

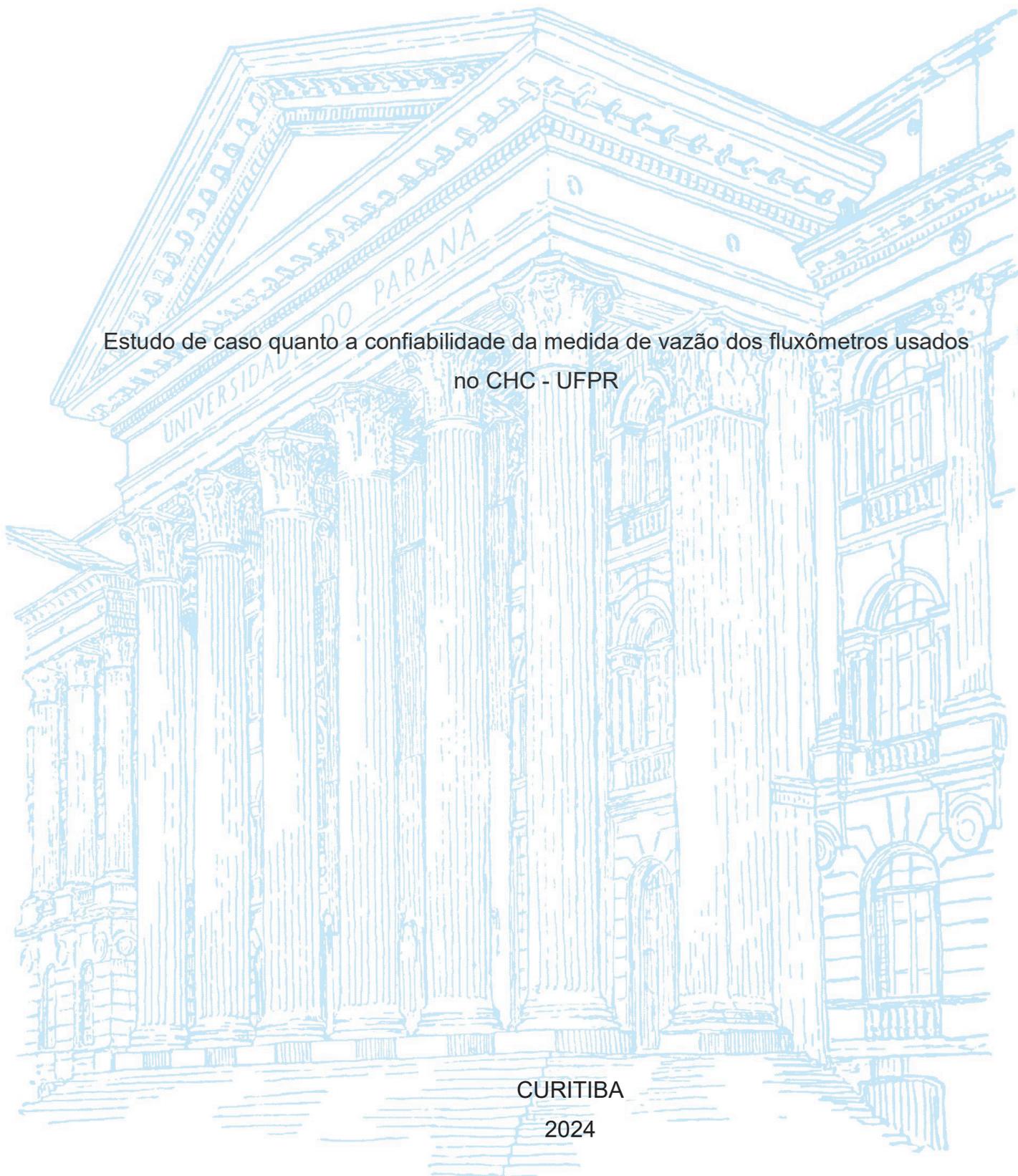
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS FILIPE PEREIRA MAIA

Estudo de caso quanto a confiabilidade da medida de vazão dos fluxômetros usados
no CHC - UFPR

CURITIBA

2024



CARLOS FILIPE PEREIRA MAIA

ESTUDO DE CASO QUANTO A CONFIABILIDADE DA MEDIDA DE VAZÃO DOS
FLUXÔMETROS USADOS NO CHC - UFPR

TCC apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Clínica, Complexo do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia clínica.

Orientador: Victor Luiz Bezerra Araujo Da Silva.

CURITIBA

2024

ESTUDO DE CASO QUANTO A CONFIABILIDADE DA MEDIDA DE VAZÃO DOS FLUXÔMETROS USADOS NO CHC - UFPR

RESUMO

O fluxômetro é um equipamento fundamental para garantir a segurança e a eficácia nos tratamentos de saúde dos pacientes. Este estudo propõe um protocolo para avaliar a confiabilidade de vazão dos fluxômetros de oxigênio em um ambiente hospitalar.

A análise será realizada por meio de medições diferentes fluxos: 1 l/min, 3 l/min, 5 l/min e 10 l/min, utilizando um analisador de fluxo calibrado. Os resultados obtidos servirão como base e sugestão de uma rotina de inspeção, manutenção e substituição desses equipamentos, garantindo assim a qualidade dos serviços de saúde.

O objetivo principal é assegurar que os fluxômetros estejam sempre calibrados e funcionando corretamente, evitando variações que possam comprometer o tratamento dos pacientes.

Palavras-chave: Fluxômetros, Confiabilidade dos Resultados, Medição de Vazão, Acurácia da Medição.

ABSTRACT

A flowmeter is a medical equipment used to measure and control the flow of oxygen or other medical gases, such as medicinal air. It is an essential equipment in hospitals, clinics and ambulances, as it helps to provide a constant flow of gases.

The accuracy of this equipment is fundamental to guaranteeing the safety and effectiveness of patients' health treatments.

This study proposes a protocol to assess the reliability of oxygen flowmeters in a hospital environment. The analysis will be performed by measuring different flows: 1 l/min, 3 l/min, 5 l/min and 10 l/min, using a calibrated flow analyzer. The results obtained will serve as a basis for suggesting a routine for inspecting, maintaining and replacing this equipment, therefore guaranteeing the healthcare's services quality.

The main objective is to ensure that the flow meters are always calibrated and working correctly, avoiding variations that could compromise patient treatment.

Keywords: Flowmeters, Reproducibility of Results, Flow Measurements, Measurement Accuracy.

1 INTRODUÇÃO

O Fluxômetro de oxigênio é um aparelho usado em diversos procedimentos clínicos e médicos e possui como objetivo o controle e a medição do fluxo de oxigênio, ar comprimido ou até mesmo de outros gases medicinais (PAGLIOCCHI, 2019). Para se ter uma ideia melhor da importância dos fluxômetros de oxigênio, eles podem ser aplicados em nebulização, anestesia, respiradores mecânicos e outros tratamentos, procedimentos e terapias. Sendo a sua precisão importante para garantir que os pacientes recebam a quantidade correta de oxigênio para sua terapia respiratória.

Para esse estudo de diferentes marcas de fluxômetros, será usado o Analisador de fluxo da Fluke disponível na unidade hospitalar, e será analisados os resultados obtidos.

Serão analisadas 90 unidades de fluxômetros de oxigênio de diversas marcas, em diferentes estados de conservação, visando avaliar a evolução do grau de confiabilidade e sugerir uma rotina de inspeção, manutenção e substituição destes itens, especialmente para os serviços de saúde nos quais a precisão destas ferramentas forem fatores centrais para o tratamento dos pacientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A exatidão de medição é um conceito fundamental na metrologia, que se refere à proximidade entre o valor medido e o valor verdadeiro de uma grandeza. Essa definição é crucial para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados obtidos em medições. A exatidão é frequentemente confundida com precisão, mas é importante destacar que são conceitos distintos, onde a precisão diz respeito à repetibilidade das medições, enquanto a exatidão está relacionada à correção dos valores medidos. A exatidão dessas medições é fundamental para garantir o correto funcionamento de processos.

No entanto durante esse estudo, falhas foram detectadas, resultando em medições imprecisas que podem comprometer tanto a eficiência operacional quanto a segurança dos pacientes. As causas dessas falhas incluem desgastes dos

componentes dos fluxômetros, ausência de calibração regular e interferências ambientais, como variações de temperatura e pressão. Portanto, há uma necessidade de investigar e resolver esses problemas para garantir a integridade dos processos hospitalares.

Para este estudo utilizaremos as seguintes definições:

a) **Exatidão ou acurácia (accuracy):** valor que informa o grau de confiabilidade da medida efetuada. Dada uma determinada grandeza física a ser medida, a exatidão é a diferença absoluta entre o valor real do sinal de saída entregue pelo sensor e o sinal ideal que este deveria fornecer. Quando um fabricante especifica “exatidão de 1%”, significa na verdade uma exatidão de 99% (ISO 1998).

b) **Precisão ou fidelidade:** é o maior valor de erro que um instrumento pode ter ao longo de sua faixa de medição, isto é, é o quanto o valor indicado pelo medidor pode estar incorreto. Um instrumento de medição de pressão com precisão de $\pm 0,1$ bar significa que sua leitura pode ser um valor dentro da faixa de $\pm 0,1$ bar do valor real (BIPM, IFCC ET AL. 2008).

A precisão normalmente é expressa como uma porcentagem da faixa de operação (range), do fundo da escala ou em termos do valor instantâneo da medição. Desta forma objetiva-se a análise da medição dos valores em dispositivo de controle da vazão exata de oxigênio, garantindo o fluxo adequado para cada tratamento e essencial para a segurança e bem-estar dos pacientes que dependem de um fornecimento regulado de oxigênio; em escala precisa de 0 a 15 l/min, o fluxômetro deve oferecer controle, garantindo eficiência e confiabilidade em ambientes médicos.

3 METODOLOGIA

Foram analisados 90 fluxômetros de três marcas: Andramed, Protec, e Romed, sendo 30 unidades de cada modelo, utilizando um Analisador de Ventilação Mecânica Fluke VT650 com certificado de calibração vigente.

Para a montagem, foram utilizados: uma Válvula reguladora de pressão da rede regulada em $3,5 \text{ kgf/cm}^2$, uma tomada dupla tipo Y de oxigênio é acoplada na

Válvula Reguladora para facilitar a medição e ficar mais ergonômico ao realizar as medições, cada fluxômetro foi acoplado na tomada dupla tipo Y de oxigênio, e, por fim, a mangueira de oxigênio é acoplada ao Analisador de Fluxo.

Foram definidos os pontos de vazões 1 l/min ,3 l/min ,5 l/min e 10 l/min a serem analisados, sendo realizadas três medições em cada um destes, e os resultados foram registrados em uma planilha visando posterior cálculo das médias das aferições e do erro médio encontrado.

FIGURA 1 – Montagem utilizada nas medições



FONTE: O autor (2024).

3.1 MATERIAIS:

3.1.1 Fluxômetro:

O fluxômetro é baseado em um tubo cônico e um flutuador (esfera). O gás entra pela base do tubo cônico, que é graduado, levantando a esfera e indicando o fluxo. A leitura do fluxômetro é feita no meio da esfera. O tubo possui formato cônico e seu funcionamento é prático e fácil de ser entendido. O gás entra pela base

do tubo cônico, que é graduado, levantando a esfera e indicando o fluxo. A leitura do fluxômetro é feita no meio da esfera. (DUPREZ. 2014)

FIGURA 2 – O Fluxômetro.



FONTE: O autor (2024).

Esse objeto é de grande ajuda para pacientes que sofrem com doenças pulmonares, assim como, para quem precisa passar por algum procedimento que requer a utilização de um fluxo contínuo de oxigênio ou de ar comprimido para a ventilação mecânica. A medida que é aberta a válvula, a esfera flutua e o gás é liberado, quanto mais alto ela sobe na escala mais gás é liberado.

A importância do uso do fluxômetro de oxigênio é ditada pela importância do produto em tratamentos onde o oxigênio é receitado de forma medicamentosa e precisa ter sua quantidade medida e controlada. Para o sucesso do tratamento, o bom funcionamento do produto é essencial, podendo ser utilizado em vários escopos, como para anestesia e oxigenoterapia.

As três marcas analisadas (Andramed, Protec e Romed) possuem as seguintes características:

- Corpo e niple de saída em latão cromado ou alumínio;
- Esfera em aço inoxidável; Bilhas em policarbonato;
- Escala de vazão: 0 a 15 l/min;
- Borboleta em polipropileno com rosca interna em metal.

3.1.2 Analisador de Gases

O Analisador de gases FLUKE VT650 é um analisador portátil de fluxo de gás e um verificador de ventilador que pode medir a pressão, o fluxo, o volume, a

concentração de oxigênio e a temperatura do gás em um fluxo baixo e alto (FLUKE 2024).

FIGURA 3 – O Analisador de gases FLUKE VT650.



FONTE: O autor (2024).

3.1.3 Válvula Reguladora

As válvulas reguladoras de pressão para rede de gases foram desenvolvidas para serem conectadas à rede de gás medicinal de baixa pressão, onde a pressão de saída é regulada por meio de botão de regulação e verificada pelo manômetro. O ajuste da pressão é variável e feito através do botão de regulação de fluxo que pode variar de 0 a 11 kgf/cm.

FIGURA 4 – A Válvula Reguladora de Pressão.



FONTE: O autor (2024).

3.1.4 Tomada Dupla em Y

A tomada dupla em Y tem a finalidade de duplicar a saída dos gases (oxigênio) obtendo-se mais de uma saída para o paciente. Pode ser utilizado em locais onde há a necessidade de um novo ponto de oxigênio.

FIGURA 5 – A tomada dupla em Y.



FONTE: O autor (2024).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

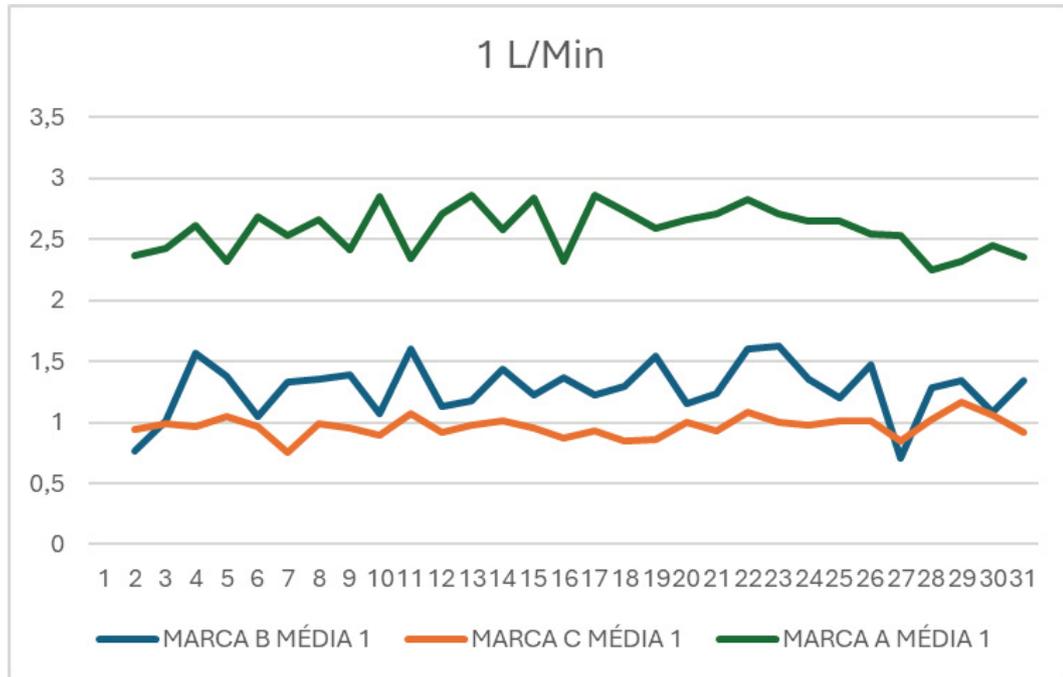
Considerando o objetivo do estudo em reforçar a rotina de inspeção e demonstrar as diferenças encontradas nos modelos disponíveis no Hospital, sem analisar todos os modelos e marcas existentes, foi sugerido a anonimização do nome das marcas nos resultados obtidos, sendo as marcas analisadas renomeadas nas sessões seguintes para “A”, “B” e “C”.

Pode-se observar abaixo no Gráfico 1, que a marca C mantém estabilidade na escala de vazão de 1 l/min, enquanto as marcas A e B apresentam erros significativos nas medições.

A seguir nos Gráficos 2 e 3, com vazões reguladas em 3 l/min e 5 l/min, as marcas B e C ficaram com medições bem próximas do ideal, enquanto novamente a marca A apresentou aferição acima do ideal.

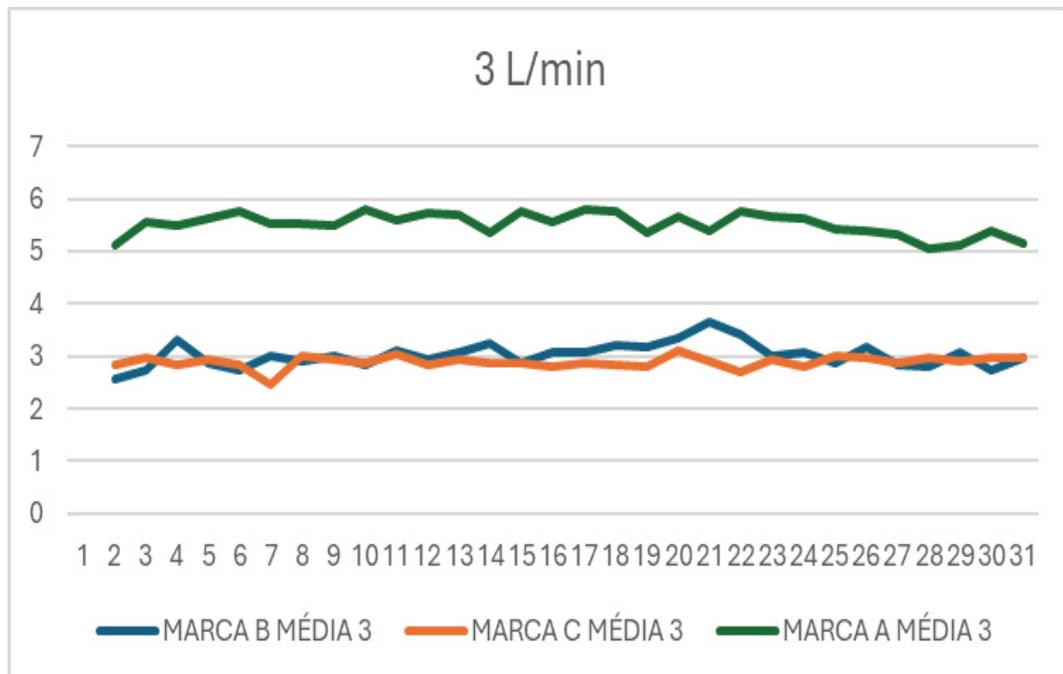
Concluindo as comparações no Gráfico 4, com vazão regulada em 10 l/min, a marca C manteve-se estável, enquanto a marca B apresentou instabilidade e a marca A ficou com medições inaceitáveis.

Gráfico 1– Medições aferidas na faixa de vazão de 1 l/minuto



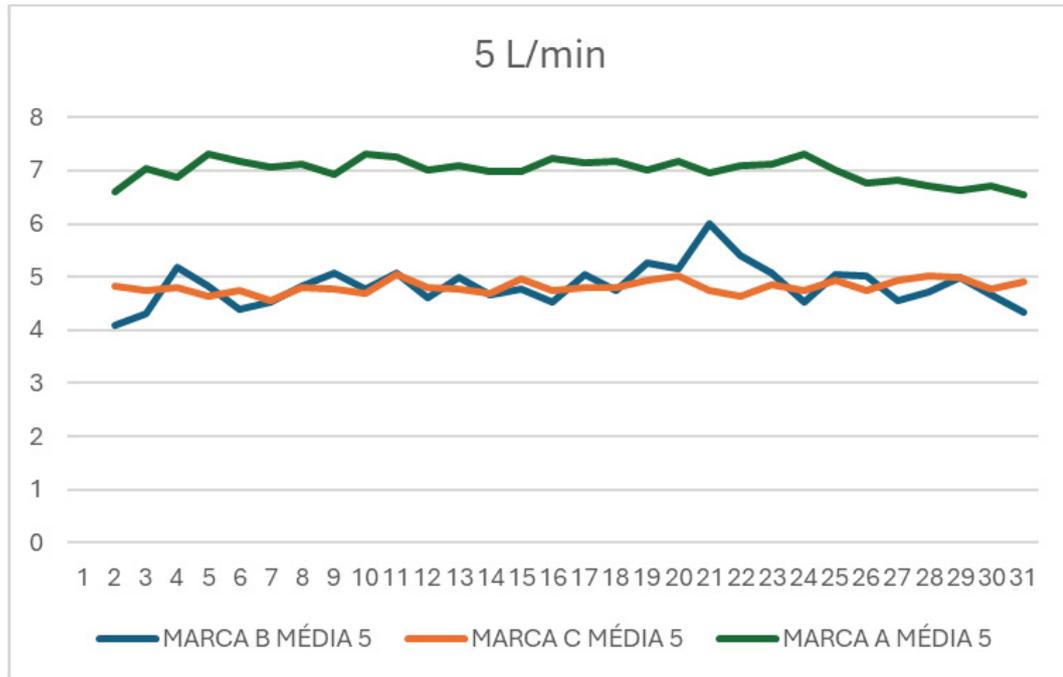
FONTE: O autor (2024).

Gráfico 2 – Medições aferidas na faixa de vazão de 3 l/minuto



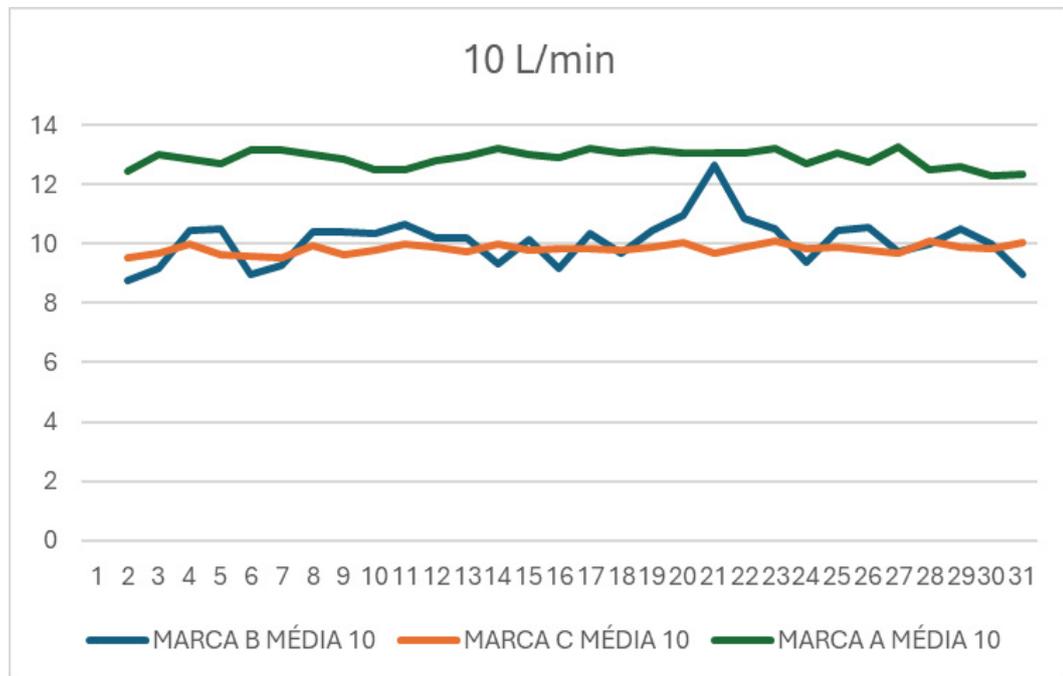
FONTE: O autor (2024).

Gráfico 3– Medições aferidas na faixa de vazão de 5 l/minuto



FONTE: O autor (2024).

Gráfico 4– Medições aferidas na faixa de vazão de 10 l/minuto



FONTE: O autor (2024).

Pode-se observar no gráfico 5 abaixo a comparação das médias de erro obtidas para cada faixa de vazão, corroborando os achados mencionados anteriormente.

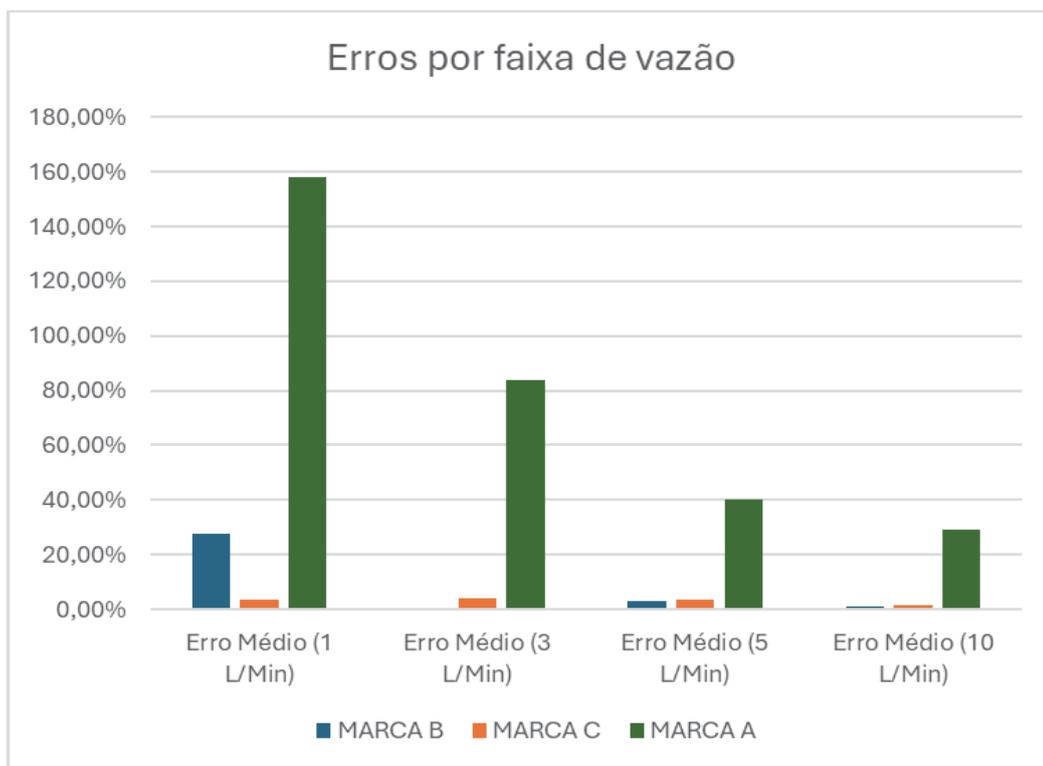
Na medição de vazão de 1 l/min, a marca A apresentou um erro superior a 150%, enquanto a marca B teve um erro superior a 20% e a marca C obteve um erro inferior a 5%.

Já na medição de 3 l/min, as marcas B e C mostraram erros inferiores a 5%, enquanto a marca A apresentou erros superiores a 80%.

Para a vazão de 5 l/min, as marcas B e C continuaram com erros abaixo de 5%, enquanto a marca A teve um erro em torno de 40%.

Por fim, na medição de vazão de 10 l/min, as marcas B e C mantiveram erros inferiores a 2%, enquanto a marca A apresentou erros superiores a 20%.

GRÁFICO 5 – Média de erro por faixa de vazão



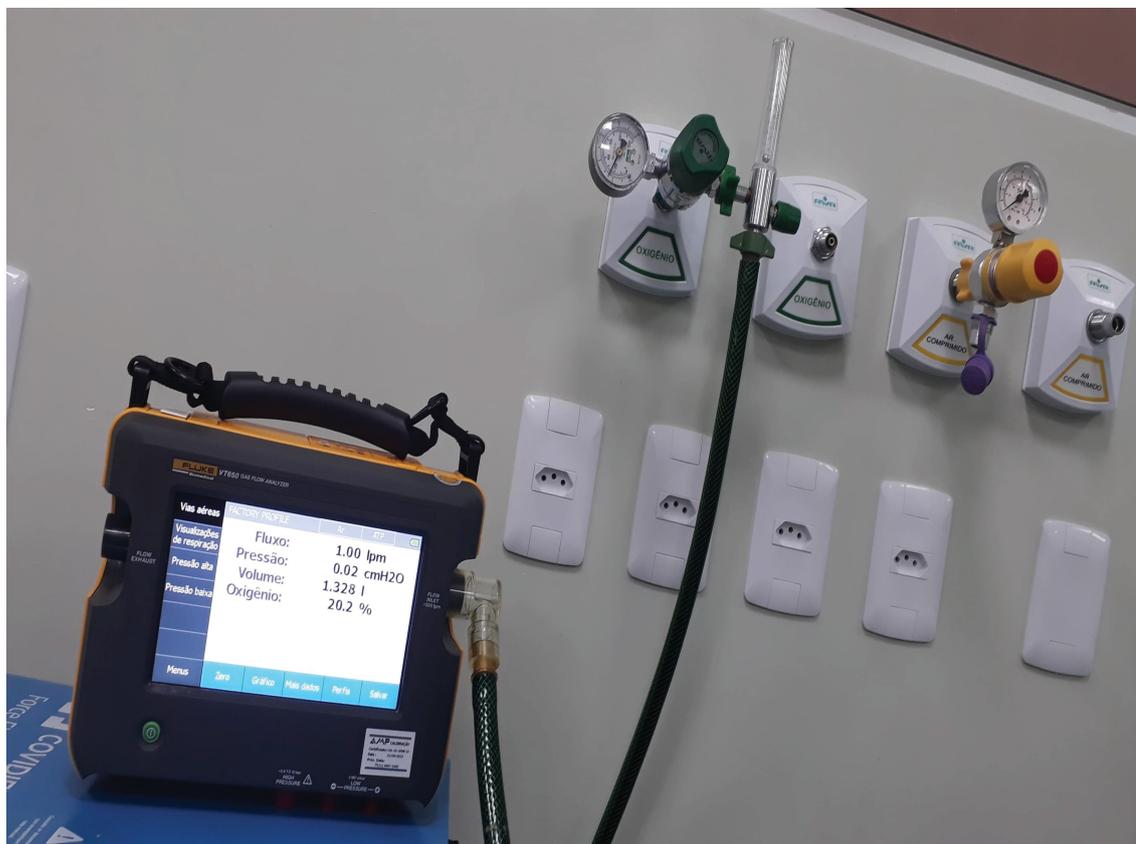
FONTE: O autor (2024).

As análises mostraram que materiais de construção influenciam no desempenho. Por exemplo, foi observado que a borboleta em alumínio da marca A, a qual apresentou desgaste prematuro frente aos demais. Resultando em um

desempenho inferior da marca A, com maior discrepância nas medições em todas as faixas de vazão, enquanto as marcas B e C demonstraram melhor precisão e consistência.

Além disso, este estudo se propôs a realizar um teste adicional. Com o fluxômetro conectado diretamente na rede de oxigênio, observou-se valores alterados, conforme demonstrados nas figuras abaixo, salientando a necessidade de sempre se usar uma Válvula Reguladora calibrada em 3,5 kgf/cm² garantindo a eficiência e confiabilidade nos fluxos.

FIGURA 6 – Teste de fluxômetro em escala de 1 l/min com válvula reguladora em 3,5 kgf/cm²



FONTE: O autor (2024).

Na Figura acima, um teste realizado com fluxômetro regulado em 1 l/min com o uso de válvula reguladora ajustada em 3,5 kgf/cm², apresentou vazão de 1 l/min, exatamente.

Enquanto na Figura abaixo, o mesmo teste realizado com fluxômetro regulado em 1 l/min sem o uso de válvula reguladora, apresentou vazão em mais de 100% de erro, apresentando o valor 2,11 l/min.

FIGURA 7 – teste de fluxômetro em escala de 1 l/min sem o uso de válvula reguladora.



FONTE: O autor (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A precisão dos fluxômetro de oxigênio é um fator crucial para garantir a segurança e a eficácia do tratamento em pacientes que necessitam de suporte respiratório. Ao longo deste trabalho, foi possível compreender que a precisão desses dispositivos impacta diretamente na administração correta do oxigênio, condição que podem comprometer a saúde do paciente.

A calibragem regular e o monitoramento contínuo da precisão dos fluxômetro são essenciais para prevenir erros de dosagem que, se não corrigidos, podem resultar em complicações clínicas graves. Além disso, a precisão influencia diretamente os protocolos de tratamento, já que as quantidades de oxigênio

administradas devem ser ajustadas conforme as necessidades específicas de cada paciente, o que exige instrumentos com alta confiabilidade.

Portanto, a adoção de fluxômetros de oxigênio de alta qualidade, aliados a um rigoroso controle de manutenção e calibração, contribui significativamente para a melhora da qualidade do atendimento médico e, principalmente, para a segurança dos pacientes que dependem desse recurso para a manutenção de suas funções respiratórias. Em um contexto em que a medicina está cada vez mais centrada no cuidado personalizado e na eficiência dos tratamentos, a precisão dos fluxômetros de oxigênio representa um componente essencial para o sucesso das terapias respiratórias.

Em conclusão, a verificação da precisão desses dispositivos não pode ser negligenciada, sendo essencial tanto em ambientes hospitalares e ambulâncias quanto em terapias domiciliares, com o objetivo de garantir a segurança, o bem-estar e a recuperação dos pacientes.

Os resultados obtidos fundamentaram a proposta de implementação de uma rotina de manutenção preventiva e inspeção periódica mais abrangente para os fluxômetros. A conservação, manutenção e limpeza desses dispositivos são etapas essenciais para assegurar tanto a segurança quanto o desempenho ideal dos equipamentos. A manutenção deve ser realizada por profissionais qualificados, utilizando componentes originais. Além disso, é imprescindível que a integridade física do fluxômetro, assim como dos acessórios de vedação e conexão, seja verificada diariamente. Recomendamos que, anualmente, seja realizada uma manutenção preventiva, que inclua a verificação da calibração e a revisão dos componentes.

Sugere-se, ainda, a criação de um programa de testes de amostras para confirmar que o produto a ser adquirido atende aos parâmetros mínimos de acurácia e precisão, seguindo a metodologia apresentada neste estudo.

Conforme esperado no estudo, os fluxômetros da marca A não atenderam os requisitos de acurácia e precisão, dado o fato de ser feito de material de qualidade inferior as outras duas marcas, e os acessórios do equipamento serem de outro material, como por exemplo, o niple de acoplagem em material alumínio o que causa desgaste prematuro na rosca ocasionando vazamento, já o das Marcas B e C que são feitos de material latão.

REFERÊNCIAS

PAGLIOCCHI, AMANDA ET AL. OXYGEN FLOWMETERS: ACCURACY AND PRECISION IN ADULT CARE. 2019.

DUPREZ, FRÉDÉRIC ET AL. ACCURACY OF MEDICAL OXYGEN FLOWMETERS: A MULTICENTRIC FIELD STUDY. **HEALTH**, 2014.

ISO, BSB. ACCURACY (TRUENESS AND PRECISION) OF MEASUREMENT. INTERNATIONAL STANDARD ISO, V. 5725, P. 1994, 1998.

BIPM, IFCC ET AL. EVALUATION OF MEASUREMENT DATA—GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT, JCGM 100: 2008 GUM 1995 WITH MINOR CORRECTIONS. JOINT COMMITTEE FOR GUIDES IN METROLOGY, V. 98, 2008.

FLUKE CORPORATION. VT650 GAS FLOW ANALYZER USER MANUAL. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.FLUKEBIOMEDICAL.COM/SITES/DEFAULT/FILES/RESOURCES/VT650_UMENG0100_0.PDF](https://www.flukebiomedical.com/sites/default/files/resources/vt650_umeng0100_0.pdf)>. ACESSADO EM: 19 SET. 2024