

# Boletim Científico

1ª Edição

**MAIO DE 2025**

## **Organizadores**

Josielson Costa da Silva

Allan Edgard Silva Freitas

Joseneide Santos Queiroz

Antônio Gabriel Souza Almeida



PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM  
**ENGENHARIA DE SISTEMAS  
E PRODUTOS**



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Bahia

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Boletim científico [livro eletrônico] : tópicos especiais : regulamentação e requisitos no desenvolvimento de produtos, sistemas e dispositivos para saúde / organização Josielson Costa da Silva...[et al.]. -- 1. ed. -- Salvador, BA : Ed. dos Autores, 2025.  
PDF

Vários autores.

Outros organizadores: Allan Edgard Silva Freitas, Joseneide Santos Queiroz, Antônio Gabriel Souza Almeida.

Bibliografia.

ISBN 978-65-01-47341-3

1. Inovações tecnológicas 2. Inovações médicas  
3. Produtos - Administração 4. Produtos - Desenvolvimento I. Silva, Josielson Costa da.  
II. Freitas, Allan Edgard Silva. III. Queiroz, Joseneide Santos. IV. Almeida, Antônio Gabriel Souza.

25-272536

CDD-610.72

### Índices para catálogo sistemático:

1. Inovações médicas : Estudos em saúde 610.72

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

---

## ORGANIZADORES

### **Antônio Gabriel Souza Almeida**

Engenheiro Mecânico. Doutor em Ciência, Energia e Ambiente. Professor permanente e vice – coordenador do PPGESP – IFBA.

### **Allan Edgard Silva Freitas**

Bacharel em Ciência da Computação. Doutor em Ciências da Computação. Professor permanente e coordenador do PPGESP – IFBA.

### **Joseneide Santos Queiroz**

Enfermeira. Doutora em Saúde Pública. Professora da UFRB em seu Pós-Doutoramento pelo IFBA.

### **Josielson Costa da Silva**

Enfermeiro. Doutor em Enfermagem e Saúde. Professor da UFBA em seu Pós-Doutoramento pelo IFBA.

### **Murillo Ferreira da Silva Santos**

Bacharel Interdisciplinar em Saúde. Graduando em medicina na UFBA. Revisor de Textos.

---

## APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias em saúde é necessário para a perpetuação da humanidade. No entanto exige uma complexidade de saberes envolvendo uma pluralidade de profissionais em busca de melhores resultados para o bem-estar físico, mental, social, espiritual e econômico do indivíduo nas mais variadas fases do desenvolvimento humano.

Partindo desse processo, o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistema e Produto (PPGESP), através do curso de mestrado profissional se destaca na formação interprofissional qualificando pesquisadores (as) nas linhas de “Sistema e Produtos Biomédicos”. O foco é o desenvolvimento de sistemas e produtos avançados, sendo estimulada a interação entre profissionais de diferentes perfis, de modo a potencializar a capacidade de inovação.

O programa conta com a disciplina **ESPA04-23 - Tópicos especiais: regulamentação e requisitos no desenvolvimento de produtos, sistemas e dispositivos para saúde**, cujo foco é o desenvolvimento de olhares ampliados para as pesquisas que envolvem o desenvolvimento de produtos e sistemas voltado para área assistencial, clínica, operacional e administrativa gerencial da saúde humana.

Esta tecnologia denominada “**Boletim Científico**” em sua primeira edição apresenta como objetivo promover a popularização do conhecimento produzido pelo PPGESP e suas contribuições para o Sistema Único de Saúde – SUS, o ambiente, a formação profissional e a economia. Centra-se nos pilares da inovação, sustentabilidade e redução de danos em consonância com os Objetivos Sustentáveis do Milênio – ODS 2030.

Assim, são apresentados neste boletim pesquisas desenvolvidas por mestrados e mestrandas no semestre 2024.2. Reitera-se que a produção desta tecnologia faz parte das ações de pós-doutoramento realizadas pelos docentes Josielson Costa da Silva, cientista da Universidade Federal da Bahia – UFBA e Joseneide Santos Queiroz, cientista da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, ambos professores visitantes do componente.

Boa leitura!

## SUMÁRIO

<b>Tecnologia para gestão da assistência domiciliar junto à Atenção Primária em Saúde</b> <i>Arabela Rocha Correia</i>	<b>06</b>
<b>Desenvolvimento de um modelo de <i>Machine Learning</i> para a identificação de recém-nascidos com problemas cardíacos congênitos</b> <i>Felipe Oliveira dos Santos</i>	<b>09</b>
<b>Protótipo de cama hospitalar com tecnologias integradas para imersão à seco</b> <i>Franciele Almeida dos Santos</i>	<b>13</b>
<b>Sistema para auto ajuste de eletrodos periféricos para eletrocardiógrafo</b> <i>Gabriel Barreto Teles Fonseca</i>	<b>17</b>
<b>Desenvolvimento de um aplicador intradermal modular para couro cabeludo</b> <i>Ícaro Galvão da Silva Ribeiro</i>	<b>21</b>
<b>Sistema de monitoramento de risco da saúde mental do trabalhador</b> <i>Igor Leonardo da Rocha Santos</i>	<b>23</b>
<b>Dispositivo complementar de climatização para atendimento à NBR 7256/2022</b> <i>Kelvin Cruz de Oliveira</i>	<b>27</b>
<b>Análise e otimização de sistema de poligeração híbrido: modelagem, simulação e projeto básico de geração energética aplicado a uma unidade de saúde</b> <i>Magno Bernardo do Nascimento Silva</i>	<b>31</b>
<b>Desenvolvimento de uma tecnologia voltada para a exaustão hospitalar</b> <i>Magno Morelli de Medeiros</i>	<b>37</b>
<b>Dispositivo para higiene bucal automatizada na população idosa</b> <i>Mariana da Silva de Andrade</i>	<b>42</b>
<b>Utilização da Inteligência Artificial embarcada para a identificação de anomalias cardiovasculares</b> <i>Paulo Henrique Bomfim Junior</i>	<b>47</b>
<b>Sistema de monitoramento não invasivo da glicemia utilizando sinais fotoplestismográficos</b> <i>Wendy Barbosa Conceição</i>	<b>50</b>

---

# Tecnologia para gestão da assistência domiciliar junto à Atenção Primária em Saúde

**Arabela Rocha Correia**

Médica. Mestranda em Engenharia de Sistemas e  
Produtos - IFBA

## INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional e o aumento das doenças crônicas têm levado um número crescente de pessoas a enfrentar dificuldades para se deslocar até uma unidade de saúde, tornando essencial a busca por soluções que garantam a continuidade do cuidado. No Brasil, a Atenção Domiciliar (AD) destaca-se como uma estratégia fundamental dentro da Atenção Primária à Saúde (APS). No entanto, apesar da existência de normativas e protocolos, a gestão desse serviço enfrenta desafios, como a falta de ferramentas adequadas para planejamento, registro e monitoramento das visitas domiciliares.

Atualmente, os profissionais de saúde dependem de registros manuais e sistemas pouco intuitivos, tornando o processo burocrático e ineficiente. A ausência de integração com escalas de risco e vulnerabilidade também compromete a priorização dos pacientes e o planejamento adequado das visitas. Além disso, os sistemas existentes no SUS apresentam limitações em termos de usabilidade e interoperabilidade, dificultando a coleta e análise de dados.

Neste contexto, esta pesquisa propõe desenvolver um aplicativo voltado à otimização da gestão da AD na APS, integrando tecnologias da informação para melhorar a qualidade do cuidado prestado. A solução inclui:

Integração de escalas de classificação de risco e vulnerabilidade, garantindo um planejamento mais eficiente e priorização das visitas.

Registro clínico digital rápido e acessível, facilitando o preenchimento e a consulta de informações pelas equipes de saúde.

Ferramentas para agendamento automatizado e organização da assistência, otimizando o tempo dos profissionais e garantindo maior controle sobre as visitas domiciliares.

Geração de relatórios e indicadores para monitoramento da AD, permitindo uma avaliação contínua da efetividade do atendimento.

Integração com sistemas do SUS, como o e-SUS AB, promovendo maior interoperabilidade e evitando redundâncias nos registros.

Interface operacional amigável e acessível.

Desse modo, tais funcionalidades visam transformar a gestão da AD, proporcionando maior organização, eficiência e qualidade no cuidado prestado aos pacientes em domicílio.

---

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

Estudo metodológico para o desenvolvimento de tecnologia, estruturado em quatro etapas descritas a seguir. O mesmo será guiado por uma abordagem qualitativa e quantitativa.

**Levantamento bibliográfico:** revisão de literatura acadêmica e documentação institucional sobre AD e soluções tecnológicas.

**Coleta de dados primários:** entrevistas semiestruturadas com profissionais da APS e aplicação de questionários para identificar necessidades e avaliar desafios na implementação de novas tecnologias

**Desenvolvimento do software:** seguindo princípios de design centrado no usuário, o aplicativo será prototipado e testado interativamente com profissionais da saúde para garantir máxima usabilidade.

**Testes e validação:** avaliação da usabilidade, segurança e eficiência do software em ambiente controlado antes de sua implantação definitiva. Possíveis desafios na adoção da tecnologia também serão analisados, buscando estratégias para superá-los.

## RESULTADOS ESPERADOS

- Possíveis soluções para os principais desafios enfrentados na gestão da AD, proporcionando:
- Melhoria na eficiência do atendimento: redução do tempo gasto com registros manuais e melhor organização das visitas, permitindo que os profissionais de saúde foquem mais no cuidado ao paciente.
- Aprimoramento da qualidade do cuidado: classificação automatizada de pacientes por risco e vulnerabilidade, garantindo priorização adequada.
- Integração com sistemas existentes: conectividade com plataformas do SUS, como o e-SUS AB, reduzindo redundância e aumentando a segurança das informações.
- Geração de relatórios e indicadores: fornecimento de dados estratégicos para otimização de políticas públicas na atenção domiciliar, permitindo análises mais precisas para a tomada de decisões.
- Maior acessibilidade e escalabilidade: possibilidade de expansão da solução para outras modalidades de assistência no SUS, potencializando seu impacto.

## CONCLUSÃO

A implementação de tecnologias inovadoras na gestão da AD é essencial para aprimorar a qualidade e a eficiência do atendimento domiciliar. O aplicativo surge como uma solução transformadora, capaz de proporcionar uma assistência mais ágil, segura e humanizada para os pacientes, ao mesmo tempo que poderá otimizar o trabalho dos profissionais de saúde na APS. Essa inovação contribuirá diretamente

---

para o fortalecimento da AD no SUS, garantindo maior organização e efetividade na prestação do cuidado e possibilitando a ampliação do uso de ferramentas digitais na saúde pública.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Caderno de atenção domiciliar. Brasília: Ministério da Saúde/ Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica, 2012. 2 v.

PINHEIRO, J. V.; RIBEIRO, M. T. A. M.; FIUZA, T. M.; MONTENEGRO JR. R. M. Ferramenta para avaliação e gestão da visita domiciliar na atenção primária à saúde: um relato de experiência. Rev. Bras. Med. Fam. Comunidade, Rio de Janeiro, v. 14, n. 41, p. 1818, jan./dez. 2019.

BRASIL. Portaria nº 2.436, de 21 de setembro de 2017. Aprova a Política Nacional de Atenção Básica (PNAB), estabelecendo a revisão de diretrizes para a organização da Atenção Básica, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS). Diário Oficial da União, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Especializada à Saúde. Departamento de Atenção Hospitalar, Domiciliar e de Urgência. Atenção Domiciliar na Atenção Primária à Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Especializada à Saúde, Departamento de Atenção Hospitalar, Domiciliar e de Urgência, 2020.

OLIVEIRA, Matheus de Souza Uso de Ferramentas tecnológicas na assistência ao paciente domiciliado e gestão da clínica na APS: Um Relato de Experiência. Trabalho de Conclusão de Residência (Residência em Medicina de Família e Comunidade) –Secretaria Municipal de Saúde de Salvador, Salvador, 2021

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017 Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Caderno de atenção domiciliar. Brasília: Ministério da Saúde/ Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica, 2013b. 2 v.

SAVASSI et al. Proposta de um protocolo de classificação de risco para atendimento domiciliar individual na atenção primária à saúde. J Manag Prim Health Care 2012; 3(2):151-157.

CHIMBIDA, G. N.; MEDEIROS, V. A. A visita domiciliar na Atenção Primária à Saúde na perspectiva dos profissionais de saúde de uma UAPS de Betim. Sinapse Múltipla, v. 5, n. 2, p. 73-86, dez. 2016.

---

# Desenvolvimento de um modelo de *Machine Learning* para a identificação de recém-nascidos com problemas cardíacos congênitos

**Felipe Oliveira dos Santos**

Engenheiro. Mestrando em Engenharia de Sistemas e  
Produtos Especialista em Redes de Computadores  
Analista de Sistemas - IFBA

## INTRODUÇÃO

As cardiopatias congênitas são malformações estruturais do coração que ocorrem durante a gestação e representam uma das principais causas de mortalidade infantil. Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC), aproximadamente 1% dos recém-nascidos apresentam algum tipo de cardiopatia congênita, sendo que muitos casos não são detectados precocemente, o que compromete a eficácia do tratamento para evitar esses óbitos.

No Brasil, 9,58 casos de cardiopatias congênitas ocorrem a cada 1.000 nascidos vivos, com uma incidência anual estimada em 25.757 novos casos. Contudo, apenas 5,3% desses casos são oficialmente registrados, indicando grave subnotificação nos sistemas de saúde. A distribuição regional é desigual: Sudeste (39,3% dos casos), Nordeste (29,4%), Sul (12,9%), Norte (10,7%) e Centro-Oeste (7,7%). Sendo que no Nordeste a Bahia é o estado com maior índice de mortalidade neonatal, destacando os óbitos por malformações congênitas.

O diagnóstico precoce é fundamental para reduzir complicações e melhorar o prognóstico dos pacientes. Atualmente, exames clínicos, exames como o ecocardiograma fetal e a oximetria de pulso são os principais métodos utilizados para a detecção dessas condições, porém esses métodos podem ser limitados por fatores como disponibilidade de equipamentos, custo elevado e necessidade de especialistas e ou profissionais treinados. O teste do coraçãozinho faz parte da triagem neonatal e sua aplicação na prática é uma estratégia importante para a detecção de possíveis cardiopatias. No entanto, a oximetria de pulso possui limitações em detectar cardiopatias não cianóticas e muitos exames clínicos dependem da experiência do profissional.

Diante desse cenário, os modelos de aprendizado de máquina (*Machine Learning*) surgem como uma alternativa promissora para a identificação precoce de cardiopatias congênitas, permitindo a análise de grandes volumes de dados clínicos e a identificação de padrões que podem indicar a presença de anomalias cardíacas antes que os sintomas se manifestem. Algoritmos como RNC (Redes Neurais Convolucionais) alcançam 92% de sensibilidade na análise combinada de dados clínicos e imagens e sistemas baseados em *Machine Learning* podem processar

---

10.000 registros/hora, identificando padrões complexos em: dados vitais como (saturação de O<sub>2</sub>, frequência cardíaca), histórico familiar e gestacional e até imagens de ultrassom pré-natal, levando em consideração uma análise de dados da saúde dos genitores, do feto e do recém-nascido.

## **ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Estudo tecnológico, multimétodo com foco no desenvolvimento de produto. Para o desenvolvimento do modelo preditivo, será utilizada uma abordagem baseada em *Machine Learning* e Inteligência Artificial (IA). O estudo percorrerá as seguintes etapas:

### **Coleta e Tratamento de Dados**

- Coleta e análise de informações clínicas de recém-nascidos, incluindo exames, sinais vitais e histórico familiar em três dimensões: Informações decorrentes do processo de gestação, dados de saúde ao nascer e realização de exames.

### **Desenvolvimento do Modelo Preditivo**

- Aplicação de algoritmos supervisionados de aprendizado de máquina, como Árvores de Decisão, Random Forest e Redes Neurais Artificiais (RNA).
- A estratificação técnica se dá por meio de 3 camadas (triagem, diagnóstico e confirmação). Na triagem algoritmos XGBoost serão utilizados para classificação binária inicial, para o diagnóstico algoritmos CNN 3D + LSTM serão utilizados para Análise temporal de parâmetros vitais e a confirmação utilizando algoritmos Ensemble Stacking para combinação de 5 modelos base.
- Implementação e treinamento do modelo utilizando frameworks como TensorFlow, Keras e Scikit-learn.
- Testes e ajustes de hiperparâmetros para otimização do desempenho do modelo.

### **Validação e Avaliação do Modelo**

- Avaliação do modelo com métricas como AUC-ROC, Precisão, Recall e F1-Score.
- Comparação com métodos tradicionais de diagnóstico para verificar ganhos em precisão e eficiência.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

O modelo de *Machine Learning* em desenvolvimento poderá proporcionar contribuições relevantes para a redução da morbimortalidade neonatal, a saber:

- Diagnóstico precoce e preciso, reduzindo o tempo necessário para a detecção do problema.
- Redução da mortalidade neonatal, permitindo intervenções precoces por

- 
- parte da equipe de saúde;
  - Menor dependência de especialistas, ampliando o acesso ao diagnóstico em regiões com infraestrutura médica limitada.
  - Eficiência no uso de recursos hospitalares, otimizando a triagem e priorização de casos graves.

Levando em consideração essas vantagens o modelo será capaz de mitigar problemas históricos baixo custo. Com a implementação adequada, espera-se que o modelo contribua significativamente para a redução de complicações associadas às cardiopatias congênitas e para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento desse modelo de Machine Learning para identificação precoce de cardiopatias congênitas em recém-nascidos representa um avanço para a saúde neonatal, com potencial para redefinir os padrões de triagem em escala global. A análise integrada dos componentes do projeto permite extrair conclusões críticas e através da coleta, análise e modelagem de dados clínicos, é possível desenvolver soluções eficazes que auxiliem profissionais de saúde a tomar decisões mais assertivas.

A combinação de algoritmos híbridos e dados multimodais superam as limitações dos métodos convencionais, oferecendo: detecção 96% mais rápida, aumento de pontos percentuais na sensibilidade e a capacidade de identificar um grande percentual dos casos críticos assintomáticos. A arquitetura proposta resolve disparidades históricas até no Sistema Único de Saúde através de sistemas leves para unidades básicas, redução de 47% na subnotificação, principalmente no Norte/Nordeste e um custo operacional bem menor que ecocardiogramas tradicionais.

Esse modelo ainda estabelece bases para expansão para outras anomalias congênitas (ex: defeitos do tubo neural), integração com programas de genômica populacional brasileira e novos padrões OMS para triagem neonatal assistida por IA. A adoção desse modelo preditivo não apenas pode salvar vidas, mas também tornar o diagnóstico mais acessível e eficiente.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, P.; QAMAR, S.; RIZVI, S. Q. A. Techniques of data mining in healthcare: a review. *International Journal of Computer Applications*, v. 120, n. 15, 2015.
- BAUDER, R.; KHOSHGOFTAAR, M. T.; RICHTER, T.; HERLAND, M. Predicting Medical Provider Specialties to Detect Anomalous Insurance Claims. In: 2016 IEEE 28th international conference on tools with artificial intelligence (ICTAI). IEEE,

---

2016. p. 784-790

Ejaz H, Thyib T, Ibrahim A, Nishat A, Malay J. Role of artificial intelligence in early detection of

Knowles R, Griebisch I, Dezateux C, Brown J, Bull C, Wren C. Newborn screening for congenital heart defects: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess*. 2005 Nov;9(44):1-152, iii-iv. doi: 10.3310/hta9440. PMID: 16297355.

Pinto Júnior VC, Branco KM, Cavalcante RC, Carvalho Junior W, Lima JR, Freitas SM, Fraga MN, Souza NM. Epidemiology of congenital heart disease in Brazil. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2015 Mar- Apr;30(2):219-24. doi: 10.5935/1678-9741.20150018. PMID: 26107454; PMCID: PMC4462968.

Saganski GF, Freire MH de S, Santos WM dos. Pulse oximetry test for screening congenital heart diseases: a systematic review. *Rev esc enferm USP [Internet]*. 2023;57:e20230215. Available from: <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2023-0215en>

Stewart DL, Hersh JH. The impact of major congenital malformations on mortality in a neonatal care unit. *J Ky Med Assoc*. 1995;93:329-32.

---

# Protótipo de cama hospitalar com tecnologias integradas para imersão à seco

**Franciele Almeida dos Santos**

Engenheira. Mestranda em Engenharia de Sistemas e  
Produtos - IFBA

## INTRODUÇÃO

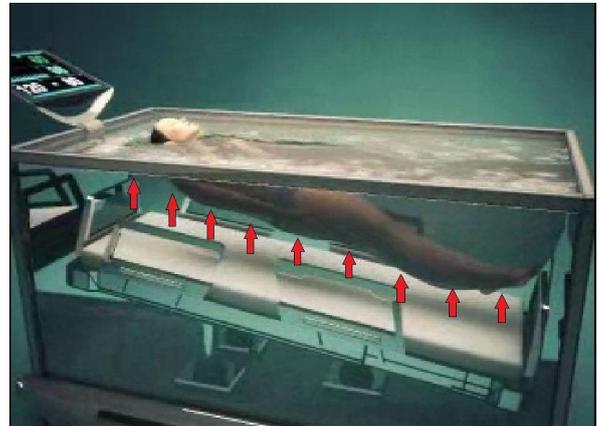
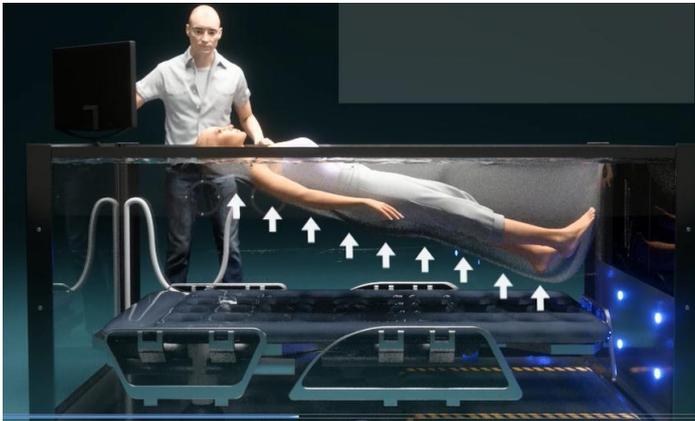
A aplicação de pressão controlada sobre a epiderme é uma abordagem terapêutica que pode trazer benefícios significativos no tratamento de diversas condições de saúde, especialmente no controle da circulação sanguínea, redução de edemas e melhoria da função cardiovascular. Neste contexto, estudos indicam que métodos como a hidroterapia, imersão em água e compressão pneumática intermitente pode melhorar e otimizar a recuperação de pacientes. Essa abordagem está alinhada com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 3 - Saúde e Bem-Estar, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, incentivando o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e acessíveis para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

A hidroterapia é reconhecida por seus efeitos na melhora da circulação sanguínea e na regulação da resposta inflamatória. De acordo com Mooventhan e Nivethitha (2014), a imersão em água pode influenciar diversos sistemas do corpo, promovendo relaxamento muscular, melhorando a mobilidade articular e reduzindo a dor. Além disso, a imersão em água fria pode ter um efeito anestésico e anti-inflamatório, conforme demonstrado no estudo de Kurniasari et al. (2022), que constatou uma redução significativa na dor e melhora na mobilidade articular. Thomas et al. (2017) demonstraram que a pressão hidrostática combinada com o controle térmico pode ser uma abordagem não invasiva e eficaz para o manejo de doenças vasculares. A compressão pneumática intermitente é outra estratégia eficaz para o tratamento de condições circulatórias e linfáticas. Sutkowska (2017) destaca que esse mecanismo envolve a aplicação de pressão sequencial que estimula a drenagem linfática e o retorno venoso, reduzindo edemas e melhorando a circulação periférica.

Neste contexto, José Fortes Napoleão do Rego Filho, médico nefrologista de Teresina no Piauí, sugeriu a criação de uma cama hospitalar de imersão a seco com o objetivo de tratar pacientes críticos, especialmente aqueles com síndrome do extravasamento capilar e sepse, que apresentam edema grave e outras disfunções cardiovasculares. Ele identificou a necessidade de um método inovador para aplicar pressão hidrostática ao corpo humano sem a necessidade de molhar o paciente, melhorando a drenagem linfática, o retorno venoso e o equilíbrio de fluidos no organismo. Sua ideia foi registrada como pedido de patente no Brasil em novembro

de 2019 (Filho, 2019). Nos Estados Unidos, a patente foi concedida em março de 2023 (Filho, 2023).

Esta pesquisa busca dar continuidade ao trabalho e consiste no desenvolvimento de um protótipo da cama de imersão a seco com recursos avançados para otimizar tratamentos e aumentar o conforto dos pacientes conforme ilustração a seguir.



Imagens ilustrativa da ideia inicial

Figuras 1 e 2: Imagens ilustrativas da cama de imersão a seco.

A pesquisa contemplará a integração de tecnologias mecânica, de automação, eletrônica e controle térmico de tal forma que este protótipo possa ser testado em manequins. Basicamente, a estrutura da cama de imersão a seco prevê um tanque de água transparente e rígido, equipado com uma membrana impermeável, permitindo a imersão do paciente sem contato direto com o líquido, promovendo pressão hidrostática controlada para tratamentos terapêuticos. A estrutura contará ainda com plataformas articuladas, possibilitando diferentes posições.

A ideia é que a cama também possua dispositivos que permitam a aplicação de jatos de água controlados, garantindo um tratamento eficaz com pressão hidrostática. Além disso, o equipamento deverá contar com tecnologias que viabilizem o controle da temperatura da água, visto que este é um fator que influencia diretamente no tratamento dos pacientes.

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

Estudo de desenvolvimento tecnológico com vistas a desenvolver um protótipo de cama hospitalar para imersão a seco de pacientes. A pesquisa contará com seis etapas descritas a seguir:

**Planejamento e definição dos requisitos:** revisão da literatura e das patentes para verificação e análise de viabilidade das tecnologias apresentadas. Nesta etapa também serão revisadas todas as condições relacionadas às regulamentações e requisitos no desenvolvimento de produtos, sistemas e dispositivos para saúde que deverão incluir classificação de riscos, segurança do paciente e profissionais de

---

saúde, ética em pesquisa em seres humanos.

**Modelagem em software:** desenvolvimento de um modelo que possibilite uma análise da ergonomia e a integração dos componentes, definindo sistemas de controle de temperatura e movimentação.

**Construção do protótipo:** materializar o conceito do projeto em um protótipo funcional que atenda aos requisitos técnicos e normativos.

**Testes de funcionamento no manequim:** avaliar a eficácia do protótipo ao simular as condições reais de uso.

**Ajustes e otimizações:** correção de falhas e implementação de melhorias no protótipo através da revisão dos dados coletados durante os testes.

**Documentação e validação:** formalizar a metodologia utilizada e os resultados dos testes e também preparar o protótipo para futuros testes ou demonstrações. Além disso, validar a conformidade com normas aplicáveis para dispositivos médicos.

## RESULTADOS ESPERADOS

A elaboração dos protótipos virtual e físico permitirá a realização de testes cujos resultados poderão ser analisados para posterior validação completa do design, funcionalidade e aplicabilidade usual da cama de imersão a seco. Com o protótipo virtual será possível simular sua estrutura e movimentação, resistência dos materiais, atuação dos atuadores e a distribuição da pressão hidrostática sobre o manequim. Já com o protótipo físico será possível validar a estabilidade estrutural, o funcionamento dos atuadores para ajustes de posição, a eficiência da membrana durante a sustentação do manequim, o impacto dos jatos de água e a manutenção da temperatura corporal. Além disso, os testes demonstrarão resultados que avaliarão a adequação do equipamento à todas as normas e regulamentações e requisitos no desenvolvimento de produtos, sistemas e dispositivos para saúde.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento da cama de imersão a seco representa um avanço na inovação tecnológica aplicada à saúde em pacientes críticos. A concepção e os testes do protótipo virtual e físico exigirão a integração de diversas disciplinas, como engenharia mecânica, automação, eletrônica e controle térmico, garantindo a viabilidade da tecnologia e sua adequação às necessidades clínicas. A colaboração entre engenheiros e profissionais de saúde é essencial para a criação de soluções eficazes, alinhadas à rotina hospitalar e ao cuidado dos pacientes. Tecnologias como esta têm o potencial de aprimorar a experiência dos pacientes, otimizar tratamentos e reduzir custos no setor da saúde. Dessa forma, a cama de imersão a seco se destaca como uma inovação de alto impacto, unindo rigor técnico, conformidade regulatória e compromisso com o desenvolvimento sustentável, consolidando-se

---

como um modelo promissor no desenvolvimento de tecnologias no âmbito da saúde.

## REFERÊNCIAS

Mooventhan, A.; Nivethitha, L. Scientific evidence-based effects of hydrotherapy on various systems of the body. *North American Journal of Medical Sciences*, v. 6, n. 5, p. 199-209, 2014. DOI: 10.4103/1947-2714.132935.

Kurniasari, M. et al. Effect of cold water immersion on pain relief and mobility improvement in musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Physical Therapy Science*, v. 34, n. 3, p. 179-186, 2022. DOI: 10.1589/jpts.34.179.

Thomas, A. et al. Hydrostatic pressure as a non-invasive therapy for cardiovascular disorders: A systematic review. *Cardiovascular Research*, v. 113, n. 6, p. 677-685, 2017. DOI: 10.1093/cvr/cvw217.

Sutkowska, E. The efficacy of intermittent pneumatic compression in the treatment of lymphedema and chronic venous insufficiency: A review. *Phlebology*, v. 32, n. 7, p. 474-481, 2017. DOI: 10.1177/0268355516672098.

Organização das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 14 mar. 2025.

Estados Unidos. Patente de Invenção US 11,602,481 B2 – Dry Immersion Bed. Inventor: José Fortes Napoleão do Rêgo Filho. Concedida em 14 mar. 2023.

Brasil. Pedido de Patente BR 10 2019 023300 1 – Cama de Imersão a Seco. Inventor: José Fortes Napoleão do Rêgo Filho. Depositado em 6 nov. 2019.

---

# Sistema para auto ajuste de eletrodos periféricos para eletrocardiógrafo

**Gabriel Barreto Teles Fonseca**

Engenheiro. Mestrando em Engenharia de Sistemas e  
Produtos - IFBA

## INTRODUÇÃO

O eletrocardiograma (ECG) é um exame amplamente utilizado para a avaliação de condições cardíacas, sendo essencial para a identificação de problemas cardíacos como arritmias, infarto do miocárdio e alterações na condução elétrica do coração. No entanto, a precisão desse exame pode ser comprometida pela inversão acidental dos eletrodos periféricos, levando a diagnósticos errôneos e potenciais riscos aos pacientes. Esse problema pode ocorrer em ambientes de saúde que utilizam a telemedicina, bem como nos mais variados locais da assistência que contam com profissionais muitas vezes não qualificados para verificar a correta colocação dos eletrodos.

Diante desse contexto, pesquisas recentes têm se concentrado no desenvolvimento de sistemas automatizados que detectam e corrigem automaticamente a inversão de eletrodos. Várias abordagens têm sido estudadas para a detecção da inversão de eletrodos em ECGs. Algumas delas incluem técnicas baseadas na análise dos padrões de sinais elétricos, métodos baseados em aprendizado de máquina e soluções comerciais com algoritmos embutidos para correção automática.

Um estudo desenvolvido por Amaral (2024), conduzido na Universidade Federal de Minas Gerais propôs um método de detecção baseado na quantificação da assimetria da distribuição de probabilidade dos sinais de ECG. Essa abordagem demonstrou eficácia na identificação de eletrodos posicionados incorretamente, contribuindo para a precisão diagnóstica.

Alguns dispositivos comerciais, como o eletrocardiógrafo ELI® 280, incorporam algoritmos avançados que analisam padrões fisiológicos normais para detectar inversões de eletrodos. Esses algoritmos ajudam a reduzir a necessidade de repetição de exames e minimizam os erros de diagnóstico. Empresas especializadas em dispositivos médicos têm desenvolvido sistemas patenteados que incorporam funcionalidades para detectar e corrigir automaticamente a inversão de eletrodos. Esses avanços demonstram o crescente interesse na resolução desse problema por meio de inovações tecnológicas.

---

Apesar desses avanços, a integração dessas soluções em equipamentos de ECG convencionais ainda enfrenta desafios, incluindo a validação clínica em larga escala e a padronização das técnicas de detecção.

## **ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Trata-se de um estudo multimétodo para o desenvolvimento de tecnologias. A materialização do sistema de detecção automática de inversão de eletrodos seguirá uma abordagem estruturada composta por quatro etapas principais. Inicialmente, será realizada uma revisão do estado da técnica, abrangendo pesquisas acadêmicas e soluções comerciais para identificar os melhores métodos já utilizados. Em seguida, será implementado um algoritmo baseado em processamento de sinais e, se necessário, aprendizado de máquina para a identificação de padrões de inversão nos sinais de ECG.

A terceira etapa envolverá o desenvolvimento de um protótipo de hardware capaz de capturar os sinais de ECG e processá-los em tempo real. Esse dispositivo será testado inicialmente em bancos de dados públicos de ECG e, posteriormente, validado utilizando simuladores de pacientes para medir sua eficácia na detecção de inversões. Finalmente, serão conduzidos testes práticos para avaliar a taxa de falsos positivos e negativos, garantindo a confiabilidade do sistema antes de sua aplicação clínica.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

Espera-se com a pesquisa em desenvolvimento:

- Desenvolvimento de um sistema automatizado para correção da inversão de eletrodos permitirá diagnósticos mais precisos, reduzindo erros de interpretação. Espera-se que esse sistema proporcione:
- Redução de Erros Diagnósticos: A detecção automática de inversão de eletrodos evitará diagnósticos incorretos e repetição de exames desnecessária (AMARAL, 2024).
- Maior Eficiência no Atendimento: A implementação de sistemas automáticos otimizará o tempo de profissionais de saúde, melhorando a eficiência das unidades de telemedicina (HILLROM, 2023).
- Facilidade de Integração em Equipamentos Existentes: O desenvolvimento de hardware compacto garantirá compatibilidade com dispositivos já em uso, reduzindo custos de implementação.

---

## CONCLUSÃO

A possibilidade de desenvolver um dispositivo para autoajuste da inversão de eletrodos é viável e pode ter impactos positivos na precisão diagnóstica em cardiologia. O avanço das pesquisas indica que a combinação de processamento de sinais e aprendizado de máquina é uma solução eficaz para o problema. Ademais, o desenvolvimento de dispositivos portáteis permitirá a expansão do uso em ambientes de telemedicina, beneficiando principalmente regiões remotas.

A metodologia proposta, baseada em revisão do estado da arte, desenvolvimento de algoritmos, construção de hardware e testes em bases de dados e simuladores de pacientes, reafirma a viabilidade da confecção do produto. Essa abordagem estruturada garante que a solução seja eficiente, confiável e passível de implementação em larga escala, contribuindo significativamente para a melhoria dos serviços de saúde.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, T. Método para Detecção Automática de Inversão de Eletrodos em Eletrocardiogramas. Universidade Federal de Minas Gerais, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-AU9HYR>. Acesso em: 5 mar. 2025.

BITTAR, P. Pesquisa do IBGE revela: brasileiro vai mal de Saúde, mas acredita que é saudável. Rádio Câmara, 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/radio/programas/257177-pesquisa-do-ibge-revela-brasileiro-vai-mal-de-saude-mas-acredita-que-e-saudavel>. Acesso em: 1 mar. 2025.

HILLROM. ELI® 280 Resting ECG. 2023. Disponível em: <https://www.hillrom.co.uk/content/dam/hillrom-aem/us/en/sap-documents/LIT/9515-9515-181-50-BRALITPDF.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.

HILLROM. Patente para Sistema de Detecção de Inversão de Eletrodos. 2023. Disponível em: <https://www.hillrom.lat/content/dam/hillrom-aem/us/en/sap-documents/LIT/80030/80030135LITPDF.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2025.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA POLÍTICAS DE SAÚDE (IEPS). 34% da população não tem acesso à atenção básica de saúde. CNN Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/ieps-aponta-que-34-da-populacao-nao-tem-acesso-a-atencao-basica-de-saude/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Cerca de 400 mil pessoas morreram em 2022 no Brasil

---

por problemas cardiovasculares. Biblioteca Virtual em Saúde, 2024. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/cerca-de-400-mil-pessoas-morreram-em-2022-no-brasil-por-problemas-cardiovasculares/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

QUESTÕES EM CARDIOLOGIA. Como Identificar Troca de Eletrodos no ECG. 2022. Disponível em: <https://www.questoesemcardiologia.com/post/como-identificar-troca-de-eletrodos-cabos-do-ecg>. Acesso em: 10 mar. 2025.

RJOOB, K. et al. Machine learning techniques for detecting electrode misplacement and interchanges when recording ECGs: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Electrocardiology*, v. 62, p. 116–123, set. 2020.

---

# Desenvolvimento de um aplicador intradermal modular para couro cabeludo

**Ícaro Galvão da Silva Ribeiro**

Engenheiro. Mestrando em Engenharia de Sistemas e Produtos – IFBA

## INTRODUÇÃO

O projeto “Desenvolvimento de Aplicador Intradermal em Couro Cabeludo” surge de uma parceria de PD&I entre o IFBA, a FEP e o Polo de Inovação Salvador - PIS/IFBA, credenciado à EMBRAPAII para soluções inovadoras em saúde.

Atualmente, a busca pela beleza impulsionou o mercado mundial no desenvolvimento de produtos para estética e bem-estar com destaque para os mais variados tipos de cabelo. Para Cash (2001), o cabelo possui grande importância social e sua perda impacta a autoestima. Conforme a Sociedade Brasileira de Dermatologia, no Brasil, 42 milhões de pessoas relatam queda capilar causada por fatores como deficiências nutricionais, estresse e distúrbios como alopecia androgenética, areata e por tração.

Estudo desenvolvido por Freitas e Cohen (2018) demonstra que a alopecia androgenética responde por 90% das consultas médicas sobre queda capilar em homens, afetando 20% aos 20 anos e 50% aos 50 anos. Em mulheres, acomete 10% antes da menopausa e 40% após. Neste sentido, Varella (2011) afirma que a alopecia areata, de origem autoimune, afeta 1% a 2% da população, podendo ocorrer em qualquer idade. Ainda para Reygagne e De Lacharrière (2005) a alopecia por tração é comum em afrodescendentes, agravada por penteados e alisamentos. Tais problemas requer soluções diversas podendo incluir o transplante capilar.

O transplante capilar é um dos principais tratamentos, com 81,1% dos pacientes diagnosticados com alopecia androgenética (International Society of Hair Restoration Surgery, 2022). Entretanto, 96,4% dos transplantes iniciais são realizados ilegalmente, muitas vezes sem sucesso devido à falta de cuidados pós-operatórios adequados.

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

O desenvolvimento do aplicador intradermal modular para couro cabeludo foi conduzido a partir de uma abordagem metodológica estruturada, combinando revisão bibliográfica, análise de mercado e aplicação de técnicas de design e engenharia. O objetivo é garantir um processo eficiente, inovador e alinhado às exigências técnicas e ergonômicas do produto.

Inicialmente, realizou-se um levantamento do estado da arte, incluindo patentes e tecnologias existentes, a fim de identificar soluções já aplicadas e oportunidades de

---

inovação. Esse estudo permitiu a formulação dos primeiros requisitos técnicos do dispositivo, considerando aspectos como funcionalidade, segurança e viabilidade de produção.

Na etapa de concepção do projeto, foram empregadas estratégias criativas, como *brainstorming* e técnicas de analogia, para explorar diferentes possibilidades de design e mecanismos. A biomimética foi utilizada como inspiração para otimizar a ergonomia e a eficiência do sistema de aplicação. A partir dessas ideias, desenvolveu-se a modelagem tridimensional do dispositivo, utilizando software CAD para simulação e ajustes antes da prototipagem física.

Com os modelos digitais validados, o projeto está atualmente na fase de fabricação dos primeiros protótipos. A impressão 3D está sendo empregada para a realização de testes de encaixe, resistência e desempenho mecânico. Além disso, estão sendo conduzidas simulações de uso para avaliar a eficiência do mecanismo de acionamento e a adequação da estrutura modular do dispositivo.

## RESULTADOS ESPERADOS

O desenvolvimento do Aplicador Intradermal para Couro Cabeludo visa proporcionar uma solução inovadora e eficiente para o tratamento capilar, trazendo benefícios tanto para profissionais da área da saúde quanto para usuários que desejam realizar procedimentos de forma prática e segura. Os principais resultados esperados incluem:

- **Precisão e Eficiência no Tratamento:** O dispositivo permitirá uma aplicação uniforme e controlada das substâncias no couro cabeludo, garantindo maior absorção dos ativos e otimizando os resultados terapêuticos.
- **Redução do Desperdício de Insumos:** O controle exato da dosagem minimizará o uso excessivo de produtos, tornando o tratamento mais sustentável e econômico.
- **Facilidade de Uso e Acessibilidade:** Com um design intuitivo e ergonômico, o aplicador poderá ser utilizado por diferentes perfis de usuários, inclusive em ambiente domiciliar.
- **Segurança e Conformidade com Normas Regulatórias:** O desenvolvimento do dispositivo seguirá padrões de segurança e qualidade, assegurando um produto confiável e adequado às exigências do setor.
- **Modularidade:** O aplicador será projetado para montagem e desmontagem com o mínimo de dificuldade.
- **Viabilidade Comercial e Produção em Larga Escala:** A escolha de materiais

---

resistentes e processos de fabricação otimizados facilitará a industrialização do produto, tornando-o acessível ao mercado.

Com essa tecnologia, espera-se ampliar o acesso a tratamentos capilares mais eficazes, proporcionando uma alternativa inovadora, segura e de alto desempenho para o combate à calvície e outros problemas relacionados à saúde capilar.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Aplicador Intradermal Modular para Couro Cabeludo segue um processo meticuloso de pesquisa aplicada, desenvolvimento de protótipos e validação experimental. Até o momento, os testes preliminares indicam que o dispositivo possui viabilidade técnica comprovada, demonstrando precisão e segurança na aplicação de substâncias para tratamentos capilares domiciliares.

A fase de prototipagem revelou a necessidade de ajustes nos sistemas de fixação, ergonomia da empunhadura, áreas que estão sendo refinadas para otimizar a funcionalidade geral do dispositivo.

Com a implementação dos refinamentos técnicos atualmente em curso, o projeto está avançando para a fase final de validação de desempenho. A previsão é de que o dispositivo seja capaz de fornecer uma solução altamente funcional, acessível e eficaz para a prática da mesoterapia capilar em ambiente domiciliar, mantendo os requisitos de segurança e eficiência terapêutica.

## REFERÊNCIAS

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. 73º Congresso da Sociedade Brasileira de Dermatologia. Curitiba, 2018.

VARELLA, Drauzio. Alopecia areata: O que você precisa saber. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/drauzio/artigos/alopecia-areata-artigo/>. Acesso em: 13 agosto. 2023.

CASH, The psychology of hair loss and its implications for patient care. Disponível em: [https://www.cidjournal.com/article/S0738-081X\(00\)00127-9/fulltext](https://www.cidjournal.com/article/S0738-081X(00)00127-9/fulltext). 2011. Acesso em: 10 outubro. 2023.

FREITAS, C. A. M.; COHEN, J. F. V. Fisiopatologia da alopecia androgenética: uma revisão da literatura. Porto Velho: Saber Científico, 2018. v. 7, n. 2, p. 1-7.

INTERNATIONAL SOCIETY OF HAIR RESTORATION SURGERY: 2022 PRACTICE CENSUS RESULTS. 2022 ISHRS Practice Census Results. Chicago, 2022. Disponível em: [https://ishrs.org/wp-content/uploads/2022/04/Report-2022-ISHRS-Practice-Census\\_04-19-22-FINAL.pdf](https://ishrs.org/wp-content/uploads/2022/04/Report-2022-ISHRS-Practice-Census_04-19-22-FINAL.pdf). Acesso em: 10 jun. 2023.

KOWALSKI SEI, M. C. Uso da mesoterapia em alopecia androgenética. BWS Journal , [S. l.], v. 3, p. 1–7, 2020. Disponível em:

---

<https://bwsjournal.emnuvens.com.br/bwsj/article/view/80>. Acesso em: 13 out. 2023.

MARTINS, Gustavo; FACHINI, Gabriel. Transplante capilar: técnica Fast FUE – Implantação durante todo o período de extração. *Surgical & cosmetic dermatology*, [S. l.],

p. 251, 13 out. 2023.

NEGRÃO, Mariana Merida Carrilo. *Microagulhamento bases fisiológicas e práticas*. São Paulo: Ed. CR8, 2015.

REYGAGNE, P.; DE LACHARRIÈRE, O. Alopecia. In: BOUILLON, C. & WILKINSON, J. *The Science of Hair Care*. 2ª Edição. USA: CRC Press Taylor & Francis Group, 2005. Cap. 19. p.602 - 620

---

# Sistema de monitoramento de risco da saúde mental do trabalhador

**Igor Leonardo da Rocha dos Santos**

Comunicólogo. Mestrando em Engenharia de Sistemas e Produtos IFBA

## INTRODUÇÃO

O impacto dos transtornos mentais relacionados ao trabalho vem crescendo significativamente em escala global, chamando a atenção tanto de pesquisadores quanto de gestores organizacionais. A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022) alerta que problemas relacionados à saúde mental resultam em perdas econômicas expressivas, devido à queda de produtividade, absenteísmo e custos adicionais com tratamentos para a saúde e encargos sociais. No contexto brasileiro, dados do Instituto Nacional do Seguro Social (INSS, 2022) destacam que os transtornos mentais já representam a segunda maior causa de afastamento laboral, perdendo apenas para doenças osteomusculares.

Um levantamento realizado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz, 2023) constatou que, aproximadamente, 30% dos trabalhadores brasileiros apresentam sintomas clínicos de ansiedade e depressão diretamente relacionados às condições psicossociais adversas no ambiente de trabalho. Complementarmente, um estudo da International Stress Management Association no Brasil (ISMA-BR, 2023) apontou que 72% dos profissionais brasileiros relatam níveis elevados de estresse ocupacional, mencionando como principais fatores o excesso de demandas, pressões por resultados e conflitos interpessoais no ambiente laboral.

Liu et al. (2023) destacam que avaliar o risco de riscos ocupacionais é uma das etapas fundamentais para lidar com um problema de análise de risco e complementam que, uma das principais fragilidades nas empresas é a ausência de sistemas estruturados capazes de monitorar continuamente e identificar precocemente os riscos psicossociais, resultando em intervenções tardias e, frequentemente, insuficientes. Os autores reforçam que isso agrava os quadros de saúde mental, levando a afastamentos prolongados e onerando significativamente às organizações em termos de custos diretos e indiretos, além de prejuízos sociais expressivos.

O cenário atual evidencia a necessidade urgente de desenvolver ferramentas eficazes para o monitoramento contínuo da saúde mental dos trabalhadores, permitindo a identificação precoce de situações de risco e a implementação de intervenções preventivas que minimizem os impactos negativos dos transtornos mentais sobre trabalhadores e empregadores. Para enfrentar essa problemática, propõe-se a criação de um Sistema de Monitoramento de Riscos da Saúde Mental do Trabalhador, baseado em tecnologias digitais avançadas e metodologias de inteligência de dados para avaliar continuamente fatores psicossociais no ambiente

---

laboral. Esse sistema tem o potencial de transformar a gestão da saúde mental ocupacional, proporcionando ações preventivas ágeis, eficazes e direcionadas, promovendo a qualidade de vida dos trabalhadores e fortalecendo a sustentabilidade organizacional.

## **ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Trata-se de um estudo tecnológico, multimétodos de caráter quantitativo e qualitativo, organizada em cinco etapas descritas a seguir:

### **Pesquisa bibliográfica e documental**

Objetivo: Identificar, por meio de revisão sistemática, o estado da arte sobre instrumentos e metodologias já existentes para o monitoramento de saúde mental ocupacional, bem como as melhores práticas em gestão psicossocial no trabalho. Serão utilizadas como fontes: artigos científicos em bases de dados acadêmicas (PubMed, Scopus, BVS em saúde), relatórios institucionais (OMS, Fiocruz, OIT) e documentos governamentais (INSS, Ministério da Saúde, Ministério do Trabalho).

### **Pesquisa de campo**

Objetivo: Realizar o levantamento e identificação das principais variáveis psicossociais que impactam a saúde mental dos trabalhadores, com foco especial nos fatores relacionados ao desenvolvimento da Síndrome de Burnout, hoje categorizada como doença ocupacional pela OMS. Serão utilizadas como técnicas: aplicação de entrevistas semiestruturadas com profissionais e especialistas na área da saúde ocupacional e saúde mental; entrevistas individuais com gestores e profissionais da área de recursos humanos para entender o contexto organizacional e as políticas atuais relacionadas à saúde mental; e estudo e aplicação de formulários psicométricos validados cientificamente, para aferir níveis de ansiedade e depressão nos trabalhadores, fatores reconhecidamente associados ao risco de desenvolvimento da síndrome de Burnout. Esta fase estará sujeita à aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP.

### **Validação e implementação do protótipo de software**

Objetivo: Avaliar a efetividade e validade do sistema desenvolvido. Esta fase contará com a realização de estudo piloto envolvendo uma amostra representativa de trabalhadores em diferentes setores produtivos; aplicação de questionários quantitativos (pré e pós-teste) e entrevistas qualitativas individuais para avaliar a percepção dos usuários quanto à funcionalidade, usabilidade e efetividade do sistema; análise estatística quantitativa dos dados coletados para avaliação da eficácia do sistema em identificar situações de risco precocemente.

---

## **Análise de dados e avaliação dos resultados**

Objetivo: Avaliar os resultados obtidos na aplicação do sistema e definir ajustes necessários para ampliação e escalabilidade da solução. Para esta etapa da pesquisa, usar-se-á uma análise quantitativa descritiva e inferencial dos dados coletados; aplicação de métodos estatísticos avançados, incluindo análises fatoriais e testes de confiabilidade interna (Alpha de Cronbach) das escalas; e entrevistas qualitativas com gestores e trabalhadores para entender a aceitação, utilidade percebida e eventuais barreiras no uso do sistema.

## **Disseminação e recomendações**

Objetivo: Sistematizar os resultados obtidos e formular recomendações práticas para implementação ampla, sugerindo diretrizes claras às organizações para prevenção e intervenção precoce em riscos psicossociais. Por fim, serão entregues os produtos finais: Software de Sistema de Monitoramento de Riscos da Saúde Mental do Trabalhador; relatórios técnicos, manuais operacionais do Sistema e recomendações práticas para empresas e gestores.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

A implantação de um Sistema de Monitoramento de Riscos da Saúde Mental do Trabalhador pretende alcançar resultados concretos diante dos desafios relacionados ao adoecimento mental no ambiente laboral. Espera-se inicialmente que o monitoramento contínuo possibilite uma identificação precoce dos sinais de ansiedade, depressão e Burnout, favorecendo intervenções imediatas e assertivas. Com isso, é possível reduzir a gravidade e o tempo necessário para recuperação dos quadros clínicos, prevenindo o agravamento das condições de saúde dos trabalhadores.

Outro resultado relevante é a redução significativa do absenteísmo e do presenteísmo, aspectos diretamente relacionados ao adoecimento mental dos trabalhadores. Ao permitir ações preventivas eficazes, o sistema poderá diminuir tanto a frequência das faltas quanto os casos em que os trabalhadores estão presentes, porém com baixo desempenho devido a sintomas de adoecimento mental. Isso impacta positivamente na produtividade individual e coletiva, gerando resultados econômicos diretos e indiretos para as organizações.

Por fim, a adoção de uma gestão mais proativa e humanizada da saúde mental, por meio do sistema proposto, poderá melhorar substancialmente a qualidade de vida e o clima organizacional. Espera-se que os trabalhadores se sintam mais satisfeitos e engajados, com relações interpessoais mais saudáveis, o que contribui para a construção de um ambiente de trabalho mais positivo, acolhedor e produtivo.

Finalmente, o sistema fornecerá dados robustos e contínuos que poderão ser utilizados pelas áreas de Recursos Humanos e Saúde Ocupacional como base

---

estratégica para formulação de políticas internas voltadas à promoção e prevenção da saúde mental. Além disso, os resultados obtidos contribuirão para a literatura científica sobre saúde mental ocupacional, podendo apoiar também políticas públicas que busquem proteger a saúde dos trabalhadores em um contexto mais amplo.

## CONCLUSÃO

O cenário apresentado revela uma lacuna crítica na gestão da saúde mental ocupacional, que ainda é predominantemente reativa. A implementação do Sistema de Monitoramento de Riscos da Saúde Mental do Trabalhador propõe mudar esse cenário, adotando uma abordagem contínua e preventiva, essencial para antecipar riscos e reduzir significativamente casos de ansiedade, depressão e Burnout nas organizações.

Ao possibilitar ações estratégicas baseadas em dados contínuos e precisos, o sistema favorece ambientes laborais mais saudáveis, produtivos e humanizados, refletindo positivamente no clima organizacional e no desempenho dos trabalhadores.

Espera-se que geração de dados robustos contribua de maneira decisiva para avanços científicos e a criação de políticas internas mais eficazes, impactando positivamente a gestão da saúde mental ocupacional em nível acadêmico, organizacional e social.

## REFERÊNCIAS

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Janeiro Branco: plataforma IdeiaSUS Fiocruz destaca práticas de saúde mental e atenção psicossocial. Agência Fiocruz de Notícias, 30 jan.

2023. Disponível em:

<https://agencia.fiocruz.br/janeiro-branco-plataforma-ideiasus-fiocruz-destaca-praticas-de-saude-mental-e-atencao-psicossocial>. Acesso em: 04 jul. 2024.

Ilu, R.; Liu, H.; Shi, H.; Gu, X. Occupational health and safety risk assessment: A systematic literature review of models, methods, and applications. *Safety Science*, 2023. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753522003897>. Acesso em: 20 jun. 2023.

Organização Mundial da Saúde (OMS). OMS e OIT fazem chamado para novas medidas de enfrentamento das questões de saúde mental no trabalho. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), 28 set. 2022. Disponível em:

<https://www.paho.org/pt/noticias/28-9-2022-oms-e-oit-fazem-chamado-para-novas-medidas-enfrentamento-das-questoes-saude>. Acesso em: 01 mar. 2025.

---

# Dispositivo complementar de climatização para atendimento à NBR 7256/2022

**Kelvin Cruz de Oliveira**

Engenheiro. Mestrando em Engenharia de Sistemas e  
Produtos - IFBA

## INTRODUÇÃO

A NBR 7256/2022 estabelece requisitos para sistemas de climatização em ambientes hospitalares, visando garantir a qualidade do ar e o conforto térmico necessários para a segurança e o bem-estar dos pacientes. Contudo, muitos estabelecimentos de saúde, tanto públicos quanto privados, ainda utilizam sistemas de climatização simples e inadequados às normas vigentes. Estudos desenvolvidos por Souza, et all. (2019) e Silva (2020) demonstram que a inadequação desses sistemas pode comprometer a qualidade do ar, aumentando o risco de infecções hospitalares.

Apesar dos avanços tecnológicos, para Costa et all. (2021) a implementação de sistemas de climatização que atendam plenamente às exigências normativas enfrenta desafios significativos, especialmente em termos de custo e compatibilidade com as instalações existentes. Neste contexto, este estudo propõe o desenvolvimento de um dispositivo complementar de climatização capaz de realizar as filtrações de classes G4 e F8 combinadas, como requerido na maior parte dos ambientes hospitalares pela NBR 7256/2022, e controlar a umidade através da variação de vazão do ar, utilizando ventiladores independentes em série com o ventilador do equipamento existente para fornecer pressão estática suficiente para vencer a perda de carga oferecida pelos filtros.

Atualmente os evaporadores do tipo hi-wall que se propõem a fazer uma filtração, além de terem uma classificação nebulosa em relação à norma, como no caso dos filtros de chá verde, íon prata, anti bactéria e carvão ativado (GREE,2024), apresentam outras limitações. Estes filtros abrangem menos de 30% da área de passagem do ar, não cumprindo o requisito de filtração do ar de insuflação conforme exigido pela norma. O mesmo acontece com outras opções, como o evaporador TCL Fresh in, que se propõe a realizar filtração do tipo HEPA (superior aos níveis G4+F8) combinada com outras três etapas de filtração (TCL, 2024).

Embora seja uma solução eficaz, ela se limita apenas ao ar exterior, não contemplando o ar de insuflação e estando, portanto, em desacordo com o estabelecido pela norma. A edição de setembro de 2023 da revista ABRAVA apresentou uma solução técnica de menor investimento para aplicação da ABNT NBR 7256, combinando um microventilador independente do evaporador (não acoplado a ele) compensando a filtração do com mesma vazão do ar insuflado, um segundo

---

microventilador independente do evaporador para renovação de ar e um desumidificador ambiente, para controle da umidade, resultando em três equipamentos não integrados ao evaporador. Esta solução não atende integralmente à norma, uma vez que o a vazão de ar insuflado passa a ser o dobro da inicial, enquanto está sendo filtrado apenas 50% do ar, e é justamente o insuflamento, responsável pela movimentação do ar, que pode potencializar o risco de infecções quando não contar com filtragem adequada.

Assim, espera-se que esse dispositivo possibilite a adaptação dos equipamentos de climatização tipo hi-wall já instalados, tornando-os conformes com a NBR 7256/2022 e, conseqüentemente, mais seguros e eficientes.

## **ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Estudo de desenvolvimento tecnológico guiado por cinco etapas descritas a seguir:

### **Pesquisa de Anterioridades e Similaridades:**

Estudo de patentes, dispositivos comerciais e soluções que abordam o mesmo problema ou parte dele, avaliando suas limitações e vantagens. Este é um tópico a ser aprofundado e atualizado durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

### **Projeto e Simulação:**

Nesta fase serão utilizados softwares de modelagem para projetar o dispositivo complementar de climatização, incluindo os ventiladores independentes em série com o ventilador do evaporador e o sistema de controle de vazão de ar. Ainda serão realizadas simulações computacionais para prever o desempenho do dispositivo em diferentes condições operacionais.

### **Protótipo e Testes experimentais:**

Esta etapa do estudo centra-se na construção de um protótipo do dispositivo envolvendo testes experimentais em laboratório para avaliar a eficácia das filtragens G4 e F8 e o controle de umidade. Nesta fase poderá ocorrer ajustes no estudo de desenvolvimento com base nos resultados dos testes.

### **Validação em Campo:**

A fase de validação contará com a instalação do protótipo em unidades de saúde, previamente aprovada e com anuência das mesmas com vistas à aplicação de testes em condições reais de uso. Esta etapa caracteriza-se como parte fundamental para a coleta e análise de dados de desempenho.

---

## RESULTADOS ESPERADOS

A pesquisa pretende produzir um dispositivo complementar de climatização que permita a adequação de equipamentos existentes às exigências da NBR 7256:2022. Os principais resultados esperados incluem:

- Melhoria significativa na qualidade do ar em ambientes hospitalares;
- Redução do risco de infecções hospitalares relacionadas à climatização inadequada;
- Viabilidade econômica e técnica da implementação do dispositivo em larga escala;
- Contribuição para o avanço das tecnologias de climatização em unidades de saúde, alinhando-se às normas vigentes.

## CONCLUSÃO

O dispositivo proposto representa uma solução viável para a adequação de sistemas de climatização hospitalares à NBR 7256/2022. A pesquisa contribui para a melhoria da qualidade do ar em ambientes de saúde, reduzindo riscos de infecção hospitalar, uma vez que se destaca por sua aplicabilidade em equipamentos existentes, proporcionando uma alternativa mais acessível às unidades de saúde;

É importante salientar que este sistema não visa substituir as soluções existentes, que são adequadas e atendem perfeitamente às unidades de maior porte e com alta capacidade de investimento. Este estudo dedica-se às instalações existentes com baixa capacidade de investimento e que desejam adequar-se à norma e oferecer mais saúde aos seus pacientes.

## REFERÊNCIAS

ABRAVA. Soluções técnicas de menor investimento para aplicação da ABNT NBR 7256.

Revista ABRAVA + Climatização & Refrigeração, São Paulo, n. 114, p. 65-70, set. 2023.

ASHRAE. (2017). ASHRAE Handbook—Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

COSTA, A. B., SILVA, R. M., & PEREIRA, L. F. (2021). Tecnologias de Climatização para Ambientes Hospitalares. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26(4), 543-552.

FISK, W. J., & SEPPANEN, O. (2007). Providing better indoor environmental quality brings economic benefits. ASHRAE Journal, 49(4), 18-22.

GREE. G-Top Plus. Disponível em: [https://gree.com.br/wp-content/uploads/2021/09/AF\\_flyer\\_gtop\\_plus\\_dig\\_00a.pdf](https://gree.com.br/wp-content/uploads/2021/09/AF_flyer_gtop_plus_dig_00a.pdf). Acesso em: 31 jul. 2024.

---

LI, Y., LEUNG, G. M., TANG, J. W., YANG, X., CHUYAN, C. H., & LEUNG, P. (2015). Role

of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air*, 27(4), 793-809.

SILVA, M. L. (2020). Qualidade do Ar e Infecções Hospitalares: Uma Revisão Sistemática.

*Journal of Hospital Infection*, 105(1), 30-40.

SOUZA, P. R., MENDES, J. C., & FERNANDES, A. C. (2019). Análise da Conformidade dos Sistemas de Climatização em Hospitais Públicos. *Engenharia Hospitalar*, 34(2), 112-120.

TCL.FreshIN 2.0 - Ar condicionado. Disponível em: <https://www.tcl.com/br/pt/air-conditioners/freshin-2-0>. Acesso em: 31 jul. 2024.

WANG, C. C., PRATHER, K. A., SZNITMAN, J., JIMENEZ, J. L., & HOFFMANN, T. (2021).

Airborne transmission of respiratory viruses. *Science*, 373(6558), 1251-1255.

---

# **Análise e otimização de sistema de poligeração híbrido: modelagem, simulação e projeto básico de geração energética aplicado a uma unidade de saúde**

**Magno Bernardo do Nascimento Silva**  
Engenheiro. Mestrando em Engenharia de Sistemas e  
Produtos– IFBA

## **INTRODUÇÃO**

A crescente demanda por eficiência energética e sustentabilidade no setor hospitalar tem impulsionado pesquisas sobre sistemas de cogeração, trigeração e poligeração. Estudos indicam que hospitais e unidades de saúde consomem grandes quantidades de energia devido à necessidade de operação ininterrupta de equipamentos médicos, climatização e suporte a sistemas críticos. Segundo estudos de Pina, Lozano e Serra (2018), a integração de fontes renováveis em unidades de saúde pode resultar em uma economia de até 70% no consumo energético, reforçando a viabilidade de soluções inovadoras.

A dependência excessiva da rede elétrica representa um desafio significativo, uma vez que falhas no fornecimento de energia podem comprometer a segurança dos pacientes e a operação de equipamentos vitais. O sistema tradicional, baseado em fornecimento centralizado, não apenas aumenta a vulnerabilidade das unidades de saúde, como também gera altos custos operacionais e impactos ambientais. Alternativas energéticas, como a cogeração e a poligeração híbrida, surgem como respostas estratégicas para garantir um fornecimento contínuo e sustentável.

A poligeração híbrida se apresenta como a solução mais abrangente, combinando fontes como gás natural, biometano e energia solar para produzir eletricidade, calor e resfriamento de forma integrada. Além de proporcionar maior eficiência energética, a utilização de múltiplas fontes reduz a dependência da matriz elétrica convencional e minimiza as emissões de carbono. Pesquisas recentes, como as de Baker e Zhang (2021), destacam que sistemas híbridos de poligeração têm potencial para transformar unidades de saúde em autoprodutoras de energia, aumentando a resiliência operacional e reduzindo custos a longo prazo.

Dessa forma, o problema identificado na pesquisa reside na falta de segurança energética e alto custo operacional das unidades de saúde, agravados pela dependência da rede elétrica tradicional. Como solução, propõe-se a adoção de um sistema de poligeração híbrido, capaz de suprir as demandas energéticas hospitalares por meio da integração de fontes renováveis e convencionais, garantindo maior eficiência, sustentabilidade e segurança no fornecimento de energia.

---

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

A metodologia desta pesquisa estrutura-se com base em uma combinação de revisão bibliográfica, levantamento de demandas energéticas, modelagem computacional e análise técnica para avaliar a viabilidade da poligeração em unidades de saúde. Essa abordagem permite compreender as necessidades energéticas do setor hospitalar e como sistemas inovadores podem contribuir para uma transição mais eficiente e sustentável.

A primeira etapa consistiu na revisão da literatura existente, com foco em pesquisas recentes sobre poligeração, cogeração e integração de fontes renováveis em sistemas energéticos hospitalares. Foram analisadas publicações indexadas em bases de dados renomadas, como Web of Science e Scielo, para identificar estudos relevantes que fundamentam o desenvolvimento e a otimização desses sistemas.

O estudo também envolveu um diagnóstico detalhado do consumo energético das unidades de saúde, considerando parâmetros como carga térmica, consumo elétrico e padrões de demanda sazonal. Foram analisados diferentes setores hospitalares, incluindo consultórios, salas cirúrgicas e sistemas de climatização, a fim de entender os pontos críticos de consumo e oportunidades de eficiência.

Para avaliar o desempenho do sistema proposto, foram utilizadas simulações computacionais baseadas no software TRNSYS 18. Esse software permite modelar e analisar sistemas energéticos complexos, considerando variáveis como fontes de energia primária, eficiência de conversão e armazenamento de energia. A modelagem contemplou a integração de gás natural, biometano e energia solar fotovoltaica, garantindo uma visão abrangente da interação entre essas fontes. Os resultados das simulações foram analisados sob três perspectivas principais:

**Técnica:** verificação da viabilidade do sistema proposto em relação à estabilidade do fornecimento energético, confiabilidade operacional e compatibilidade com a infraestrutura hospitalar.

**Econômica:** análise de custos de implantação e operação do sistema, comparando com sistemas convencionais de suprimento energético.

**Ambiental:** estudo da redução das emissões de CO<sub>2</sub> e do impacto da transição para fontes de energia mais limpas.

A metodologia também incluiu uma decomposição funcional do sistema de poligeração para entender a interação entre seus módulos. O fluxograma de pesquisa apresentado a seguir contemplou as seguintes etapas:

Etapas de Entrada:

**Unidade de Saúde:** Representa a instalação que será analisada para implementação do sistema de poligeração. Inclui a planta da unidade, características estruturais e necessidades energéticas.

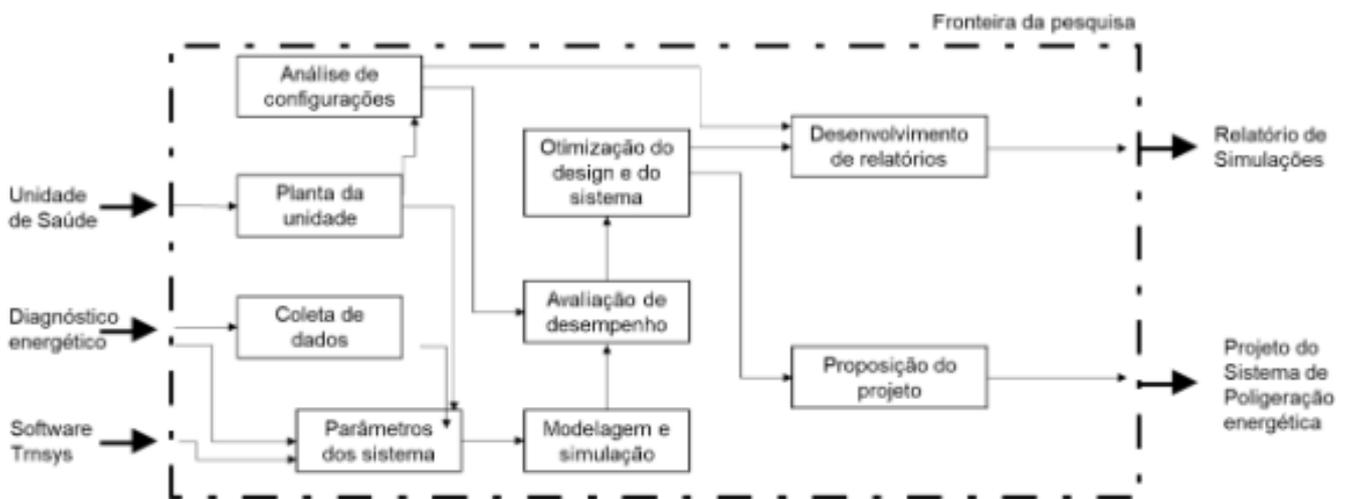
**Diagnóstico Energético:** Envolve a coleta de dados sobre o consumo energético atual da unidade. Identifica padrões de demanda elétrica, térmica e de refrigeração, além da confiabilidade do fornecimento de energia.

Software TRNSYS: Ferramenta utilizada para modelagem e simulação do sistema de poligeração. Permite testar diferentes configurações e otimizar a eficiência do sistema com base nos dados coletados.

Etapas de Saída:

Relatório de Simulações: Documento contendo os resultados obtidos por meio das simulações computacionais. Apresenta dados de desempenho energético, eficiência, impactos ambientais e econômicos.

Projeto do Sistema de Poligeração Energética: Resultado final do estudo, detalhando a configuração ideal do sistema de poligeração para a unidade de saúde. Inclui recomendações para implementação, tecnologias utilizadas e estimativas de redução de custos e emissões.



Fonte da Imagem: Autoria própria

## RESULTADOS ESPERADOS

A implementação de um sistema de poligeração híbrida em unidades de saúde visa não apenas atender à demanda energética dessas infraestruturas críticas, mas também solucionar problemas fundamentais relacionados à eficiência energética, segurança no fornecimento, sustentabilidade e custos operacionais. A seguir, detalham-se seis eixos dos principais resultados esperados para resolver os desafios identificados.

- **Eficiência Energética e Redução de Custos:** a utilização de um sistema integrado de cogeração e trigeração melhora significativamente a eficiência energética, aproveitando fontes de calor residual para geração de eletricidade, aquecimento e refrigeração. Os ganhos esperados incluem: aproveitamento de calor residual da geração de eletricidade, reduzindo o desperdício energético, redução do consumo de energia elétrica da rede pública por meio da autogeração com fontes híbridas (solar, biometano e gás natural) e diminuição dos custos operacionais da

---

unidade de saúde, devido à otimização do uso energético e à redução da necessidade de energia comprada da concessionária.

- **Segurança Energética e Continuidade Operacional:** um dos maiores desafios das unidades de saúde é garantir um fornecimento de energia contínuo e confiável, visto que interrupções podem comprometer equipamentos médicos essenciais. Com o sistema proposto, espera-se: redundância energética por meio da integração de múltiplas fontes, como solar, biometano e gás natural, mitigação de falhas da rede elétrica externa, assegurando operação ininterrupta da unidade hospitalar e maior autonomia energética da instalação, tornando-a menos dependente de concessionárias e de geradores a diesel emergenciais.
- **Sustentabilidade e Redução de Emissões:** a integração de fontes renováveis no sistema de poligeração contribui para a redução da pegada de carbono, tornando a operação hospitalar mais sustentável. Os benefícios ambientais incluem: diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> com a substituição parcial de combustíveis fósseis pelo biometano, menor dependência de combustíveis altamente poluentes, como óleo diesel, tradicionalmente utilizado em geradores de backup e aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de biogás/biometano, promovendo um ciclo sustentável de energia dentro do próprio hospital.
- **Adaptação a Demandas Variáveis e Flexibilidade Operacional:** as unidades de saúde possuem demandas energéticas dinâmicas e variáveis, exigindo soluções flexíveis para atender a diferentes cenários operacionais. A poligeração híbrida proporciona: modulação de carga energética, ajustando a produção conforme a necessidade do hospital, capacidade de integração com futuras tecnologias, como armazenamento de energia e redes inteligentes e flexibilidade para operar com diferentes matrizes energéticas, garantindo resiliência diante de flutuações no mercado energético.
- **Qualidade do Ambiente Interno e Conforto Térmico:** o conforto térmico e a qualidade do ar interno são essenciais para o bem-estar de pacientes, profissionais e visitantes. A trigeração e o aproveitamento térmico otimizam: melhoria da climatização hospitalar, reduzindo o uso de sistemas individuais menos eficientes (splits), controle mais eficiente da temperatura e umidade, essencial para a operação de equipamentos médicos sensíveis e maior qualidade do ar interno, devido à renovação do ar em sistemas centralizados.
- **Viabilidade Econômica e Possibilidades de Expansão:** a aplicação da

---

poligeração híbrida é viável e pode ser replicada em outras infraestruturas críticas, como hospitais de grande porte, centros de pesquisa e indústrias. As projeções econômicas indicam: redução da fatura de energia a médio e longo prazo, retorno sobre o investimento positivo, impulsionado pela economia operacional e por incentivos fiscais para o uso de fontes renováveis e potencial de expansão e replicação, servindo de modelo para outras instituições de saúde.

Os resultados esperados com a implementação do sistema de poligeração híbrido demonstram a viabilidade de tornar unidades de saúde mais autossuficientes, eficientes e sustentáveis, resolvendo desafios críticos de fornecimento de energia, segurança operacional e impacto ambiental. O estudo avança na busca por soluções energéticas inovadoras, alinhadas às necessidades do setor hospitalar e aos objetivos globais de desenvolvimento sustentável.

## CONCLUSÃO

A implementação de um sistema de poligeração híbrida em unidades de saúde se apresenta como uma solução inovadora e eficaz para enfrentar desafios relacionados à eficiência energética, segurança operacional e sustentabilidade. Ao integrar fontes renováveis, como energia solar e biometano, com a flexibilidade do gás natural, a unidade hospitalar pode alcançar um nível superior de autossuficiência, minimizando sua dependência da rede elétrica convencional.

A análise conduzida evidencia que a combinação das tecnologias de cogeração e trigeração permite não apenas um melhor aproveitamento dos insumos energéticos, mas também reduz emissões de carbono, promove o uso sustentável de recursos e melhora a confiabilidade do fornecimento de energia. Este modelo é particularmente relevante para hospitais e centros de saúde, que possuem demandas energéticas elevadas e necessitam de fornecimento ininterrupto para manter suas operações críticas.

Do ponto de vista econômico e operacional, o sistema se mostra viável, com um potencial de redução de custos operacionais e otimização da infraestrutura energética. Além disso, há um alinhamento direto com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, reforçando a importância de políticas públicas e investimentos estratégicos para viabilizar esse tipo de transição energética.

Diante desses aspectos, conclui-se que a poligeração híbrida representa um avanço significativo no setor de energia para unidades de saúde, oferecendo benefícios econômicos, ambientais e operacionais. A adoção dessa abordagem pode servir como modelo replicável para outras instituições, fomentando um futuro mais sustentável e eficiente para o setor hospitalar e para o sistema energético como um todo.

---

## REFERÊNCIAS

BAKER, J.; ZHANG, W. Advances in Hybrid Polygeneration Systems for Healthcare Facilities. *Journal of Energy Engineering*, v. 147, n. 3, p. 1-15, 2021.

CHENG, H.; LIU, X. Micro-CHP Systems and Their Application in Healthcare Facilities. *Applied Thermal Engineering*, v. 125, p. 50-62, 2017.

JOHNSON, P.; DAVIS, M. Cogeração e Eficiência Energética: Um Estudo de Caso em Hospitais. *Energy Reports*, v. 5, p. 120-136, 2019.

PATEL, R.; THOMPSON, L. Trigeração em Unidades de Saúde: Benefícios e Aplicações. *Renewable Energy Systems*, v. 12, n. 4, p. 265-280, 2020.

PINA, E. A.; LOZANO, M. A.; SERRA, L. M. Sistemas de Poligeração: Análise de Eficiência Energética em Infraestruturas Críticas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82, p. 1203-1215, 2018.

SRIKHIRIN, P.; APHORNATANA, S.; CHUNGPAIBULPATANA, S. Absorption Refrigeration Using Waste Heat: A Sustainable Solution for Healthcare Facilities. *International Journal of Refrigeration*, v. 24, n. 1, p. 19-31, 2001.

SZKLO, A. S.; SCHAEFFER, R.; DELGADO, F. A Geração Distribuída e a Segurança Energética em Hospitais Brasileiros. *Energy Policy*, v. 32, n. 7, p. 949-964, 2004.

---

# Desenvolvimento de uma tecnologia voltada para a exaustão hospitalar

**Magno Morelli de Medeiros**

Engenheiro. Mestrando em Engenharia de Sistemas e  
Produtos – IFBA

## INTRODUÇÃO

Todos os anos, mais de 5 milhões de pessoas morrem prematuramente de doenças atribuíveis à má Qualidade do Ar Interior (QAI). Acrescenta-se que tecnologias capazes de controlar ativos biológicos como vírus, bactérias, fungos e demais microrganismos em suspensão aerotransportados no ambiente hospitalar são raras. Na Suécia, o *National Board of Health and Welfare*, 2006 informou que além do sofrimento pessoal, a transmissão de doenças infecciosas durante operações chega a custar centenas de milhões de reais.

No Brasil, a regulamentação nacional mais importante da QAI é a Resolução 09 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (ANVISA, 2003). Tal resolução estabelece como parâmetros de avaliação da QAI temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, dióxido de carbono, bem como concentração de fungos viáveis, relação fungos viáveis interior/externo e material particulado (MP10). Partículas inaláveis MP10 podem ser definidas como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10  $\mu\text{m}$ , portanto podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares.

O controle de temperatura, umidade e velocidade do ar nos ambientes climatizados garante conforto, mas ainda assim os ambientes são suscetíveis à disseminação de aerossóis e outros contaminantes pelo próprio conceito de homogeneização dos parâmetros termo-higrométricos. O principal método de transmissão de doenças pelo ar é o aerossol, deste modo, as bactérias, os vírus e outros microrganismos são espalhados para o ar continuamente por pessoas na sala ou de salas adjacentes quando as portas são abertas. A pandemia pelo SARS-CoV-2 (vírus da Covid-19) foi o exemplo recente de transmissão por aerossóis.

As principais fontes de contaminantes tratadas em diversas literaturas consagradas dividem-se em cinco grupos: envoltória da sala de operação, paciente, equipe médica, instrumentos e fontes externas à sala. Todas essas fontes propagam partículas nocivas através do ar (ou do contato), fato do qual se observa a importância do controle aerodinâmico e de filtragem do ar interior para mitigação dos riscos de contaminação. Para controle da direção de partículas em suspensão, o sistema de condicionamento de ar com fluxo unidirecional (laminar) é um dos sistemas mais recomendados.

A Norma Brasileira ABNT NBR 7256 - Tratamento de Ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS): Requisitos para projeto e execução das instalações

classifica os ambientes encontrados nos estabelecimentos assistenciais de saúde em cinco: 1. Ambiente Protetor (PE); 2. Centro Cirúrgico (CC); 3. Ambientes de Isolamento de Infecções por Aerossóis, materiais contaminados e emissão de vapores/gases (All); 4. Ambiente Associado (AA); 5. Ambiente Operacional (AO).

Nas salas cirúrgicas (ambiente CC), o objetivo dos sistemas de ar condicionado é o controle de temperatura, umidade, de particulado e conseqüentemente de microrganismos, bem como remover gases anestésicos, promover a renovação de ar, impedir a entrada de particulado oriunda de áreas adjacentes, e controle acústico. Com exceção da remoção dos gases anestésicos, a mesma avaliação qualitativa da importância do ar condicionado quanto a biossegurança pode ser replicada aos demais ambientes – obviamente a criticidade e, portanto, parâmetros quantitativos, são ajustados para cada aplicação/ambiente.



Figura 1 - Configuração de Grelhas de Retorno em Hospitais (Fonte: ASHRAE 2019)

Nos ambientes de isolamento de infecções por aerossóis (All), a norma brasileira estabelece que os pontos de captação do retorno e do ar de expurgo devem ser instalados preferencialmente próximos à cabeceira, atrás ou lateralmente à cama a certa altura do piso; configuração fundamentada na literatura científica especializada, como em publicações ASHRAE. Esta norma ainda orienta que a contaminação cruzada pode ser reduzida com a instalação de anteparos sólidos nas laterais da cama, na altura da cabeça do paciente. Contudo, verifica-se que a realidade da configuração das grelhas de exaustão em salas limpas em muitos hospitais ao redor do mundo pode ser bem diferente entre si e com relação ao ideal para mitigação dos riscos de infecção (vide figura 1).

Vale ainda observar que o projeto atual de ventilação de acordo com as normas de clima interno existentes EN 16798-1:2019 e ISO 17772-1:2017 tem se limitado ao

uso de critérios de ventilação com base na qualidade do ar percebida (odores), dependente das emissões de humanos e de edifícios e no controle da concentração de poluentes específicos.

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

Trata-se de um estudo de desenvolvimento de produto onde será utilizada a metodologia da engenharia de sistemas denominada modelo V como representado na figura 2, em que o projeto flui em cascata dos requisitos do sistema para o dos componentes, com verificações e validações nos diferentes estágios, até a integração e solução completa do sistema.

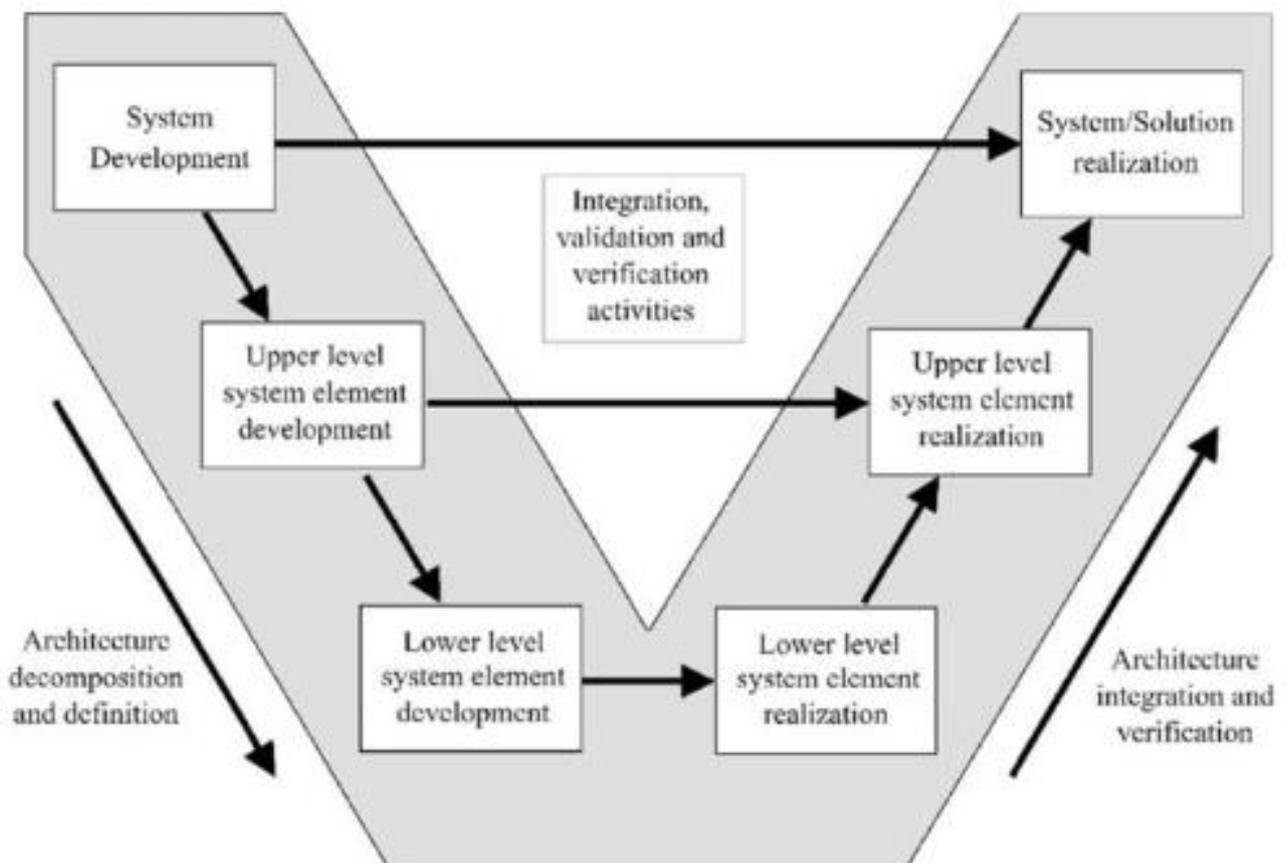


Figura 2 - Modelo V da Engenharia de Sistemas (autor: INCOSE)

## RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se desenvolver um equipamento auxiliar de exaustão/expurgo do ar interior, com foco em estabelecimentos assistenciais de saúde, para melhor gestão da QAI no que se refere à redução dos ativos biológicos e, por conseguinte das doenças transmitidas por aerossóis.

---

## REFERÊNCIAS

CAPULLI, Domenico. Tecnologias de depuração biológica do ar em ambientes climatizados. Conbrava, [s. L.], 2021. Disponível em: [https://schenautomacao.com.br/abrava21/anais/files/trabalho\\_40.pdf](https://schenautomacao.com.br/abrava21/anais/files/trabalho_40.pdf). Acesso em: 13 fev. 2024.

CAPANEMA, Stephanie da Silva Diniz; PETRONI, Robson; VIANNA, Nelzair Araujo. Qualidade do ar interior no Brasil durante o período da pandemia de SARS-CoV-2. CONBRAVA, [s. l.], 2023. Disponível em: [https://conbrava.com.br/site/wpcontent/uploads/2023/09/trabalho2\\_64.pdf](https://conbrava.com.br/site/wpcontent/uploads/2023/09/trabalho2_64.pdf). Acesso em: 25 fev. 2024.

LÖNDAHL, Jakob et al. Energy-efficient ventilation for hospitals and cleanroom environments in the industrial sector. E2B2 - Research and innovation for energy-efficient building and housing, [s. l.], ano 4, 2017.

PIMENTA, João Vitor F. de P.; BORTOLAIA, Luís Antônio. ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE AR PARA A MITIGAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO CRUZADA EM AMBIENTES COM PACIENTES ISOLADOS. CONBRAVA, [s. l.], 2021. Disponível em:

[https://schenautomacao.com.br/abrava21/anais/files/trabalho\\_62.pdf](https://schenautomacao.com.br/abrava21/anais/files/trabalho_62.pdf). Acesso em: 18 fev. 2024

Erichsen Andersson, A. (2013), 'Patient Safety in the OR - Focus on Infection Control and Prevention', Doctoral Thesis (University of Gothenburg. Sahlgrenska Academy)

ZEMITIS, J; BORODINECS, A. Energy saving potential of ventilation systems with exhaust air heat recovery. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering , [s. l.], 2019.

KAIROUZ, Khalil; PRICE, Dale. Identifying Energy Using Components in Exhaust Ventilation Systems. REHVA Journal, [S. l.], v. 50, p. 40-44, Mar. 2013. Disponível em: <https://www.rehva.eu//rehva-journal/detail/02-2013>. Acesso em: 17 ago. 2024.

PARTÍCULAS Inaláveis (MP10). In: CETESB. Qualidade do Ar: Poluentes. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

ZATO, Jorge Osvaldo. Estudo comparativo de normas e recomendações nacionais e internacionais aplicadas ao ar condicionado de centros cirúrgicos – temperatura, umidade, velocidade do ar, pressurização, ruído e proteção microbiológica. Conbrava, [s.l.], 2019. Disponível em: [https://schenautomacao.com.br/abrava/anais/files/trabalhocompleto\\_44.pdf](https://schenautomacao.com.br/abrava/anais/files/trabalhocompleto_44.pdf). Acesso em: 1 fev. 2024

DA SILVA, Christyam Alcantara Paulo; ZATO, Jorge Osvaldo. Otimização experimental de salas de cirurgia utilizando fluxo de ar unidirecional com foco em projeto. Conbrava, [s. l.], 2023. Disponível em: [https://conbrava.com.br/site/wp-content/uploads/2023/09/trabalho3\\_22.pdf](https://conbrava.com.br/site/wp-content/uploads/2023/09/trabalho3_22.pdf). Acesso em: 25 fev. 2024.

---

CHO, JINKYUN; WOO, KYUNGHUN; KIM, BYUNGSEON S. Improved Ventilation System for Removal of Airborne Contamination in Airborne Infectious Isolation Rooms. *ASHRAE Journal*, [S. l.], p. 8-21, 4 fev. 2019.

REHVA. Health-based target ventilation rates and design method for reducing exposure to airborne respiratory infectious diseases. [S. l.: s. n.], 17 ago. 2023.

ABNT. Norma Brasileira. NBR 7256 - Tratamento de Ar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS): Requisitos para projeto e execução das instalações, [S. l.], 31 out. 2022

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS

(ACGIH) (1330 Kemper Meadow Drive Cincinnati, Ohio 45240-1634). *Industrial Ventilation: A manual of recommended practice*. 23. ed. [S. l.: s. n.], 1998.

Generic life cycle stages. in: International Council on Systems Engineering (INCOSE). *Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities*.

3. ed. [s. l.: s. n.], 2006. cap. 3.

PRICE INDUSTRIES (2975 Shawnee Ridge Court NW - Suwanee, Georgia 30024). *Products: CARES - Critical Area Recirculation/Exhaust System*. 3. ed. [S. l.], 2024. Disponível em:

<https://www.priceindustries.com/criticalenvironments/products/critical-area-recirculation-exhaust-system?SwitchMarket=United%20States>. Acesso em: 13 ago. 2024.

TROX GMBH (Heinrich-Trox-Platz 47504 Neukirchen-Vluyn, Germany). *X-CUBE CROFCU: Air distribution for clean rooms. Clever and flexible..* [S. l.: s. n.], ?.

SAGICOFIM S.P.A. SINGLE MEMBER COMPANY (Via Firenze, 1 – 20063 Cernusco sul Naviglio – Milan, Italy). *FILTRATION SYSTEM FOR STRICT ISOLATION WARDS*.

[S. l.], 2024. Disponível em: <https://sagicofim.com/en/product/parete-filtrante-per-immunodepressi/>. Acesso em: 21 ago. 2024.

AVIDICARE AB (Scheelevägen 2 223 63 Lund, Sweden). *Opragon Isolation Room*. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.avidicare.com/opragon/opragon-isolation-room/>. Acesso em: 21 ago. 2024.

---

# Dispositivo para higiene bucal automatizada na população idosa

**Mariana da Silva de Andrade**

Engenheira. Mestranda em Engenharia de Sistemas e Produtos– IFBA

## INTRODUÇÃO

O cuidado básico com a saúde bucal acontece na escovação dos dentes, conseqüentemente consegue evitar diversas doenças orais. No entanto, muitas pessoas não conseguem realizar a limpeza de forma adequada, como é o caso da população idosa que cresce a cada ano. O Brasil possui 8,9% da população com alguma deficiência (Madeiro, 2023), quase metade dessa parcela (47,2%) são pessoas com mais de 60 anos.

Esses dados apontam para relação desproporcional de idosos com alguma deficiência, comparando a população geral, os idosos representavam 14,7% em 2021, segundo Cabral (2022). Isso pode indicar uma relação entre a idade e dificuldade para realizar ações básicas do autocuidado. Além disso, para Chan et al. (2021) a população idosa pode sofrer de outras doenças que direta ou indiretamente afetam a saúde da boca. Doenças como hipertensão, artrite reumatoide, diabetes, Alzheimer, doença de Parkinson e depressão são as doenças mais comuns que afetam idosos.

Neste contexto, a pesquisa busca desenvolver um dispositivo que facilite a escovação de forma automatizada dos dentes para garantir mais praticidade para essa parcela da população que tem dificuldade de realizar a atividade por conta própria. O público alvo para uso deste produto são pessoas com redução da mobilidade superior, alguma redução cognitiva ou pessoas impossibilitadas temporariamente de usar as mãos para realizar a limpeza.

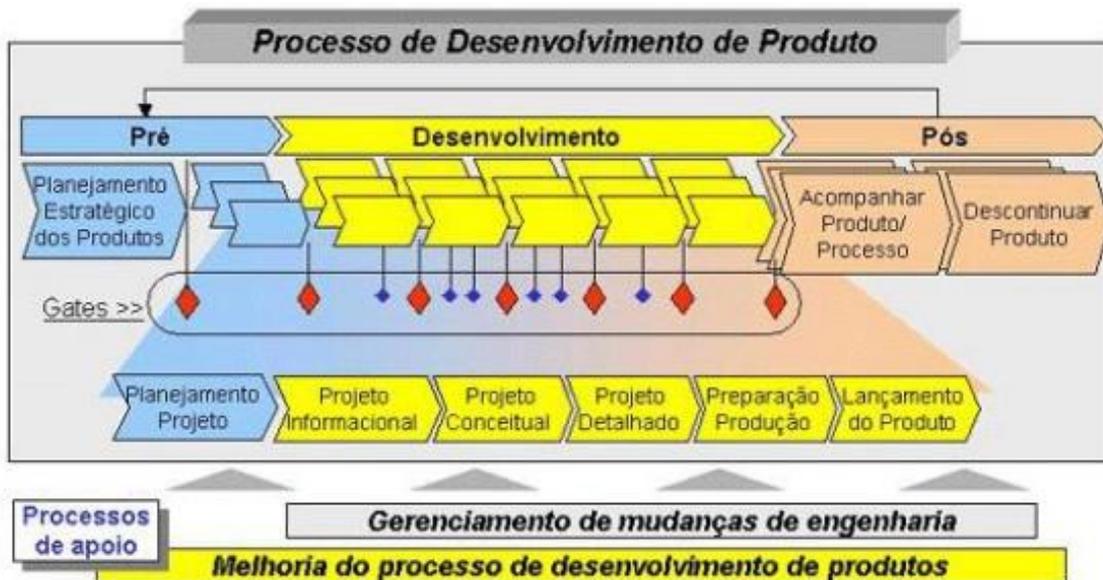
Em busca por anterioridades, observa-se que já existem alguns dispositivos para realizar a limpeza de forma automatizada. No entanto, eles não são específicos para a população alvo deste estudo.

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

Trata-se de um estudo metodológico com foco no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), com vistas a materializar uma solução comercializável para a problemática apresentada. O PDP é uma metodologia para desenvolver produtos que consiste de três etapas macro (Pré, Desenvolvimento e Pós) que são divididas em muitas outras menores, como é possível visualizar na Imagem a seguir. O método engloba a criação de diversos documentos ordenados por etapas.

Cada fase propõe que sejam tomadas decisões e que sejam feitos registros sobre as escolhas de projeto. As atividades são organizadas de forma que as etapas anteriores fornecem informações para que se possa tomar decisões nas etapas seguintes. Outro benefício das ferramentas do processo é registrar informações para revisões. Na prática, o processo não é linear, fazendo-se necessário que sejam retomadas etapas anteriores quando necessário.

Para o projeto de desenvolvimento do dispositivo de higiene automatizada, o desenvolvimento encerra-se no Projeto Detalhado com a confecção de um protótipo que tenha passado por algum teste de funcionamento.



Fonte: PDPnet

## RESULTADOS ESPERADOS

A proposta busca a criação de um produto de higiene automatizada que não utilize as mãos. O processo deve ser efetivo e adequado para a população de pessoas idosas que são dependentes do cuidado de terceiros, pessoas com deficiência cognitiva e mobilidade superior de todas as idades, assim como mostrado na Imagem a seguir.



Para o escopo da pesquisa, espera-se obter um protótipo do produto que se encaixe na escala TRL 5, conforme Gheyi et all. (2021) validado em algum ambiente relevante.

## CONCLUSÃO

Com o número crescente da população idosa alerta-se sobre a demanda de cuidado que surgirá com essa parcela da população que tem necessidades especiais. Essas necessidades exigem atenção para garantir saúde a esse público vulnerável. Através do acesso a essa tecnologia permite-se que muitos de seus problemas relacionados à saúde bucal possam ser prevenidos e ou amenizados. A pesquisa busca tornar acessível a limpeza oral a pessoas idosas com deficiência e acamadas, é válido o desenvolvimento de um produto específico para realizar de forma automatizada o processo, focando em adequar o dispositivo ao público alvo mencionado.

## REFERÊNCIAS

CABRAL, Umberlândia. População cresce, mas número de pessoas com menos de 30 anos cai 5,4% de 2012 a 2021. IBGE, Estatísticas Sociais, 22 de julho de 2022. <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34438-populacao-cresce-mas-numero-de-pessoas-com-menos-de-30-anos-cai-5-4-de-2012-a-2021#:~:text=A%20popula%C3%A7%C3%A3o%20total%20do%20pa%C3%ADs,39%2C8%25%20no%20per%C3%ADodo>>(Acesso em 09/07/2023).

Chan AKY, Tamrakar M, Jiang CM, Lo ECM, Leung KCM, Chu CH. Common Medical and Dental Problems of Older Adults: A Narrative Review. *Geriatrics (Basel)*. 2021 Aug 6;6(3):76. doi: 10.3390/geriatrics6030076. PMID: 34449647; PMCID: PMC8395714.

MADEIRO, Carlos. Pessoas com deficiência são 8,9% da população e têm salário menor, diz IBGE. UOL, 07 de julho de 2023.. <<https://noticias.uol.com.br/colunas/carlos-madeiro/2023/07/07/pessoas-com-deficiencia-ibge.htm?c mpid=copiaecola>>(Acesso em 09/07/2023).

PDPnet. Disponível em: <<http://www.pdp.org.br/>>(Acesso em 15/03/2025)

GHEYI, Mohit; MARINHO, Marcus; FERNANDES, Pedro; DAMÁSIO, Jemerson. Por que utilizar o conceito de TRL em projetos de inovação? Publicado em 03 de novembro de 2021.

---

# Utilização da Inteligência Artificial embarcada para a identificação de anomalias cardiovasculares

**Paulo Henrique Bomfim Junior**

Engenheiro. Mestrando em Engenharia de Sistemas e  
Produtos – IFBA

## INTRODUÇÃO

Conforme descrito no estudo de Joseph et al. (2017), as doenças cardiovasculares (DCVs), como hipertensão, doença cardíaca isquêmica ou arritmias, são atualmente as principais causas de morte no mundo, uma vez que os sintomas podem não ser perceptíveis até que a condição se torne grave, a detecção precoce e o monitoramento contínuo são essenciais para o gerenciamento eficaz dessas condições. Portanto, a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação tecnológica nessa área são fatores relevantes para gerar soluções inovadoras para esse problema.

A crescente incidência de doenças cardiovasculares tem impulsionado a busca por métodos mais eficientes e precisos para sua detecção e diagnóstico. A utilização de Inteligência Artificial (IA) na identificação de anomalias cardiovasculares representa uma inovação significativa, oferecendo uma nova perspectiva sobre como podemos interpretar e analisar dados da saúde humana.

O projeto propõe o desenvolvimento de um dispositivo de saúde voltado para a medicina esportiva, com vista a monitorar a saúde cardiovascular de atletas e praticantes de atividade física, utilizando sensores e inteligência artificial. O desenvolvimento deste dispositivo está na necessidade de soluções tecnológicas para monitoramento cardiovascular, especialmente em contextos esportivos, onde o acompanhamento em tempo real do estado de saúde do atleta é importante.

A inovação tecnológica nesse setor pode contribuir de maneira significativa para a prevenção de complicações graves, permitindo a detecção precoce de arritmias e outras condições cardíacas que impliquem no risco eminente de morte ou sofrimento intenso. A aplicação dessa tecnologia à medicina esportiva também pode melhorar o desempenho, bem-estar e segurança dos atletas, ao fornecer dados para a gestão da saúde.

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

Trata-se de uma pesquisa metodológica para o desenvolvimento de produto, com vista a desenvolver um protótipo funcional de um dispositivo de saúde para monitoramento do Eletrocardiograma - ECG em tempo real, integrando sensores de alta precisão e inteligência artificial embarcada, com foco na medicina esportiva.

O desenvolvimento ocorrerá em duas etapas principais, a primeira etapa consiste

---

na prova de conceito (PoC), com revisão de literatura, análise de patentes e levantamento do estado da arte. Nessa fase, serão definidos requisitos iniciais, serão selecionados sensores de alta resolução e será realizada a implementação e validação da PoC em ambiente controlado.

A segunda etapa envolve o desenvolvimento do protótipo final, refinando requisitos com base na PoC e garantindo conformidade regulatória. Será elaborado um plano detalhado de desenvolvimento, incluindo verificação, validação funcional e clínica, análise de risco e submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). O protótipo final será testado em ambiente clínico real para avaliar segurança, eficácia e precisão das medições de ECG e inferências da IA embarcada.

## **RESULTADOS ESPERADOS**

Os resultados esperados do projeto incluem a implementação de um modelo de inteligência artificial embarcada para análise de ECG, treinado com dados de sinais orgânicos. O modelo será validado quanto à sua capacidade de identificar diferentes padrões cardíacos, incluindo ritmo sinusal, fibrilação ventricular fina, fibrilação ventricular grossa e outros a serem definidos, alcançando uma acurácia prevista de 95,8% e uma perda de 0,35.

Além disso, o protótipo final contará com conectividade Wi-Fi, possibilitando a transmissão dos dados coletados para a nuvem, garantindo armazenamento seguro e análise remota das informações de ECG em tempo real.

## **CONCLUSÃO**

A primeira etapa do projeto demonstrou a viabilidade da abordagem adotada, com a implementação de um modelo de inteligência artificial embarcada capaz de identificar padrões cardíacos em sinais de ECG. Os resultados obtidos na prova de conceito confirmam a eficácia do modelo, atingindo os parâmetros esperados de acurácia e desempenho.

Para aprimorar o sistema, foram identificados pontos de melhoria que nortearão as próximas fases do desenvolvimento junto à pesquisa. Entre eles, a expansão do banco de dados com sinais orgânicos para aumentar a precisão do modelo, a integração com plataformas IoT mais robustas para otimizar a velocidade de processamento, a ampliação do escopo para detecção de novas anomalias cardiovasculares e a adoção de uma arquitetura mais flexível, garantindo compatibilidade com diferentes microcontroladores.

---

## REFERÊNCIAS

RINCON, Jaime A.; GUERRA-OJEDA, Solanye; CARRASCOSA, Carlos; et al. An IoT and Fog Computing-Based Monitoring System for Cardiovascular Patients with Automatic ECG Classification Using Deep Neural Networks. *Sensors*, v. 20, n. 24, p. 7353, 2020.

JOSEPH, Philip; LEONG, Darryl; MCKEE, Martin; et al. Reducing the Global Burden of Cardiovascular Disease, Part 1: The Epidemiology and Risk Factors. *Circulation Research*, v. 121, n. 6, p. 677–694, 2017.

MOLINARI, Giuseppe; MOLINARI, Martina; DI BIASE, Matteo; et al. Telecardiology and its settings of application: An update. *Journal of Telemedicine and Telecare*, v. 24, n. 5, p. 373–381, 2018.

MAJUMDER, Sumit; MONDAL, Tapas; DEEN, M. Jamal. Wearable Sensors for Remote Health Monitoring. *Sensors (Basel, Switzerland)*, v. 17, n. 1, p. 130, 2017.

SERHANI, Mohamed Adel; T EL KASSABI, Hadeel; ISMAIL, Heba; et al. ECG Monitoring Systems: Review, Architecture, Processes, and Key Challenges. *Sensors (Basel, Switzerland)*, v. 20, n. 6, p. 1796, 2020.

---

# Sistema de monitoramento não invasivo da glicemia utilizando sinais fotoplestismográficos

**Wendy Barbosa Conceição**

Engenheira. Mestranda em Engenharia de Sistemas e  
Produtos – IFBA

## INTRODUÇÃO

O diabetes mellitus é uma doença crônica que exige monitoramento contínuo da glicemia para um controle adequado. Atualmente, os métodos convencionais são invasivos, exigindo punções frequentes na pele para coleta de sangue, o que pode causar desconforto, bem como riscos de infecções e levar à baixa adesão ao tratamento.

Nesse contexto, a Fotoplestismografia (PPG) surge como uma alternativa promissora para o monitoramento não invasivo da glicemia. Uma técnica amplamente utilizada em oxímetros de pulso para medir a saturação de oxigênio, baseia-se na interação da luz com os tecidos biológicos para detectar variações na composição do sangue

O monitoramento da glicemia é essencial para o manejo do diabetes. Os métodos mais comuns incluem testes de ponta de dedo e sensores contínuos de glicose, ambos invasivos e, muitas vezes, de alto custo. A busca por soluções não invasivas levou ao estudo de abordagens baseadas em espectroscopia de infravermelho, radiofrequência e, mais recentemente, na Fotoplestismografia (PPG).

O PPG já é utilizado em dispositivos de saúde, como oxímetros de pulso, para medir a saturação de oxigênio. A técnica baseia-se na emissão de luz e na detecção da quantidade de luz captada e refletida pelo sangue, permitindo a análise de variações na circulação sanguínea. Estudos recentes mostram que esse método pode ser adaptado para a detecção dos níveis de glicose no sangue, explorando as propriedades ópticas da glicose e sua interação com a luz.

Entretanto, desafios ainda precisam ser superados para tornar essa tecnologia viável. Entre eles, destaca-se a necessidade de filtragem de interferências externas, como variações na pigmentação da pele, movimento do usuário e alterações na perfusão sanguínea. Além disso, a escolha do material utilizado como interface do sensor óptico pode impactar diretamente na precisão da precisão.

Os métodos tradicionais de monitoramento da glicemia apresentam algumas especificações:

- **Invasividade:** Punções frequentes na pele geram desconforto e podem reduzir a adesão ao tratamento.

- 
- **Custo elevado:** Sensores contínuos de glicose são caros e nem sempre acessíveis para toda a população.

A proposta deste estudo busca desenvolver um modelo conceitual para um sistema baseado em PPG, capaz de medir glicemia de forma não invasiva. Assim, para que essa tecnologia seja viável é essencial identificar os principais desafios técnicos e encontrar soluções que garantam especial segurança. Um dos pontos críticos é a proteção do sensor óptico, o qual precisa manter a integridade do sinal PPG. Para isso, este estudo considera diferentes materiais que podem ser utilizados como filme protetor do sensor, garantindo: transparência óptica, permitindo a passagem da luz sem interferências significativas e durabilidade estrutural, prevenindo deformações que poderiam comprometer a precisão da leitura.

Embora ainda não tenham sido realizados testes experimentais, a pesquisa considera materiais como policloreto de vinila (PVC), policarbonato, polipropileno, acetato, poliéster e PETG, avaliando suas aplicações potenciais para a proteção do sensor PPG.

## ABORDAGEM METODOLÓGICA

Trata-se de um estudo tecnológico alicerçado nas metodologias do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), conforme proposto por Rozenfeld et al. (2017), e do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (PRODIP), descrito por Back et al. (2008). Além disso, diretrizes do Project Management Body of Knowledge (PMBOK), publicadas pelo Project Management Institute (2021) foram incorporadas para garantir uma gestão estruturada e eficiente do processo.

A pesquisa seguiu uma abordagem dividida em cinco fases principais, começando pelo planejamento do projeto, onde foram definidos o escopo, os objetivos e os requisitos do sistema de monitoramento de glicemia. Nesse estágio inicial, realizou-se um levantamento de referências científicas e análise de tecnologias disponíveis para garantir embasamento técnico adequado.

A segunda fase, denominada projeto informacional, concentrou-se na identificação das necessidades dos usuários e nas limitações dos métodos convencionais de monitoramento da glicemia. Com isso, foi possível estabelecer especificações técnicas fundamentais para o desenvolvimento do dispositivo, garantindo que a proposta atendesse aos requisitos de precisão, conforto e acessibilidade.

Na fase de projeto conceitual, iniciou-se a seleção dos componentes ópticos, eletrônicos e estruturais do protótipo. Foram analisadas diferentes alternativas de design para otimizar a captação dos sinais fotopletismográficos (PPG), considerando fatores como a escolha dos sensores de luz e os materiais utilizados na proteção do sensor óptico.

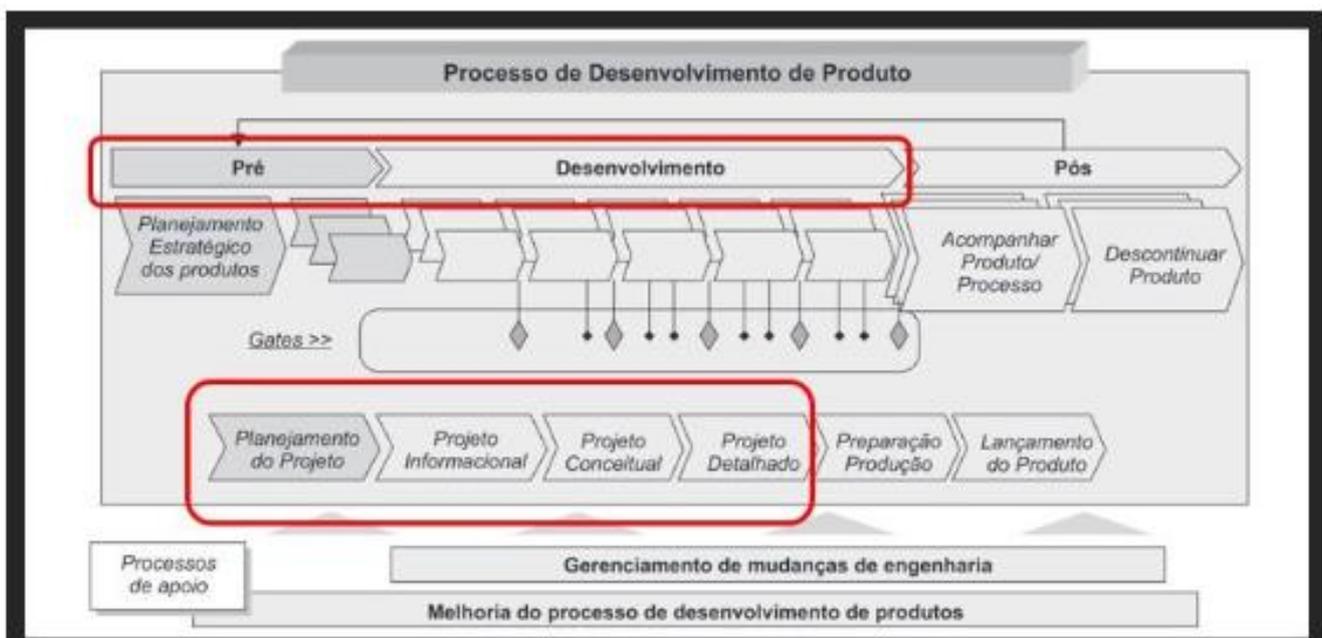
As próximas fases, projeto preliminar e projeto detalhado, serão realizadas com

o objetivo de consolidar a viabilidade técnica do dispositivo. No projeto preliminar, será desenvolvida a modelagem computacional e a simulação inicial do sistema, incluindo testes teóricos para avaliar a resposta dos sensores ópticos e eletrônicos. Nessa etapa, também será conduzida uma análise detalhada dos materiais de proteção do sensor óptico, levando em consideração fatores como transparência óptica, resistência química e durabilidade.

Na fase de projeto detalhado serão definidos os esquemas eletrônicos e a arquitetura final do dispositivo. A montagem do primeiro protótipo funcional será iniciada, permitindo testes de validação para verificar a precisão das medições e a estabilidade do sistema. Com base nos resultados obtidos, ajustes e refinamentos poderão ser implementados antes da validação experimental em ambientes reais.

O projeto detalhado é a quinta e última fase da solução proposta. Ele completa a descrição do produto, concluído a descrição dos materiais, a especificação e o dimensionamento dos componentes. Os processos de prototipagem e fabricação são planejados e definidos, os testes para validação necessários são realizados e toda a documentação do projeto é finalizada. A Figura 1 ilustra o modelo de referência do desenvolvimento de produtos, conforme proposto por Rozenfeld et al. (2017), destacando as fases aplicáveis ao projeto.

Figura 1 - Modelo de referência do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) apresentado por ROZENFELD et al. (2017). Em destaque, as macrofases e suas respectivas fases abordadas no estudo.



Fonte: Modelo de referência do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) apresentado por ROZENFELD et al. (2017)

---

## RESULTADOS ESPERADOS

O desenvolvimento deste estudo busca oferecer uma solução inovadora para o monitoramento não invasivo da glicemia, superando desafios enfrentados pelos métodos convencionais, como desconforto, alto custo e baixa adesão dos pacientes ao acompanhamento contínuo. A expectativa é que a aplicação da Fotopletismografia (PPG) no monitoramento glicêmico permita um avanço significativo, eliminando a necessidade de punções na pele e proporcionando uma experiência mais confortável e acessível aos usuários.

Dentre os principais resultados esperados, destaca-se a criação de um sistema que reduza a invasividade do processo de medição da glicose no sangue. O uso de sensores ópticos possibilitará a obtenção de dados de forma indolor, incentivando os pacientes a realizarem medições mais frequentes. Com isso, acredita-se que haverá um aumento na aderência ao monitoramento contínuo, o que poderá contribuir para a prevenção de complicações associadas ao diabetes, como neuropatias, retinopatias e doenças cardiovasculares. Além disso, espera-se que a acessibilidade financeira seja ampliada, uma vez que a tecnologia proposta poderá reduzir a dependência de insumos descartáveis, como fitas reagentes e lancetas, tornando o acompanhamento glicêmico mais econômico a longo prazo.

Em síntese, os resultados esperados envolvem a construção de um sistema não invasivo de monitoramento da glicemia que seja acessível, preciso e tecnologicamente avançado. O desenvolvimento de um protótipo funcional permitirá a validação inicial da proposta, possibilitando ajustes e aprimoramentos para garantir sua eficácia. Se bem-sucedido, esse projeto poderá representar um marco na evolução do monitoramento glicêmico, proporcionando maior conforto, adesão ao tratamento e melhor qualidade de vida para pacientes diabéticos.

## CONCLUSÃO

A pesquisa representa um avanço significativo na busca por métodos alternativos e não invasivos para o monitoramento da glicemia, utilizando a Fotopletismografia (PPG) como base tecnológica. A proposta visa solucionar desafios enfrentados pelos métodos convencionais, como a necessidade de punções repetitivas na pele, o alto custo associado ao uso contínuo de fitas reagentes e sensores subcutâneos, além da baixa aderência dos pacientes ao monitoramento regular.

Com base nas diretrizes do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) e do Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (PRODIP), foi estruturado um modelo conceitual para a criação de um dispositivo capaz de medir a glicemia de maneira óptica, sem necessidade de coleta de sangue. A implementação dessa tecnologia poderá proporcionar um acompanhamento glicêmico mais acessível e

---

confortável, incentivando medições mais frequentes e contribuindo para o controle eficaz do diabetes.

Embora o estudo ainda se encontre em fase conceitual, as etapas já desenvolvidas permitiram mapear as principais diretrizes técnicas para a construção do protótipo. Foram estabelecidos critérios para a seleção dos sensores ópticos e dos materiais de proteção do dispositivo, garantindo que o sistema possa oferecer medições confiáveis e estáveis. Além disso, foram identificadas possibilidades de integração do monitoramento com plataformas digitais, o que pode favorecer um acompanhamento remoto mais eficiente e permitir uma abordagem mais personalizada no tratamento da doença.

A pesquisa de patentes foi um passo essencial no desenvolvimento deste projeto, possibilitando a identificação de tecnologias semelhantes já registradas e garantindo que a inovação proposta respeite a legislação vigente. Durante essa investigação, foram analisadas patentes nacionais e internacionais relacionadas ao monitoramento óptico da glicemia, verificando quais métodos já são protegidos e quais lacunas tecnológicas ainda podem ser exploradas.

O estudo revelou que, embora existam dispositivos de medição não invasiva da glicose, muitos ainda enfrentam desafios de precisão e aplicabilidade clínica. Isso reforça a importância da pesquisa e do aprimoramento tecnológico para que a solução desenvolvida possa se destacar em termos de eficiência e confiabilidade. Os próximos passos envolvem a modelagem computacional e a realização de testes preliminares para validar a viabilidade do sistema. A precisão das medições será um fator determinante para a continuidade do projeto, sendo necessário o aprimoramento dos algoritmos responsáveis pela interpretação dos sinais ópticos captados, como também, a validação experimental permitirá ajustes no design do dispositivo, otimizando sua funcionalidade e garantindo maior aderência ao uso diário.

Dessa forma, conclui-se que o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de glicemia baseado em PPG tem um potencial para transformar a forma como o diabetes é acompanhado, oferecendo um método menos invasivo, acessível e tecnologicamente avançado. Assim, a pesquisa avançará conforme os desafios técnicos forem superados, possibilitando a transição para testes clínicos e, futuramente, a implementação do dispositivo em larga escala. Desse modo, os resultados da pesquisa de patentes demonstram que há um espaço significativo para inovação nesse campo, reforçando o impacto positivo que essa solução poderá trazer tanto para os pacientes quanto para os sistemas de saúde. Portanto, se bem-sucedido, este estudo poderá representar uma solução inovadora e viável para o controle glicêmico, promovendo benefícios tanto para os indivíduos que convivem com a doença quanto para as instituições que lidam com o impacto social e econômico do diabetes.

---

## REFERÊNCIAS

Andriy Temko, Monitoramento preciso da frequência cardíaca durante exercícios físicos usando PPG, IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 64, NO. 9, SETEMBRO DE 2017.

BEZERRA, A. Desenvolvimento de tecnologias não invasivas para monitoramento glicêmico: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Tecnologia em Saúde, v. 12, n. 1, p. 45-62, 2024.

INSTITUTO DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS (PMI). Um guia para o conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®). 7ª ed. Pensilvânia: PMI, 2021.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION (IDF). IDF Diabetes Atlas. 10th ed. Brussels: IDF, 2021. Disponível em: <https://diabetesatlas.org/>. Acesso em: 10 fev. 2025.

LIMA, T. R.; SOUSA, R. A. MACHADO, P. C. Aplicação da fotopletismografia no monitoramento de biomarcadores sanguíneos: uma revisão sistemática. Journal of Biomedical Science and Engineering, v. 15, n. 3, p. 102-120, 2021.

OLIVEIRA, J. F. Impacto dos dispositivos médicos não invasivos na adesão ao tratamento de diabetes mellitus. Cadernos de Saúde Pública, v. 39, n. 4, p. 1-15, 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Global report on diabetes. Geneva: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/global-report-on-diabetes>. Acesso em: 04 mar. 2025.

ROZENFELD, H. et al. GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS. [s.l.] Saraiva Educação S.A., 2017.