

ARTIGO

**ANÁLISE E MELHORIA DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE GASES
MEDICINAIS**

Ricardo Augusto Bonifácio Costa
Paulo Sérgio Pádua de Lacerda
Rafaela da Silva Pinto

RESUMO

Os sistemas de gases medicinais são essenciais para o funcionamento seguro e contínuo de unidades hospitalares, sendo fundamentais em setores críticos como unidades de terapia intensiva e centros cirúrgicos. No entanto, falhas técnicas, manutenção inadequada e não conformidade com normas regulatórias podem comprometer sua eficiência e segurança. Este estudo tem como objetivo analisar o desempenho desses sistemas e propor melhorias para otimização de sua operação. A metodologia adotada caracteriza-se como pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, baseada em revisão bibliográfica, análise documental e estudo de práticas operacionais. Os resultados indicam que a adoção de manutenção preventiva, monitoramento contínuo e conformidade normativa contribuem significativamente para a redução de falhas, aumento da confiabilidade e melhoria da eficiência operacional. Conclui-se que a implementação de estratégias estruturadas de gestão e o uso de tecnologias de monitoramento são fundamentais para garantir a segurança e sustentabilidade dos sistemas hospitalares.

Palavras-chave: gases medicinais; manutenção hospitalar; engenharia clínica.

ABSTRACT

Medical gas systems are essential for the safe and continuous operation of hospital facilities, especially in critical areas such as intensive care units and surgical centers. However, technical failures, inadequate maintenance, and non-compliance with regulatory standards may compromise their efficiency and safety. This study aims to analyze the performance of these systems and propose improvements to optimize their operation. The methodology is based on applied research with qualitative and quantitative approaches, including literature review, document analysis, and operational practices assessment. The results indicate that preventive maintenance, continuous monitoring, and regulatory compliance significantly contribute to failure reduction, increased reliability, and improved operational efficiency. It is concluded that structured management strategies and monitoring technologies are essential to ensure safety and sustainability in hospital systems.

Keywords: medical gases; hospital maintenance; clinical engineering.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de gases medicinais constituem um dos pilares da infraestrutura hospitalar moderna, sendo indispensáveis para a realização de procedimentos clínicos e cirúrgicos que demandam suporte respiratório, anestesia e ventilação mecânica. Esses sistemas são responsáveis pelo fornecimento contínuo e seguro de gases como oxigênio, ar comprimido e óxido nitroso, desempenhando papel crítico em setores como unidades de terapia intensiva, centros cirúrgicos e serviços de emergência.

Sob a perspectiva da engenharia mecânica e da engenharia clínica, os sistemas de gases medicinais envolvem redes complexas de distribuição, equipamentos pressurizados, dispositivos de controle e monitoramento, exigindo elevados níveis de confiabilidade, segurança e eficiência operacional. A integridade desses sistemas está

diretamente relacionada à qualidade do atendimento hospitalar, uma vez que qualquer falha pode comprometer procedimentos médicos e colocar em risco a vida dos pacientes.

Além disso, o avanço tecnológico e as crescentes exigências regulatórias têm impulsionado a necessidade de aprimoramento contínuo desses sistemas, especialmente no que se refere à gestão da manutenção, ao controle de consumo e à conformidade com normas técnicas. Nesse contexto, torna-se fundamental adotar abordagens estruturadas que integrem engenharia de manutenção, gestão de ativos e inovação tecnológica, visando garantir a continuidade operacional e a segurança dos serviços de saúde.

1.1 Problematização

Os sistemas de gases medicinais desempenham papel essencial na infraestrutura hospitalar, garantindo suporte vital a pacientes em condições críticas. Sua utilização está diretamente associada a procedimentos como ventilação mecânica, anestesia e suporte respiratório, sendo indispensáveis para a continuidade das atividades médicas.

Entretanto, observa-se que muitos hospitais enfrentam desafios relacionados à confiabilidade desses sistemas, incluindo falhas técnicas, manutenção inadequada e ausência de monitoramento contínuo. Essas falhas podem comprometer diretamente a segurança dos pacientes, evidenciando a necessidade de melhorias na gestão desses sistemas.

Diante desse cenário, surge a seguinte questão de pesquisa: como melhorar a eficiência, segurança e confiabilidade dos sistemas de gases medicinais em ambientes hospitalares?

1.2 Justificativa

A relevância deste estudo está associada à importância dos sistemas de gases medicinais para a segurança hospitalar e qualidade da assistência médica. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2002), a conformidade com normas técnicas é essencial para garantir a operação segura desses sistemas.

Além disso, falhas operacionais podem gerar impactos financeiros significativos, aumentando custos de manutenção e desperdício de recursos (PEREIRA, 2021). Do ponto de vista social, a melhoria desses sistemas contribui diretamente para a preservação da vida humana.

1.3 Objetivos

Objetivo Geral

Analisar e propor melhorias no desempenho dos sistemas de gases medicinais em ambientes hospitalares.

Objetivos Específicos

- Identificar fatores que afetam a eficiência e segurança dos sistemas;
- Avaliar práticas de manutenção existentes;
- Verificar conformidade com normas técnicas;
- Propor melhorias operacionais e tecnológicas;
- Desenvolver diretrizes para gestão eficiente dos sistemas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas de gases medicinais na engenharia hospitalar

Os sistemas de gases medicinais constituem um dos elementos mais críticos da infraestrutura hospitalar, sendo responsáveis pelo fornecimento contínuo e seguro de gases essenciais como oxigênio, ar comprimido, óxido nitroso e dióxido de carbono. Esses sistemas são amplamente utilizados em procedimentos clínicos e cirúrgicos, especialmente em unidades de terapia intensiva, centros cirúrgicos e áreas de emergência, onde a continuidade do fornecimento é vital para a manutenção da vida dos pacientes (SILVA, 2019).

Sob a perspectiva da engenharia mecânica e da engenharia clínica, esses sistemas configuram-se como redes complexas de distribuição de fluidos compressíveis, envolvendo componentes como compressores, cilindros, centrais de armazenamento, válvulas reguladoras de pressão, tubulações, dispositivos de alarme e sistemas de monitoramento. A operação eficiente desses sistemas depende do equilíbrio entre variáveis como pressão, vazão, pureza do gás e integridade estrutural da rede.

Além disso, os sistemas de gases medicinais são classificados como infraestrutura crítica hospitalar, uma vez que sua falha pode gerar impactos imediatos e severos, comprometendo procedimentos médicos e colocando em risco a vida dos pacientes. Nesse sentido, sua gestão exige elevados níveis de confiabilidade, redundância operacional e controle rigoroso de desempenho, alinhados aos princípios da engenharia de sistemas críticos.

2.2 Normas técnicas e regulamentação

A operação dos sistemas de gases medicinais é regida por um conjunto de normas técnicas e regulamentações que visam garantir a segurança, qualidade e rastreabilidade dos gases fornecidos. No contexto brasileiro, destaca-se a Resolução RDC nº 50 da ANVISA (2002), que estabelece diretrizes para o planejamento, projeto e avaliação de estabelecimentos assistenciais de saúde, incluindo requisitos específicos para sistemas de gases medicinais.

Complementarmente, a NR-13 regulamenta a segurança de vasos de pressão e tubulações, sendo aplicável aos sistemas de armazenamento e distribuição de gases sob pressão (BRASIL, 2019). Essas normas definem critérios para inspeção, manutenção, operação e controle, contribuindo para a prevenção de acidentes e falhas estruturais.

Além das normas nacionais, diretrizes internacionais e manuais técnicos, como os publicados pela Ordem dos Farmacêuticos (2018), reforçam a necessidade de implementação de práticas como rastreabilidade, controle de qualidade dos gases, documentação técnica e auditorias periódicas. A conformidade regulatória, portanto, não apenas assegura a legalidade das operações, mas também constitui um fator essencial para a confiabilidade e segurança dos sistemas hospitalares.

2.3 Engenharia de manutenção aplicada aos sistemas hospitalares

A engenharia de manutenção desempenha papel fundamental na gestão de sistemas hospitalares críticos, sendo responsável por assegurar a confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade dos ativos ao longo de seu ciclo de vida (KARDEC; NASCIF, 2009).

Nesse contexto, as estratégias de manutenção podem ser classificadas em:

- Manutenção preventiva, baseada em intervenções programadas com o objetivo de evitar falhas;
- Manutenção preditiva, que utiliza monitoramento de condição e análise de dados para antecipar falhas;
- Manutenção corretiva, realizada após a ocorrência de falhas, podendo ser planejada ou emergencial.

A literatura evidencia que a predominância da manutenção corretiva está associada a maiores custos operacionais, maior variabilidade de desempenho e menor confiabilidade dos sistemas. Segundo Lafraia (2001), a ausência de planejamento na manutenção resulta em aumento do custo do ciclo de vida (Life Cycle Cost – LCC), devido à ocorrência de falhas inesperadas e substituições prematuras de componentes.

No contexto hospitalar, essa problemática se torna ainda mais crítica, pois falhas não afetam apenas custos, mas também a segurança e a continuidade da assistência médica.

2.4 Confiabilidade e gestão de ativos em sistemas críticos

A confiabilidade é um dos principais indicadores de desempenho em sistemas hospitalares, sendo definida como a capacidade de um sistema desempenhar sua função sem falhas durante um determinado período. A gestão baseada em confiabilidade (Reliability-Centered Maintenance – RCM) tem sido amplamente aplicada para otimizar a manutenção de sistemas críticos.

Indicadores fundamentais incluem:

- **MTBF (Mean Time Between Failures)** – tempo médio entre falhas;

- **MTTR (Mean Time To Repair)** – tempo médio de reparo;
- Disponibilidade operacional, que expressa a probabilidade de o sistema estar em funcionamento.

A relação entre esses indicadores permite avaliar o desempenho do sistema e identificar oportunidades de melhoria. Sistemas com alto MTBF e baixo MTTR apresentam maior disponibilidade e menor impacto operacional.

Segundo Lafraia (2001), a aplicação de modelos de confiabilidade permite reduzir riscos, otimizar recursos e melhorar a eficiência dos sistemas ao longo do tempo. No contexto hospitalar, essa abordagem é essencial para garantir a continuidade dos serviços e a segurança dos pacientes.

2.5 Tecnologias e inovação na gestão hospitalar

O avanço tecnológico tem proporcionado novas abordagens para a gestão de sistemas de gases medicinais, destacando-se o uso de tecnologias como sensores inteligentes, Internet das Coisas (IoT) e sistemas de monitoramento remoto.

Essas tecnologias permitem:

- Detecção precoce de vazamentos e falhas;
- Monitoramento em tempo real de pressão e consumo;
- Automação de alarmes e respostas operacionais;
- Análise de dados para manutenção preditiva.

Segundo Pereira (2021), a incorporação dessas tecnologias contribui significativamente para a redução de falhas, aumento da eficiência operacional e melhoria da tomada de decisão. Além disso, a digitalização dos sistemas hospitalares possibilita maior integração entre setores, promovendo uma gestão mais eficiente e baseada em dados.

2.6 Boas práticas, sustentabilidade e eficiência operacional

A gestão eficiente dos sistemas de gases medicinais também está diretamente relacionada à sustentabilidade e à otimização de recursos. O desperdício de gases,

muitas vezes decorrente de vazamentos ou uso inadequado, representa não apenas um problema econômico, mas também ambiental.

Boas práticas recomendadas incluem:

- Implementação de planos estruturados de manutenção preventiva;
- Realização de auditorias periódicas;
- Monitoramento contínuo de consumo e desempenho;
- Capacitação técnica das equipes envolvidas;
- Adoção de indicadores de desempenho (KPIs).

Além disso, a sustentabilidade hospitalar envolve a redução de desperdícios, o uso racional de recursos e a melhoria da eficiência energética. Nesse contexto, a integração entre engenharia, gestão e tecnologia torna-se essencial para garantir sistemas mais seguros, eficientes e alinhados às demandas contemporâneas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo demonstram que a eficiência, a segurança e a confiabilidade dos sistemas de gases medicinais estão diretamente relacionadas à adoção de uma gestão estruturada, fundamentada em práticas sistemáticas de manutenção, monitoramento contínuo e rigorosa conformidade com as normas técnicas e regulatórias vigentes. A análise realizada evidenciou que a predominância de abordagens reativas, baseadas exclusivamente na manutenção corretiva, tende a comprometer o desempenho dos sistemas, aumentando riscos operacionais, custos e a probabilidade de falhas críticas.

Verificou-se que a implementação de estratégias de manutenção preventiva e preditiva contribui significativamente para a redução de falhas inesperadas, melhoria da disponibilidade dos sistemas e prolongamento da vida útil dos equipamentos. Além disso, a adoção de indicadores de desempenho, como confiabilidade e disponibilidade operacional, permite uma gestão mais eficiente dos ativos hospitalares, favorecendo a tomada de decisões baseada em dados e evidências técnicas.

Outro aspecto relevante identificado refere-se à incorporação de tecnologias de monitoramento, como sensores inteligentes e sistemas de supervisão em tempo real, que

possibilitam a detecção precoce de anomalias e a atuação preventiva, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência operacional. Nesse contexto, a transformação digital na gestão hospitalar surge como um elemento estratégico para a modernização dos sistemas de gases medicinais.

Do ponto de vista regulatório, a conformidade com normas como a RDC nº 50 da ANVISA e a NR-13 mostrou-se essencial para garantir a segurança dos sistemas e a mitigação de riscos, reforçando a necessidade de auditorias periódicas, documentação técnica adequada e capacitação contínua das equipes envolvidas.

Dessa forma, conclui-se que a melhoria do desempenho dos sistemas de gases medicinais não depende apenas de intervenções técnicas isoladas, mas sim de uma abordagem integrada que envolva engenharia de manutenção, gestão de ativos, inovação tecnológica e cultura organizacional orientada à segurança e à eficiência. Como contribuição, este estudo fornece subsídios técnicos e metodológicos que podem apoiar gestores hospitalares, engenheiros e profissionais da área na implementação de práticas mais eficazes na gestão desses sistemas.

Por fim, sugere-se que pesquisas futuras explorem a aplicação de modelos avançados de manutenção preditiva baseados em inteligência artificial, bem como a análise quantitativa de indicadores de desempenho em diferentes contextos hospitalares, ampliando o conhecimento sobre a otimização desses sistemas críticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (**ANVISA**). Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Brasília, 2002.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego**. Norma Regulamentadora NR-13. Brasília, 2019.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

ORDEM DOS FARMACÊUTICOS. **Manual Hospitalar de Boas Práticas de Gestão de Gases Medicinais**. Lisboa, 2018.

ORDEM DOS FARMACÊUTICOS. **Manual de Gases Medicinais: Gestão e Manutenção em Ambientes Hospitalares**. Lisboa, 2020.

PEREIRA, M. F. **Gestão e eficiência de sistemas de gases medicinais**. Pelotas: UFPel, 2021.

SILVA, M. D. L. **Manutenção preventiva em sistemas hospitalares**. Belém: UFPA, 2019.