistemas de climatização.

Christensen (1997, apud FERREIRA; CAUCHICK MIGUEL, 2013) caracteriza a inovação como a evolução tecnológica que possibilita transformar recursos diversos em produtos e serviços de alto valor ao mercado, criando diferenciais competitivos. Porter (1991) pontuava o estabelecimento de estratégia de modo que a empresa pudesse identificar, desenvolver, proteger e alocar seus recursos ampliando sua capacidade de satisfazer seus clientes. Por uma abordagem qualitativa, baseada em uma metodologia descritiva e exploratória, nesta pesquisa, objetivou-se analisar a relação entre qualidade do ar interior e o aparecimento de

enfermidades, incluindo a técnica de manutenção preditiva no processo de avaliação da qualidade do ar em ambientes climatizados como um serviço inovador. A exemplificação do conteúdo deu-se por levantamento de dados na qualidade do ar em dez empresas de diversos setores organizacionais.

## 2 Referencial teórico

Na década de 1930 surgiram os primeiros ambientes climatizados, onde a temperatura e a umidade do ar eram controladas, proporcionando conforto térmico para os ocupantes (SIQUEIRA, 1998). Nos anos de 1970, com a crise do petróleo ocorreram mudanças no âmbito da construção civil em face do desafio pela economia de energia, repercutindo no uso de materiais com um menor índice de renovação do ar e umidade. Conseqüentemente, no fim dessa década, apareceram as primeiras queixas relativas à saúde dos ocupantes desses edifícios (GRAUDENZ; DANTAS, 2008).

### 2.1 Sistemas de climatização

A climatização origina-se da necessidade de oferecer condições de conforto e bem-estar aos ocupantes de ambientes fechados por meio de recursos eletromecânicos. Para Araújo (2011), o condicionamento de ar é o tratamento destinado a controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a pureza e a distribuição de ar de um ambiente. A Portaria n.º 3.523/98 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998) define a climatização como o “[...] conjunto de processos empregados para se obter por meio de equipamentos em recintos fechados, condições específicas de conforto e boa qualidade do ar, adequados ao bem-estar dos ocupantes [...]”. Um sistema de condicionamento de ar é constituído por duas partes básicas: o sistema de produção térmica, responsável pela gera-

ção de frio e/ou calor e o sistema de distribuição térmica, que encaminha o frio ou calor produzido ao ambiente (CARRIER..., 1986). Em termos de processo, observa-se que o ar é capturado do ambiente atmosférico por um rotor e encaminhado a um sistema de condicionamento composto por filtros, resistências de aquecimento, e serpentinas de resfriamento e desumidificação. Posteriormente, ele é direcionado ao ambiente por dutos com vazão de insuflamento controlada por difusores e grelhas. O ar tratado deve ser misturado ao ar externo para se obter a diluição do ar interno (taxa de renovação de ar). Assim, sofre um novo tratamento de filtragem e resfriamento e, em seguida, é insuflado novamente no ambiente. A deficiência nesse processo de renovação resulta em má qualidade do ar, elevando a probabilidade da incidência de doenças.

A Organização Mundial da Saúde (OMS), em 1982, reconheceu o termo “SED – Sick Building Syndrome”, ou “Síndrome dos Edifícios Doentes”, classificando esse distúrbio como uma “[...] combinação de sintomas gerais, que epidemiologicamente afeta 20% ou mais dos ocupantes de um determinado ambiente fechado, com sintomatologias diversas, sem origens determinadas e que, quando os queixosos são afastados do ambiente, apresentam regressão espontânea dos sintomas [...]” (SIQUEIRA, 1998). É imprescindível um controle quanto à qualidade do ar na totalidade desses ambientes.

## 2.2 Qualidade do ar interior (QAI)

Trabulsi e Alterthum (2004) relatam que, em 1976, nos Estados Unidos, alguns participantes da Legião Americana da Segunda Guerra Mundial foram acometidos por uma pneumonia atípica, causada pela bactéria *Legionella pneumophila* disseminada pelo ar condicionado do hotel em que estavam hospedados. Dentre os 185 indivíduos que adquiriram a doença, 29 faleceram.

“A contaminação do ar interior é o quarto fator de risco mais importante para a redução da expectativa de vida, à frente da má alimentação, da hipertensão e do tabagismo [...]”, pontuou Ross Anderson, professor de epidemiologia e saúde pública da Universidade de Londres (ANDERSON et al., 2012, p. 1335). Segundo Abelson (1994), a Environment Protection Agency (EPA) propõe que os níveis de poluentes em recintos interiores podem ser até cem vezes maiores em comparação ao meio externo. A qualidade do ar depende, sobretudo, de três fatores:

1. Emissão de poluentes no interior dos edifícios, provenientes dos produtos químicos, materiais de construção e mobiliário, processos de combustão, entre outros.
2. Infiltração de poluentes do ar exterior, como, monóxido de carbono, pesticidas, etc.
3. Acumulação de poluentes no interior dos edifícios em virtude de ventilações deficientes e baixa taxa de renovação de ar.

Os ambientes climatizados são regidos por legislações específicas que visam a garantir a permanente salubridade do ar.

### 2.2.1 QAI e a legislação brasileira

Inicialmente, a legislação brasileira tratava a QAI abordando apenas os procedimentos de manutenção dos sistemas de climatização e conforto térmico baseado na NBR 13.971/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997). Contudo, a morte do ex-ministro das Comunicações Sérgio Motta, em 1998, ao contrair uma pneumonia provocada pela bactéria *Legionella pneumophila* decorrente do grau de sujeira nos equipamentos e dutos do sistema de condicionamento de ar no hospital onde estava internado aclamou o assunto.

Nesse mesmo ano, em 28 de agosto, o Ministério da Saúde, sob a gestão de José Serra lançou a Portaria n.º 3.523 no Brasil (1998), visando a reduzir os riscos potenciais para a saúde dos indivíduos, em virtude de sua permanência em ambientes climatizados, ao estabelecer um eficaz Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC). Essa Portaria também aborda as exigências da limpeza e desinfecção dos sistemas de condicionamento de ar com capacidade igual ou superior a 5,0 TR (tonelada de refrigeração) –15000 kcal/h/60000 BTU/h, e suas verificações periódicas. Por fim, estabelece parâmetros de composição física, química e biológica, bem como das tolerâncias e métodos de controle, dos pré-requisitos dos projetos de instalação e manutenção para tais sistemas.

Para assegurar o cumprimento da Portaria n.º 3.523 a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleceu, em 24 de outubro de 2000, a Resolução n.º 176 (BRASIL, 2000). Nessa, foram determinados os padrões referenciais da QAI, e estabelecida a necessidade de se ter um responsável técnico para instalações de grande porte. Para sanar falhas da Resolução n.º 176, a Anvisa promulgou a Resolução n.º 9, em 16 de janeiro de 2003 (BRASIL, 2003), a qual trouxe, como novidade, a necessidade de recolher regularmente amostras do ar de qualquer recinto fechado. Antes, apenas em ambientes com área superior a 3000 m<sup>2</sup>, os responsáveis destes locais eram obrigados a realizar tal controle. Outra alteração foi a fixação de limites máximos de contaminação por agentes biológicos e químicos que ofereçam risco a saúde dos ocupantes.

### 2.3 Doenças associadas à QAI

A OMS conceitua saúde como “[...] um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças [...]”. Burroughs e Hansen (2008) propõem que as edi-

ficações construídas pelo homem, cujo objetivo primordial seria protegê-lo, repercutem, em alguns casos, prejuízos a sua saúde. Isso, pois recintos climatizados artificialmente podem apresentar indesejados contaminantes biológicos e químicos que ocasionam doenças.

As enfermidades que acometem os ocupantes dos edifícios dependem do tipo de contaminante, da sua concentração, além do tempo de exposição. Destaca-se que a SED é proveniente basicamente de quatro fontes (ALI et al., 2009), são elas:

- **Biológica:** bioaerossóis formados por bactérias, fungos e vírus.
- **Química:** monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio (oriundos da combustão e cigarros), dióxido de enxofre, dióxido de carbono, formaldeído (presentes em aglomerados de madeira, espumas de isolamento) e ozônio (impressoras, fotocopiadoras).
- **Partículas:** microfibra de amianto, lã de vidro, fibras naturais.
- **Estruturais:** taxa de renovação de ar, umidade do ar, iluminação inadequada, ruídos.

Na Tabela 1, apresenta-se um quadro-resumo com os principais elementos poluentes e seus respectivos sintomas.

Em termos de catalogação dos sintomas, Burroughs e Hansen (2008) atestam os seguintes cinco agrupamentos:

- i) Manifestações nasais: congestão nasal, irritação nasal e rinorreia.
- ii) Manifestações oculares: irritação ocular, sensação de ardor e olhos ressecados.
- iii) Manifestações orofaríngeas: comprometimento da garganta e do sistema respiratório, causando secura e irritação.
- iv) Manifestações cutâneas: pele seca e irritada.

**Tabela 1: Resumo dos principais contaminantes**

	SO <sub>2</sub> Dióxido de enxofre	NO <sub>2</sub> Dióxido de nitrogênio	Material particulado	CO Monóxido de carbono	CO <sub>2</sub> Dióxido de carbono
Queimação nos olhos	X		X		X
Ardência nas narinas	X	X	X		X
Falta de ar	X	X	X	X	X
Rinite	X	X	X		X
Sinusite	X	X	X		X
Tosse	X	X	X		X
Estresse	X	X	X	X	X
Enxaqueca	X	X	X		X
Dor nos ossos					X
Dor de cabeça	X	X	X		X
Tontura	X		X		X
Ansiedade	X		X		X
Perda dos sentidos	X		X	X	X
Entupimento do nariz	X	X			X
Dor de ouvido	X	X	X		X

Fonte: Adaptado de Niosh (1987).

v) Manifestações gerais: dor de cabeça, enxaqueca, fadiga, tonturas, dificuldade de concentração e mal-estar geral.

Objetivando o bem da saúde pública faz-se necessário o alinhamento da inovação com os aspectos da manutenção preditiva visando ao controle da QAI.

## 2.4 Relação entre a manutenção preditiva, inovação e a QAI

Para Almeida (2011), manutenção preditiva consiste em realizar um monitoramento sistemático nas condições mecânicas, eletroeletrônicas, eletropneumáticas e eletro-hidráulicas dos equipamentos e instalações, além de monitorar também o rendimento operativo destes quanto aos seus processos. Conseqüentemente, obtém-se uma maximização dos intervalos entre reparos por quebras (manutenção corretiva) e dos reparos programados (manutenção preventiva), bem como maximização de rendimento no processo produtivo.

Nepomuceno (1989) elenca como vantagens do uso dessa manutenção: eliminação de equipamentos reservas, diminuição do custo de estoques e da ociosidade originada por falhas refletindo na eficiência da instalação. O maior obstáculo a sua implantação relaciona-se aos altos custos iniciais. A manutenção preditiva pode ser realizada em duas diferentes maneiras, a saber: monitoração subjetiva e monitoração objetiva.

Para Viana (2002), a monitoração subjetiva é a exercida pelos sentidos: tato, olfato, audição e visão. As alterações, comumente, encontradas são: ruído, temperatura, condições de conservação e vibração. A monitoração objetiva corresponde ao acompanhamento realizado por equipamentos ou instrumentos específicos, fornecendo um valor de medição que independe do operador, dividindo-se em contínua e em pontual. Nos casos em que o defeito ocorre com frequência e/ou em etapas fundamentais ao processo, adota-se o monitoramento contínuo. Nas demais ou naquelas em que o defeito pode ser acompanhado ou ainda a falha não impacta negativamente o pro-

cesso, opta-se pelas medições periódicas, sendo a regularidade definida pela importância do seu histórico. As técnicas de manutenção preditivas podem ser aplicadas aos equipamentos de climatização de interiores. Procedimentos deficientes nesses sistemas associam-se a 75% dos edifícios com baixa qualidade do ar, fato que pode repercutir na sensação de conforto térmico, ou mesmo no desenvolvimento da SED (CHIMACK; AARDSMA; NOVOSEL, 2006).

O número de amostras necessárias para a análise do ar interior baseia-se na área climatizada construída conforme a Tabela 2.

**Tabela 2: Número de amostras do ar interior**

Área construída (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de amostras
Até 1000	01
1000 a 2000	03
2000 a 3000	05
3000 a 5000	08
5000 a 10000	12
10000 a 15000	15
15000 a 20000	18
20000 a 30000	21
Acima de 30000	25

Fonte: Anvisa RE-9 (2003).

Os valores obtidos nas análises servem para direcionar a atenuação e/ou correção do problema. Tais procedimentos são, na maior parte das vezes, associados à melhoria dos procedimentos de manutenção dos equipamentos e sistemas (principalmente na limpeza das bandejas de condensado e na limpeza ou substituição dos filtros de ar), redução do tempo de intervenção, ajuste na vazão de renovação de ar, ou até mesmo na modificação do projeto, entre outros.

O acompanhamento dos parâmetros físicos – temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, e do nível de CO<sub>2</sub> –, pode ser realizado mensalmente, por meio de instrumentos disponíveis no mercado, como o termômetro, anemômetro, termo

higrômetro e/ou medidor de CO<sub>2</sub>, respeitando as técnicas recomendadas e mantendo a calibragem anual controlada. Desta forma, podem-se comparar, periodicamente, os resultados disponibilizados em relatório técnico apresentado pela empresa especializada.

Visto isso, o bom funcionamento e a manutenção oportuna estão conectados a projetos e tecnologias de recuperação. O'Connor, Hendricks e Rice (2002), em conjunto com Koberg, Detienne e Heppard (2003), preconizam que as inovações incrementais são responsáveis pela geração de ideias e reconhecimento de oportunidades, antecipando possíveis eventos críticos. Assim, novos conhecimentos em manutenção são implantados gradualmente.

### 3 Métodos adotados

Esta pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa, embora tenha sido feito um levantamento quantitativo dos níveis de qualidade do ar interior de alguns ambientes. Baseando-se em Gil (2010), este estudo é caracterizado como descritivo por ter em sua abordagem o viés fenomenológico da qualidade interior do ar. Foram utilizados os dados do PMOC de alguns clientes de uma empresa prestadora de serviços especializada em climatização. A escolha dos clientes deu-se de modo aleatório; porém, ressaltando a necessidade de ter uma variedade de segmentos organizacionais nas amostras. As medições e as análises foram realizadas por responsáveis técnicos operando equipamentos conservados e calibrados, de modo a garantir confiabilidade dos resultados. Os dados apresentados foram coletados no segundo semestre do ano de 2013. Para preservar o sigilo das empresas envolvidas, envolvidas não será informado o nome de nenhuma delas, inclusive o da prestadora de serviços, que passará a ser denominada de empresa X.

### 3.1 Resultados e discussão

A empresa X pertence ao setor de serviços no segmento de engenharia. Especializada em sistema de climatização, atua nas áreas de conservação em centrais de ar condicionado, refrigeração e sistemas não convencionais de preservação de energia. Também opera nas áreas de projeto e instalação de condicionadores de ar. Com quase 40 anos de atuação, está presente em todos os estados brasileiros, possuindo mais de mil funcionários. Ela oferece aos seus clientes, dentre outros serviços, a execução do PMOC dos sistemas de condicionamento de ar em conformidade com a legislação, por meio do qual permite a sua clientela uma aferição e monitoramento da QAI. Com esse acompanhamento, conduzido por um técnico habilitado, proporciona aos clientes maior segurança e garantia quanto ao ar circulante no ambiente. A obrigatoriedade em lei para a execução do PMOC está estabelecida em periodicidade de seis meses.

Na Tabela 3, é apresentado um demonstrativo de verificação da qualidade do ar interior obtido mediante análises (biológica e físico-química) realizadas nas dez empresas selecionadas.

Analisando a Tabela 3, percebe-se que, independentemente do segmento, várias empresas apresentaram não conformidades em relação aos parâmetros referenciais da legislação, seja no aspecto físico, químico e/ou biológico. Baseando-se nos conceitos apresentados, é possível identificar a raiz de tais inconformidades, das quais se podem citar:

- a) Falhas de manutenção, tais como higienização inadequada dos equipamentos, ausência de limpeza ou substituição de filtros de ar, problemas de regulação do sistema de renovação de ar.
- b) Falhas de projeto, como, por exemplo, erro no dimensionamento da carga térmica dos

equipamentos ou dos sistemas, ou mesmo, falha na quantificação da taxa de renovação de ar, ou na distribuição uniforme do ar insuflado. Para esses erros, o processo de manutenção não apresenta ação corretiva direta, apenas indica métodos viáveis para sua correção.

Verificando-se os dados em paralelo com a Portaria n.º 3.523/98 do Ministério da Saúde, nota-se que a climatização, nos casos em que foram detectadas inconformidades, não está sendo atendida. Assim, é proposto um plano de ação para minimização/correção das irregularidades observadas no caso da UTI Geral do Cliente 02 – Hospital “B”, quanto ao nível de CO<sub>2</sub> bem como a sua temperatura, como mostrado na Tabela 4.

A partir dos problemas de funcionamento encontrados no sistema de climatização do ambiente da UTI Geral, foi dimensionado e instalado um novo sistema de climatização, objetivando melhorar o processo de renovação do ar e diluir a alta concentração de CO<sub>2</sub>.

Finalizada a instalação do novo sistema, reanalisou-se a qualidade do ar para verificar a efetividade da ação e observou-se que os parâmetros, outrora em desacordo com a legislação, adequaram-se aos limites referenciados, como apresentado na Tabela 5.

Mediante os dados apresentados, percebe-se a importância da manutenção preditiva nos sistemas de condicionamento de ar, uma vez que, além de proporcionar um ar de boa qualidade, garantindo bem-estar e conforto térmico aos indivíduos que dele desfrutam, também é possível obter um melhor desempenho dos equipamentos. Por fim, não menos relevante, considera-se que a manutenção dessa natureza pode evitar danos financeiros às organizações por infringência à legislação.

Tabela 3: Cenário da qualidade do ar interior em clientes

ANÁLISES								
PADRÕES REFERENCIAIS ACORDO COM A RE	ANÁLISE BIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DO AR							
	PARÂMETRO	Fungo viável	Relação	C <sub>2</sub>	Veloc.	Temperatur	U.R.	Aerodispersoide
	Principais gêneros identificados	≤ (ufc/m <sup>3</sup> )	≤	≤ 1000	≤ 0,25	(20 - 23 -)	35 a	≤ µg/m
Setore	Cliente 01 - HOSPITAL							
Urgênci	<i>Aspergillus sp.</i>	950,	1,8	924,	0,1	23,	58,	59,
UTI	<i>Rhodotorula sp e Neurospora sp.</i>	50,	0,1	804,	0,1	20,	60,	20,
Setore	Cliente 02 - HOSPITAL							
UTI	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	100,	0,4	2811,	0,0	26,	52,	39,
Bloco	<i>Rhodotorula sp</i>	110,	0,5	605,	0,1	22,	66,	59,
Setore	Cliente 03 - HOTEL							
Administraçã	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	25,	0,1	1270,	0,1	25,	45,	39,
Lobb	<i>Aspergillus sp.</i>	15,	0,1	986,	0,1	24,	57,	39,
Setore	Cliente 04 - GRÁFICA							
Administraçã	<i>Aspergillus sp.</i>	185,	0,2	759,	0,1	23,	56,	59,
R	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	1190,	1,6	859,	0,1	23,	52,	39,
Setore	Cliente 05 - CONSTRUTORA "E"							
Administraçã	<i>Aspergillus sp.</i>	35,	0,5	806,	0,1	21,	53,	59,
Diretori	<i>Aspergillus sp</i>	85,	1,4	841,	0,1	21,	61,	39,
Setore	Cliente 06 - COMÉRCIO VAREJISTA							
Salão de Vendas	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	80,	0,5	1281,	0,0	27,	50,	59,
Crediári	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	55,	0,3	917,	0,1	26,	51,	39,
Setore	Cliente 07 - FÁBRICA EQUIP. FARMACÊUTICOS							
Laboratóri	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	25,	0,0	575,	0,1	24,	84,	39,
Administraçã	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	80,	0,2	1104,	0,1	23,	59,	39,
Setore	Cliente 08 - APOIO A INDÚSTRIA							
4º	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	195,	0,1	1171,	0,1	24,	53,	59,
6º	<i>Aspergillus sp.e Neurospora sp.</i>	175,	0,1	582,	0,1	23,	55,	39,
Setore	Cliente 09 - TELE-ATENDIMENTO							
Operação 2º	<i>Aspergillus sp.</i>	190,	0,5	1413,	0,1	23,	66,	39,
R	<i>Aspergillus sp.</i>	105,	0,4	1805,	0,1	24,	69,	56,
Setore	Cliente 10 - TERMINAL DE PASSAGEIROS							
TPS -	<i>Aspergillus sp</i>	45,	0,3	600,	0,1	22,	64,	37,
SRNE -	<i>Aspergillus sp</i>	91,	0,9	1044,	0,1	25,	53,	39,

RE 9/2003 = Resolução 9 de 2003; UTI= Unidade de Terapia Intensiva; RH= Recursos Humanos; TPS= térreo, porão e sobreloja; SRNE= Superintendência da Região Nordeste; I/E= Interior/Exterior, relação da contagem de fungos; CO<sub>2</sub>= dióxido de carbono; U.R.= umidade relativa

Fonte: Os autores.

## 4 Conclusões

A QAI em ambientes climatizados de uso coletivo constitui-se um fator imprescindível para a manutenção das condições ideais de vida dos ocupantes desses espaços, e que, de um modo geral, é diretamente afetada pelo estado de conservação dos equipamentos de condicionamento de ar. Portanto, a manutenção preventiva deve ser bem

planejada, assim como os procedimentos para sua operacionalização estabelecidos. Visando a gerar vantagens competitivas, a organização que possui esses locais deve valorizar a inovação relacionada à inclusão da QAI como critério na manutenção preditiva.

Verifica-se que, a partir dos dados coletados, ações preventivas e corretivas podem ser tomadas para a adequação dos parâmetros referenciados.



**Tabela 4: Plano de ação UTI Geral**

Plano de Ação - Adequação da qualidade do ar interior (Hospital "B")						
Coleta	Parâmetro	Resultado	VMR	Causas prováveis	Principais medidas de correção	Ações / responsável
UTI GERAL	Concentração de CO <sub>2</sub> (ppm)	2811	≤1000	Produtos de metabolismo humano e combustão, fontes externas.	Aumentar a renovação de ar externo / restringir as fontes de combustão e o tabagismo em áreas fechadas.	1- Dimensionar e orçar sistema de renovação com utilização de ventilador / filtragem/ venezianas. (CONTRADADA.) 2- Aprovar proposta deste sistema de renovação/ executar abertura na parede da UTI para a admissão do ar externo. (CONTRATANTE.)
	Temperatura	26,5	23-26°C	1-Equipamento subdimensionado.	Checar temperatura, caso o dimensionamento não atenda a nova demanda, redimensionar.	Verificar se os equipamentos existentes atendem a demanda de carga térmica. Dimensionar nova carga térmica e executar a instalação. (CONTRATADA E CONTRATANTE.)
				2-Equipamento com serpentina e/ou filtro obstruído/ inoperante.	Executar procedimentos de manutenção/ verificar funcionamento.	Manutenção realizada de forma satisfatória. (CONTRATADA.)
3-Alta temperatura de água gelada fornecida pela central de água gelada.	Verificar se os <i>set-points</i> do Chiller estão conforme projeto.	Ajustar corretamente os <i>set-points</i> . (CONTRATADA.)				

VMR= Valor Médio de Referência

Fonte: Os autores.

**Tabela 5: Contra prova após execução de plano corretivo**

ANÁLISE REALIZADA								
PADRÕES REFERENCIAIS ACORDO COM A RE	ANÁLISE BIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA DO AR							
	PARÂMETRO	Fungo viável	Relação	CO <sub>2</sub>	Veloc.	Temperatur	U.R.	Aerodispersoide
	Principai gênero identificado	≤ (ufc/m <sup>3</sup> )	≤ 1,5	≤ 1000	≤ 0,25 m/s	(20 - 22 23 - 26)	35% a	≤ 80 µg/m
Setore	Cliente 02 - HOSPITAL							
UTI	<i>Aspergillus sp.e</i> <i>Neurospora sp.</i>	140,	0,3	940,	0,1	23,	55,	59,

RE 9/2003 = Resolução 9 de 2003; UTI= Unidade de Terapia Intensiva; I/E=Inteiro/Exterior; CO<sub>2</sub>= dióxido de carbono; U.R.= Umidade Relativa

Fonte: Os autores.

Em virtude disso, espera-se que os proprietários desses sistemas contratem empresas e profissionais especializados e que haja conscientização dos usuários quanto aos males a que estão expostos caso os ambientes climatizados que ocupam ou circulam não estejam de acordo com os parâmetros recomendados pela legislação. Embora sejam conhecidos os problemas de saúde em face de exposição

aos poluentes citados, sugere-se a realização de estudos específicos abordando o tema em epígrafe.

## Referências

ABELSON, P. H. Reflections on the environment. *Science* (New York, N.Y.), v. 263, n. 5147, p. 591, 4 Feb. 1994.

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13971: sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação: Manutenção programada. Rio de Janeiro, 1997.
- ALI, H. H.; ALMOMANI, H. M.; HINDEICH, M. Evaluating indoor environmental quality of public schools buildings in Jordan. *Indoor and Built Environment*, v. 18, p. 66-76, 2009.
- ALMEIDA, M. T., *Manutenção preditiva: benefícios e lucratividade*. MTA, 2011. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br>>. Acesso em: 15 jul. 2014.
- ANDERSON, H. R. et al. Satellite-based estimates of ambient air pollution and global variations in childhood asthma prevalence. *Environmental health perspectives*, v.120, n. 9, p.1333-9, Sep. 2012.
- ARAÚJO, E. J. *O posicionamento da marca e seu reflexo no comportamento consumidor varejista de bens de consumo durável*. 2011. 124 f. Tese (Mestrado)–Fundação Cultural Pedro Leopoldo, Faculdades Integradas Pedro Leopoldo, São Leopoldo, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <[http://www.fpl.edu.br/2013/media/pdfs/mestrado/dissertacoes\\_2011/dissertacao\\_ernane\\_jose\\_de\\_araujo\\_2011.pdf](http://www.fpl.edu.br/2013/media/pdfs/mestrado/dissertacoes_2011/dissertacao_ernane_jose_de_araujo_2011.pdf)>. Acesso em: 28 jul.2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 3.523, 28 de agosto de 1998. Aprova Regulamento Técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades, por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de Interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados, D. O. U., Poder Executivo, Brasília, DF, de 31 de agosto de 1998. Disponível em: <<http://www.saude.mg.gov.br>>. Acesso em: 8 abr 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RE n.º 176, de 24 de outubro de 2000. Determina a publicação de orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. D. O. U., Poder Executivo, Brasília, DF, de 25 de outubro de 2000. Disponível em: <[http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/RES\\_176.pdf](http://www.saude.mg.gov.br/images/documentos/RES_176.pdf)>. Acesso em : 30 agosto de 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RE n. 9 de 16 de janeiro de 2003. Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. D. O. U., Poder Executivo, Brasília, DF, 20 de janeiro de 2003. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d094d3004e5f8dee981ddcd762e8a5ec/Resolucao\\_RE\\_n\\_09.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d094d3004e5f8dee981ddcd762e8a5ec/Resolucao_RE_n_09.pdf?MOD=AJPERES)>. Acesso em: 8 abr. 2014.
- BURROUGHS, H. E., HANSEN, S. J. *Managing indoor air quality*. 4. ed. Lilburn: Fairmont, 2008.
- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. *Manual de aire acondicionado*. México: Marcombo Boixareu, 1986.
- CHIMACK, M.; AARDSMA, J.; NOVOSEL, D. Energy reduction through practical scheduled maintenance final report. Report. NCEMBT-061102. Alexandria, Vir:National Center for Energy Management and Building Technologies, 2006.
- FERREIRA, R. T. F; CAUCHICK MIGUEL, P. A. Análise comparativa sobre processos de inovação da literatura com a norma brasileira de gestão da inovação. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 285-297, 2013.
- GIL, A. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GRAUDENZ, G. S.; DANTAS, E. Poluição dos ambientes interiores: doenças e sintomas-Parte I. *Climatização & Refrigeração*, v. 20, n. 95, p. 32-39, jul. 2008.
- KOBERG, C. S.; DETIENNE, D. R.; HEPARD, K. A. An empirical test of environmental, organizational, and process factors affecting incremental and radical innovation. *Journal of High Technology Management Research*, v. 14, p. 21-45, 2003.
- MCQUISTON, F. C.; PARKER, J. D. H. *Ventilating and air conditioning, analysis and design*. 4<sup>th</sup>. ed. New York, USA: Wiley, 1994.
- NEPOMUCENO, L. X. *Técnicas de manutenção preditiva*. v. 2. São Paulo: E. Blucher, 1989.
- NIOSH. *Guide to industrial respiratory protection*. 1987. Disponível em: <<http://www.ncembt.org/downloads/NCEMBT-061102.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- O’CONNOR, G. C.; HENDRICKS, R.; RICE, M. P. Assessing transition readiness for radical innovation. *Research Technology Management*, v. 45, n. 6, p. 50-56, nov. 2002.
- PORTER, M. Towards a dynamics theory of strategy. *Strategic Management Journal*, v.12, p. 95-117, 1991.
- SIQUEIRA, L. F. G. Os ambientes interiores e a síndrome dos edifícios doentes. *Revista Brasindoor*, v. 2, n. 8, p. 7-9, 1998.
- TRABULSI, L. R.; ALTERTHUM, F. *Microbiologia*. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2004.
- VIANA H. R. G. *PCM – Planejamento e controle de manutenção*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

Recebido em 2 nov. 2014 / aprovado em 24 fev. 2015

**Para referenciar este texto**

CAVALCANTI, A. M. et al. Análise da qualidade do ar interior sob a abordagem da manutenção preditiva e da inovação. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 45-54, 2015.