

UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIA IOMT PARA DISPOSITIVO DE ASSISTÊNCIA VENTRICULAR

JEFERSON CERQUEIRA DIAS¹; LUIS CARLOS DA SILVA²

¹Fatec Osasco - Automação Industrial

²Fatec Osasco - Sistemas Biomédicos

jeferson.dias3@fatec.sp.gov.br

Use of IoMT Technology for Ventricular Assist Device

Eixo Tecnológico: Ambiente e Saúde

Resumo

Os Dispositivos de Assistência Ventricular (DAVs) têm se destacado como alternativa eficaz na terapia de destino, oferecendo maior longevidade aos pacientes implantados. No entanto, os pacientes apresentam morte por eventos adversos, dentre eles aqueles por falhas críticas ou catastróficas por mau funcionamento do dispositivo. Este trabalho apresenta parcialmente resultados da proposta de desenvolvimento e implementação de tecnologias IoMT para o monitoramento, controle remoto e localização georreferenciada de DAVs. Os testes serão conduzidos em bancada de teste automatizada com os protótipos, permitindo a construção de curvas de desempenho e a análise de confiabilidade e risco. Os protótipos serão inicialmente fabricados em PETG, com possibilidade de evolução para metais, e equipados com motor magnético, drive controlado por Arduino e conectividade em nuvem. A conectividade em nuvem permitirá o uso de aplicativo para o monitoramento de dados e controle do parâmetro velocidade, inicialmente. Espera-se que o sistema embarcado opere no ajuste remoto de parâmetros e identifique falhas em tempo real, quando comparados com a curva padrão de desempenho, promovendo ações corretivas de ajuste de parâmetros. Os resultados parciais aqui foram a definição das principais tecnologias utilizadas no monitoramento e controle de dispositivos médicos, além do esquema elétrico dos principais componentes para o monitoramento, controle e localização de DAVs. Contribuindo, portanto, para desenvolvimento de tecnologias na solução do problema de pesquisa proposto.

Palavras-chave: Dispositivo de Assistência Ventricular (DAV); Eventos Adversos (EA); Mau funcionamento; IoMT; Controle Remoto e Monitoramento.

Abstract

Ventricular Assist Devices (VADs) have emerged as an effective alternative in destination therapy, offering increased longevity to implanted patients. However, adverse events—particularly those caused by critical or catastrophic failures due to device malfunction—remain a leading cause of mortality. This work presents partial results from a project focused on the development and implementation of IoMT technologies for monitoring, remote control, and georeferenced tracking of VADs. Testing will be conducted using an automated bench setup with prototypes, enabling performance curve generation and reliability and risk analysis. The initial prototypes are being fabricated in PETG, with future potential for metal prototyping, and will feature magnetic motors, Arduino-controlled drives, and cloud connectivity. Cloud integration will support an application for monitoring data and controlling parameters such as speed. The embedded system is expected to remotely adjust parameters and detect real-time failures by comparing performance to standard curves, enabling corrective actions. Partial results include identifying key technologies and designing the electrical scheme for VAD monitoring, control, and tracking—contributing to the proposed research problem's technological advancement.

Key-words: Left Ventricular Assist Device (LVAD); Adverse Events (AE); Malfunction; IoMT; Remote Control and Monitoring.

1. Introdução

Os dispositivos de assistência ventricular (DAVs) são utilizados como suporte circulatório em pacientes com insuficiência cardíaca avançada [1]. No entanto, os pacientes estão sujeitos

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJJ

a eventos adversos, como disfunção mecânica, trombose ou obstrução, que podem comprometer a vida dos pacientes [2], [3]. Atualmente, o monitoramento dos pacientes com DAVs implantados é feito de forma periódica, mas não há um sistema capaz de fornecer informações eficazes sobre eventos adversos iminentes, limitando a capacidade da equipe médica de tomar decisões proativas para pacientes implantados com DAV [4].

O uso de Dispositivos de Assistência Ventricular (DAV) como terapia de destino para insuficiência cardíaca tem sido amplamente realizado com sucesso nos últimos anos [1], [5], [2]. No entanto, mesmo com avanços significativos nessa área, a taxa de sobrevida para pacientes implantados há cinco anos ainda é de aproximadamente 50% e em um ano atingiu 82,7% [6], [3]. Essa taxa de sobrevida é influenciada por eventos adversos que ocorrem logo após as cirurgias cardíacas, como complicações mecânicas e tromboembolismo [7], [8], [6] [3]. Entre esses eventos adversos, falhas relacionadas ao mal funcionamento do DAV têm sido identificadas como um fator significativo [9], [10], [3]. As causas mais comuns em re-hospitalização de pacientes implantados no Japão, segundo relatório do J-MACS (*Japanese Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support*) de 2024, são infecções, arritmias, disfunções neurológicas, hemorragias, e mau funcionamento de DAV. Sendo, que estatisticamente, a taxa de sobrevivência para pacientes implantados para o primeiro, segundo, terceiro e quarto ano foram de 93%, 91%, 87% e 83%, respectivamente [11].

Os pacientes implantados com DAV possuem uma alteração do sistema circulatório sistêmico, tendo em vista o paralelismo realizado por uma bomba de sangue pulsátil ou contínua, inserida no ventrículo esquerdo, para bombeamento complementar para a Aorta [12], [13]. Na fisiologia cardíaca de pacientes implantados com DAV podem surgir algumas patologias relacionadas ao sincronismo entre o fluxo do coração nativo e o complementar imposto pelo DAV de fluxo contínuo, dentre os quais podemos citar aqueles relacionados a reserva ventricular deficiente ou inadequada em conjunto com a mudança de fluídos que aumenta o estresse na parede (ventrículo direito) e aumenta a regurgitação tricúspide, o que pode contribuir para a insuficiência cardíaca no ventrículo direito precoce/perioperatório [14].

No sentido de acompanhamento e monitoramento de pacientes implantados com DAV, a monitorização contínua pode facilitar a identificação de estados fisiopatológicos e permite a antecipação de eventos adversos para melhorar as condições de terapia do paciente [16]. O monitoramento remoto pode ser uma ferramenta sob medida para pacientes implantados com DAV, possibilitando um feedback atualizado sobre os parâmetros de funcionamento do DAV e o monitoramento do estado de saúde do paciente [15]. Embora a tecnologia do uso de DAV tenha prolongado a expectativa de vida para os pacientes implantados, a ocorrência de eventos adversos ainda é uma preocupação, sendo que uma detecção precoce, através de monitoramento contínuo e remoto, antes dos sintomas de eventos maiores, seria uma contribuição significativa para o aumento da sobrevida destes pacientes [16]. Deste modo, justifica-se a pesquisa para desenvolvimento de tecnologias.

A pesquisa de [17] destaca a urgência da integração precoce no cuidado de pacientes, com ênfase especial na identificação e tratamento de sintomas mal controlados, que afetam significativamente a qualidade de vida. Ressalta-se a necessidade de mais pesquisas e esforços educativos que contribuam para capacitar profissionais da saúde e alinhar a prática clínica às diretrizes existentes, reduzindo assim a discrepância entre as recomendações teóricas e a realidade do atendimento atual.

Essas informações evidenciam a importância de um estudo aprofundado sobre tecnologias aplicadas a ao monitoramento, controle e localização de pacientes implantados em situações de emergências por eventos adversos para pacientes implantados por dispositivos médicos que possam auxiliar na redução de fatalidades por falhas críticas ou catastróficas.

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJI

A proposta deste trabalho é desenvolver um sistema de monitoramento e controle de DAVs utilizando sistemas embarcados com acesso a conectividade por wi-fi que possa, não só, gerar dados para monitoramento, mas também para tomada de decisão e controle de parâmetros em situação de eventos adversos críticos.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

Como método inicial para o desenvolvimento do circuito eletrônico proposto na pesquisa, definiu-se que a captação e disponibilidade dos dados em tempo real seriam os principais critérios para a seleção dos componentes. Para a aquisição dos sinais vitais, optou-se pelo uso do sensor MAX30100, devido ao seu tamanho compacto, baixa variação térmica, consumo energético reduzido e compatibilidade com a plataforma ARDUINO, facilitada pela existência de bibliotecas nativas. Segundo [18], esse sensor é uma solução integrada para a medição de oximetria de pulso e batimentos cardíacos, características fundamentais para a proposta deste estudo.

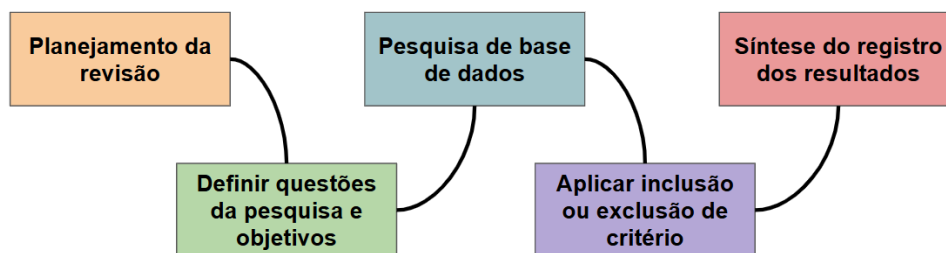
Para viabilizar a aplicação em IoMT, o projeto exigiu o uso de microcontroladores versáteis e de baixo custo, sendo o ESP32 escolhido por sua ampla funcionalidade, conectividade Wi-Fi e Bluetooth, e fácil integração com sensores e sistemas embarcados. A alimentação do sistema foi planejada com base em análises do consumo energético dos componentes, resultando na escolha de uma bateria de lítio recarregável de 3.7V e 1000mAh. Para o gerenciamento da carga, adotou-se a placa TP4056, devido à sua simplicidade, eficiência e compatibilidade com carregadores USB-C, garantindo portabilidade e autonomia ao dispositivo.

2.2. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho apresenta uma abordagem teórico-metodológica de natureza aplicada, com delineamento quantitativo descritivo e caráter prospectivo, propondo experimentações por meio de modelos “in vitro” [19]. Fundamenta-se em conceitos como confiabilidade, gerenciamento de riscos e ciclo de vida de produto, aplicados à análise de falhas em Dispositivos de Assistência Ventricular (DAVs). A pesquisa segue o método dedutivo, com hipóteses formuladas a partir da teoria para construção de um modelo de monitoramento e controle de falhas críticas e catastróficas, visando à tomada de decisão e à melhoria da confiabilidade desses dispositivos [20]. A abordagem quantitativa é reforçada por análises computacionais dos dados obtidos nos testes experimentais.

Propôs-se uma revisão bibliográfica sistematizada com busca inicial nas bases Google Scholar, Mendeley e Scopus, utilizando os descritores “monitoramento e controle de dispositivos médicos”, seguida por filtros adicionais: “pacientes implantados com DAVs”, “monitoramento e controle”, “localização georreferenciada” e “IoMT”. Por fim, os textos foram refinados para selecionar publicações que abordassem o monitoramento e controle de DAVs com geolocalização por GPS, com foco na redução de eventos adversos decorrentes de falhas críticas por mau funcionamento, gerando um relatório inicial com os principais itens encontrados, conforme Fig.1 [21].

Fig. 1 - Passos gerais para metodologia da pesquisa bibliográfica



Fonte: (Dias, 2025).

Para um melhor delineamento do projeto, da construção de um modelo de monitoramento e controle de falhas críticas e catastróficas, visando à tomada de decisão e à melhoria da confiabilidade desses dispositivos, propôs-se um Diagrama de Blocos para um delineamento para criação de diagrama elétrico e diagrama lógico a serem usados nas etapas posteriores. Onde cada bloco deve determinar os principais componentes do sistema de monitoramento, controle e localização do DAV proposto. As linhas com setas deverão determinar os principais fluxos de energia, dados e comunicação necessários. No diagrama elétrico cada componente deve ser representado por um componente elétrico/eletrônico que representa o desenvolvimento do projeto da placa de circuito elétrico e posterior teste *in sílico* dos fluxos de energia e dados previstos.

3. Resultados e Discussão

3.1 Revisão Bibliográfica para as Principais Tecnologias utilizadas no Monitoramento, Controle e Localização de (Dispositivos Médicos) DAVs

As principais tecnologias utilizadas no monitoramento, controle e localização de dispositivos médicos (DAVs) foram obtidas, conforme metodologia de pesquisa proposta, que foram identificadas nas bases de dados “Google Scholar” e “Scopus”. Utilizando os descritores: “remote” AND “monitoring” AND “control” AND “of” AND “vad”. Na base “scopus” foram identificados quatro artigos. Na base “Google Scholar” obteve-se 9 artigos. A Tab.1, a seguir expressa a síntese indicando autores e proposta das pesquisas. Os autores identificados, foram indicados como o sobrenome em maiúsculo, vírgula o nome, seguido da indicação “et al” e o ano da publicação.

Dos doze artigos, analisados inicialmente, sobre as tecnologias de monitoramento, controle e localização foram identificados que os artigos 1, 2, 4, 5, 7 e 9 utilizam tecnologia para monitoramento de parâmetros.

Por outro lado, os artigos 3, 6, 11, 8 e 12 utilizaram em suas pesquisas o monitoramento e controle para os DAVs. E, somente no artigo 10 foram utilizadas as tecnologias de monitoramento e localização de DAVs.

A revisão bibliográfica pode, ainda, ser aprofundada com relação a outros requisitos, para um melhor entendimento de outras tecnologias complementares e importantes para a proposta desta pesquisa.

Tab. 1 - Relação de autores e propostas de pesquisa publicada em artigos escolhidos

Artigo nº	Proposta da pesquisa
1	Facilitar sistemas de monitoramento remoto de pacientes dentro do contexto de um ambiente 5G.
2	Avaliar o benefício do telemonitoramento multiparamétrico diário baseado em implantes em pacientes com insuficiência cardíaca (IC) de alto risco em terapia com dispositivos de assistência ventricular (DAV), portadores de um cardiodesfibrilador implantável (CDI) ou de um cardiodesfibrilador com ressincronização cardíaca (CRT-D), ambos com função de telemonitoramento.
3	Sistema de monitoramento sem fio para pacientes ambulatoriais equipados com um dispositivo de assistência biventricular pulsátil do tipo atuador móvel.
4	Sistema de monitoramento hemodinâmico sem fio do débito cardíaco (CO) e das pressões da artéria pulmonar (PAP), que teoricamente pode melhorar o manejo de pacientes com dispositivos de assistência ventricular esquerda (DAVEs), otimizando a medicação, os parâmetros da bomba e o momento do transplante.
5	Desenvolvimento dos princípios e métodos para a implementação do sistema de monitoramento remoto (RM) da operação da bomba axial implantável russa ABK-N.
6	Arquitetura integrada de ponta a ponta para pacientes com Dispositivos de Assistência Ventricular (DAV), composta por um Aplicativo de Monitoramento para Especialistas baseado na web e compatível com HL7, um Aplicativo de Monitoramento para Pacientes baseado em Androide e uma Unidade Portátil de Autorregulação embutida.
7	Plataforma de telessaúde desenvolvida especificamente para pacientes com Dispositivo de Assistência Ventricular Esquerda (DAVE).
8	Unidade de Autorregulação (ARU) — desenvolvido para ampliar a aplicabilidade dos Dispositivos de Assistência Ventricular (DAVs) como solução de longo prazo para a insuficiência cardíaca (IC).
9	Plataforma de telemedicina de cuidados virtuais personalizada para pacientes com Dispositivo de Assistência Ventricular (VADE).
10	Sistema de monitoramento útil para o acompanhamento remoto de pacientes com um coração artificial implantado.
11	Monitoramento do estado dos pacientes e do DAV, além de possibilitar o controle remoto, configuração e autorregulação de qualquer DAV.
12	Design de um DAV pulsátil totalmente implantável (ou seja, que funciona sem a necessidade de conexões percutâneas e ventilação), que também oferece capacidades de monitoramento remoto do paciente e controle.

Fonte: (DIAS, 2025).

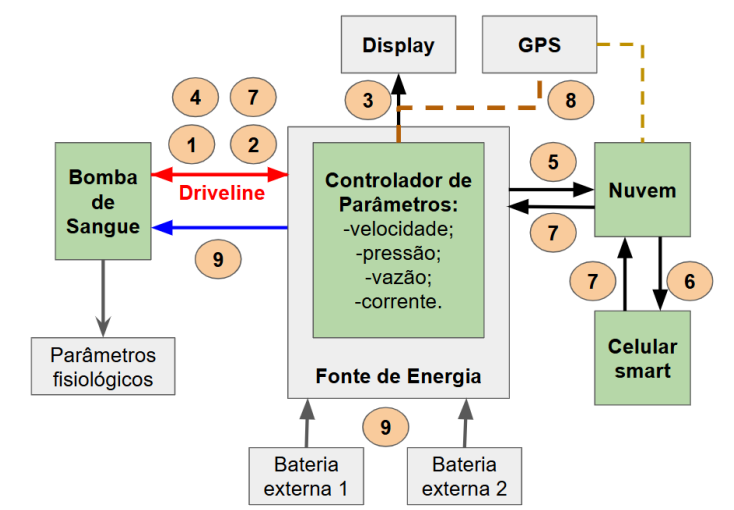
3.2 Diagrama de Blocos do Sistema de Monitoramento, Controle e Localização de DAV

A Fig.2 apresenta e determina os principais componentes do sistema de monitoramento, controle e localização de DAV proposto no projeto de pesquisa, bem como os fluxos de energia e dados. Os principais componentes, pode-se ver na cor verde, como a bomba, o controlador de

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

parâmetros, a nuvem e o celular *smart*. A seguir temos as baterias 1 e 2, o localizador GPS e o Display. Foram indicados os fluxos de energia e dados, numerados de um a 9. No fluxo 1, parâmetros monitorados da bomba de sangue para o driveline, como velocidade da bomba (rpm), corrente elétrica consumida (mA), pressão interna (mmHg), e vazão sanguínea (L/m). No fluxo 2, do Driveline para o controlador temos a transmissão bidirecional de dados da bomba e o fluxo 9, fornecimento de energia das baterias para bomba de sangue. No fluxo 3, do controlador para o *Display* temos a saída local visual dos parâmetros exibidos de velocidade, corrente elétrica, pressão, vazão, alarmes e erros do sistema. No fluxo 4, controlador para a bomba, temos o ajuste dinâmico de velocidade da bomba (rpm) baseado nos parâmetros monitorados (velocidade, pressão e vazão) e os comandos remotos, representado pelo fluxo 7. No fluxo 5, do controlador para a nuvem, temos a saída de dados enviados sobre todos os parâmetros, como no fluxo 3, com os *logs* de eventos, falhas, alarmes e histórico de operação. No fluxo 6, da nuvem para o aplicativo do celular *smart*, os dados recebidos para o usuário no aplicativo, como velocidade, pressão, corrente e vazão, status da bomba e baterias, notificações de alarmes ou falhas. No fluxo 7, do aplicativo para nuvem, da nuvem para o controlador, do controlador para a bomba, a entrada de controle remoto, apresentando as variáveis controladas remotamente, como a velocidade da bomba (rpm), o comando de inicialização e parada, e os limiares de alarmes e ajustes de operação (reabilitação). No fluxo 8, a emissão do sinal de localização é disponibilizada para a nuvem para localização. No fluxo 9, a indicação dos fluxos de corrente de energia.

Fig. 2 - Diagrama de Blocos do Sistema de Monitoramento, Controle e Localização de DAV



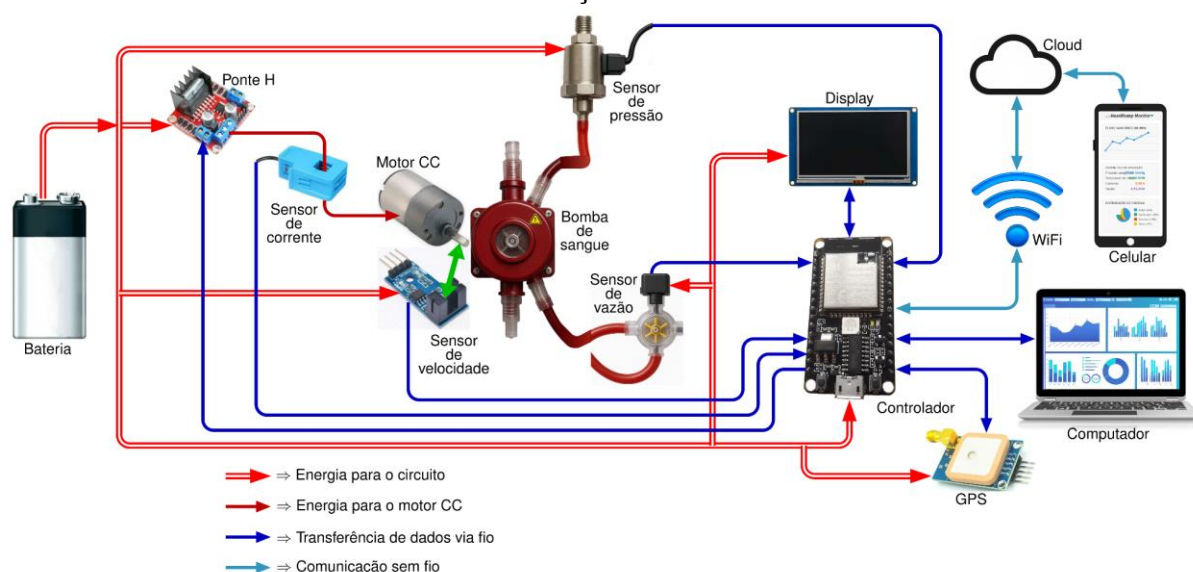
Fonte: (Dias, 2025).

3.3 Circuito Elétrico do Monitoramento, Controle e Localização de DAV

Como resultado para projeto e desenvolvimento do sistema de monitoramento, controle e localização de DAV, conforme Fig.3, foi desenvolvido um circuito elétrico integrado utilizando o micro controlador ESP, substituindo a tradicional plataforma Arduino, a fim de viabilizar maior conectividade e integração com sistemas IoMT. O ESP está conectado ao computador e ao sistema Wi-Fi, o que permite a comunicação com a nuvem e, a partir dela, com dispositivos móveis, como celulares. A partir do ESP, há ligação direta com o display para visualização dos dados em tempo real. O controlador recebe informações do sensor de pressão e do sensor de

vazão, ambos acoplados à bomba, bem como do sensor de velocidade, conectado ao motor de corrente contínua da bomba. Esse motor está vinculado ao sensor de corrente, o qual também está conectado ao controlador. O circuito é fechado com a ponte H, que recebe o retorno do ESP e está interligada ao sensor de corrente para controle de acionamento do motor. Todos os componentes — sensor de pressão, sensor de vazão, sensor de velocidade, controlador, display, ponte H e GPS — são alimentados por uma bateria de 3,7V, garantindo autonomia e portabilidade ao sistema. Essa configuração permite monitoramento, controle e ajustes remotos de parâmetros críticos, essenciais para a prevenção de falhas em dispositivos médicos implantáveis.

Fig. 3 - Circuito Elétrico dos Componentes do Sistema de Monitoramento, Controle e Localização de DAVs



Fonte: (Dias e Da Silva, 2025).

4. Considerações finais

Dentro da pesquisa proposta, ainda em curso, foram definidos os objetivos parciais para uma metodologia de revisão bibliográfica, elaboração de um diagrama de blocos e um diagrama elétrico. Os resultados obtidos para este evento, consideram-se atingidos, dentro da brevidade disponível. Para o objetivo global do projeto, que ainda está em andamento, o desenvolvimento da pesquisa dentro da revisão bibliográfica, a melhor proposta para os componentes do sistema de monitoramento, controle e localização, será melhor aprofundada. Porém, os resultados obtidos permitem concluir a importância da pesquisa e da sua contribuição para desenvolvimento de dispositivos médicos, especialmente os implantáveis.

Referências

- [1] TEUTEBERG, J. J. et al. The Society of Thoracic Surgeons Intermacs 2019 Annual Report: The Changing Landscape of Devices and Indications. **Annals of Thoracic Surgery**, v. 109, n. 3, p. 649–660, 2020.
- [2] GRADY, Kathleen L. et al., Novel measures to assess ventricular assist device patient-reported outcomes: Findings from the MCS A-QOL study. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, Vol 43, No 1, January 2024 <https://doi.org/10.1016/j.healun.2023.08.007>.
- [3] TU, J.; XU, L.; LI, F.; DONG, N. Developments and Challenges in Durable Ventricular Assist Device

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJI

- Technology: A Comprehensive Review with a Focus on Advancements in China. **J. Cardiovasc. Dev. Dis.** 2024, 11, 29. <https://doi.org/10.3390/jcdd11010029>
- [4] DIAS, J. C. et al. Reliability and Risk Improvement Index and Validation Criteria for Ventricular Assist Device Projects. **Journal of Engineering Research**, v. 1, n. 1, p. 2–19, 2021.
- [5] HENDREN, N. S. et al. Phenomapping a Novel Classification System for Patients With Destination Therapy Left Ventricular Assist Devices. **American Journal of Cardiology**, v. 164, p. 93–99, 2022.
- [6] KORMOS, R. L. et al. Updated definitions of adverse events for trials and registries of mechanical circulatory support: A consensus statement of the mechanical circulatory support academic research consortium. **Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 39, n. 8, p. 735–750, 2020.
- [7] JAMES, E. A.; O'CONNELL, J. B. The State of Ventricular Assist Device Therapy Today. In: KYO, S. (Ed.). *Ventricular Assist Devices in Advanced-Stage Heart Failure*. Georgia: **Springer Japan**, 2014. p. 23–39.
- [8] DEMBITSKY, W. P.; ADAMSON, R. M. Opportunities and Challenges for LVAD Therapy Now and in the Future. In: KYO, S. (Ed.). *Ventricular Assist Devices in Advanced-Stage Heart Failure*. California: **Springer Japan**, 2014. p. 154.
- [9] KHAZANIE, P. et al. Use of Heart Failure Medical Therapies Among Patients with Left Ventricular Assist Devices: Insights from INTERMACS. **Journal of Cardiac Failure**, v. 22, n. 9, p. 672–679, 2016.
- [10] TON, V. K. et al. Short- and long-term adverse events in patients on temporary circulatory support before durable ventricular assist device: An IMACS registry analysis. **Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 39, n. 4, p. 342–352, 2020.
- [11] USHIJIMA, Tomoki et al. “Kyushu-style” collaboration between the implantable ventricular assist device implantation and management centers: a republication of the article published in Japanese journal of artificial organs. **Journal of Artificial Organs**. V. 27, n. 3, p. 198-202, 2024.
- [12] DENG, M. C.; NAKA, Y. *Mechanical Circulatory Support Therapy in Advanced Heart Failure*. London: **Imperial College Press**, 2007.
- [13] LIM, H. S.; HOWELL, N.; RANASINGHE, A. The Physiology of Continuous-Flow Left Ventricular Assist Devices. **Journal of Cardiac Failure**, v. 23, n. 2, p. 169–180, 2017. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.cardfail.2016.10.015>.
- [14] MOSCATO, Francesco *et al.* The left ventricular assist device as a patient monitoring system. **Annals of Cardiothoracic Surgery**, v. 10, n. 2, p.221-232, 2021.
- [15] VEENIS, Jesse F. et al. Remote monitoring for better management of LVAD patients: the potential benefits of CardioMEMS. **General Thoracic and Cardiovascular Surgery**, v. 68, p.209-218, 2020.
- [16] NUMAN, Lieke et al. Data-driven monitoring in patients on left ventricular assist device support. **Expert Review of Medical Devices**, v. 19, n. 9, p.677-685, 2022.
- [17] TENGE, T. et al. Multicenter exploration of specialist palliative care in patients with left ventricular assist devices – a retrospective study. **BMC Palliative Care**, v. 23, n. 1, pg.1-9, 2024.
- [18] GARCIA, Carlos Andrés Gómez et al. Sistema de pulsioximetría y capnografía para dispositivos móviles Android. **Revista Ingeniería Biomédica**, v. 8, n. 15, p.36-44, 2014.
- [19] GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 6. ed. São Paulo: **Atlas**, 2008.
- [20] KLEINA Claudio; RODRIGUES, Karine Smaka Barbosa. *Metodologia da Pesquisa e do trabalho científico*. 1ª ed. - Curitiba, PR : **IESDE**, 2014.
- [21] PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; DE RESENDE, L. M. M. Advances in the composition of Methodi Ordinatio for systematic literature review. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, p. 161-187, 2017