

# CONEXÕES DIGITAIS

TECNOLOGIAS INTEGRADAS PARA  
DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS

RONEUANE GRAZIELLE DA GAMA ARAUJO  
JEFFERSON EMILIO MACIEL DA SILVA



# CONEXÕES DIGITAIS

TECNOLOGIAS INTEGRADAS PARA  
DESAFIOS CONTEMPORÂNEOS

RONEUANE GRAZIELLE DA GAMA ARAUJO  
JEFFERSON EMILIO MACIEL DA SILVA

## AURUM EDITORA LTDA - 2025

Curitiba – Paraná - Brasil

### **EDITOR CHEFE**

Lucas Gabriel Vieira Ewers

### **ORGANIZADORES DO LIVRO**

Roneuane Grazielle da Gama Araujo  
Jefferson Emilio Maciel da Silva

Copyright © Aurum Editora Ltda

Texto Copyright © 2025 Os Autores

Edição Copyright © 2025 Aurum Editora  
Ltda

### **EDIÇÃO DE TEXTO**

Stefanie Vitoria Garcia de Bastos



Este trabalho está licenciado sob uma  
licença Creative Commons Attribution-  
NonCommercial-NoDerivatives  
4.0 International License.

### **EDIÇÃO DE ARTE**

Aurum Editora Ltda

### **IMAGENS DA CAPA**

Canva Pro, Freepik Pro

### **BIBLIOTECÁRIA**

Maria Alice Ferreira

### **ÁREA DE CONHECIMENTO**

Ciência da Computação

A responsabilidade pelo conteúdo, precisão e veracidade dos dados apresentados neste texto é inteiramente do autor, não refletindo necessariamente a posição oficial da Editora. O trabalho pode ser baixado e compartilhado, desde que o crédito seja dado ao autor, mas não é permitida a modificação do conteúdo de qualquer forma ou seu uso para fins comerciais.

A Aurum Editora se compromete a manter a integridade editorial em todas as fases do processo de publicação, prevenindo plágio, dados ou resultados fraudulentos, e assegurando que interesses financeiros não afetem os padrões éticos da publicação. Qualquer suspeita de má conduta científica será verificada com atenção aos princípios éticos e acadêmicos. Todos os manuscritos passaram por uma avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial, e foram aprovados para publicação com base em critérios de imparcialidade e objetividade acadêmica.

## **CORPO EDITORIAL**

Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos - Doutor em Letras pela Universidade Federal da Paraíba

Adriano Rosa da Silva - Mestre em História Social pela Universidade Federal Fluminense

Alessandro Sathler Leal da Silva - Doutor em Educação pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Alex Lourenço dos Santos - Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Catalão

Alisson Vinicius Skroch de Araujo - Editor Independente - Graduado em Criminologia pelo Centro Universitário Curitiba

Alline Aparecida Pereira - Doutora em Psicologia pela Universidade Federal Fluminense

Allysson Barbosa Fernandes - Mestre em Comunicação, Linguagens e Cultura pela Universidade da Amazônia

Ayla de Jesus Moura - Mestra em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco

Blue Mariro - Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Camila Aparecida da Silva Albach - Doutoranda em Ciências Sociais Aplicadas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa

Carina Mandler Schmidmeier - Mestranda em Direito pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Carolline Nunes Lopes - Mestra em Psicologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Cristiane Sousa Santos - Mestra em Educação pela Universidade Estadual de Feira de Santana

Dandara Christine Alves de Amorim - Doutoranda em Direito pela Universidade do Oeste de Santa Catarina

Daniel da Rocha Silva - Mestre em Letras pela Universidade Federal de Sergipe

Daniel Rodrigues de Lima - Mestre em História pela Universidade Federal do Amazonas.

Edson Campos Furtado - Doutor em Psicologia - Área de Concentração: Estudos da Subjetividade pela Universidade Federal Fluminense, UFF, Brasil.

Elane da Silva Barbosa - Doutora em Educação pela Universidade Estadual do Ceará

Fabio José Antonio da Silva - Doutor em Educação Física pela Universidade Estadual de Londrina.

Fabricio do Nascimento Moreira - Doutorando em Administração pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Felipe Antônio da Silva - Graduado em Direito pelo Centro Universitário Unihorizontes

Felipe Martins Sousa - Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal do Maranhão, UFMA, Brasil.

Francisco Welton Machado - Editor Independente - Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Piauí

Gabriela da Silva Dezidério - Doutoranda em Sociologia pela Universidade Federal Fluminense

Gabriella de Moraes - Doutora em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais

Gleyson Martins Magalhães Reymão - Mestre Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pelo Instituto Federal do Pará

Gustavo Boni Minetto - Mestrando em Educação, Linguagens e Tecnologia pela Universidade Estadual de Goiás

Hygor Chaves da Silva - Doutorando em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Brasil.

Ítalo Rosário de Freitas - Doutorando em Biologia e Biotecnologia de Microrganismos pela Universidade Estadual de Santa Cruz

Itamar Victor de Lima Costa - Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco

João Vitor Silva Almeida - Graduado em Gestão de Cooperativas pela Universidade Federal do Tocantins

José Bruno Martins Leão - Doutor em Sistema Constitucional de Garantia de Direitos pela Instituição Toledo de Ensino

José Cláudio da Silva Júnior - Mestrando em Ciências da Saúde pela Universidade de Pernambuco

José Leonardo Diniz de Melo Santos - Mestre em Educação, Culturas e Identidades pela Universidade Federal Rural de Pernambuco

José Marciel Araújo Porcino - Graduado em Pedagogia pela Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil.

José Neto de Oliveira Felipe - Doutorando em Ensino de Ciências Exatas - PPGECE - Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, UNIVATES, Brasil.

Júlio Panzera Gonçalves - Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Minas Gerais

Luan Brenner da Costa - Editor Independente - Graduado em Enfermagem pela Fundação Herminio Ometto

Lucas Matheus Araujo Bicalho - Mestrando em Historia pela Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, Brasil.

Lucas Pereira Gandra - Doutor em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Luciano Victor da Silva Santos - Mestrando em Hotelaria e Turismo pela Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Brasil.

Luís Paulo Souza e Souza - Doutor em Saúde Pública pela Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil.

Luzia Eleonora Rohr Balaj - Doutoranda em Música pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Magno Fernando Almeida Nazaré - Mestre em Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Maickon Willian de Freitas - Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Maikon Luiz Mirkoski - Mestre Profissional em Matemática em Rede Nacional pela Universidade Estadual de Ponta Grossa

Mailson Moreira dos Santos Gama - Doutorando em História pela Universidade Federal de Minas Gerais

Marcela da Silva Melo - Mestre em Avaliação de Políticas Públicas pela Universidade Federal do Ceará

Marcos Scarpioni - Doutorando em Ciência da Religião pela Universidade Federal de Juiz de Fora

Marilha da Silva Bastos - Mestranda em Educação Brasileira pela Universidade Federal do Ceará

Mario Marcos Lopes - Doutorando em Educação pela Universidade Federal de São Carlos

Mateus Henrique Dias Guimarães - Mestre em Enfermagem na Atenção Primária à Saúde pela Universidade do Estado de Santa Catarina

Mirna Liz da Cruz - Editora Independente - Graduada em Odontologia pela Universidade Federal de Goiás

Newton Ataíde Meira - Mestrando em Desenvolvimento Social pela Universidade Estadual de Montes Claros

Osorio Vieira Borges Junior - Doutorando em História pela Universidade Federal de Minas Gerais

Pedro Carlos Refkalefsky Loureiro - Doutorando em Comunicação, Cultura e Amazônia pela Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil.

Plinio da Silva Andrade - Mestrando em Ciências da Educação pela Universidade Leonardo Da Vinci

Priscila da Silva de Souza Bertotti - Editora Independente - Graduada em Biomedicina pelo Centro Universitário UniOpét

Rafael José Kraisch - Doutorando em Neurociências pela Universidade Federal de Santa Catarina

Rita de Cássia de Almeida Rezende - Doutoranda em Educação pela Universidade Católica de Brasília

Rodrigo de Souza Pain - Doutor em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Rodrigo Oliveira Miranda - Doutor em Administração de Empresas pela Universidade de Fortaleza

Rogério de Melo Grillo - Doutor em Educação Física pela Universidade Estadual de Campinas

Ryan Dutra Rodrigues - Editor Independente - Graduado em Psicologia pelo Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas

Salatiel Elias de Oliveira - Doutor em Apostilamento de Reconhecimento de Título pela Universidade do Oeste Paulista

Sebastião Lacerda de Lima Filho - Doutorando em Medicina Translacional pela Universidade Federal do Ceará

Silvio de Almeida Junior - Doutor em Promoção de Saúde pela Universidade de Franca

Swelen Freitas Gabarron Peralta - Doutoranda em Educação pela Universidade Tuiuti do Paraná

Talita Benedcta Santos Künast - Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal de Mato Grosso

Tályta Carine da Silva Saraiva - Mestra em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí

Thiago Giordano de Souza Siqueira - Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Thiago Silva Prado - Doutor em Educação pela Universidade Estadual de Maringá

Valquíria Velasco - Doutora em História Comparada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Brasil.

Victor José Gumba Quibutamene - Mestrando em Letras pela Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Brasil.

Vinicius Valim Pereira - Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil.

Wilson Moura - Doutor em Psicologia pela Christian Business School

Yohans de Oliveira Esteves - Doutor em Psicologia pela Universidade Salgado de Oliveira

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

Conexões digitais [livro eletrônico] : tecnologias integradas para desafios contemporâneos / organização Roneuane Grazielle da Gama Araujo , Jefferson Emilio Maciel da Silva. -- 1. ed. -- Curitiba, PR : Aurum Editora, 2026.  
PDF

Bibliografia  
ISBN 978-65-83849-58-8

1. Aprendizagem 2. Ciência da computação  
3. Conectividade 4. Inovações tecnológicas  
5. Interdisciplinaridade 6. Protagonismo  
I. Araujo, Roneuane Grazielle da Gama.  
II. Silva, Jefferson Emilio Maciel da.

26-333445.0

CDD-004

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Tecnologias integradas : Ciências da computação 004

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

**DOI:** 10.63330/livroautoral342026-

**Aurum Editora Ltda**  
CNPJ: 589029480001-12  
[contato@aurumeditora.com](mailto: contato@aurumeditora.com)  
(41) 98792-9544  
Curitiba - Paraná

## ORGANIZADORES

### **Roneuane Grazielle da Gama Araujo**



Possui graduação em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário Metropolitana de Manaus - FAMETRO (2016), Especialista em Docência Universitária pelo Centro Universitário Metropolitana de Manaus - FAMETRO (2017-2018) e Graduação em Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul (2019), Especialista em Engenharia e Administração de Banco de Dados (INICAMP). Docente de Ensino Superior, Profissionalizante e Técnico. Atuou como Coordenadora de Curso Técnicos, CTO em empresa com foco em Pequenas e Médias empresas trazendo inovação, tecnologia e sustentabilidade pra cidade de Manaus. É Mentora e jurada de competições de programação (HACKTHON) presencial e remoto. Participações em Hackathon Cidades Sustentáveis; Hackathon InovAmazônia - Bioeconomia e logística na Amazônia e em Congresso Nacional de Educação. Cofundadora da iniciativa "O Encanto da PI: Propriedade Intelectual para Meninas STEAM" do Programa PI nas Escolas realizada pelo INPI que tem como objetivo despertar e conscientizar sobre a importância da participação de meninas nas áreas de STEAM e PI.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0820708416379517>

### **Jefferson Emilio Maciel da Silva**



Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Pós-graduação em Docência Universitária (FAMETRO). MBA em Projetos, Execução e Controle de Engenharia Elétrica pelo Instituto de Pós-Graduação e Graduação (IPOG). MBA em Governança, Risco e Compliance - Instituto de Ensino Superior Brasileiro (ESP). Especialização em Sistema Fotovoltaico. Ensino Superior Blauro Cardoso de Mattos – (FASERRA). Engenheiro de Manutenção Elétrica das Centrais Elétricas do Norte (Eletronorte - Eletrobrás). Atuou como Instrutor do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI AM. Atua nas áreas de Usinas Termoelétricas, Turbinas à Vapor, Turbinas à Gás, Subestações, Manutenções: Preventivas, Corretivas e Preditivas, Painéis Solares e Sistemas Fotovoltaicos, Operadores Nacional de Sistema - ONS, Sistemas Automatizados. Redes de Distribuição, Transmissão e Geração de Energia Elétrica, Normas de Regulamentação. Possui projetos de pesquisa intitulados: Energia Hidrocinética (INPA); Elaboração de Projeto e Instalação de Sistema Fotovoltaico em Residência Urbana. (FASERRA); Implementação de Sistema Supervisório em Unidades Geradoras de Energia Elétrica de Sistemas Isolados Instaladas em Municípios do Estado do Amazonas (ITEGAM). Participações em Hackathon Cidades Sustentáveis; Hackathon InovAmazônia - Bioeconomia e logística na Amazônia e em Congresso Nacional de Educação.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9753722420128543>

## AUTORES

Adriane de Souza Marinho  
Antonio Sonny Alves Pinto  
Aytalon dos Santos Pacheco  
Caio Felipe Fialho de Oliveira  
Daniel Diego da Costa Fernandes  
Dioneide Leal Sales  
Dionelson Siqueira Marinho Junior  
Elda Nunes de Carvalho  
Ermeson Bruno Rodrigues Ferreira  
Fábio Nestor do Espírito Santo Brandão  
Jessica Oliveira Soares  
Jesus Travessa de Melo Júnior  
João Tavares Meireles Neto  
Kevin Rivera da Silva  
Nureldin Ziyadin Sakeb Omar  
Rafael Monteiro Lopes  
Raifran Lisboa da Silva  
Ranyeric Cristian Gama de Souza  
Rodrigo Silva de Sena  
Thamires de Oliveira Sarges  
Vaneisa Manoela Dias de Albuquerque  
Wesley Silva do Nascimento

## APRESENTAÇÃO

Vivemos em uma era marcada pela transformação digital, na qual a tecnologia deixou de ser um mero recurso complementar para tornar-se elemento essencial dos processos de ensino e aprendizagem. A educação do século XXI demanda novas formas de pensar, ensinar e aprender, integrando recursos tecnológicos, metodologias inovadoras e práticas pedagógicas criativas que respondam aos desafios contemporâneos.

O e-book “Conexões Digitais: Tecnologias Integradas para Desafios Contemporâneos” reúne projetos desenvolvidos por discente do Curso de Engenharia da Computação, evidenciando o protagonismo discente na criação de soluções tecnológicas aplicadas a contextos reais, com demandas do comércio e do setor industrial, especialmente das empresas instaladas no Polo Industrial de Manaus, conectando o ambiente acadêmico às necessidades do mercado regional.

Assim, esta obra convida o leitor a refletir sobre os desafios e possibilidades da educação digital, entendendo-a não apenas como um conjunto de ferramentas tecnológicas, mas como um espaço de inovação, colaboração e humanização do ensino. Mais do que apresentar experimentos, este e-book é um convite à ação: repensar o papel da universidade, do professor e do discente diante de um mundo cada vez mais conectado, dinâmico e criativo.

São esses caminhos interdisciplinares e interligados, que moldam o futuro da educação digital e inspiram novas formas de ensinar e aprender com sentido e propósito.

“A educação tem sentido porque mulheres e homens aprenderam que é aprendendo que se fazem e refazem, porque mulheres e homens se puderam assumir como seres capazes de saber”. Paulo Freire

Boa leitura!

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos a todos os alunos, profissionais, empresas parceiras que, com dedicação e compromisso, tornam-se os verdadeiros agentes da transformação educacional. Cada contribuição, cada parceria e cada iniciativa reafirmam que a educação se fortalece quando caminha lado a lado com a sociedade, o mercado e a inovação.

Aos parceiros do setor empresarial Rômulo Araujo, Expedito Belmont, João Diniz, Wander Saimon, Adknes Alves, nosso reconhecimento especial por acreditarem na aproximação entre a empresa e a faculdade, abrindo suas portas, compartilhando desafios reais e permitindo que os estudantes vivenciem, na prática, a amplitude do campo profissional. Essa integração amplia horizontes, revela possibilidades e demonstra aos alunos que o mercado é vasto, dinâmico e repleto de oportunidades, experiências e caminhos a serem explorados.

Aos estudantes, que diariamente inspiram, questionam e desafiam os limites do saber, nosso profundo agradecimento. São eles que, ao utilizarem ferramentas digitais nos mostram que a educação vai muito além de um processo técnico: ela é uma construção contínua de novos aprendizados, vivências e transformações.

Por fim, agradecemos aos leitores, responsáveis por dar continuidade a esta discussão tão necessária. Esperamos que este e-book inspire novas práticas, desperte ideias e fortaleça ações que contribuam para uma educação cada vez mais inclusiva, democrática e inovadora, capaz de impactar positivamente as futuras gerações.

Como nos ensina Paulo Freire, a verdadeira inclusão na educação não se limita ao acesso, mas se concretiza na criação de ambientes em que todos os estudantes, independentemente de suas origens e condições, possam participar ativamente do processo de aprendizagem, reconhecendo-se como sujeitos de saber e de transformação.

Assim como Alvin Toffler, que nos mostra que “O analfabeto do século XXI não será aquele que não consegue ler e escrever, mas aquele que não consegue aprender, desaprender e reaprender”.

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este e-book a todas as pessoas que acreditam no poder transformador da educação. Aos educadores e educadoras, que reinventam o ensinar a cada dia, mesmo diante dos desafios, e que não desistem de construir uma escola mais justa, humana e inclusiva. Aos estudantes, em sua diversidade de vozes, histórias e sonhos, que nos mostram, constantemente, que aprender vai muito além dos livros — é também acolher, respeitar e ser escutado. A cada pai e mãe de nossos alunos, que acompanham, apoiam e esperam por uma educação que abrace todos, sem exceção. E, especialmente, a todos aqueles que, muitas vezes invisibilizados, seguem lutando por um lugar de pertencimento nos espaços educativos, provando que a inclusão é um direito e não uma concessão. Que este livro seja, para cada leitor e leitora, uma semente que sirva de inspiração e de construção de conhecimento de forma coletiva e transformadora.

## SUMÁRIO

### Capítulo 1

#### PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DO FLUXO DE ATENDIMENTO EM UMA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE

**Autores:** Fábio Nestor do Espírito Santo Brandão, Ranyeric Cristian Gama de Souza, Wesley Silva do Nascimento e Roneuane Grazielle de Gama Araujo.

  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-001>

14-41

### Capítulo 2

#### DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO E SISTEMA PARA SETOR DE CALAMIDADE

**Autores:** Caio Felipe Fialho de Oliveira, Daniel Diego da Costa Fernandes, Rodrigo Silva de Sena e Roneuane Grazielle da Gama Araujo.

  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-002>

42-63

### Capítulo 3

#### IMPLEMENTAÇÃO DE PLATAFORMA DIGITAL PARA SUBSTITUIÇÃO DE COMPUTADORES INDUSTRIALIS

**Autores:** Rafael Monteiro Lopes e Roneuane Grazielle da Gama Araujo.

  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-003>

64-87

### Capítulo 4

#### SISTEMA DE MONITORAMENTO INTELIGENTE DE INCÊNDIO E SEGURANÇA EM IOT

**Autores:** Antonio Sonny Alves Pinto, Ermeson Bruno Rodrigues Ferreira, Kevin Rivera da Silva e Roneuane Grazielle da Gama Araujo.

  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-004>

88-118

### Capítulo 5

#### SIMULAÇÃO DE SISTEMA DE AÇÃOAMENTO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR E ARDUINO EM COMUNIDADE RIBEIRINHA DO AMAZONAS

**Autores:** Aytalon dos Santos Pacheco e Roneuane Grazielle da Gama Araujo.

  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-005>

119-143

### Capítulo 6

#### A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DE MICROEMPRESAS: INTEGRANDO O FÍSICO E O VIRTUAL – RAY STAR

**Autores:** Nureldin Ziyadin Sakeb Omar, Raifran Lisboa da Silva, Thamires de Oliveira Sarges e Roneuane Grazielle da Gama Araujo.

  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-006>

144-170

## Capítulo 7

### CRONOS – SISTEMA DE APOIO E GERENCIAMENTO PARA CRONOGRAMA CAPILAR

**Autores:** Adriane de Souza Marinho, Vaneisa Manoela Dias de Albuquerque e Roneuane Grazielle da Gama Araujo.

 Crossref  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-007>

171-192

## Capítulo 8

### ATHUNNA – PLATAFORMA DE GESTÃO DE EVENTOS E CARGA HORÁRIA EDUCACIONAL

**Autores:** Jesus Travessa de Melo Júnior, João Tavares Meireles Neto, Dionelson Siqueira Marinho Junior, Elda Nunes de Carvalho e Roneuane Grazielle da Gama Araujo.

 Crossref  <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-008>

193-223

**PROTÓTIPO PARA OTIMIZAÇÃO DO FLUXO DE ATENDIMENTO EM UMA UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE**

**PROTOTYPE FOR OPTIMIZING SERVICE FLOW IN A BASIC HEALTH UNIT**

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-001>

**Fábio Nestor do Espírito Santo Brandão**

Graduando UNINORTE - Centro Universitário do Norte  
E-mail: fabionestor11@gmail.com

**Ranyeric Cristian Gama de Souza**

Graduando UNINORTE - Centro Universitário do Norte  
E-mail: ranyericcristian@gmail.com

**Wesley Silva do Nascimento**

Graduando UNINORTE - Centro Universitário do Norte  
E-mail: wesleysdonascimento@gmail.com

**Roneuane Grazielle de Gama Araujo**

Especialista UNINORTE – Centro Universitário do Norte  
E-mail: roneuanegrazielle@gmail.com

**RESUMO**

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de um protótipo de sistema digital concebido para otimizar o fluxo de atendimento na Unidade Básica de Saúde Emile Tassia Abreu de Freitas, em Manicoré (AM). O foco principal foi reduzir o tempo de espera na fase de pré-triagem e fornecer suporte à gestão das rotinas de atendimento. A pesquisa teve caráter aplicado, com abordagem qualitativa e perfil exploratório; os dados foram obtidos por questionários e por uma entrevista com a gestora da unidade. O protótipo integra quatro principais funções: o totem de autoatendimento para registro automático da chegada do paciente; o módulo de pré-triagem digital que captura, de forma estruturada, o motivo da busca e sinais iniciais; o sistema de gerenciamento de filas com chamadas eletrônicas que organiza convocações audíveis conforme o nível de prioridade; e um painel de gestão que agrupa indicadores e facilita a tomada de decisão. Os resultados indicam que a solução reduz tarefas manuais na recepção, padroniza a coleta de informações e oferece à equipe insumos estratégicos para organizar o atendimento. A validação foi feita por meio de uma demonstração navegável das telas e simulações dos fluxos. Porém houve limitações, como as restrições técnicas do totem físico, e questões burocráticas necessárias para realizar teste de campo na UBS, mas a avaliação conceitual mostrou que as funcionalidades essenciais de autoatendimento e gestão foram corretamente implementadas e respondem às necessidades levantadas pela unidade.

**Palavras-chave:** Sistema digital; Pré-triagem; Unidade Básica de Saúde; Protótipo.

## ABSTRACT

This study presents the development of a digital system prototype designed to improve the patient-flow process at the Emile Tassia Abreu de Freitas Basic Health Unit, located in Manicoré, Amazonas. The project focused primarily on reducing wait times during the pre-triage stage and supporting the management of daily service routines. The research followed an applied approach, using qualitative and exploratory methods, and the data were collected through questionnaires and an interview with the unit's manager. The prototype brings together four key components: a self-service kiosk that records patient arrival; a digital pre-triage module that captures the reason for the visit and initial information in a structured way; a queue-management system with electronic calls that organizes the order of service according to priority; and a management dashboard that compiles indicators and supports decision-making. The results suggest that the solution decreases manual work at the reception, standardizes information collection, and provides the staff with strategic elements to organize the service flow. Validation was carried out through a navigable demonstration of the interface and simulated use of the system's main processes. Some limitations emerged, such as restrictions related to the physical kiosk and the bureaucratic requirements needed to conduct field testing at the health unit. Even so, the conceptual evaluation indicated that the essential self-service and management functionalities were correctly implemented and aligned with the needs identified by the unit.

**Keywords:** Digital system; Pre-triage; Basic Health Unit; Prototype.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A tecnologia digital tem avançado significativamente nos últimos anos, promovendo a otimização de processos complexos e burocráticos em diversas áreas. Esse avanço tecnológico tem se mostrado especialmente impactante na saúde pública, onde melhorias inovadoras contribuem para a eficiência dos serviços prestados (Santos; Frota; Martins, 2016).

Entretanto, segundo a pesquisa feita por Rocha et al (p. 36, 2024) pelo Instituto de Estudos para Políticas de Saúde, o crescimento das clínicas populares no setor privado possibilita um impacto contrário a evolução do âmbito público para atender as necessidades populares, o que traz limitações para a expansão do setor público, ocasionalmente afetando a área tecnológica das unidades públicas, o que mostra que um avanço da tecnologia nesse setor é uma opção bem-vinda.

Partindo dessa realidade, com foco em trazer um avanço para o setor público, este trabalho se concentra em propor uma alternativa tecnológica para o atendimento inicial em uma Unidade Básica de Saúde.

A motivação decorre da vivência observada na UBS Emile Tassia Abreu de Freitas, em Manicoré (AM), onde foram identificadas dificuldades operacionais no primeiro contato com o usuário, já que se constatou que ainda há registro manual dos pacientes, dificuldade para automatizar o processo de chamadas para consulta, e falta de padronização e transparência das informações coletadas na pré-triagem, o que acaba gerando confusão em relação a prioridade das filas para o atendimento. Essas questões motivaram a investigação de soluções que possam contribuir para maior eficiência e organização do fluxo de atendimento na atenção primária.

Dessa forma, este trabalho propõe o desenvolvimento e a implementação de um protótipo funcional de sistema de pré-triagem, centrado em um totem de autoatendimento e acompanhado de módulos para coleta padronizada do motivo de consulta, gerenciamento eletrônico de filas e dashboard para apoio à gestão. Os objetivos deste trabalho incluem descrever o problema observado, projetar a solução tecnológica e avaliar, em nível conceitual, a adequação do protótipo às necessidades identificadas na UBS.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Este estudo se concentra no desenvolvimento e na implementação de um protótipo de sistema digital de pré-triagem destinado a UBS Emile Tassia Abreu de Freitas, localizada no município de Manicoré no estado do Amazonas. O foco está na atenção primária, isto é, quando o paciente chega à UBS e passa pelo processo de pré-triagem até a consulta com o médico. Irá ser levado em conta os dados obtidos através da metologia para compreender o fluxo de atendimento, e a partir disso, será desenvolvido e implementado um protótipo de um sistema de autoatendimento que busca atender as necessidades da UBS.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver e implementar um protótipo funcional de sistema digital para otimização do fluxo de atendimento na etapa de pré-triagem, aplicado inicialmente na Unidade Básica de Saúde Emile Tassia Abreu de Freitas, localizada em Manicoré (AM), visando a redução do tempo de espera dos pacientes

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Propor um modelo otimizado de fluxo de atendimento utilizando sistema digital com totem de autoatendimento;
- Desenvolver o protótipo do módulo digital de pré-triagem;
- Implementar um sistema de gerenciamento de filas com chamadas eletrônicas;
- Desenvolver uma interface intuitiva (dashboard) para exibição de dados históricos e apoio à to-

mada de decisão pela equipe gestora.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema deste trabalho decorre da observação realizada em uma Unidade Básica de Saúde (UBS) localizada no município de Manicoré, estado do Amazonas. Foi identificado que os pacientes enfrentam tempo elevado de espera devido à necessidade de chegar cedo e passar por processos burocráticos para serem atendidos.

Portanto, o presente estudo busca reduzir esses tempos de espera e propor uma solução tecnológica que otimize e organize o fluxo de atendimento na UBS, minimizando o desgaste dos profissionais com tarefas manuais e permitindo maior foco no atendimento direto ao paciente. Para isso, desenvolveu-se um protótipo digital que inclui um totem de autoatendimento, gerenciamento eletrônico de filas e um dashboard em tempo real, que oferece uma visão estratégica para a tomada de decisões pela equipe gestora.

Ademais, embora o foco prático deste trabalho seja a UBS de Manicoré, a proposta pretende ir além deste contexto específico, inspirando futuros estudos e pesquisas na área da saúde pública, que ainda enfrenta diversos desafios estruturais e operacionais (Trindade, 2008).

Assim, o protótipo pode contribuir não apenas para a melhoria no atendimento da UBS estudada, mas também apresentar-se como uma ferramenta passível de adoção em âmbito municipal ou nacional, auxiliando o Ministério da Saúde na gestão da pré-triagem, no controle de filas e na geração de relatórios que suportem decisões estratégicas. Dessa maneira, espera-se promover avanços significativos na incorporação de tecnologias digitais à atenção primária à saúde.

#### 1.5 REVISÃO TEÓRICA

##### 1.5.1 Saúde Pública

A saúde pública é fundamental para a vida em sociedade, pois é ela que promove qualidade de vida e bem-estar. Para o Ministério da Saúde (2025), saúde não é só a ausência de doença, mas sim bem-estar. Por isso, os serviços precisam ser geridos de modo colaborativo, com atenção especial aos municípios, para que as pessoas vivam com qualidade e não apenas sem enfermidades.

O tema é amplo, por isso é importante focar nas instituições de saúde e estar sempre melhorando o processo. Furlan (2011, p. 22) lembra que unidades públicas e privadas devem sempre buscar estratégias para melhorar o atendimento aos pacientes um fundamento para a ideia de otimização constante.

###### 1.5.1.1 Sistema de Saúde

Para Paim (2021) um sistema de saúde “é o conjunto de agências e agentes cuja atuação tem como objetivo principal garantir a saúde das pessoas e da população”.

Dessa maneira, entender a estrutura e o funcionamento do sistema de saúde é importante para propor soluções tecnológicas que melhorem processos internos, como o fluxo de atendimento e a coleta de dados em unidades básicas de saúde, a fim de aumentar a qualidade dos serviços que são entregues para a sociedade.

#### 1.5.1.1.1 Sistema Único de Saúde (SUS)

O SUS é a sigla que corresponde ao Sistema Único de Saúde, ele é um dos maiores e mais complexos sistemas de saúde pública do mundo, sendo ele composto pelo Ministério da Saúde, Estados e Municípios que abrangem todo o território nacional, o que garante acesso a saúde a todos os cidadãos (Brazil, 2025).

Nesse pensamento, entender o SUS é importante para se desenvolver tecnologias nas unidades de saúde, uma vez que é por meio de seu funcionamento, estrutura e diretrizes que se pode considerar maneiras de aprimorar processos e incorporar novas soluções de maneira eficiente.

#### 1.5.1.2 Unidades Básicas de Saúde (UBS)

Dentro da área da saúde, as Unidades Básicas de Saúde (UBS), desempenham um papel primordial no setor público de bem-estar.

Segundo a Secretaria do Estado de Saúde do Amazonas (2024) as UBS têm o foco em nível de complexidade básico, buscando pelo atendimento preventivo, curativos e pelo acompanhamento de condições de saúde comuns, o que engloba doenças de casos leves a moderados como sintomas de gripe, febre, dor estomacal, conjuntivite, diarreia, vômito dentre outras. A visão que se conclui é que as UBS são o primeiro contato que a população vai ter com um sistema de saúde, com o objetivo de atender a maioria das demandas de forma acessível, sem ter a necessidade de encaminhamentos para serviços mais complexos como as Unidades de Pronto Atendimento (UPA).

Entender a relevância das UBS, e de sua diferença de nível de complexidade com outras unidades é importante para a implementação de soluções tecnológicas, visto que diferentes complexidades envolvem diferentes rotinas, diferentes protocolos que visam aprimorar os atendimentos iniciais, como os sistemas de triagem, pois diferentes unidades enfrentam níveis diferentes de enfermidades, o que impacta no processo de triagem (Pinto, Stocker, Lima, 2019).

#### 1.5.1.3 Atenção Primária à Saúde (APS)

A atenção Primária à Saúde (APS) é reconhecida como o primeiro nível de atenção em saúde, sendo o ponto de partida para a manutenção da saúde.

Segundo Starfield (2002, p 195) a Atenção Primária à Saúde representa a porta de entrada do cidadão no sistema de saúde, sendo o ponto de contato inicial para suas necessidades. Seu foco principal é oferecer

um cuidado integral e contínuo, priorizando o indivíduo em vez de focar somente em enfermidades isoladas. Adicionalmente, a APS visa solucionar a maioria dos problemas de saúde, excluindo apenas os casos raros ou de alta complexidade, e coordena o cuidado com outros serviços quando se faz preciso, ela é considerada a base para todos os outros níveis de atenção no sistema de saúde.

Este conceito ainda é destacado por Starfield (p. 29, 2002) que afirma que é esse tipo de Atenção que é adotada nas UBS, o que se difere da atenção por consulta, que tem curta duração e da gestão de enfermidade a longo prazo, o que acontece devido a APS lidar com problemas comuns, definidos e preventivos.

Diante dessas afirmações, fica claro que a qualidade do acolhimento na triagem inicial é determinante para o bom funcionamento de toda rede e da qualidade da atenção prestada aos pacientes, o que torna essencial entender o papel da APS para que se possa desenvolver novas tecnologias com o intuito de otimizar o acolhimento e garantir um bom primeiro atendimento aos pacientes.

#### 1.5.1.4 Acolhimento com classificação de Risco (ACCR)

Se tratando de acolhimento, no contexto de um sistema de saúde, é entendido como identificação e o cuidado dos pacientes que necessitam de tratamento imediato, dependendo do risco que eles estão correndo. Sendo assim, o acolhimento não é apenas uma atitude de bondade voluntária, mas como uma diretriz associada ao vínculo e a responsabilidade com o paciente, seguindo as normas do seu âmbito profissional e ético do serviço a saúde (Brazil, 2004).

Com isso, é possível notar que o acolhimento é um fator importante na atenção primária, pois por meio dele o paciente obtém o atendimento ideal e eficiente, para isso as tecnologias empregadas impactam diretamente neste atendimento, o que torna importante a sua compreensão.

#### 1.5.1.5 Protocolo Manchester

Quando o assunto é saúde, naturalmente se trabalha com riscos. Riscos de agravantes por falta de medicamentos, por falta de rápido atendimento, e em casos extremos até negligência de profissionais. Diante disso, é imprescindível entender o conceito de classificação de risco, a fim de minimizar os danos à saúde do paciente. Segundo Souza, Araújo e Chianca (2015) a classificação de risco foi apontado como um elemento de mudança no trabalho da atenção, gestão e produção na saúde pelo Ministério da Saúde. Através dela é possível identificar quais são os pacientes que precisam de atenção imediata de acordo com o seu agravante de risco, o que pode evitar complicações como problemas de casos agudos e até riscos de morte.

Nesse sentido, o protocolo Manchester é uma ferramenta que se utiliza com a intenção de administrar a demora do atendimento, priorizando os doentes com condições mais graves, e este protocolo classifica os riscos dos pacientes em cinco níveis de prioridade e com cada nível tendo uma cor. Este protocolo possui

uma confiabilidade de “moderada” a “quase perfeita”, o que o coloca em uma alta posição comparada a outros protocolos (Souza, Araújo, Chianca, 2015).

Assim, é notável que o protocolo adotado numa instituição tem a sua importância, pois as diretrizes devem ser seguidas para que se obtenha um atendimento otimizado e regulado, o que gera uma melhor organização e acaba resultando em uma gestão mais eficiente das UBS que utilizam tal protocolo como referencial (Campos et al., 2020).

#### 1.5.1.6 Processo de Triagem

O processo de triagem é fundamental no atendimento em unidades de saúde, pois visa analisar as condições clínicas dos pacientes e estabelecer a ordem de atendimento de acordo com o nível de urgência apresentado. No contexto atual, a palavra “Triagem” é quase que exclusivamente adotada para a área da saúde, e ela é definida como um processo de seleção dos pacientes que irão receber tratamentos em um cenário onde os recursos são limitados, este aspecto é o que torna o processo de triagem essencial (Moreira, 2010).

Quando se trata do processo prático nas unidades, Moreira (2010) destaca três condições primordiais para que uma triagem seja feita, sendo a primeira delas a consciência de que nem todos os pacientes poderão ser atendidos de forma imediata, a não ser que os recursos sejam ideais para todos, e isso envolve desde casos leves até casos extremos como catástrofes. A segunda condição é a de que somente um profissional da saúde deve realizar a triagem, de forma específica, individual e presencial, mesmo que seja um exame rápido. A última condição está relacionada as ferramentas que o profissional da saúde vai utilizar para realizar a triagem, isso envolve usar um plano ou um sistema que esteja baseado em critérios ou em algoritmos que definam uma prioridade e um tratamento específico.

É possível observar que a triagem não é um ato isolado, mas ela se trata de uma estratégia bem definida para que haja a devida atenção e classificação da condição do paciente. Dessa maneira, compreender essa parte do processo é importante para que seja fornecido novas ideias tecnológicas que possam auxiliar na atenção primária.

#### 1.5.1.7 Prontuário Eletrônico

Dentro dos sistemas utilizados na UBS, por padrão, o sistema PEC é utilizado pelas unidades que desejam ter um prontuário digital ao invés de utilizar um manual.

O prontuário eletrônico consiste em um registro digital que acompanha todo o histórico de vida do paciente. Ele reúne dados clínicos, informações de saúde e conteúdos administrativos produzidos pelas diferentes categorias profissionais que atuam na Atenção Primária à Saúde (Brasil, 2025).

O PEC será importante para compreender a realidade dos sistemas digitais nas UBS, a fim de se

oferecer uma alternativa de melhoria no primeiro atendimento

### **1.5.2 Camadas do Sistema: Front-end e Back-end**

Para que um sistema seja bem projetado, é essencial definir sua arquitetura, pois ela organiza responsabilidades, facilita manutenção e escalabilidade. No contexto do desenvolvimento de software, existe a arquitetura monolítica que é definida em três partes, o Front-end, o Back-end e uma base de dados (Nhimi, 2016 apud Pegrucci et al., 2020).

Entender esse conceito é fundamental para o desenvolvimento do protótipo, pois essa será a estrutura necessária para a aplicação, garantindo assim a integração tanto do lado do usuário como do lado do servidor, e assim trará um funcionamento coeso e eficiente para o sistema.

#### **1.5.2.1 Front end**

Nos diversos sistemas existentes, a interface com o usuário é um componente estratégico comum, e é por meio dela que os usuários conseguem ter interação com o sistema, assim tomando decisões e realizando procedimentos.

Nesse contexto, o Front End é definido como a camada onde o usuário vai poder interagir com o sistema, o que vai incluir a parte visual como um todo, buscando entregar uma experiência agradável ao usuário (Júnior et al, p. 2, 2022).

Do ponto de vista técnico em relação ao protótipo, o front end irá ser integrado à estrutura do sistema, e assim irá ser possível desenvolver interfaces que possam providenciar o conteúdo desejado ao usuário.

#### **1.5.2.2 Back end**

Segundo Júnior et al (2022) comprehende-se back-end como o lado do servidor, ou seja, é a parte do sistema onde o usuário não tem acesso diretamente. A sua responsabilidade é processar as requisições feitas através das interfaces no front end, armazenamento dados, gerenciando processos e sendo a base da regra de negócio do sistema.

No contexto do projeto, o back end será a camada responsável por processar as informações enviadas ao usuário, fazendo o tratamento de dados e aplicando as regras de negócio.

### **1.5.3 Ferramentas Tecnológicas**

Desde os primórdios a tecnologia vem acompanhando o dia a dia da humanidade, ela surge como uma solução para diversos problemas, tornando as tarefas mais simples de serem feitas.

De acordo com Zanin e Bichel (2018), a tecnologia é um resultado da ciência, pois envolve a utilização de métodos e para resolver problemas já identificados. Dessa forma, as ferramentas tecnológicas

são instrumentos criados para converter conhecimento científico em soluções práticas, contribuindo diretamente para a resolução desses desafios.

Esse conceitos mostram o impacto positivo da tecnologia para a sociedade, pois diversas são as suas aplicações.

#### 1.5.3.1 Node.JS

No desenvolvimento de aplicações modernas, o Node.JS é amplamente utilizado no desenvolvimento de aplicações, principalmente por oferecer uma estrutura leve, rápida e eficiente.

Segundo Van Ginkel (2019) o Node.js deixa o JavaScript rodar fora do navegador, como em servidores.

No contexto deste projeto, o Node.js será utilizado na camada de back-end para processar e gerenciar as informações de pré-triagem, garantindo o suporte do sistema.

#### 1.5.3.2 Banco de Dados

O protótipo de sistema de pré-triagem necessita armazenar e gerir um volume significativo de dados, como o registo de pacientes, o estado da fila de atendimento e os dados para o dashboard. Para alcançar esse objetivo, torna-se essencial empregar um Sistema de Gerenciamento de Bancos de Dados (SGBD), visto como a alternativa mais eficaz e que melhor se adapta às tecnologias para guardar informações. Neste projeto em particular, optou-se pelo PostgreSQL, um SGBD objeto-relacional que sobressai por ter seu código aberto e por ser um dos mais sofisticados em termos de funcionalidades nesta área. A sua escolha é justificada pela alta performance e fácil administração, além de características técnicas cruciais para o protótipo.

Conforme Souza (2011) o PostgreSQL oferece suporte robusto a transações, um conceito intimamente ligado à segurança de completude das operações. Isso garante que o registo de um paciente no sistema de pré-triagem seja concluído com sucesso, salvando os dados do paciente.

Finalmente, o PostgreSQL oferece uma facilidade de configuração e de manipulação de dados, sendo importante para a construção do protótipo.

##### 1.5.3.2.1 Mapeamento Objeto-Relacional (ORM) com Prisma

Para conectar a lógica da aplicação, criada com TypeScript, ao banco de dados PostgreSQL, é fundamental empregar uma ferramenta de Mapeamento Objeto-Relacional (ORM). Essa tecnologia facilita a administração dos dados guardados, dispensando a escrita de consultas SQL intrincadas e reduzindo a possibilidade de falhas no código. De acordo com Ramadhan e Prayudi (2025) o ORM permite que o programador vincule as estruturas de dados do banco a modelos no código da aplicação, representando cada

tabela de maneira clara. Assim, o desenvolvedor pode focar seus esforços na execução da lógica de negócios, sem ter que lidar diretamente com a complexidade da gestão do banco de dados.

A escolha do Prisma se deve por causa da sua eficiência, facilidade e agilidade para o desenvolvimento do protótipo.

#### 1.5.3.3 Frameworks

Quando se trata de projetos digitais modernos, um dos componentes cruciais são os frameworks, eles desempenham um papel decisivo ao reduzir complexidade de processos e acelera a entrega das aplicações.

Segundo Medeiros (p. 44, 2014) entende-se como framework um conjunto de códigos comuns entre vários projetos de software com intuito de trazer uma funcionalidade para sistemas digitais.

Para a aplicação do protótipo de fluxo de atendimento, os frameworks irão otimizar no seu processo de desenvolvimento

##### 1.5.3.3.1 Next.JS

No contexto de frameworks, o Next.js foi criado a partir do React e serve para montar aplicações web completas, tanto na parte visual quanto na parte do servidor. Com ele, dá para usar os componentes do React normalmente, mas com várias funções a mais que ajudam no desempenho e na forma de desenvolver. Outra vantagem é que ele já vem com várias configurações prontas, como as de empacotadores e compiladores, o que facilita muito o trabalho e faz o desenvolvedor ganhar tempo para focar no que realmente importa, que é construir e entregar o produto (Vercel INC, 2025).

No contexto do protótipo na UBS, o Next.js vai ser usado para auxiliar na produtividade da programação das interfaces, por ser um framework que organiza bem o código e melhora a performance.

##### 1.5.3.3.2 Jest

Quando o assunto é desenvolvimento de sistemas, uma das partes fundamentais no processo são os testes, por meio deles é que se valida o funcionamento da aplicação, garantindo que erros sejam corrigidos e o sistema fique o mais adaptado possível a regra de negócio. Nesse sentido, o Jest é um framework de testes focado em projetos que envolvem a linguagem Javascript e Typescript, sendo um framework muito adotado nesse tipo de projeto (Openjs Foundation, 2025).

No contexto do Projeto, o Jest terá um papel de realizar testes no desenvolvimento tanto no Back end como no Front end, pois através dele que será possível automatizar testes em ambos.

##### 1.5.3.4 Swagger

Segundo Santos et al (2020) o Swagger é um framework para projetar, documentar e testar APIs, especialmente as RestAPIs.

Esta ferramenta é necessária para que haja uma especificação clara do protótipo, reduzindo erros de interpretação do sistema e para que haja uma boa documentação da API.

#### 1.5.3.5 Ferramentas de Infraestrutura

##### 1.5.3.5.1 Docker

O Docker é uma ferramenta destacada para facilitar o desenvolvimento de sistemas e na facilidade de sua execução. Essa estratégia possibilita agrupar a parte central da aplicação, juntamente com todos os seus requisitos, em unidades independentes e de fácil manejo, conhecidas como contêineres. Tais contêineres asseguram que o sistema opere de forma consistente em qualquer local, desde o computador do programador até o servidor da UBS, resolvendo questões de compatibilidade e simplificando futuras melhorias do modelo, conforme apontado por Ramos (2023).

#### 1.5.4 Linguagem de Programação

A escolha de uma linguagem de programação é um elemento central, pois é a partir dela que se vai ter o núcleo do sistema no desenvolvimento do software, essa escolha vai influenciar diretamente a arquitetura do sistema, a forma como as funcionalidades serão implementadas e como os sistemas vão interagir.

Segundo Gotardo (2015) uma linguagem de programação é um método que segue um padrão para expressar instruções de um programa, utilizando regras que definem a forma de escrever o código e seu significado para que o computador possa executá-lo.

A linguagem de programação, será a base para implementar as funcionalidades no protótipo, e o que permitirá que ele seja desenvolvido, e as escolhidas para este objetivo é Javascript e Typescript.

##### 1.5.4.1 Javascript

Javascript é uma linguagem de programação interpretada, estruturada e de alto nível, sendo considerada a linguagem de programação mais onipresente da história. Isso se deve ao fato de que ela está presente em praticamente todos os navegadores da atualidade, marcando uma forte presença na web, porém também sendo encontrada em outras tecnologias (Flanagan, p. 1, 2013).

Esta linguagem atuará tanto no front quanto no back end, fazendo parte da estrutura e desenvolvimento das interfaces, e na lógica da regra de negócio.

##### 1.5.4.2 Typescript

Mororó (2024) afirma que o Typescript é uma linguagem de programação desenvolvida pela

Microsoft, sendo ela baseada na linguagem Javascript, porém com alguns recursos adicionais e avançados. Ele ainda afirma que assim como a linguagem Javascript, ela também pode atuar tanto no front end como no back end, ambas compartilhando a mesma sintaxe, porém a linguagem Typescript possui mais recursos que o Javascript, visto que há funcionalidades extras no Typescript, o que neste protótipo se traduz em benefícios práticos para o desenvolvimento e manutenção futura do sistema.

### 1.5.5 Versionamento de Código

Controlar a progressão do código é possível com o versionamento, que documenta cada ajuste, indicando o autor e o instante, mantendo a ordem e a proteção em todas as fases do projeto. Para dar conta disso na criação do protótipo de avaliação inicial, escolhemos o Git, um sistema de controle de versão distribuído (DVCS), sem custos e com código aberto. Por ser distribuído, o Git dá a cada membro da equipe uma cópia completa do repositório no seu computador, com todo o histórico, o que permite trabalhar sem internet e serve como cópia de segurança extra do projeto.

Um dos recursos mais valiosos do Git, crucial para criar um sistema com várias partes como o que propomos (área de pré-avaliação, controle de filas, painel de controle), é o uso de ramificações (branches). As branches deixam os programadores criarem caminhos separados para criar novas funções ou arrumar erros sem mexer na versão principal e segura do código (normalmente a branch main ou master). Depois de finalizar e testar a função na branch separada, as mudanças são colocadas de volta na linha principal através da junção (merge). O jeito básico de guardar o trabalho no Git é colocar as alterações numa área de espera (git add), juntar essas mudanças num "retrato" do projeto com uma explicação (git commit), e enviar essas alterações para um repositório central (git push).

Para facilitar o projeto, vai ser utilizado o GitHub, para que haja uma colaboração entre a equipe e para que haja um código mais limpo. Essa plataforma é boa, pois ela disponibiliza as ferramentas necessárias para administrar projetos, avaliar modificações, atribuir contribuições de maneira automática, melhorando a eficiência no desenvolvimento do projeto (Pinheiro, 2023).

### 1.5.6 Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)

A Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), a Lei nº 13.709/2018. Foca no "uso de dados", que é qualquer operação (coleta, armazenamento) feita com informações de alguém. Esta pesquisa lida especificamente com dados de saúde, que são considerados dados pessoais sensíveis. A presente lei estabelece diretrizes e normas para o manuseio ético de dados pessoais, assegurando que cada informação adquirida, guardada ou utilizada seja gerenciada com proteção e clareza. Abrange o "tratamento de dados", que compreende toda ação de obtenção, arquivo e manipulação de informações de um indivíduo; este estudo lida diretamente com dados pessoais delicados, estando assim atrelado diretamente a informações relacio-

nadas à saúde de alguém (Brasil, 2024).

Portanto, para respeitar os princípios da LGPD, serão adotadas algumas cautelas durante a apresentação e o desenvolvimento do protótipo, dentre elas, utilizar dados fictícios nos testes para que não haja nenhuma exposição.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 TIPO DE PESQUISA**

A pesquisa deste trabalho é aplicada com caráter exploratório e descritivo, pois se busca compreender os problemas que a UBS vem enfrentando em relação a atenção primária, bem como identificar e analisar as informações necessárias para a compreensão dos processos e limitações na pré-triagem, para propor com isso uma solução tecnológica.

#### **3.2 ESTUDO DE CASO**

O estudo de caso tem como referência a Unidade Básica de Saúde Emile Tassia Abreu de Freitas localizada no município de Manicoré no estado do Amazonas. O objetivo foi examinar os obstáculos associados ao primeiro atendimento e à pré-triagem, avaliando a possibilidade de implementar uma solução digital que se integrasse à rotina da unidade. Se tratando da rotina da UBS, o horário ocorre em dois turnos: 07:00hrs às 11:00hrs e das 13:00hrs às 17:00hrs. Como de costume, a fila de espera dos pacientes na UBS é formada antes mesmo do início do expediente, assim que se inicia, os pacientes são atendidos primeiramente por um atendente na recepção que realiza a emissão de fichas de identificação para cada paciente. O total de fichas por dia é de 16 unidades por médico, podendo ultrapassar o limite em casos de emergência.

Nessa rotina, existe dois tipos de categoria de pacientes, os agendados, que são os pacientes que fazem o agendamento prévio para serem consultados, e existe os espontâneos, que não fazem agendamento prévio, mas entram na fila de espera com o intuito de obter uma ficha para se consultar. Caso o limite de fichas seja atingido, os pacientes espontâneos são orientados a agendar um outro horário, enquanto os agendados já têm a vaga garantida. Após serem atendidos na recepção, o recepcionista usa o sistema PEC para encaminhá-lo para a triagem, entrega a ficha ao paciente e o orienta a aguardar ser chamado para continuar seu atendimento. Os pacientes são chamados pelo profissional que realiza a triagem, assim é feita a escuta e efetuado a classificação de risco do paciente, ele então aguarda o médico para ser consultado. E finalmente o próprio médico vai até a sala de espera e chama o paciente para a consulta no seu escritório.

Neste cenário, existe diversos problemas, e o primeiro é a necessidade de esperar na fila para ser atendido por um recepcionista, que precisa utilizar manualmente o sistema PEC para direcioná-lo para a triagem, tal situação pode ocasionar atrasos e possibilidade de erros humanos durante o processo.

O segundo problema é a falta de um sistema para gerenciamento de fila integrado com sistema de

chamado eletrônico, tal situação obriga aos próprios funcionários da UBS chamarem os pacientes para passarem pela triagem e para se direcionar aos consultórios.

Ainda se tratando desse primeiro contato, não há totem nem sistema digital que permita ao paciente informar a sua chegada, fazendo com que todo processo manual anterior ocorra, e assim sendo dependente exclusivamente dos recepcionistas, o que pode contribuir para filas longas, lentidão no atendimento e sobrecarga da equipe. Outro ponto identificado está na compreensão do protocolo de classificação de risco, pois não há uma exposição deste protocolo, o que acaba gerando frustração nos pacientes, por não compreenderem que pacientes com classificação de risco mais alta tem maior prioridade no atendimento. Este problema obriga os profissionais a estarem constantemente explicando aos pacientes que o atendimento segue critérios de urgência clínica, e não apenas a sequência da fila.

O protótipo nesse trabalho está buscando resolver as questões identificadas, organizando e administrando as fases no processo de pré-triagem.

### 3.2.1 Metodologia Técnica

A metodologia técnica usada no desenvolvimento do protótipo privilegia a aplicação prática de princípios da engenharia de software e da arquitetura de sistemas, alinhando-os às ferramentas descritas no referencial teórico. A intenção foi construir uma solução clara e confiável, fácil de manter e de evoluir que atenda à pré-triagem, ao controle de filas e ao suporte decisório da UBS. O sistema foi implementado em arquitetura monolítica, organizada em três camadas bem definidas: interface do usuário (front-end), camada de aplicação (back-end) e persistência (banco de dados). Essa divisão deixou cada responsabilidade isolada, o que facilitou correções, testes e o trabalho em paralelo entre os componentes. A comunicação entre as camadas acontece por meio de uma API REST centralizada, encarregada de aplicar as regras de negócio e de coordenar o acesso ao banco de dados, garantindo consistência e controle nas operações.

Em relação ao o back-end, o protótipo foi construído com Node.js e TypeScript para tornar o código mais seguro e estável. Ali o sistema grava o paciente no totêmico, organiza a pré-triagem, faz a primeira checagem de risco, controla a fila e envia as informações prontas para o painel, isso significa que tudo é processado antes de chegar à equipe.

Para padronização e validação das rotas utilizadas pelo sistema, foi empregada a ferramenta Swagger. A documentação gerada permitiu a visualização detalhada dos endpoints da API, garantindo clareza e reduzindo inconsistências durante o desenvolvimento.

A camada de persistência utilizou o PostgreSQL. Para abstrair a comunicação com o banco, foi utilizado o Prisma ORM, que permitiu mapear tabelas para modelos de forma tipada, gerar migrations e facilitar operações CRUD.

A camada de interface foi construída com Next.js. Foram desenvolvidas interfaces específicas para

o totém, enfermeiro, médico e gestor, garantindo fluidez, clareza e responsividade.)

O protótipo foi testado com Jest, utilizando teste unitários, integração e interface, no front e no back.

Isso deu mais segurança à base do sistema e mostrou onde era preciso mexer.

O uso do Docker garantiu consistência entre ambientes por meio da criação de contêineres independentes para o front-end, back-end e banco de dados.

Todo o código foi versionado utilizando Git, com repositório remoto no GitHub, permitindo controle de histórico e organização do fluxo de desenvolvimento.

Considerando a infraestrutura de telecomunicações instável do município, é importante para a fase de produção uma estratégia de implantação local (On-Premise). Dado que o protótipo usa a tecnologia de contêineres Docker, é necessário que a versão final seja hospedada em um servidor físico dedicado dentro da UBS, operando em uma intranet independente da conexão externa.

Para a implantação do sistema em ambiente produtivo, será necessário uma readequação estratégica da função do recepcionista para mitigar barreiras de acesso enfrentadas por pacientes com baixo letramento digital ou analfabetismo. É importante que este profissional deixe de priorizar tarefas manuais de registro para atuar como um "facilitador digital", prestando atendimento assistido diretamente no totém.

O protótipo foi desenvolvido considerando os princípios da LGPD, dessa forma o sistema será imposto implementado protocolos de segurança avançados, com adoção de criptografia de dados em repouso (Data at Rest Encryption) no banco de dados PostgreSQL e o uso forçado de protocolo TLS/HTTPS para proteger a comunicação interna contra interceptações.

### **3.2.2 Funcionamento do Protótipo**

Se tratando do seu funcionamento, o sistema vai adicionar o paciente na fila da triagem e enviar as informações do paciente ao profissional que vai realizar a triagem. Assim através do sistema, o paciente será chamado por um sistema eletrônico de chamada para se direcionar à sala de triagem, evitando que os próprios profissionais precisem direcionar o paciente. Feita a triagem, o profissional adiciona as informações ao sistema e envia para o médico e então o sistema classifica o risco do paciente e a sua posição na fila, por consequência, o paciente retorna à sala de espera e aguardar o médico chamá-lo ao seu consultório através do sistema de chamada eletrônica, evitando assim que o médico necessite se direcionar a sala de espera para chamar o paciente.

O totém de autoatendimento também contará com uma orientação sobre o protocolo de classificação de risco, orientando e conscientizando o paciente sobre a importância dos riscos classificados e de seu impacto nas posições das filas, auxiliando assim a equipe de saúde na orientação do protocolo.

Por fim, o sistema também contará com um dashboard com quadro geral dos dados históricos dos

pacientes, bem como a quantidade de pacientes que visitaram a UBS e a motivação da sua vinda, o que irá auxiliar na tomada de decisões da equipe da UBS.

Com isso espera-se que o protótipo seja capaz de automatizar etapas do processo, como no atendimento do paciente na sua chegada, no gerenciamento das filas de pré-triagem e triagem, e na comunicação entre os profissionais, trazendo o benefício de se concentrar melhor na atenção aos pacientes e com uma visão geral melhorada para a tomada de decisões, através do dashboard.

### 3.3 TÉCNICA E INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Os dados e as informações para este estudo foram obtidos por meio de um questionário semiestruturado aplicado à gestora da Unidade Básica de Saúde Emile Tassia Abreu de Freitas, elaborado com perguntas focadas em buscar informações sobre a rotina dos funcionários da UBS, o fluxo atual de atendimento aos pacientes, os reais problemas enfrentados pela UBS atualmente, e pontos onde a tecnologia poderia auxiliar e otimizar a rotina de atendimento. O questionário foi disponibilizado utilizando a ferramenta Google Forms conforme mostrado na Figura 1.

Além do formulário, foi realizada uma entrevista online com a gestora, a qual foi gravada com seu consentimento e foram realizadas perguntas relacionadas a sua visão sobre os problemas que a UBS enfrenta, dessa forma foi possível coletar os dados para posteriormente realizar as análises.

Figura 1 – Painel do Formulário

No processo de Triagem, quais são as perguntas bases para cada atendimento? Como na recepção, na triagem e na classificação de risco? \*

Texto de resposta longa

Existe um totем de autoatendimento na UBS? se sim em que é usado? \*

Texto de resposta longa

Quais são os tipos de serviços a UBS oferece? \*

Texto de resposta longa

Fontes: Autores (2025)

### 3.4 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS

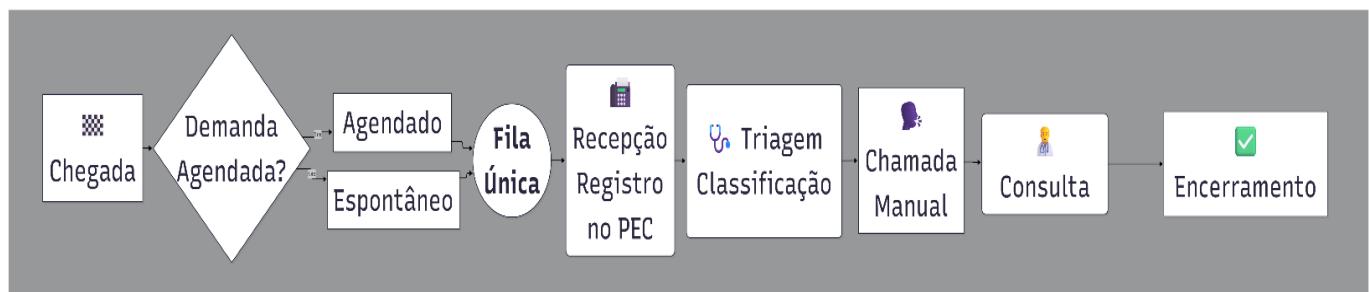
Os dados coletados por meio do questionário semiestruturado e da entrevista com a gestora foram

initialmente transcritos de forma integral e organizados para análise. A partir dessa sistematização, as informações foram revisadas cuidadosamente e agrupadas em categorias temáticas, tais como fluxo de atendimento, pré-triagem, triagem, gerenciamento de filas, compreensão do protocolo de risco e necessidade de um relatório geral para apoio à gestão. Esse processo de categorização permitiu identificar os principais pontos críticos da rotina da unidade e compreender como cada etapa influencia diretamente o tempo de espera e a organização interna.

Com base nessas categorias, optou-se por representar visualmente o processo por meio de dois fluxogramas complementares. O primeiro descreve o percurso atual do paciente, desde sua chegada à UBS até o atendimento médico, evidenciando as etapas manuais e os gargalos existentes no fluxo real. O segundo fluxograma apresenta o mesmo percurso, porém utilizando o protótipo desenvolvido, mostrando como o totem, a pré-triagem digital, o sistema de filas e o painel de triagem reorganizam e otimizam cada fase do atendimento. Essa comparação permite visualizar de maneira clara as diferenças entre o fluxo tradicional e o fluxo proposto pelo sistema.

Figura 2 – Fluxo de Atendimento Antes e Depois do Protótipo

ANTES



DEPOIS



Fontes: Autores (2025)

#### 4 RESULTADOS E DICUSSÕES

Como apontado anteriormente, o registro dos pacientes para a realização da consulta dependia exclusivamente do deslocamento com fila à recepção, havendo necessidade de ter um recepcionista que adi-

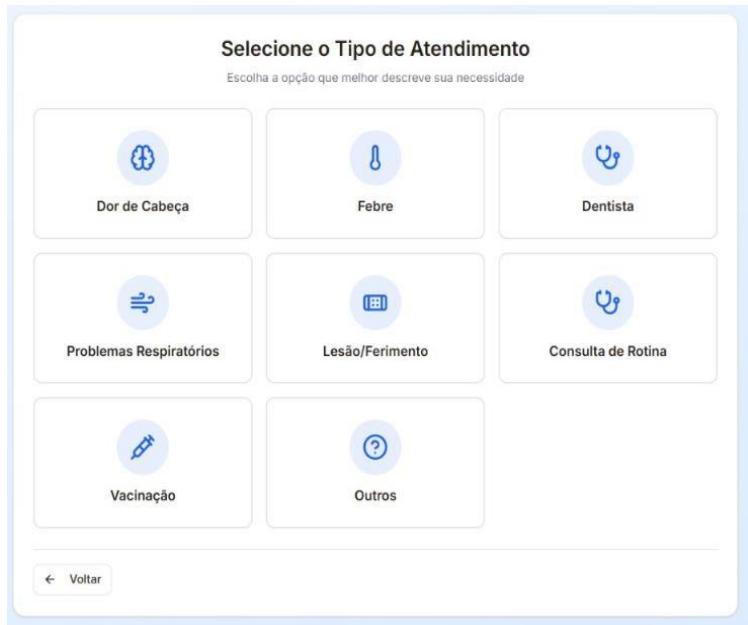
ciona o registro direto no sistema de forma manual. No protótipo, esse problema é resolvido pelo totêm de autoatendimento, onde o paciente consegue fazer o login através do número do cartão do SUS e coletar uma ficha para realizar o seu auto registro, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Painel de Login do Paciente



Fontes: Autores (2025)

Figura 4 – Painel de Autoatendimento



Fontes: Autores (2025)

O paciente pode prosseguir então na pré-triagem para comunicar o motivo da sua visita. A interface apresenta opções claras separadas por opções dos possíveis motivos da visita do paciente conforme mostrado na Figura 4. Cada categoria tem sua própria base de perguntas, isto é, em cada categoria que o paciente selecionar, haverá uma série de perguntas aptas para identificar as possíveis causas do paciente ter comparecido a UBS. Caso o motivo da sua visita não esteja presente no painel, o paciente pode considerar selecionar a opção “outros” conforme mostrado na Figura 4 para que seja informado pelo próprio paciente o motivo da sua visita.

Este processo é útil, em contrapartida de perguntas repetitivas que são feitas diariamente pelos profissionais da saúde, sendo um meio para agilizar o processo do fluxo do atendimento, em vez de anotações livres e variáveis feitas manualmente na recepção, sendo que a interface tem subcategorias de perguntas conforme mostrado na Figura 5, que são informações relevantes enviadas ao painel do enfermeiro que irá fazer a triagem.

Figura 5 – Painel de Subcategoria de Perguntas

Dor de Cabeça

Pergunta 1 de 4

Responda as perguntas para avaliarmos a prioridade do seu atendimento

A dor de cabeça começou de forma súbita e intensa?

Sim

Não

Voltar

Próxima

Fontes: Autores (2025)

Ao finalizar as perguntas, o protótipo vai então mostrar ao próprio paciente a sua posição na fila e a sua classificação de risco, mostrando o grau da sua condição, a urgência para o seu atendimento e o quanto ele terá que esperar conforme mostrado na Figura 6, evitando assim de ter que ir se comunicar com os profissionais de saúde, gerando mais organização e maior compreensão para os pacientes.

Figura 6 – Painel de Posição na Fila

Atendimento Registrado!

Seu atendimento foi registrado com sucesso

Paciente: Paciente 1111

Cartão SUS: 1234567891111111

Classificação de Risco  
Muito Urgente

Posição na Fila de Triagem  
1º

Instruções:

- Aguarde ser chamado para a triagem
- Fique atento ao painel de chamadas
- Mantenha seu cartão SUS em mãos
- A ordem pode variar conforme a prioridade

Finalizar

Fontes: Autores (2025)

Figura 7 – Painel de Encerramento

Fichas Esgotadas

Infelizmente todas as fichas deste turno já foram distribuídas

Data: 06/11/2025

Turno: Manhã

Fichas distribuídas: 16/16

O que fazer?

- Retorne em outro dia para conseguir uma ficha
- As fichas são distribuídas por ordem de chegada
- Recomendamos chegar cedo para garantir atendimento
- Em caso de emergência, procure o pronto-socorro

Horários de Atendimento:

- Manhã: 7h às 12h
- Tarde: 13h às 17h

\* Limite de 16 fichas por turno

Voltar ao Início

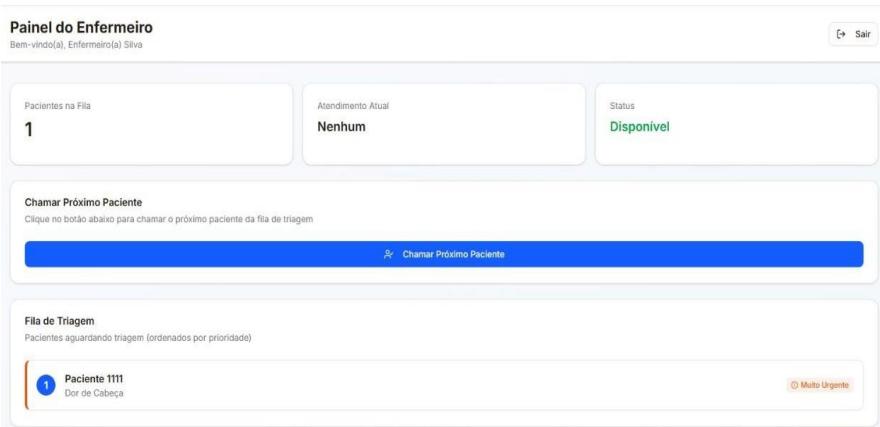
Fontes: Autores (2025)

Quando todas as fichas disponíveis no turno tiverem sido distribuídas, o protótipo irá automaticamente mostrar um alerta de encerramento do atendimento conforme a Figura 7, juntamente com orientações sobre a consulta em outros turnos e o que fazer em caso de urgência, evitando assim que os pacientes fiquem sem informação em relação ao atendimento no turno, assim como auxiliando na distribuição de informação para a equipe de saúde.

Em relação ao acesso da equipe de saúde, o protótipo conterá um painel de login e senha conforme mostrado na Figura 8. Se o funcionário for um enfermeiro, ele conterá seu próprio painel de atendimento, onde será possível visualizar em tempo real o número de pacientes na fila, o atendimento atual e o motivo de vinda informado pelo paciente no totêmico da pré-triagem.

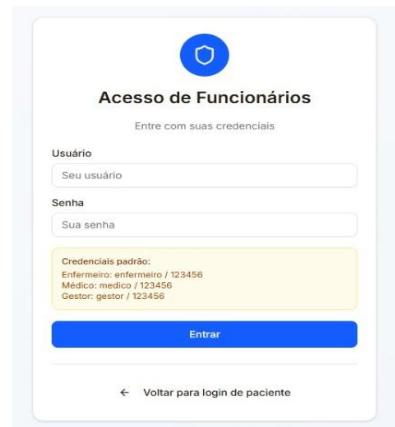
A interface vai permitir que o enfermeiro revise e confirme a pré-classificação recebida, podendo ajustar a prioridade caso identifique necessidade durante a análise dos dados apresentados. Após essa confirmação, o sistema oferece a opção de chamar o paciente com apenas um clique, acionando automaticamente o sistema de chamadas eletrônicas, conforme mostrado na Figura 9. Ao realizar essa ação, o protótipo emite um alerta audível no alto-falante da UBS e exibe simultaneamente uma mensagem visual nas TVs de espera, garantindo que o paciente receba o aviso de forma clara e imediata. Essa funcionalidade contribui para reduzir interferências no fluxo de atendimento e evita que o enfermeiro precise interromper suas atividades para ir até a sala de espera chamar o paciente manualmente.

Figura 8 - Painel do Enfermeiro



Fontes: Autores (2025)

Figura 9 - Painel de Login



Fontes: Autores (2025)

Após o enfermeiro clicar para chamar o próximo paciente, o sistema direciona automaticamente para o painel completo de triagem, no qual são exibidos os dados previamente coletados pelo totêmico na etapa de pré-triagem, como identificação, motivo da consulta e informações básicas fornecidas pelo próprio usuário. A partir dessa visualização inicial, o profissional pode complementar o registro com dados clínicos mais detalhados, incluindo sinais vitais, descrição dos sintomas, tempo de início do quadro e demais obser-

vações relevantes para a avaliação.

O painel foi desenvolvido com foco na clareza das informações, apresentando campos organizados de maneira sequencial para facilitar o preenchimento e reduzir o tempo gasto com anotações manuais, que normalmente geram atrasos na rotina da unidade. Além disso, a interface permite que o enfermeiro registre a classificação de prioridade conforme o protocolo adotado, garantindo que a ordem de atendimento reflita o nível de urgência de cada caso.

Outro ponto importante é que todo o processo ocorre dentro de uma única tela, evitando interrupções e eliminando a necessidade de alternar entre diferentes formulários ou sistemas paralelos, algo que costuma gerar perda de tempo e duplicidade de registros nas UBS. Com isso, o enfermeiro consegue manter a atenção totalmente voltada ao paciente, realizando a triagem de maneira mais fluida e com menor risco de omitir informações essenciais. Além disso, o sistema registra automaticamente cada etapa preenchida, criando um histórico organizado e padronizado, o que facilita análises posteriores e melhora a qualidade dos dados inseridos no prontuário. Esse modelo também favorece a integração com o fluxo digital proposto, permitindo que toda a equipe tenha acesso rápido e consistente às informações coletadas durante a triagem. A Figura 9 apresenta a tela destinada ao profissional durante a realização da triagem e mostra a interface no qual o enfermeiro ou técnico de enfermagem vai utilizar para poder fazer os registros da triagem e prosseguir o atendimento.

Figura 10 - Painel de Realização de Triagem

Painel do Enfermeiro  
Bem-vindo(a), Enfermeiro(a) Silva

Pacientes na Fila  
1

Chamar Próximo Paciente  
Clique no botão abaixo para chamar o próximo paciente da fila de triagem.

Fila de Triagem  
Pacientes aguardando triagem (ordenados por prioridade)

1 Paciente 1111  
Dor de Cabeça

Atendimento Atual

Realizar Triagem  
Paciente: Paciente 1111

Pressão Arterial *	Temperatura (°C) *
120/80	36.5
Frequência Cardíaca (bpm) *	Frequência Respiratória (rpm)
72	16
Saturação O2 (%)	Peso (kg)
98	70
Altura (cm)	
170	

Observações  
Observações adicionais sobre o paciente...

Cancelar Concluir Triagem

Status  
Em Atendimento

Muito Urgente

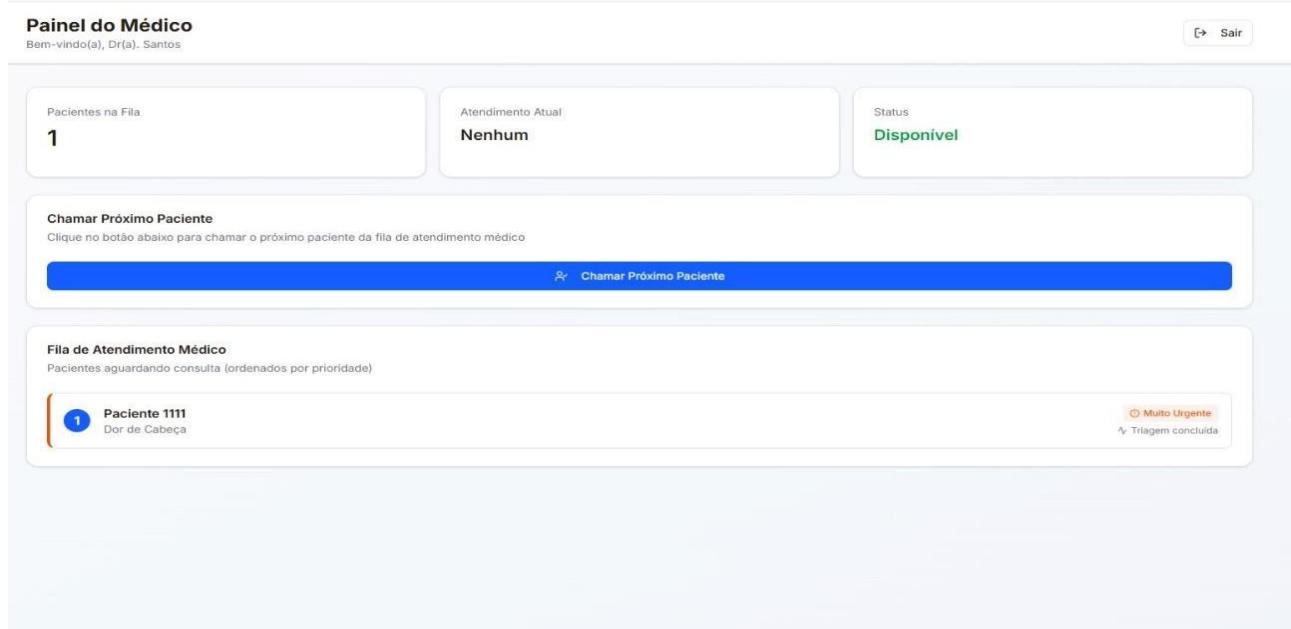
Chamando: Paciente 1111

Fonte: Autores (2025)

Assim como o enfermeiro, o médico também terá um painel, conforme mostrado na Figura 11 onde será possível chamar o paciente para seu consultório e fazer as anotações da consulta como mostrado na

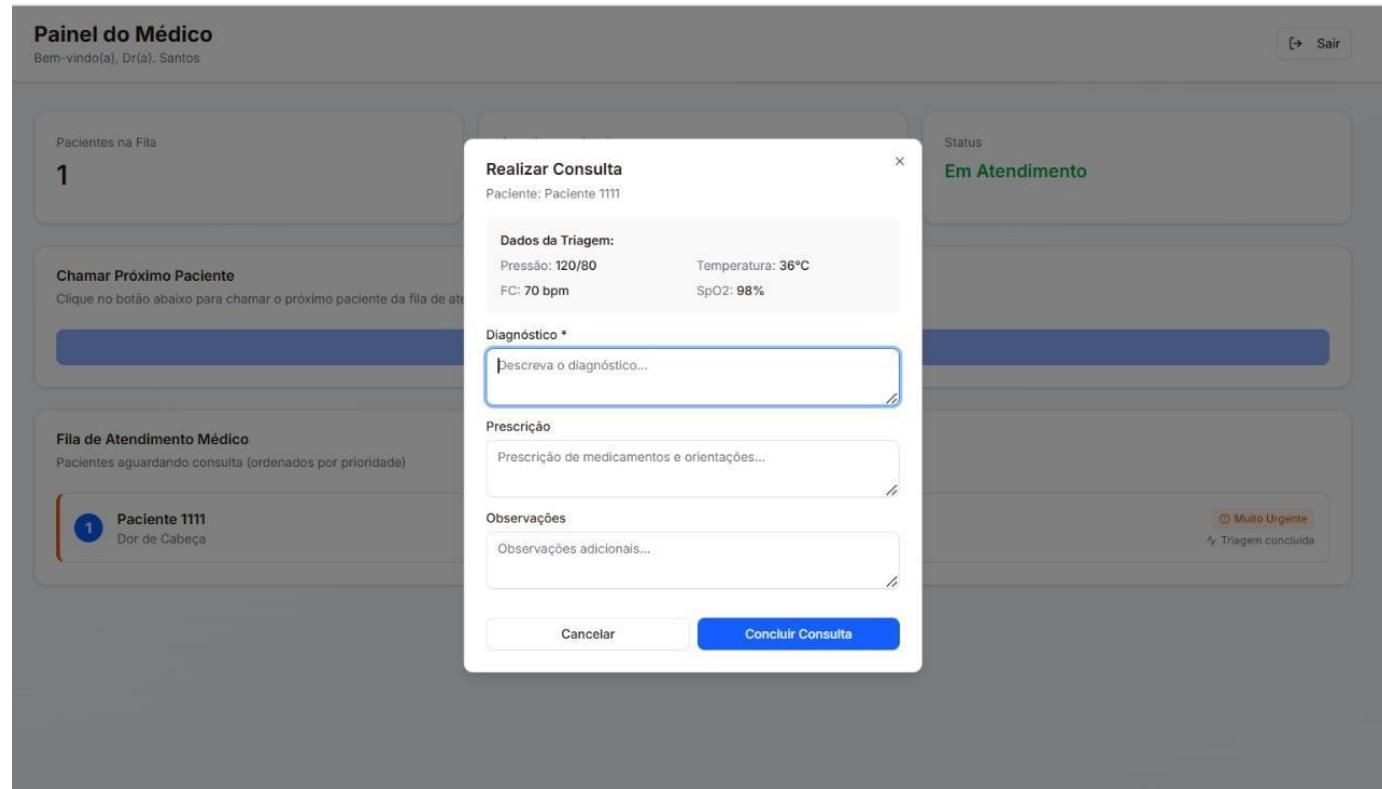
Figura 12, evitando que o médico tenha que sair do seu consultório e ir à sala de espera para chamar o paciente.

Figura 11 - Painel do Médico



Fonte: Autores (2025)

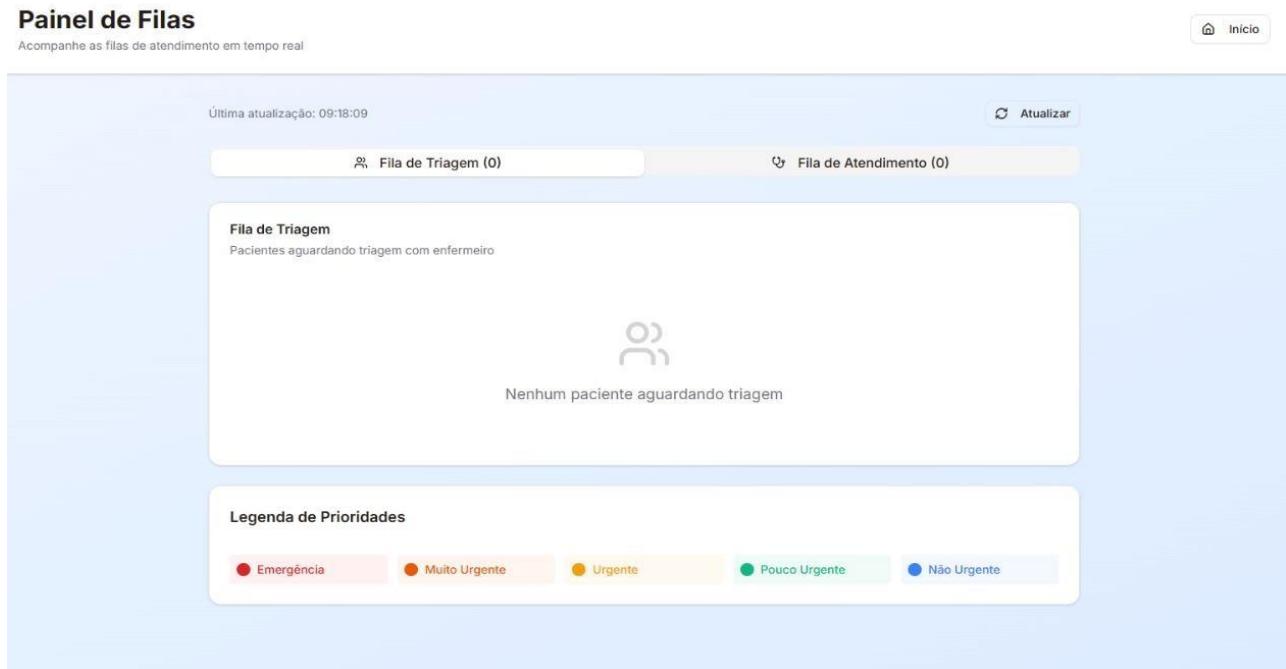
Figura 12 - Painel de Consulta do Médico



Fonte: Autores (2025)

Além disso, tanto o médico como o enfermeiro têm um painel dedicado para o acompanhamento das filas conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Painel de Filas



Fonte: Autores (2025)

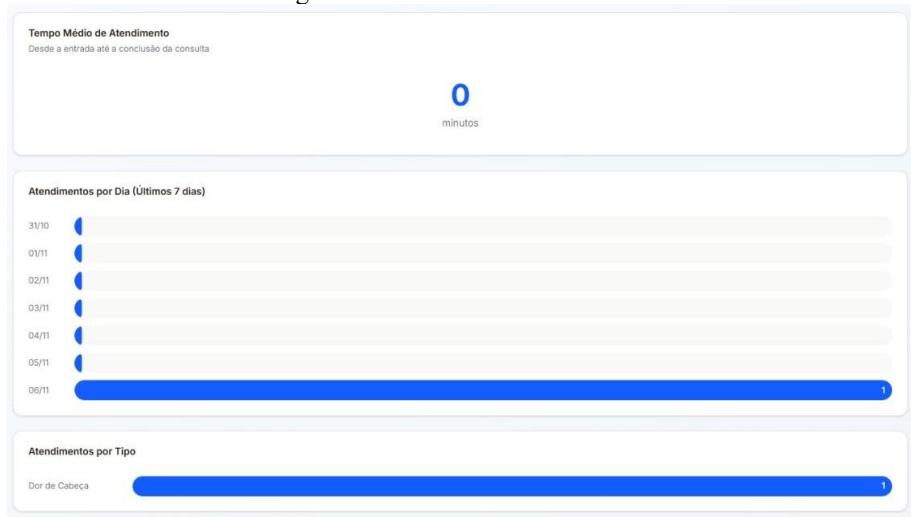
Por fim, o protótipo contém o painel do gestor, onde é possível visualizar o total de atendimentos, atendimentos concluídos, número do paciente em atendimento, número de pacientes aguardando e as informações do turno atual, incluindo o número de fichas disponíveis naquele momento conforme mostrado na Figura 14. Tais indicadores são importantes para a gestão e organização da UBS, bem como a ajuda na tomada de decisões futuras através de um relatório assim como mostrado na Figura 15

Figura 14 - Dashboard Gerencial



Fontes: Autores (2025)

Figura 15 – Dashboard do Relatório



Fontes: Autores (2025)

A partir do desenvolvimento do protótipo foi possível observar que os principais problemas identificados no fluxo atual de atendimento da Unidade Básica de Saúde foram solucionados. A implementação do totêm de autoatendimento eliminou a necessidade de filas na recepção e o registro manual dos pacientes pelos recepcionistas, a possibilidade do próprio paciente realizar seu cadastro e selecionar o motivo da visita, a orientação sobre a classificação de risco e as posições das filas, a orientação em relação as fichas esgotadas, o painel dos profissionais de saúde e o dashboard são resultados positivos para a otimização do fluxo de atendimento, possibilitando assim um processo menos burocrático e trazendo uma melhor atenção ao paciente.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver e apresentar um protótipo de sistema digital para uma Unidade Básica de Saúde de Manicoré, visando otimizar o fluxo de pré-triagem e reduzir o tempo de espera dos pacientes. A partir do questionário semiestruturado e a entrevista com a gestora da UBS Emile Tassia Abreu de Freitas e da construção do protótipo, foi possível projetar e validar, em nível conceitual e por demonstração de telas, um conjunto de funcionalidades alinhadas aos objetivos propostos.

O objetivo geral foi concluído, pois o protótipo gerou um sistema de autoatendimento, o módulo de pré-triagem digital, o gerenciamento de filas com chamada eletrônica e o dashboard de gestão, atendendo assim as demandas da UBS. Cada objetivo específico foi completado como o modelo de fluxo com totêm, o desenvolvimento do módulo de pré-triagem que coleta motivo e sintomas, a implementação da lógica de filas e chamadas e pôr fim a construção de um painel para apoio à tomada de decisão com indicadores operacionais.

Por fim, conclui-se que o protótipo desenvolvido atende no ramo do conceito à hipótese de que a

digitalização da pré-triagem e o gerenciamento eletrônico de filas podem otimizar o fluxo de atendimento, e reduzir o tempo de espera na UBS.

## DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus, por ter guiado os caminhos da equipe até o final. Às nossas famílias, pelo apoio e pela confiança; e, de modo especial, à Andrea Saraiva, mãe de Ranyeric Cristian; à Maria Alciana mãe de Wesley Silva, bem como César Brandão e Maria Simonete, pais de Fábio Nestor.

## REFERÊNCIAS

**Acolhimento com classificação de risco.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2009. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acolhimento\\_classificacao\\_risco\\_servicos\\_2009.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acolhimento_classificacao_risco_servicos_2009.pdf)>. Acesso em: 2 nov. 2025.

AMAZONAS. Secretaria de Estado de Saúde do Amazonas. ***SES-AM orienta sobre atendimentos de atenção básica, que causam sobrecarga nas unidades de alta complexidade.*** Manaus, 7 maio 2024. Disponível em: <<https://www.saude.am.gov.br/ses-am-orienta-sobre-atendimentos-de-atencao-basica-que-causam-sobrecarga-nas-unidades-de-alta-complexidade>> Acesso em: 11 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Brasília, DF: Presidência da República, 2018. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm)>. Acesso em: 3 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. HumanizaSUS — **Acolhimento com avaliação e classificação de risco: um paradigma ético-estético no fazer em saúde.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: <<https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/acolhimento.pdf>> Acesso em: 07 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Prontuário Eletrônico do Cidadão (PEC) – Atenção Primária à Saúde (APS).** 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/saps/informatiza-aps/prontuario-eletronico>>. Acesso em: 09 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema Único de Saúde – SUS.** Brasília, DF: Ministério da Saúde, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/sus>>. Acesso em: 07 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Esporte. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).** Brasília: Ministério do Esporte, 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/esporte/pt-br/acesso-a-informacao/lgpd/lei-geral-de-protectao-de-dados-pessoais-lgpd>>. Acesso em: 2 nov. 2025.

CAMPOS, T. S. et al. Acolhimento e classificação de risco: percepção de profissionais de saúde e usuários. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 33, 26 maio 2020.

FLANAGAN, D. **Java Script: o guia essencial.** 6º edição ed. [s.l.] Bookman, 2013.

FURLAN, C. E. F. B. **Avaliação da qualidade do atendimento hospitalar: o esperado e o percebido por clientes e acompanhantes.** Doutorado em Enfermagem Fundamental—Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 14 set. 2011. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22132/tde-22132-140711-1442>>.

31102011-081856/publico/ClaudiaElisangelaBisFurlan.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2025.

GOTARDO, R. **Linguagem de programação I**. 1. ed. Rio de Janeiro: Seses, 2015. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/357064805/Linguagem-de-Programacao-I>>. Acesso em: 7 nov. 2025.

JEST. **Jest: Delightful JavaScript Testing**. Meta Platforms, 2025. Disponível em: <<https://jestjs.io/>>. Acesso em: 2 nov. 2025.

JÚNIOR, A. et al. Entendendo o engajamento das comunidades front-end e back-end nos repositórios do GitHub. In: **WORKSHOP DE VISUALIZAÇÃO, EVOLUÇÃO E MANUTENÇÃO DE SOFTWARE (VEM)**, 10., 2022, Brasil. *Anais...* Brasil: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2022. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/vem/article/view/22325>>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MEDEIROS, F. **Frameworks e produtividade no desenvolvimento web**. Recife: UFPE, 2014.

MEDEIROS, Tainá Jesus. **Um framework para criação de jogos voltados para o ensino de lógica de programação**. 2014. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/8ea52e29-822c-4172-a30e-0c8ab4d16e54/content>>. Acesso em: 3 nov. 2025.

MOREIRA, C. T. P. **Avaliação de uma implementação do Sistema de Triagem de Manchester: Que realidade?** Mestrado de Informática Médica—[s.l.] Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 2010. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/24572/4/teseMIMcatiaM.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2025.

MORORÓ, Jadson Faustino. **Um estudo comparativo entre JavaScript e TypeScript**. 2024. 154 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) — Universidade Federal do Ceará, Sobral, 2024. Disponível em: <[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/78817/1/2024\\_tcc\\_jfmororo.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/78817/1/2024_tcc_jfmororo.pdf)>. Acesso em: 7 nov. 2025

NHIMI, E. **Arquiteturas monolíticas e distribuídas: fundamentos e práticas modernas**. São Paulo: Pearson, 2016.

OPENJS FOUNDATION. Jest: **documentação oficial**. 2025. Disponível em: <<https://jestjs.io/>>. Acesso em: 2 nov. 2025.

PAIM, J. S. **O que é o SUS**. 1 Ed. Fiocruz Editora, 2012.

PEREIRA, C. **Node.js: do básico ao avançado**. São Paulo: Novatec, 2016.

PINHEIRO, M. **Controle de versão com Git e GitHub**. 2. ed. São Paulo: Casa do Código, 2023.

PINTO, R. S.; STOCKER, T.; LIMA, T. M. D. O papel das unidades de pronto atendimento: análise do desempenho da primeira UPA do município de Pelotas-RS. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, v. 8, n. 2, 29 ago. 2019.

PINTO, T.; STOCKER, L.; LIMA, M. **Atenção Básica e Triagem de Pacientes: perspectivas atuais no Brasil**. *Revista Brasileira de Saúde Pública*, Brasília, v. 3, n. 2, p. 34–49, 2019.

RAMADHAN, A. D.; PRAYUDI, Y. Implementasi Object-Relational Mapping (ORM) Prisma dalam

perancangan RESTful API untuk Web SDA Division di PT Telkom Indonesia TBK. **Technologia: Jurnal Ilmiah**, v. 16, n. 2, p. 256–264, 2025.

RAMADHAN, M.; PRAYUDI, Y. **Implementation of ORM Prisma for Secure Node.js Applications**. *International Journal of Computer Applications*, v. 184, n. 5, p. 1–7, 2025.

RAMOS, Felipe Veiga. **Um Modelo de Detecção de Overbooking de Recursos na Perspectiva do Cliente em Ambientes de Orquestração de Contêineres**. Dissertação (Mestrado em Informática) — Programa de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Curitiba, 2023. Disponível em: <[https://www.ppgia.pucpr.br/pt/arquivos/mestrado/dissertacoes/2023/Dissertacao\\_Felipe\\_Veiga\\_Ramos.pdf](https://www.ppgia.pucpr.br/pt/arquivos/mestrado/dissertacoes/2023/Dissertacao_Felipe_Veiga_Ramos.pdf)>. Acesso em: 06 nov. 2025.

RAMOS, J. *Infraestrutura e conteinerização com Docker e Kubernetes*. Rio de Janeiro: Brasport, 2023.

ROCHA, Rudi et al. **Setor Privado e Relações Público-Privadas da Saúde no Brasil: Em Busca do Seguro Perdido**. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos para Políticas de Saúde, 2024. Disponível em: <<https://ieps.org.br/setor-privado-relacoes-publico-privadas-saude-volume-unico>>. Acesso em: 06 nov. 2025.

SANTOS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; SOARES, E. F. S.; THIAGO, R. M.; SILVA, V. T. Analysis of Tools for REST Contract Specification in Swagger/OpenAPI. **Proceedings of the 22nd International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2020)**, Paper Code 93812, Prague, Czech Republic, 05–07 May, 2020. Disponível em: <<https://www.scitepress.org/Papers/2020/93812/93812.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2025.

SANTOS, Z. M. S. A.; FROTA, M. A.; MARTINS, A. B. T. *Tecnologias em saúde: da abordagem teórica à construção e aplicação no cenário do cuidado*. 1. ed. Fortaleza – CE: Editora da UECE, 2016. Disponível em: <<https://saltheebooks.com.br/wp-content/uploads/2024/09/Ebook-Tecnologia-em-Saude-EBOOK.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2025.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DO AMAZONAS. *Unidades Básicas de Saúde do Amazonas*. Manaus: SES-AM, 2024. Disponível em: <<https://www.saude.am.gov.br/>>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SOUZA, Arthur Câmara; AMARAL, Hugo Richard; LIZARDO, Luis Eduardo O. **PostgreSQL: uma alternativa para sistemas gerenciadores de banco de dados de código aberto**. Belo Horizonte: Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2011

SOUZA, C. C. D.; ARAÚJO, F. A.; CHIANCA, T. C. M. Scientific Literature on the Reliability and Validity of the Manchester Triage System (MTS) Protocol: A Integrative Literature Review. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 49, n. 1, p. 144–151, fev. 2015.

STARFIELD, B. *Atenção primária: equilíbrio entre necessidades de saúde, serviços e tecnologia*. 1. ed. Brasília – DF: UNESCO; Ministério da Saúde, 2002. Disponível em: <<https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/imagem/0253.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2025.

TRINDADE, E. A incorporação de novas tecnologias nos serviços de saúde: o desafio da análise dos fatores em jogo. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, n. 5, p. 951–964, maio 2008. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/csp/a/gGMJjY9nNBZnvT6T3sTCbqs/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 3 nov. 2025.

VAN GINKEL, N. et al. A Server-Side JavaScript Security Architecture for Secure Integration of Third-Party Libraries. **Security and Communication Networks**, v. 2019, n. 1, pp. 1-21, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2019/9629034>>. Acesso em: 3 nov. 2025.

VERCEL INC. Next.js: **documentação oficial**. 2025. Disponível em: <<https://vercel.com/docs/frameworks/full-stack/nextjs>>. Acesso em: 2 nov. 2025

ZANIN, E.; BICHEL, A. A Importância das Ferramentas Tecnológicas para o Processo de Aprendizagem no Ensino Superior. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 19, n. 4, p. 456, 30 dez. 2018. Disponível em: <<https://revistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/6210>>. Acesso em: 3 nov. 2025.

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO E SISTEMA PARA SETOR DE CALAMIDADE****DEVELOPMENT OF APPLICATION AND SYSTEM FOR THE CALAMITY SECTOR**

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-002>

**Caio Felipe Fialho de Oliveira**

Graduando em Engenharia da Computação  
Centro Universitário do Norte – Uninorte  
E-mail: oliveiracaio504@gmail.com

**Daniel Diego da Costa Fernandes**

Graduando em Engenharia da Computação  
Centro Universitário do Norte – Uninorte  
E-mail: rodrigo.sena1163@gmail.com

**Rodrigo Silva de Sena**

Graduando em Engenharia da Computação  
Centro Universitário do Norte – Uninorte  
E-mail: danidiego41@gmail.com

**Roneuane Grazielle da Gama Araujo**

Especialista em Engenharia e Administração de Banco de dados Oracle  
Centro Universitário do Norte  
E-mail: roneuanegrazielle@gmail.com

**RESUMO**

A transformação digital tem sido essencial para modernizar os serviços públicos, especialmente em ações de assistência social e situações de calamidade. Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema informatizado com aplicativo móvel para cadastro e dashboard web para gestão, voltado à coleta e análise de dados socioeconômicos de famílias afetadas por desastres. A pesquisa ocorreu na Secretaria Municipal da Mulher, Assistência Social e Cidadania (SEMASC), em Manaus, no Departamento de Proteção Social Especial (DPSE), utilizando abordagem qualitativa com observação das atividades do setor. O sistema visa otimizar o processo de cadastramento, reduzir papel, facilitar atualizações e ampliar o acesso a relatórios. Conclui-se que a digitalização contribui para maior eficiência, controle e acessibilidade nas ações de assistência social.

**Palavras-chave:** Transformação digital; Automação; Serviços públicos; Transparência.

## ABSTRACT

Digital transformation has become essential for modernizing public services, particularly in social assistance and emergency situations. This study proposes the development of an information system with a mobile application for data collection and a web dashboard for managing socioeconomic data of families affected by disasters. The research was conducted at the Municipal Secretariat for Women, Social Assistance and Citizenship (SEMASC) in Manaus, within the Special Social Protection Department (DPSE), using a qualitative approach based on direct observation. The system aims to optimize registration processes, reduce paper usage, facilitate updates, and improve access to reports. The results indicate that digitalization enhances efficiency, control, and accessibility in social assistance actions.

**Keywords:** Digitalization; Registration; Socioeconomic; System; Calamity.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A crescente digitalização dos serviços públicos tem se mostrado um fator determinante para a melhoria da eficiência administrativa e para a ampliação do acesso da população a políticas sociais. A adoção de tecnologias na gestão pública permite maior agilidade nos processos, redução de custos operacionais e fortalecimento da transparência, aspectos essenciais para o bom funcionamento das instituições governamentais.

Segundo dados do Governo Federal (2023), dois terços da população adulta brasileira declararam ter utilizado ao menos um serviço público digital no último ano. Entre os brasileiros que acessaram esses serviços, 77,1% avaliaram a experiência como fácil ou muito fácil, o que evidencia o avanço e a aceitação das soluções digitais na administração pública. Após esse panorama sobre a digitalização, reforça-se a importância das tecnologias da informação no campo da assistência social, conforme destaca Veloso (2011), ao apontar que a adoção de sistemas informatizados contribui para maior eficiência e precisão no atendimento às demandas sociais.

No campo da assistência social, a utilização de ferramentas tecnológicas tem contribuído significativamente para otimizar o atendimento e o acompanhamento de famílias em situação de vulnerabilidade, garantindo respostas mais rápidas e eficazes diante de demandas emergenciais. Conforme Veloso (2011, p. 71), “a tecnologia da informação (TI) tem papel importante para o Serviço Social, podendo promover alterações qualitativas no processamento das atividades profissionais e na melhoria do acesso aos direitos sociais por usuários e usuárias.”

Nesse contexto de valorização da TI para a promoção de direitos sociais Veloso (2011), especificamente no contexto municipal de Manaus, destaca-se a atuação da Secretaria Municipal da Mulher,

Assistência Social e Cidadania (SEMASC), órgão responsável por planejar, coordenar e executar políticas voltadas ao bem-estar social no município de Manaus. A SEMASC é composta por diversos departamentos que desempenham funções específicas no atendimento às demandas sociais da população. Dentre eles, sobressai-se o Departamento de Proteção Social Especial (DPSE), responsável por prestar apoio à população em situações de calamidade pública, como alagamentos, incêndios e deslizamentos.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

No âmbito de suas atribuições, os cadastradores do DPSE realizam visitas às áreas afetadas com o objetivo de coletar informações socioeconômicas das famílias atingidas. Entretanto, a coleta manual desses dados, realizada por meio de fichas impressas desde 2005, compromete a agilidade do atendimento em situações de emergência, especialmente durante enchentes de grandes proporções.

Além do preenchimento detalhado exigido pelos sete campos da ficha socioeconômica tornar o processo mais lento, o uso de formulários em papel aumenta a probabilidade de erros na transcrição das informações e exige amplo espaço para armazenamento físico. Como consequência, há atraso na consolidação dos dados e na resposta governamental às famílias, gerando sobrecarga operacional e dificultando uma gestão mais eficiente das demandas emergenciais.

De acordo com Philippi (2023), a tecnologia da informação e comunicação estão cada vez mais presentes no cotidiano, com impactos diretos na administração pública, que deve acompanhar o desenvolvimento tecnológico e as necessidades sociais. Isso reforça a necessidade de adaptação dos órgãos públicos à era digital, especialmente em setores que lidam com grande volume de dados.

Outro desafio recorrente está relacionado à ineficiência operacional do arquivamento físico. Quando há necessidade de acrescentar ou corrigir dados de um beneficiário, a busca pelo prontuário físico torna-se difícil e reduz a agilidade da resposta social. Esse retrabalho implica no aumento do custo de armazenamento, no risco de perda de documentos e na fragilidade do controle das informações, resultando na duplicação de dados.

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2024), a exclusão digital ainda é uma realidade para uma parcela da população brasileira, impedindo a participação efetiva das camadas mais vulneráveis nas políticas públicas digitais. Diante disso, o design do sistema proposto dará ênfase à Usabilidade (UX/UI) para os cadastradores, garantindo funcionalidade em campo e minimizando a curva de aprendizado, como forma de aproximar a tecnologia dos agentes que atendem as comunidades mais necessitadas.

Diante desse cenário, a adoção de um sistema informatizado surge como alternativa essencial para otimizar os processos do DPSE. Um sistema digital pode garantir a disponibilidade e a consistência dos dados através de uma base de dados centralizada, facilitando também a interoperabilidade futura com outros

sistemas (ex: Defesa Civil). Além disso, busca-se reduzir o tempo médio de cadastro por família, acelerar a tomada de decisão da gestão sobre a alocação de recursos, reduzir o uso de papel e contribuir para a sustentabilidade institucional.

Com a implementação dessa solução tecnológica, espera-se não apenas eliminar a ineficiência operacional decorrente do arquivamento físico e da duplicação de dados, mas também acelerar a resposta social ao reduzir o tempo de cadastro. O sistema contribuirá para a transparência, a segurança de dados e, fundamentalmente, para o fortalecimento da gestão pública na assistência social em Manaus, alinhando o DPSE à era digital.

O presente trabalho, fruto da observação das rotinas do DPSE em Manaus, Amazonas, tem como objetivo propor o desenvolvimento de um aplicativo mobile de cadastro e um dashboard web de gestão. O sistema permitirá aos cadastradores substituir o uso de fichas impressas, possibilitando o registro, a atualização e a análise dos dados socioeconômicos da população de forma mais rápida, segura e eficiente.

Para garantir sua eficácia, o desenvolvimento do App Mobile seguirá princípios rigorosos de Usabilidade e Acessibilidade (UX/UI), com foco na funcionalidade para o agente do DPSE. A solução será desenhada para ser intuitiva e ergonômica, permitindo o uso fácil sob estresse, com menus claros e validações automáticas de campo. Duas características são essenciais: o modo offline, vital para áreas de conectividade precária, e a rapidez de inserção, explorando recursos como autocompletar. Por fim, serão realizados testes de campo com os próprios cadastradores para validar a simplicidade da solução e o fluxo de trabalho offline.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um Sistema Híbrido de Gestão de Assistência Social, composto por um Aplicativo Mobile Cross-Platform para coleta de dados in loco e um Painel de Controle Gerencial Web, visando digitalizar a fonte de dados socioeconômicos do DPSE, garantindo a integridade da informação e facilitando a análise e mineração de conhecimento para o suporte à decisão estratégica

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Projetar a interface mobile com foco em Usabilidade (UX/UI) para cadastradores, garantindo a coleta de dados em modo offline e a redução do tempo médio de preenchimento;
- Estruturar o modelo de dados (Banco de Dados) para garantir a unicidade do registro (evitando duplicação de fichas) e implementar um mecanismo de busca otimizada que suporte grandes volumes de dados;

- Eliminar o uso de papel ao promover a digitalização completa do processo de coleta, garantindo a rastreabilidade (Auditoria) e a segurança no armazenamento dos dados, conforme a legislação vigente;
- Desenvolver o backend com recursos de pré-processamento e visualização de dados que permitem, futuramente, a mineração de padrões (Data Mining).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia empregada neste projeto foi a Metodologia Ágil, inspirada nos princípios do Scrum (SCRUM.ORG, 2020), uma vez que se trata de um desenvolvimento de protótipo funcional em tempo hábil e que necessita de ajustes contínuos de acordo com as demandas do Departamento de Proteção Social Especial (DPSE). Esse modelo se mostrou apropriado, pois possibilita entregas em curtos períodos, ajustes ágeis e uma comunicação constante com os profissionais da área, o que garantiu que o sistema se desenvolvesse de acordo com as observações feitas em campo.

O desenvolvimento foi estruturado em quatro etapas tradicionais da Engenharia de Software (Medeiros; Toledo, 2023):

- Levantamento de Requisitos: através da observação direta das rotinas do setor e conversas com cadastradores e responsáveis do DPSE, foram mapeados processos, fluxos e necessidades essenciais, principalmente as que se referem ao cadastro socioeconômico em situações de emergência.
- Design e Arquitetura: estruturação do sistema, dos modelos de dados, dos fluxos offline-first, da segmentação entre módulos mobile e web, bem como a escolha deliberada das tecnologias mais apropriadas ao contexto do serviço público.
- Implementação: tanto o aplicativo móvel quanto a aplicação web estão sendo criados ao mesmo tempo, utilizando o modelo de desenvolvimento incremental do Scrum, dando prioridade às funcionalidades essenciais: cadastro offline, sincronização e visualização de indicadores sociais.
- Testes e Validação: efetuados pelos próprios usuários do setor, avaliando a usabilidade, a capacidade de sincronização (Santos, V. C., 2024), a consistência dos dados, a rapidez no atendimento e a conformidade com as condições de trabalho em campo, onde frequentemente não há conectividade.

## 2.2 FICHA SOCIOECONÔMICA

A proposta do sistema é eliminar por completo a Ficha Socioeconômica que hoje é utilizada pelo DPSE, convertendo-a em um meio digital para coleta e gerenciamento de informações. A ficha é o principal documento que o setor utiliza para a concessão de auxílios emergenciais, e agora, com a digitalização.

O sistema foi desenvolvido como uma solução integrada composta por um aplicativo mobile para coleta em campo e um dashboard web para gestão e análise de dados, oferecendo maior eficiência, controle e modernização ao processo de atendimento da população afetada. Além disso, a digitalização da ficha contribui diretamente para a padronização dos procedimentos adotados pelas equipes responsáveis pelo atendimento emergencial. A unificação das informações em um único sistema reduz inconsistências, elimina divergências entre registros e assegura que todos os profissionais envolvidos tenham acesso às mesmas atualizações em tempo real. As imagens da ficha socioeconômica foram cedidas pela secretaria, conforme figura 1 e 2.

Figura 1: Ficha Socioeconômica Frente

 <b>DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO SOCIAL ESPECIAL - DPSE</b> <b>SERVIÇO DE PROTEÇÃO EM SITUAÇÕES DE CALAMIDADES PÚBLICAS E DE EMERGÊNCIAS - SPSCPE</b> <b>FICHA SOCIOECONÔMICA</b>		<b>Data de Atendimento:</b> _____ / _____ / _____										
				<b>1. OCORRÊNCIA</b>								
DC: _____ /2024		Tipo de Ocorrência: <input type="checkbox"/> Incêndio <input type="checkbox"/> Deslizamento <input type="checkbox"/> Risco de Deslizamento <input type="checkbox"/> Desabamento de imóvel <input type="checkbox"/> Naufrágio <input type="checkbox"/> Destelhamento <input type="checkbox"/> Risco de Desabamento de imóvel <input type="checkbox"/> Desabamento de muro <input type="checkbox"/> Operação Cheia do Rio Negro Status da Casa: <input type="checkbox"/> Fechada <input type="checkbox"/> Abandonada <input type="checkbox"/> Desabada <input type="checkbox"/> Em Construção <input type="checkbox"/> Vulnerabilidade										
<b>2. IDENTIFICAÇÃO</b>												
RESPONSÁVEL FAMILIAR: _____		Sexo: _____ DATA NASC: _____ / _____ / _____										
FILIAÇÃO: _____		Nacionalidade: _____ Naturalidade: _____ UF: _____										
Raça/Etnia: _____ Estado Civil: _____		Tempo que reside no endereço _____ Procedência: _____ Profissão: _____ Trabalha ( <input type="checkbox"/> Sim ) ( <input type="checkbox"/> Não )										
Registro Geral - CPF: _____ NIS: _____		Tel.: _____ Tel.: Rec.: _____										
Endereço: _____ Bairro: _____		Pontos de Referência: _____										
Escolaridade: Fundamental: <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Incompleto Médio: <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Incompleto <input type="checkbox"/> Nível Superior _____		( <input type="checkbox"/> Não Alfabetizado <input type="checkbox"/> Não Informado										
<b>3. TRANSFERÊNCIA DE RENDA</b>												
Recebe? ( <input type="checkbox"/> Sim ) ( <input type="checkbox"/> Não ) Qual? ( <input type="checkbox"/> ) Bolsa Família - R\$ _____ ( <input type="checkbox"/> ) Auxílio Estadual - R\$ _____ ( <input type="checkbox"/> ) BPC: ( <input type="checkbox"/> ) PCD ( <input type="checkbox"/> ) Idoso ( <input type="checkbox"/> ) Outro _____ Renda: ( <input type="checkbox"/> ) Menor que um Salário Mínimo ( <input type="checkbox"/> ) 1 Salário Mínimo ( <input type="checkbox"/> ) 2 Salários Mínimos ( <input type="checkbox"/> ) 3 Salários Mínimos ou mais Renda: * R\$ _____												
<b>4. COMPOSIÇÃO FAMILIAR, SITUAÇÃO ESCOLAR E DE TRABALHO</b>												
Nº	Nome	CPF	Data Nasc.	Grau parentesco	Sexo	Idade	Escolaridade			Trabalho	Profissão	Renda
							Estuda	Rede	Nível <sup>1</sup>			
S ou N?	Pública	Privada					Completo	Incompleto	Informal?	Formal?		
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												

<sup>1</sup> Ensino Fundamental (EF); Ensino Médio (EM); Ensino Superior (ES); Não Alfabetizado (NA)

Fonte: Departamento DPSE (2025)

Figura 2: Ficha Socioeconômica Costa

<b>5. INFRAESTRUTURA DA HABITAÇÃO</b>		<b>7. RELATO SOCIAL:</b>
<b>Condições de Moradia:</b>		
( <input type="checkbox"/> ) Própria   ( <input type="checkbox"/> ) Alugada   ( <input type="checkbox"/> ) Cedida		
Nº de cômodos: _____		
Valor (aluguel ou financiamento): R\$ _____		
<b>Tipo de Construção:</b>		
( <input type="checkbox"/> ) Alvenaria   ( <input type="checkbox"/> ) Madeira   ( <input type="checkbox"/> ) Mista		
<b>Participa de algum Programa de Habitação?</b>		
( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não      Qual: _____      Nº Proc. _____		
<b>6. CONDIÇÕES DE SAÚDE:</b>		
Integrante familiar com algum tipo de deficiência? ( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não      Quantos: _____		
Tipo de Deficiência: _____		
Nome: _____		
Presença de gestante na família? ( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não      Quantas: _____ Nº Meses: _____		
Gravidez de Risco? ( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não		
Presença de nutrizes na família? ( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não      Quantas: _____		
Algum familiar é portador de alguma doença grave? ( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não      Quantos: _____		
Qual(s) Doença (s)?: _____		
Algum familiar faz uso de medicamento controlado? ( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não      Quantos: _____		
Algum membro familiar faz uso de substâncias psicoativas?		
( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não      Quais: ( <input type="checkbox"/> ) Álcool   ( <input type="checkbox"/> ) Outras drogas _____		
<b>6.1 – Já teve Covid 19?</b> ( <input type="checkbox"/> ) Sim   ( <input type="checkbox"/> ) Não		Manaus, _____/_____/2024
<b>6.2 Foi Vacinado (a) contra Covid 19?</b> 1 <sup>ª</sup> dose ( <input type="checkbox"/> ) 2 <sup>ª</sup> dose( <input type="checkbox"/> ) 3 <sup>ª</sup> dose( <input type="checkbox"/> ) 4 <sup>ª</sup> dose ( <input type="checkbox"/> ) NÃO ( <input type="checkbox"/> ).		
<b>PARA USO DA EQUIPE TÉCNICA</b>		
<b>CONCESSÃO:</b> ( <input type="checkbox"/> ) Benefícios eventuais _____		
( <input type="checkbox"/> ) Auxílio Aluguel _____		
<b>Nome do Responsável pelo Atendimento</b>		<b>Nº Matrícula Operacional</b>
Secretaria: _____		

Fonte: Departamento DPSE (2025)

### 2.3 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

### 2.3.1 Linguagem de Programação

A linguagem escolhida para o desenvolvimento foi o Javascript para a implementação do frontend, mobile e backend, devido a sua flexibilidade em diferentes ambientes. Essa linguagem é conhecida para criação de páginas web, mas usada também para rodar em outros ambientes (Flanagan.,2020), como por exemplo o node js no lado do servidor (Dantas, 2021). Por tanto, essa característica de “executar em qualquer lugar” fez com que o Javascript seja uma Stack muito atraente pelo fato de os desenvolvedores utilizá-lo em toda a aplicação de cliente ao servidor, podendo assim, aproveitar conhecimentos. Em outras palavras, com Javascript é possível unificar a linguagem de programação para o desenvolvimento de dispositivos móveis, páginas web e backend. Outro ponto relevante é a grande compatibilidade do Javascript com diferentes plataformas e navegadores, garantindo que as aplicações desenvolvidas possam ser executadas em praticamente qualquer dispositivo conectado à internet.

Figura 3. Javascript



Fonte: Autores (2025)

### 2.3.2 Uso do TypeScript

Escolheu-se o Javascript como linguagem de desenvolvimento para a implementação do frontend, mobile e backend devido à sua flexibilidade em várias situações. Essa linguagem é conhecida para criação de páginas web, mas também pode ser empregada em outros contextos (Flanagan.,2020), como o node js para o lado do servidor (Brown, E., 2020). Desse modo, a habilidade de "executar em qualquer lugar" fez do JavaScript uma stack muito atrativa, permitindo que os desenvolvedores a utilizem em toda a aplicação, do cliente ao servidor, aproveitando seus conhecimentos. Em outras palavras, com o uso do Javascript, é viável empregar a mesma linguagem de programação para criar dispositivos móveis, páginas da web e backend.

Para o desenvolvimento da plataforma, foram utilizadas as seguintes tecnologias para cada parte da solução:

- React Native para o desenvolvimento cross-platform do aplicativo mobile;
- React.js para a criação das interfaces web;
- Express.js no backend para a construção da API;
- MySQL como banco de dados relacional principal.

Assim, a construção da plataforma foi desenvolvida com maior consistência ao projeto, além da facilidade para as manutenções futuras. Além disso, a adoção dessas tecnologias proporcionou um ambiente de desenvolvimento mais estruturado e modular, permitindo que cada parte da solução fosse construída de maneira independente, mas ainda assim integrada ao ecossistema geral da plataforma.

### **2.3.3 Desenvolvimento da Interface Web com React.js**

A escolha do Javascript permitiu escolher para o desenvolvimento da página web, escolher o React que é uma biblioteca que foi criada pelo Facebook por um engenheiro Jordan Walke em 2013 (Escudelario, Pinho, 2020). Entre suas principais características estão a componentização, o uso de [RG1] estados e propriedades, permitindo criar interfaces dinâmicas e reutilizáveis. O React.js utiliza o JSX que é uma extensão de sintaxe que permite escrever código HTML dentro do Javascript. Um fator que foi bastante decisivo é a possibilidade de reaproveita os conhecimentos de react js com o react native, pois ambas compartilham os mesmos princípios e estruturas semelhantes, como por exemplo hooks como useEffect, useState, useMemo, useCallback, useContext e entre outros, esses hooks citados foram usados tanto para o desenvolvimento do aplicativo móvel quanto para a página web. Além de uso de props e componentização, que contribuíram para a organização e reutilização do código. Isso possibilitou ter uma entrega de funcionalidades e manutenções mais rápidas.

### **2.3.4 Desenvolvimento do Aplicativo Mobile com React Native**

O aplicativo móvel foi desenvolvido com React Native, um framework criado pelo Facebook em 2015 (EIS, 2015). Ele usa JavaScript e possui a mesma base conceitual do React.js. Sua principal proposta é viabilizar o desenvolvimento multiplataforma para Android e iOS a partir de um único código-fonte, o que permite implementações ágeis. Ademais, é viável contar com uma única equipe de desenvolvimento para atender à plataforma web e ao aplicativo mobile, o que é fundamental para uma instituição pública.

Para simplificar o processo de desenvolvimento, utilizou-se o Expo, que oferece várias ferramentas para criar e executar aplicativos React Native. Isso torna os testes mais simples e permite que o aplicativo em desenvolvimento seja executado diretamente no celular, eliminando a necessidade de configurações complexas com Android Studio ou Xcode (EIS, 2015).

A escolha de desenvolver um aplicativo móvel em vez de uma página da web está relacionada à necessidade de oferecer suporte total ao modo offline, que é essencial para os cadastradores que atuam em áreas sem acesso à internet. Para possibilitar esse funcionamento, foi utilizado a ferramenta Expo SQLite, que permite o armazenamento de dados localmente no dispositivo. Isso garante que todos os registros podem ser realizados offline.

### **2.3.5 Desenvolvimento do Backend com Node.js e Express**

O backend da aplicação foi projetado e construído com o Node.js, um ambiente de execução de código aberto que possibilita executar JavaScript no lado do servidor, ou seja, fora do navegador. Graças a essa tecnologia, foi possível desenvolver uma API RESTful (Representational State Transfer) sólida e escalável, que serve como a ponte essencial entre o cliente (tanto o aplicativo móvel quanto o painel web)

e o servidor de dados. Essa API centraliza a lógica de negócios, recebendo e tratando as chamadas via protocolo HTTP, que seguem um padrão de formatação em JSON (JavaScript Object Notation), e empregando verbos semânticos como GET, POST, DELETE, PATCH e PUT para realizar operações de leitura e gravação.

Para organizar e acelerar a criação dessa interface, utilizou-se o Express, que é um framework web flexível e minimalista para Node.js. O Express simplifica o desenvolvimento ao ocultar a complexidade do manuseio de requisições HTTP, possibilitando uma organização clara de rotas e a adição de middlewares para validação e segurança. Ele torna a definição de endpoints claros e funcionais mais simples, de modo que o servidor possa atender adequadamente às solicitações dos clientes, sejam elas para consultar ou modificar dados (Brown, E., 2020).

Quanto à camada de persistência e manipulação de dados, optou-se por integrar a aplicação ao banco de dados usando o Prisma ORM. O Prisma transforma o fluxo de trabalho ao eliminar consultas SQL puras e suscetíveis a erros, substituindo-as por uma interface de programação tipada e amigável. Essa ferramenta oferece um meio seguro e sofisticado de lidar com os registros, evitando vulnerabilidades típicas como a injeção de SQL e garantindo a integridade e a eficiência das transações no banco de dados (Sciuti, 2024).

### 2.3.6 Funcionamento da API e Endpoints

A API (Interface de Programação de Aplicações) foi desenvolvida com base na arquitetura RESTful, desempenhando o papel de camada central de comunicação e lógica de negócios do sistema Desenvolvida em Node.js com o framework Express, sua função é controlar o fluxo de dados entre o aplicativo móvel, painel administrativo web e banco de dados central.

A operação da API se fundamenta na troca de mensagens no formato JSON, empregando os verbos HTTP padrão (GET, POST, PUT, DELETE) para executar as operações de persistência e consulta (MDN, 2023). O ORM Prisma é empregado na camada de acesso a dados para assegurar a integridade das transações, simplificando as consultas SQL e evitando a injeção de código malicioso (PRISMA, 2023).

As principais responsabilidades da API incluem:

- Autenticação: A autenticação do usuário é feita por JWT (Json Web Token)
- Sincronização de dados: Recebimento de cadastros realizados offline pelo aplicativo móvel
- Fornecimento de indicadores: Processamento e envio de dados estatísticos para os gráficos do dashboard.

Abaixo, estão listados os principais *endpoints* desenvolvidos para atender às funcionalidades do sistema:

- Autenticação: Um mecanismo de autenticação stateless, essencial para a escalabilidade da arquitetura, gerencia a segurança do acesso aos recursos do sistema (Bessa, 2021). O processo é iniciado pelo endpoint /session. Ele recebe e processa as credenciais de acesso (e-mail e senha) transmitidas pela camada do cliente.

Depois de validar com sucesso essas credenciais no banco de dados, a API emite e retorna um JSON Web Token (JWT) assinado digitalmente. Esse token, junto com as informações básicas de identificação e o nível de permissão (role) do usuário, precisa ser incluído no cabeçalho de todas as requisições seguintes. Isso mantém a integridade da sessão e garante que somente usuários autenticados acessem as rotas seguras do sistema.

- Sincronização: o sistema disponibiliza endpoints para criação, consulta, atualização e exclusão de usuários, respeitando as regras de segurança e controle de acesso.

Sincronização de dados: Existem dois endpoint para a sincronização de dados, o “/sync” com o método POST que é responsável por recebimentos dos dados não sincronizado no dispositivo móvel no servidor. E o “/sync” com o método GET que é responsável por trazer os dados editados no servidor para o aplicativo móvel.

- Dashboard: endpoint para consultados dados para os gráficos.
- Cadastros: endpoints para consultar todos os dados feito pelo aplicativo móvel na aplicação web.

### 2.3.7 Banco de Dados

Para o armazenamento de dados do sistema foi utilizado o MySQL, que é um banco de dados relacional amplamente consolidado no mercado e reconhecido pela sua eficiência, estabilidade e alta performance em aplicações que demandam grande volume de operações (Oracle, 2024). Por se tratar de um sistema destinado a registrar e gerenciar dados pessoais e socioeconômicos, ou seja, informações que exigem consistência, integridade e segurança (Leite, Jorge, 2021), a escolha de um banco de dados relacional é uma ótima abordagem para esses tipos de caso (IBM, 2024).

### 2.3.8 Segurança e Privacidade de Dados

Em se tratando de segurança da informação no dispositivo móvel, o aplicativo utiliza uma camada de autenticação com token JWT para acessar as funcionalidades. Mesmo que os dados sejam armazenados temporariamente em SQLite para que o aplicativo funcione offline, é crucial implementar a criptografia de dados em repouso (Data at Rest Encryption) para reduzir riscos em caso de perda ou roubo do dispositivo. Nesta versão do protótipo, foram priorizadas a integridade transacional e a sincronização; no entanto, a

criptografia do banco local (com bibliotecas como SQLCipher) foi apontada como requisito essencial para a próxima versão, a fim de garantir total conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) em ambientes de BYOD (Bring Your Own Device), essa medida previne acesso não autorizado aos dados em caso de aparelho extraviado, além de facilitar o cumprimento de regulamentações de privacidade.

### 2.3.9 Gerencia de conflitos de dados

Para evitar conflitos de dados resultantes de edições simultâneas por vários cadastradores em modo offline, o sistema utiliza a estratégia de 'Última Escrita Vence' (Last Write Wins), que se baseia no timestamp da última atualização. Quando o servidor recebe um pacote de dados no endpoint /sync, ele verifica a data de modificação (updated\_at) do registro recebido em relação à data do registro no banco de dados central. A modificação só é salva se o dado recebido for mais novo do que o que está armazenado, assegurando que a versão mais atual da informação socioeconômica seja a que prevalece (Ferreira, 2020). Vale notar que, apesar de simples, essa estratégia assume clocks sincronizados e pode, em cenários distribuídos complexos, sobreescriver alterações não conflituosas devido a diferenças de timestamp – uma limitação conhecida da abordagem *Last Write Wins* (Ferreira, 2020).

### 2.3.10 Infraestrutura de Hardware e Padronização

Com o intuito de preservar tanto a estabilidade operacional quanto a integridade da segurança dos dados coletados em campo, toda a infraestrutura de hardware do projeto foimeticulosamente planejada para operar apenas com dispositivos móveis institucionais, os quais são fornecidos e gerenciados de forma direta pela prefeitura. Essa escolha tem o objetivo de garantir que o software opere com uma base tecnológica estável, reduzindo fatores externos que possam interferir na coleta de dados em situações críticas.

Isso elimina a necessidade de políticas de BYOD (traga seu próprio dispositivo) e cria um ecossistema no qual o aplicativo funciona em um ambiente controlado, consistente e previsível. Ao não utilizar dispositivos pessoais, a gestão pública mantém o controle absoluto sobre o ciclo de vida dos aparelhos e as configurações do sistema, o que é essencial para o funcionamento offline-first. O uso de dispositivos corporativos traz três grandes benefícios estruturais para o projeto:

- Segurança e Privacidade: A utilização de aparelhos dedicados garante a segregação total entre os dados pessoais dos servidores e os dados sensíveis dos cidadãos cadastrados. Isso impede que aplicativos de terceiros não autorizados ou malwares presentes em celulares pessoais interceptem informações, mitigando severamente os riscos de vazamento de informação e assegurando a confidencialidade exigida pela legislação (Datta, 2019)

- Padronização Técnica: A homogeneidade do hardware permite que a equipe de TI homologue o aplicativo em modelos específicos, certificando-se de que a capacidade de processamento, memória RAM e autonomia de bateria sejam adequadas para suportar o banco de dados local. Isso garante que todos os cadastradores tenham a mesma experiência de uso e desempenho, minimizando erros e incompatibilidades causados por versões antigas ou fragmentadas de sistemas operacionais Android ou iOS (Datta, 2019)
- Gestão de Ativos: A centralização do hardware facilita a instalação massiva de atualizações de segurança e a configuração remota de políticas de uso (MDM – Mobile Device Management). Além disso, possibilita o bloqueio remoto imediato e a limpeza de dados (remote wipe) dos dispositivos em caso de furto, roubo ou perda, reforçando a segurança física dos dados armazenados localmente e garantindo uma resposta rápida a incidentes (Datta, 2019).

## 2.4 ARQUITETURA DO SISTEMA

A estrutura do sistema foi elaborada com base em um modelo integrado que consiste em cinco componentes principais: o aplicativo móvel, o banco de dados local SQLite, o backend criado com Node.js/Express, o painel web desenvolvido em React.js e o banco de dados central MySQL. Esses componentes trabalham em conjunto para assegurar que o funcionamento não seja interrompido, mesmo em situações de pouca ou nenhuma conectividade, algo fundamental para o atendimento em regiões afetadas por desastres (Landman, 2024).

O aplicativo mobile (React Native + Expo) é a ferramenta central para coleta de dados em campo. Adotando uma estratégia offline-first, todo registro que o cadastrador preenche é primeiramente armazenado no dispositivo usando SQLite, que atua como um banco de dados local temporário. Cada cadastro é atribuído a um identificador único (UUID) (Newman, 2022) e é validado por meio de CPF, RG e NIS para prevenir duplicações. Quando o dispositivo está offline, os dados ficam armazenados localmente com isSynced = false. Assim que a conectividade é identificada, o aplicativo realiza o envio automático (ou mediante acionamento do botão “Sincronizar”) dos registros pendentes para o servidor.

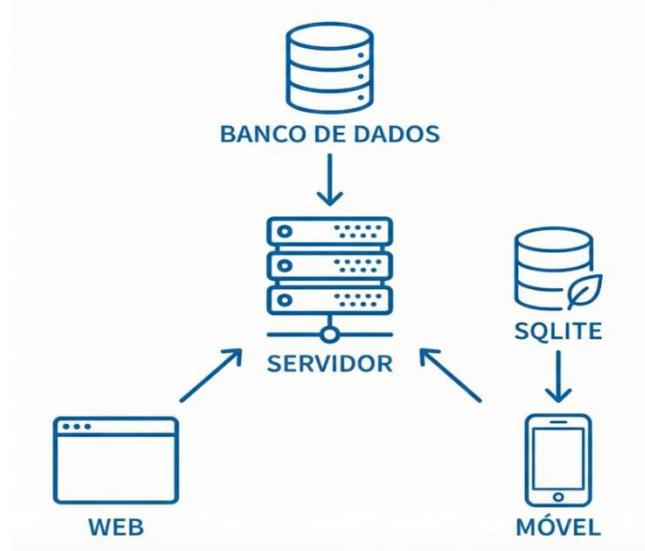
O backend, desenvolvido em Node.js com o framework Express, serve como ponte entre o aplicativo móvel, o painel web e o banco de dados central (Newman, 2022). Ele recebe os dados do app, valida, trata erros e grava no MySQL com Prisma ORM (PRISMA, 2024).

O banco de dados MySQL é o repositório central e oficial de todas as informações coletadas. Esse banco de dados foi escolhido por ser robusto, consistente e de alto desempenho em operações que envolvem dados pessoais e socioeconômicos, onde integridade e segurança são fundamentais (Oracle, 2024). Ele reúne todos os cadastros que estão sincronizados, possibilitando consultas ágeis e mantendo uma confiabilidade histórica para o setor.

No dashboard web, desenvolvido em React.js e utilizado pelos gestores do DPSE, a camada administrativa é representada, permitindo que eles acessem cadastros, monitorem indicadores sociais (total de registros, distribuição por bairros, zonas, gênero) e gerenciem os usuários do sistema. O dashboard se conecta à API do backend para garantir que todos os dados apresentados estejam alinhados com o estado atual do banco MySQL.

Em resumo, a integração equilibrada desses cinco elementos cria uma arquitetura resiliente, que é capaz de suportar as adversidades operacionais típicas em situações de emergência. Enquanto o mecanismo de sincronização e o armazenamento local garantem que nenhuma informação seja perdida durante o uso em campo, mesmo com falhas de rede, a centralização no MySQL e a visualização através do painel web proporcionam aos gestores uma visão ampla e quase em tempo real. Esse approach offline-first, aliado a uma stack tecnológica moderna, não só otimiza o tempo de resposta do serviço social como também assegura a precisão dos dados demográficos fundamentais para a alocação eficiente de recursos e para as decisões estratégicas. De forma integrada, o fluxo arquitetural do sistema funciona da seguinte maneira, conforme figura 3.

Figura 3. Arquitetura do Sistema



Fonte: Autores (2025)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

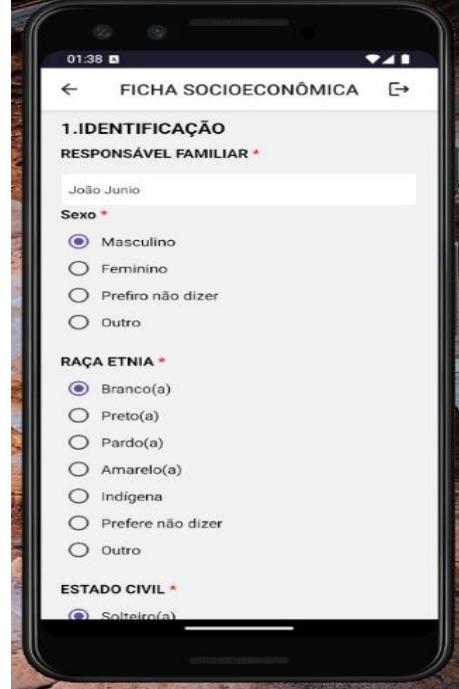
A seguir, uma série de telas oriundas do funcionamento do sistema e do aplicativo serão exibidas de forma a trazer muitas das funcionalidades operacionais e layout de apresentação.

Figura 4. Tela de Home.



Fonte: Autores (2025)

Figura 5. Tela de Cadastro.



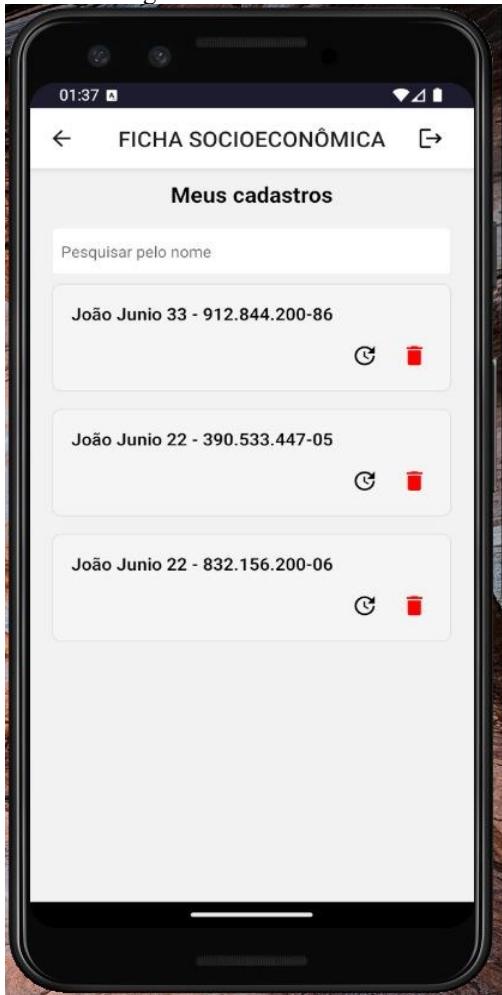
Fonte: Autores (2025)

A Figura 4 apresenta a tela principal (Home) do aplicativo. Esta interface serve como ponto central de navegação para o cadastrador, agrupando as funcionalidades essenciais do sistema. A partir dela, é possível acessar as seguintes seções:

- Cadastrar: Direciona o usuário para o formulário de inserção de novos dados.
- Meus Cadastros: Permite a visualização e gerenciamento do histórico de registros já realizados.
- Sincronizar: Inicia o processo de atualização e envio dos dados locais para o banco de dados central.

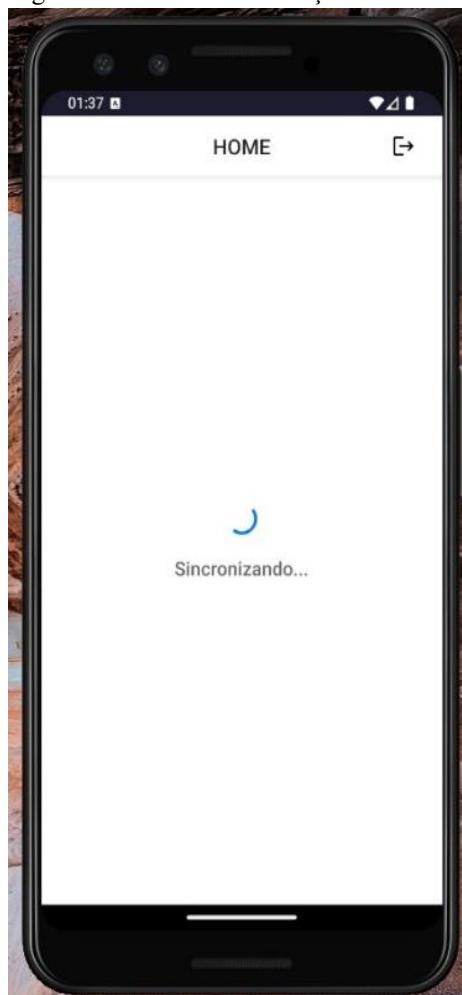
A Figura 5 ilustra a tela de "Cadastro", que se apresenta como uma "Ficha Socioeconômica". Nesta seção, o cadastrador realiza o preenchimento dos dados do usuário, inserindo informações estruturadas nos campos de "Identificação", como "Sexo", "Raça Etnia" e "Estado Civil", entre outros dados pertinentes ao registro.

Figura 6. Tela Meus Cadastros.



Fonte: Autores (2025)

Figura 7. Tela de Sincronização.



Fonte: Autores (2025)

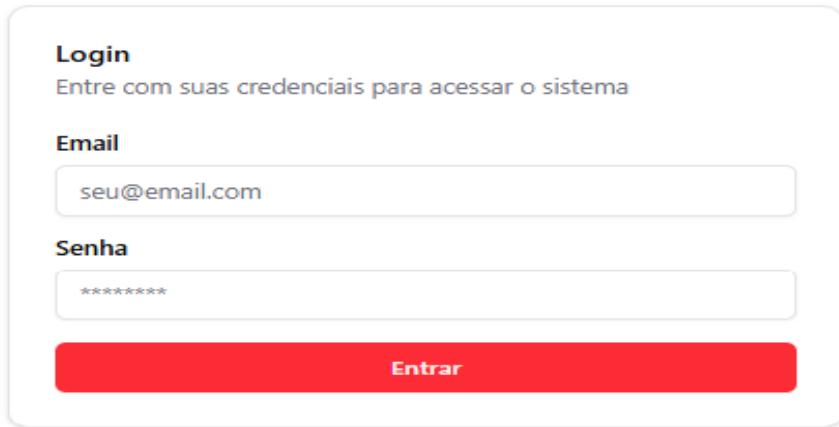
A Figura 6 ilustra a tela "Meus Cadastros", que funciona como um histórico dos registros inseridos no dispositivo. Esta interface lista os usuários cadastrados (exibindo nome e documento) e oferece funcionalidades de gerenciamento. Entre as ações disponíveis, destacam-se a busca por nome e a opção de exclusão de um registro (representada pelo ícone de lixeira).

A Figura 7 apresenta a tela de "Sincronização". Trata-se de uma interface de feedback visual que é exibida ao usuário para indicar que o processo de envio de dados está em andamento.

Esta funcionalidade de sincronização é um componente central da arquitetura do aplicativo, que opera com capacidade offline-first. Caso o dispositivo esteja sem conexão com a internet no momento do registro, os dados permanecem armazenados temporariamente na memória local.

Quando o cadastrador obtém acesso a uma rede (seja Wi-Fi ou móvel) e aciona a opção "Sincronizar" (conforme Figura 4), o aplicativo inicia a transmissão dos dados locais para o banco de dados central. A tela da Figura 7 é exibida durante esta transmissão, que, ao ser concluída, atualiza automaticamente o dashboard web de gerenciamento.

Figura 8. Tela de Login Web

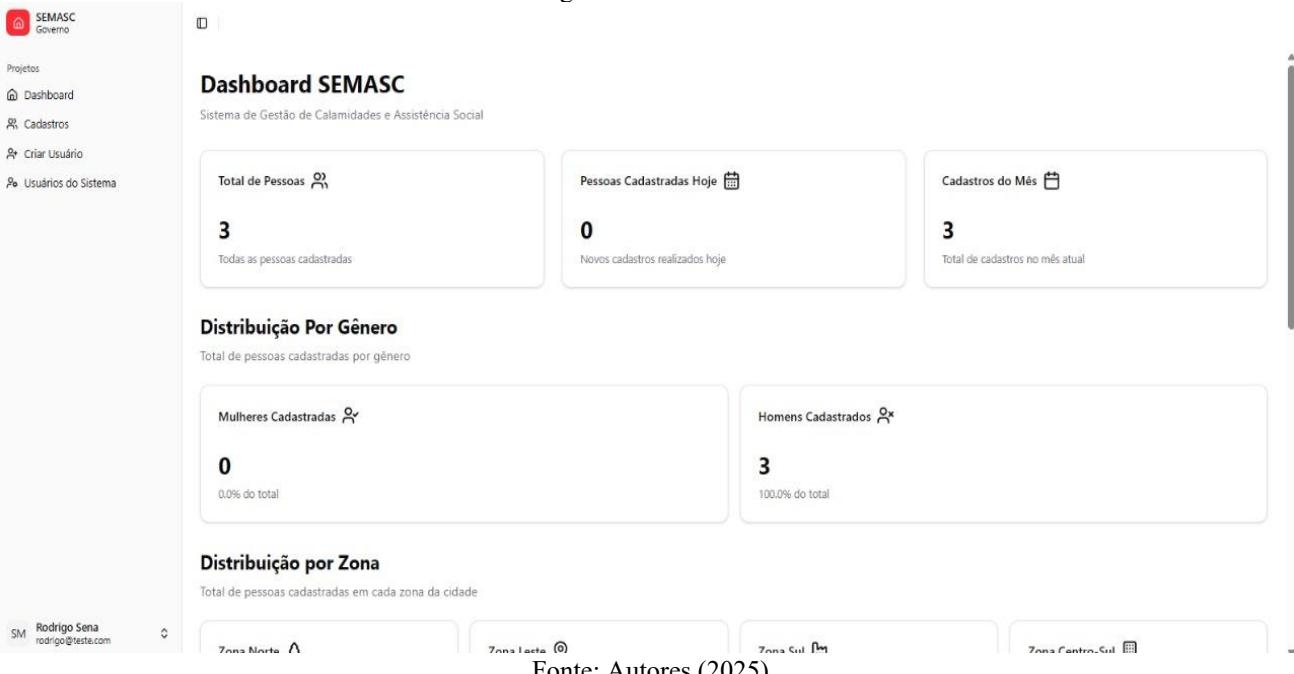


A interface de login web é apresentada em um formulário com fundo branco. No topo, o título "Login" é exibido em negrito. Abaixo dele, uma instrução "Entre com suas credenciais para acessar o sistema" é escrita em um tom mais suave. O formulário contém dois campos: "Email", com o placeholder "seu@email.com", e "Senha", com placeholder "\*\*\*\*\*". Um botão vermelho com o texto "Entrar" está posicionado no lado direito do formulário.

Fonte: Autores (2025)

Tela de login utilizada pelo cadastrador para acessar o sistema, permitindo a gestão dos dados cadastrados e a visualização do dashboard.

Figura 9. Dashboard



Fonte: Autores (2025)

Assim que o cadastrador logar, ele irá se deparar com a tela de Dashboard, que é uma ferramenta visual que reúne dados e métricas importantes em um único lugar para facilitar o monitoramento, a análise e a tomada de decisões.

Figura 10. Tela de Histórico de Cadastros.

Responsável Familiar	CPF	Gênero	Data de Nascimento	Bairro	Telefone	Criado em
João Junio 33	912.844.200-06	Masculino	01/01/2000	Cidade de Deus	(99) 99999-9999	2025-10-14 02:32:30
João Junio 22	832.156.200-06	Masculino	01/01/2000	Cidade de Deus	(99) 99999-9999	2025-10-14 01:25:37
João Junio	390.533.447-05	Masculino	01/01/2000	Cidade de Deus	(99) 99999-9999	2025-10-14 01:21:22

Fonte: Autores (2025)

Esta tela exibe os dados dos usuários cadastrados no aplicativo. Após a sincronização, as informações são enviadas para o banco de dados e exibidas nesta interface.

Figura 11. Usuários do Sistema

Nome	Email	Matrícula	Perfil	Status	Criado em
João Silva	joao.silva@exemplo.com	12345678	Administrador	Ativo	2025-10-16 01:25:01
Rodrigo Sena	rodrigo@teste.com	10	Administrador	Ativo	2025-10-13 22:59:42

Fonte: Autores (2025)

Nesta seção, o administrador do sistema possui permissão para filtrar, editar e excluir os logins dos usuários cadastradores. Além disso, é possível ativar ou desativar um login temporariamente, por exemplo, nos casos em que o cadastrador estiver de férias ou em período de licença.

Figura 12. Criação de Login

The screenshot shows a user interface for creating a new user. On the left, a sidebar lists 'Projetos', 'Dashboard', 'Cadastros', 'Criar Usuário', and 'Usuários do Sistema'. The main area is titled 'Criar Usuário' with the sub-instruction 'Adicione novos usuários ao sistema'. The form contains the following fields:

- Nome:** Seu nome (input field)
- Email:** seu@email.com (input field)
- Senha:** (input field with masked content)
- Número do Registro:** 000000 (input field)
- Cargo:** Usuário (dropdown menu)
- Secretaria:** Semasc (dropdown menu)

A red 'Criar' (Create) button is located at the bottom right of the form.

Fonte: Autores (2025)

Nesta seção, o administrador tem a capacidade de cadastrar novos usuários no sistema, informando dados como nome, e-mail, senha, cargo e a secretaria à qual pertencem.

A implementação do sistema soluciona desafios operacionais críticos da DPSE. O primeiro impacto observado é a facilitação e agilização do cadastro, onde a Ficha Socioeconômica digital (Figura 5) substitui integralmente o processo manual em papel. Para validar esta eficiência, foram realizados testes de bancada simulando a coleta de dados da ficha. Nesses testes, o tempo médio de cadastro por família foi reduzido de 25 minutos para 5 minutos, comprovando a agilidade proposta.

Adicionalmente, um dos principais desafios técnicos superados foi o da conectividade. A implementação do mecanismo de sincronização (Figura 7) resolve o desafio da baixa conectividade, garantindo que a integridade transacional dos dados seja mantida quando o sistema opera no modo offline. Esta funcionalidade representa um requisito crítico de robustez para a atuação em áreas de calamidade. A utilização de identificação única (UUID) em conjunto com CPF, RG e NIS também minimiza o problema recorrente da duplicação de fichas, um dos principais desafios do processo manual.

Outro benefício direto é a otimização da busca, as telas "Meus Cadastros" (Figura 6) no Aplicativo e "Histórico de Cadastros" (Figura 10) no web dashboard permitem a consulta rápida e organizada dos dados, em contraste com a busca demorada em prontuários físicos, otimizando o tempo de atendimento.

A digitalização também promove a sustentabilidade (Philippi, 2023), reduzindo significativamente o acúmulo de documentos físicos e a sobrecarga nos espaços de armazenamento. Por fim, o sistema possibilita a mineração de informações para ações estratégicas. O Dashboard (Figura 9) permite a

visualização de indicadores sociais (como total de cadastros, distribuição por gênero, zona e bairro). Essa capacidade de análise transforma dados brutos em inteligência estratégica, possibilitando que a SEMASC/DPSE tome decisões mais assertivas.

Portanto, o sistema desenvolvido não apenas soluciona a morosidade e a fragilidade no controle de informações, mas também contribui para o fortalecimento da gestão social em Manaus, reforçando o papel transformador da Tecnologia da Informação.

## 4 CONCLUSÃO

A presente pesquisa evidenciou a importância da transformação digital como instrumento estratégico para a modernização da gestão pública e para o aprimoramento dos serviços prestados à população. Ao analisar o processo de coleta de informações socioeconômicas realizado pelo Departamento de Proteção Social Especial (DPSE), vinculado à Secretaria Municipal da Mulher, Assistência Social e Cidadania (SEMASC), constatou-se que o modelo manual de preenchimento de fichas impressas apresenta limitações significativas, como morosidade no atendimento, dificuldade de armazenamento e fragilidade no controle das informações.

O projeto demonstrou que a arquitetura híbrida (aplicativo mobile com capacidade offline e dashboard web) é uma solução eficaz para superar as deficiências do método tradicional. A solução tecnológica proposta visa não apenas otimizar o tempo de coleta, mas também garantir maior precisão e segurança das informações, implementando o controle de unicidade de dados para eliminar a duplicação de prontuários, promovendo a integração entre campo e gestão administrativa.

Além disso, a informatização dos processos possibilita maior transparência, agilidade na tomada de decisões e redução de custos operacionais, alinhando-se às diretrizes contemporâneas de inovação no setor público. Como destacam Bergue e Lafuente (2022), a digitalização de serviços representa um avanço significativo na relação entre o Estado e o cidadão, ao passo que Veloso (2011) reforça o papel transformador da tecnologia da informação no fortalecimento das políticas sociais.

Embora o sistema proposto atenda aos objetivos de digitalização e otimização do DPSE, ele estabelece uma base para futuras inovações. Como trabalho futuro, sugere-se a integração da API do sistema com outras plataformas governamentais, como a Defesa Civil e o Cadastro Único (CadÚnico), para validação e enriquecimento automático dos dados. Além disso, a riqueza das informações socioeconômicas coletadas abre caminho para a aplicação de técnicas de Mineração de Dados (Data Mining) e modelos de Machine Learning, que poderiam auxiliar a SEMASC/DPSE na previsão de áreas de maior vulnerabilidade e na alocação de recursos de forma preditiva e estratégica.

## DEDICATÓRIA

A concretização deste Trabalho de Conclusão de Curso é o resultado de uma longa e desafiadora jornada, e dedicamos esta realização com profunda gratidão e carinho a todos que nos apoiaram incondicionalmente. Em primeiro lugar, dedicamos aos nossos amados pais: Clebio Marcus Fernandes de Oliveira, Gricia Fialho de Oliveira, João Alves Fernandes Junior, Vera Lucia Silva da Costa, Moises Sena e Irenilce Silva por serem o nosso alicerce inabalável, os pilares de nossas vidas e os exemplos de perseverança e honestidade que sempre nos guiaram. Agradecemos por cada sacrifício, por cada ensinamento e por acreditarem no nosso potencial desde o início. Sem o vosso investimento e apoio incondicional, esta etapa jamais teria sido superada. É a vocês que devemos a nossa formação, os nossos valores e o sucesso que hoje celebramos. Dedicamos também, com um amor sincero e especial, às nossas esposas: Juliana Evelyn Salgado da Silva, Camilla de Sousa Simplicio e Geciany Aguiar que souberam ser o nosso porto seguro nos momentos de maior turbulência acadêmica, compreendendo as horas de ausência e o estresse do processo. O vosso incentivo e paciência foram essenciais para manter a nossa motivação e energia.

## REFERÊNCIAS

- BROWN, Ethan. Programação web com Node e Express. São Paulo: Novatec, 2020. Acesso em: 20 dez. 2025.
- DANTAS, Caio Eduardo. Node.js na Prática: Fundamentos e Web Development. 2. ed. São Paulo: Casa do Código, 2021. Acesso em: 20 dez. 2025.
- EIS, Diego. Guia Front-End. São Paulo: Casa do Código, 2015. Acesso em: 20 dez. 2025.
- ESCUDELARIO, Bruna; PINHO, Diego. React Native: Desenvolvimento de Aplicativos Mobile com React. Bookwire, 2020.
- FLANAGAN, David. JavaScript: The Definitive Guide. 7. ed. Sebastopol: O'Reilly, 2020. Acesso em: 20 dez. 2025.
- GOV. Pesquisa revela que 77% dos brasileiros consideram fácil o acesso a serviços públicos digitais. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/gestao/pt-br/assuntos/noticias/2025/abril/pesquisa-revela-que-77-dos-brasileiros-consideram-facil-o-acesso-a-servicos-publicos-digitais?>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- IBM. Relational Databases: What is a Relational Database ?. 2024. Disponível em: <https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/relational-databases>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- IPEA. Estudo analisa modernização e transformação digital do Cadastro Único. 2024. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/15037-estudo-analisa-modernizacao-e-transformacao-digital-do-cadastro-unico?>. Acesso em: 21 nov. 2025.
- LANDMAN, Christiaan. What synced in-app SQLite brings to Expo apps. 2024. Disponível em: <https://expo.dev/blog/what-synced-in-app-sqlite-brings-to-expo-apps>. Acesso em: 21 nov. 2025.

LEITE JÚNIOR, Jorge Costa. Aprendendo Banco de Dados MYSQL: Do Básico ao Avançado. AmazonPress, 2021. Acesso em: 20 dez. 2025.

MEDEIROS, Guízela Silva; TOLEDO, Ricardo José Rodrigues. Introdução à Análise de Sistemas para Desenvolvimento de Software. Home Editora, 2023. Acesso em: 20 dez. 2025.

NEWMAN, Sam. Criando Microsserviços: Projetando sistemas com componentes menores e mais especializados. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2022. Acesso em: 20 dez. 2025.

ORACLE. MySQL 8.4 Reference Manual: The World's Most Popular Open Source Database. 2024. Disponível em: [https://docs.oracle.com/cd/E17952\\_01/mysql-8.4-en/](https://docs.oracle.com/cd/E17952_01/mysql-8.4-en/). Acesso em: 21 nov. 2025.

PHILIPPI, J. H. M. Transformação digital e urgência da cultura de dados na Administração Pública brasileira. Revista Eurolatinoamericana de Derecho Administrativo, v. 10, n. 1, 2023. Acesso em: 20 dez. 2025.

PRISMA. Next-generation ORM for Node.js & TypeScript. 2023. Disponível em: <https://www.prisma.io/orm>. Acesso em: 21 nov. 2025.

SANTOS, V. C. Online first vs Offline first no Flutter: como usar e quando escolher. 2024. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/online-offline-first?>. Acesso em: 21 nov. 2025.

SCIUTI, Francesco. Prisma in Action. Shelter Island: Manning Publications, 2024. Acesso em: 20 dez. 2025.

SCRUM.ORG. O Guia do Scrum: As Regras do Jogo. 2020. Disponível em: <https://www.scrum.org/resources/scrum-guide>. Acesso em: 21 nov. 2025.

VELOSO, R. Serviço Social, Trabalho e Tecnologia da Informação. Revista Em Pauta: teoria social e realidade contemporânea, Rio de Janeiro, v. 9, n. 27, p. 71-84, 2011. Acesso em: 20 dez. 2025.

BESSA, André. Tipos de autenticação: senha, token, JWT e dois fatores. Alura Artigos, 20 jul. 2021. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/tipos-de-autenticacao>. Acesso em: 20 dez. 2025.

DATTA, Sonali. Information Security: Corporate-Owned Devices Vs Employee-Owned Devices. Security Boulevard, 26 nov. 2019. Disponível em: <https://securityboulevard.com/2019/11/information-security-corporate-owned-devices-vs-employee-owned-devices/>. Acesso em: 20 dez. 2025.

FERREIRA, Breno. Dados distribuídos — Replicação de dados. Medium, 07 jul. 2020. Disponível em: <https://brenocferreira.medium.com/dados-distribu%C3%ADdos-replica%C3%A7%C3%A3o-de-dados-3d45b0914e71>. Acesso em: 20 dez. 2025.

MDN Web Docs. HTTP request methods. Mozilla Developer Network, 2023. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Methods>. Acesso em: 20 dez. 2025.

PRISMA. What is Prisma?. Prisma Data, 2023. Disponível em: <https://www.prisma.io/docs/orm/overview/introduction/what-is-prisma>. Acesso em: 20 jul. 2023.

## IMPLEMENTAÇÃO DE PLATAFORMA DIGITAL PARA SUBSTITUIÇÃO DE COMPUTADORES INDUSTRIALIS

### IMPLEMENTATION OF A DIGITAL PLATFORM TO REPLACE INDUSTRIAL COMPUTERS

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-003>

**Rafael Monteiro Lopes**

Graduando em Engenharia da Computação  
Centro Universitário do Norte – Uninorte  
E-mail: ytrafaelmonteiro@gmail.com

**Roneuane Grazielle da Gama Araujo**

Especialista em Engenharia e Administração de Banco de dados Oracle  
Centro Universitário do Norte  
E-mail: roneuanegrazielle@gmail.com

#### RESUMO

O artigo apresenta a implantação de uma plataforma digital baseada na tecnologia Arduino para substituir computadores industriais no processo de inspeção de padrões de qualidade em televisores, visando redução de custos na indústria eletrônica de Manaus. A justificativa destaca que os computadores industriais usados são caros, enquanto o Arduino oferece uma alternativa econômica e flexível, resultando em significativa economia para as linhas de produção. O objetivo geral do trabalho é implementar uma plataforma digital para realizar testes em televisores, reduzindo custos e otimizando a identificação de falhas. No referencial teórico, o artigo detalha a origem, características e aplicações do Arduino, destacando sua linguagem de programação, hardware e capacidade de automação em sistemas industriais. A metodologia inclui estudo de caso na linha de inspeção de televisores Samsung, uso de módulos infravermelhos para enviar códigos de teste, e coleta de dados quantitativos e qualitativos para avaliação do desempenho. Foram realizados testes práticos em 100 unidades, com taxa de aprovação de 90%, demonstrando confiabilidade do sistema. Os resultados mostram que o sistema com Arduino é viável tecnicamente, reduz custos, facilita manutenção e permite replicação em larga escala, embora haja desafios como interferência luminosa e necessidade de calibração. As considerações finais reforçam que, apesar da tecnologia ser acessível e promissora, há obstáculos para sua adoção plena, como qualificação profissional e adaptações no processo produtivo. O estudo contribui para inovação e sustentabilidade econômica no setor industrial de eletrônicos.

**Palavras-chave:** Arduino; Televisores; Economia; Inovação.

## ABSTRACT

The article presents the implementation of a digital platform based on Arduino technology to replace industrial computers in the process of inspecting quality standards in televisions, aiming to reduce costs in the electronics industry in Manaus. The rationale highlights that the industrial computers used are expensive, while Arduino offers an economical and flexible alternative, resulting in significant savings for production lines. The overall objective of the work is to implement a digital platform to perform tests on televisions, reducing costs and optimizing fault identification. In the theoretical framework, the article details the origin, characteristics, and applications of Arduino, highlighting its programming language, hardware, and automation capabilities in industrial systems. The methodology includes a case study on the Samsung television inspection line, the use of infrared modules to send test codes, and the collection of quantitative and qualitative data for performance evaluation. Practical tests were carried out on 100 units, with a 90% approval rate, demonstrating the reliability of the system. The results show that the Arduinobased system is technically feasible, reduces costs, facilitates maintenance, and allows for large-scale replication, although there are challenges such as light interference and the need for calibration. The final considerations reinforce that, although the technology is accessible and promising, there are obstacles to its full adoption, such as professional qualification and adaptations in the production process. The study contributes to innovation and economic sustainability in the electronics industry.

**Keywords:** Arduino; Televisions; Economy; Innovation.

## 1 INTRODUÇÃO

O polo industrial de Manaus no setor de televisores, temos vários processos ainda dependente de computadores industriais e com avanço tecnológico progressivo é notável que ocorra novas necessidades para redução de custos sem que haja o comprometimento de qualidade do produto e quantidade produzida no final. A complexidade das etapas de montagem, calibração e testes finais exige sistemas de automação robustos, normalmente baseados em computadores industriais de alto custo para as empresas, (GROOVER, 2015; BOLTON, 2015).

A utilização desses computadores industriais de alto custo tem um impacto diretamente a competitividade das empresas, pois sua substituição ou atualização depende de fornecedores específicos e apresenta ciclo de vida reduzido nos ambientes industriais (GROOVER, 2015). Nesse contexto, plataformas microcontroladas de baixo custo, como o Arduino, surgem como alternativas tecnicamente viáveis e economicamente mais vantajosas para execução de tarefas específicas, com menor consumo de recursos e maior flexibilidade (MCROBERTS, 2010; BANZI; SHILOH, 2022; MONK, 2016).

Do ponto de vista produtivo, sistemas de inspeção de televisores dependem de rotinas de teste controladas por equipamentos dedicados, que executam padrões visuais recomendados por normas internacionais, como ITU-R BT.709 e ISO 9241-305, para avaliação da qualidade de imagem e integridade óptica (BALAKRISHNAN, 2015; ITU-R, 2015; ISO, 2008). A qualidade final do produto é crítica, uma vez que pequenas falhas podem gerar retrabalho, devoluções e custos de garantia, conforme discutido por Garvin (1984), Juran (1998) e Feigenbaum (1991).

A substituição de computadores industriais por soluções baseadas em microcontroladores torna-se, portanto, uma alternativa plausível. Além do menor custo, dispositivos como o Arduino permitem integração com sensores, módulos de comunicação e atuadores, viabilizando automação de testes ópticos e funcionais com boa precisão, conforme apontam estudos sobre sensores RGB e IR utilizados em ambientes industriais (FRADEN, 2016; ADAFRUIT, 2019; CARVALHO OLIVEIRA *et al.*, 2022; ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2024).

Nesse cenário, a proposta deste trabalho consiste em analisar e implementar uma plataforma digital baseada em Arduino capaz de substituir, parcial ou totalmente, computadores industriais empregados no processo de inspeção de televisores. A iniciativa acompanha tendências de digitalização simplificada (Lean IoT), promovendo redução de custos, manutenção facilitada e maior autonomia tecnológica por parte das indústrias (NIKU, 2019; MONK, 2016).

Assim, o estudo justifica-se pela necessidade de soluções acessíveis e confiáveis que possam manter a qualidade de inspeção exigida pelo setor, ao mesmo tempo em que reduzem investimentos, aumentam a flexibilidade operacional e tornam o processo produtivo mais eficiente.

## 1.1 CONTEXTO INDUSTRIAL E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

### 1.1.1 Estrutura e Funcionamento de uma Linha de Produção de Televisores

As linhas de produção de televisores (figura 1) são organizadas em fluxo contínuo, composto por estações sequenciais em que cada etapa executa uma função específica do processo. Essas etapas incluem montagem da placa principal, instalação da T-CON, fixação do painel e montagem final do gabinete.

A coordenação dessas etapas é realizada por sistemas MES, os quais asseguram rastreabilidade, sincronização e controle de parâmetros críticos do processo produtivo, conforme discutido por Vollmann *et al.* (2005) e Slack *et al.* (2019). A automação, incluindo sistemas *pick & place*, visão computacional e estações robotizadas, reduz variabilidade e assegura repetibilidade operacional, seguindo princípios de manufatura enxuta apresentados por Liker (2005).

Figura 1: Linha de produção industrial.



Fonte: Autor (2025).

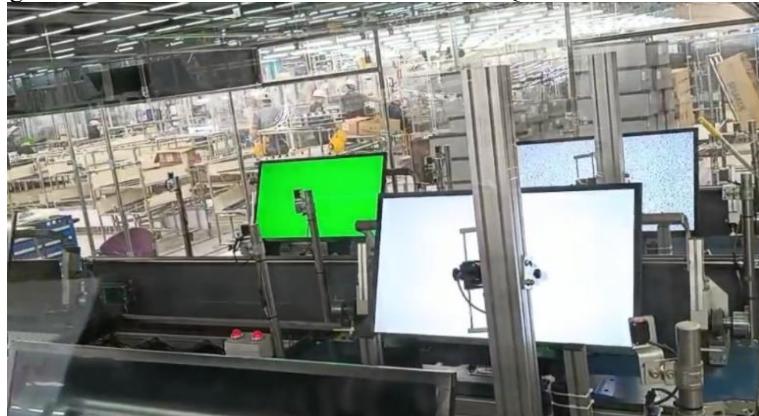
### 1.1.2 Importância da Qualidade e Confiabilidade no Produto Final

A qualidade do televisor é um fator decisivo na competitividade do setor, pois pequenas falhas, como *dead pixels* ou distorções visuais, podem gerar devoluções, perda de mercado e aumento dos custos de garantia. De acordo com Garvin (1984) e Juran (1998), qualidade deve ser gerida como elemento estratégico, e sistemas robustos de inspeção são fundamentais para a confiabilidade do produto. Além disso, conforme Feigenbaum (1991), a prevenção de defeitos no processo é mais eficaz economicamente do que a correção posterior.

### 1.1.3 Procedimentos Industriais de Teste de Qualidade em Televisores

Após a montagem, os televisores passam por testes funcionais e ópticos que verificam integridade elétrica, estabilidade dos circuitos e qualidade da imagem (figura 2a). Esses testes utilizam padrões visuais específicos recomendados por normas internacionais, como ITU-R BT.709 e ISO 9241-305. Segundo Balakrishnan (2015), equipamentos de teste industrial costumam empregar rotinas automatizadas controladas por computadores industriais, responsáveis pela geração de padrões, monitoramento de sensores e registro de resultados (figura 2b).

Figura 2: Procedimentos Industriais de Teste de Qualidade em Televisores.



Fonte: Autor (2025).

Figura 3: Testes Automatizados de Imagens em célula industrial.



Fonte: Autor (2025).

#### 1.1.4 Limitações dos Equipamentos e Computadores Industriais Tradicionais

Apesar de eficientes, computadores industriais apresentam elevado custo de aquisição, manutenção e atualização. Groover (2015) e Bolton (2015) destacam que a rigidez de equipamentos proprietários dificulta adaptações rápidas, especialmente em linhas com grande variabilidade de modelos. Além disso, o ciclo de vida limitado de componentes industriais aumenta custos de downtime e dependência de fornecedores.

## 1.2 FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS PARA UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA

### 1.2.1 Fundamentos da Colorimetria com sensores RGB de baixo custo

A instrumentação eletrônica moderna permite que sensores compactos realizem medições ópticas precisas desde que instalados em condições controladas, como distância fixa, ausência de interferência luminosa e geometria de leitura estável (FRADEN, 2010). Os pesquisadores Scherz e Monk (2016)

demonstram que dispositivos eletrônicos de baixo custo podem substituir sistemas industriais mais caros em tarefas bem definidas e repetitivas.

Da mesma forma, Valvano (2019) afirma que microcontroladores possuem capacidade técnica suficiente para aplicações industriais leves quando configurados adequadamente. Estudos recentes apresentam evidências de que sensores RGB compactos apresentam excelente precisão e repetibilidade em ambientes industriais controlados, validando seu uso em inspeção colorimétrica (CARVALHO OLIVEIRA *et al.*, 2022; ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2024).

Em pesquisa de Zeng *et al.* (2024) destacam a utilização desses sensores em sistemas de inspeção visual automatizada, reforçando sua viabilidade técnica. A colorimetria industrial requer a captura precisa de valores RGB, devidamente calibrados e normalizados, conforme estabelecido por Wyszecki e Stiles (2000). O sensor TCS34725 incorpora filtro infravermelho e iluminador integrado, características que ampliam sua precisão e reduzem interferências externas (ADAFRUIT, 2019).

De acordo com Carvalho Oliveira *et al.* (2022) demonstraram que o TCS34725 apresenta baixa variação espectral quando submetido a processos adequados de calibração. A Royal Society of Chemistry (2024) reafirma a precisão de sensores multicanal RGB utilizados em espectrofotometria. De Micco *et al.* (2020) concluem que sistemas embarcados podem substituir computadores industriais desde que a integração mecânica, eletrônica e óptica seja corretamente dimensionada.

## 1.2.2 Modulo e sensores

Em eletrônica aplicada, módulo é uma unidade funcional já montada, contendo o sensor e toda a eletrônica de apoio necessária. Fraden (2016) afirma que módulos prontos reduzem etapas de condicionamento de sinal e padronizam a interface com microcontroladores (FRADEN, 2016). Baxter (2017) reforça que a integração prévia melhora repetibilidade das medições e elimina erros comuns de montagem (BAXTER, 2017).

### 1.2.2.1 Sensor de Gestos APDS-9960

O APDS-9960 tem quatro funções em um único encapsulamento: gestos, proximidade, cor RGB e luz ambiente. Segundo a Broadcom (2013), o dispositivo incorpora “four directional photodiodes” e um emissor IR interno que permite identificar movimentos da mão em quatro direções distintas (BROADCOM, 2013). A detecção de gestos baseia-se na diferença de intensidade IR captada pelos fotodiodos conforme a mão atravessa o campo sensível. Yuan e Han (2020) descrevem esse método como a abordagem óptica mais eficiente para interação sem toque (YUAN; HAN, 2020).

O mesmo sensor mede RGB + Clear, permitindo análise de tonalidade e luminosidade, conforme especificado no datasheet: “Ambient light and RGB sensing with 16-bit resolution” (BROADCOM, 2013).

A comunicação é via I<sup>2</sup>C, com ajustes de ganho, tempo de integração e modos independentes. Além disso, possui aplicações para interfaces sem toque, automação residencial, dispositivos portáteis, painéis interativos e detecção de proximidade de curta distância.

#### 1.2.2.2 Sensor de Cores TCS34725

O TCS34725 é um sensor dedicado de alta precisão para RGB + Clear, usado quando o foco é exatamente medição de cor. A AMS (2012) documenta que o sensor possui “IR blocking filter integrated on-chip”, o que melhora a sua eficiência mesmo em ambientes com forte radiação infravermelha (AMS, 2012).

Possui ADC interno de 16 bits, grande faixa dinâmica (“3.8M:1 dynamic range”) e iluminador LED branco nos módulos mais comuns. Baxter (2017) destaca que sensores com filtro IR entregam medidas mais estáveis e lineares em aplicações industriais simples (BAXTER, 2017). E possui aplicações para leitura de cor em robôs móveis, separação de peças por cor, identificação de materiais, calibração luminosa e controle adaptativo de displays.

#### 1.2.2.3 Comparação Técnica entre os Sensores APDS-9960 e TCS34725

A seleção entre o sensor APDS-9960 e o TCS34725 é fundamentalmente orientada pela aplicação-alvo, uma vez que cada dispositivo foi otimizado para um conjunto distinto de funcionalidades.

O APDS-9960 se destaca como uma solução multimodal, integrando em um único módulo as capacidades de detecção de gestos, proximidade e cor. Essa versatilidade o torna a opção ideal para sistemas que demandam interatividade e contexto ambiental, como em dispositivos de interface homem-máquina ou automação residencial inteligente, onde múltiplas funcionalidades são necessárias simultaneamente.

Em contrapartida, o TCS34725 é um sensor especializado, com foco exclusivo na medição de cor RGB com alta precisão e estabilidade. Projetado para aplicações onde a fidelidade e a repetibilidade da informação de cor são críticas — como em inspeção colorimétrica industrial, análise de materiais ou calibração de displays —, este sensor prioriza a excelência metrológica em detrimento de funcionalidades adicionais.

Apesar de suas diferenças fundamentais, ambos os sensores compartilham características modernas essenciais para a prototipagem e integração em sistemas embarcados: utilizam a interface de comunicação I<sup>2</sup>C, operam com baixo consumo de energia e foram concebidos para uma integração direta e simplificada com microcontroladores populares.

### 1.2.3 Plataforma Arduino

Para Mcroberts (2010), Arduino é um sistema embarcado, ou seja, que pode interagir com seu ambiente por hardware e software incorporados a um dispositivo com um objetivo pré-definido. Trata-se de um projeto de código livre que pode ser “clonado” tanto em software (que utiliza linguagem de programação em C/C++) quanto em hardware. O Arduino, assim como um CLP (controlador lógico programável), controla sistemas industriais. A plataforma tem como principal finalidade facilitar, a nível doméstico, comercial ou móvel, a automação e controle nestes ambientes.

O Arduino também pode ter suas aplicações estendidas utilizando placas que contêm outros dispositivos, as quais são facilmente conectadas a ele. Estas placas são chamadas de módulos ou Shields (escudos, em inglês). Tais placas podem funcionar como receptores GPS, módulos de rede ethernet ou wireless, dentre outros, (MCROBERTS, 2010).

Segundo Rodrigues (2012), o Arduino foi criado pelo professor Massimo Banzi na Itália, o qual queria ensinar programação de computadores de forma que este conhecimento pudesse ser aplicado a projetos de arte, automação e robótica. A grande dificuldade encontrada por ele era justamente não encontrar no mercado placas que fossem didáticas e ao mesmo tempo poderosas e baratas.

Com o tempo, juntamente com o engenheiro espanhol David Cuartielles, Massimo decide criar sua própria placa contando com ajuda de um de seus alunos chamado David Mellis, o qual ficou responsável pela linguagem de programação do Arduino. O hardware Arduino foi um sucesso, visto a ampla possibilidade de aplicações, como por exemplo, um leitor de temperatura e controle de velocidade por pulo de motores de corrente contínua (UNESP, 2012). Assim, o conceito do Arduino logo se espalha pelo mundo, atingindo a marca de mais de 50.000 placas vendidas até outubro de 2008, (BARROS, 2012).

Logo, com o avanço tecnológico progressivo no setor industrial é notável que cada vez mais ocorra o surgimento de novas necessidades para redução dos custos de produção industrial sem que aja o comprometimento da qualidade do produto e quantidade produzida final. Em face disso, resolver desafios como este vem se tornando cada vez mais recorrentes para a indústria de televisores. Por isso, este trabalho refuta a importância de usar a plataforma Arduino como substituição aos computadores industriais, a fim de viabilizar a redução de custos e simultaneamente ser uma nova tecnologia que permite o rearranjo produtivo, pois é fundamental para aprimorar a identificação de defeitos e otimizar a fabricação deles.

### 1.2.4 Protoboard como ferramenta de prototipagem rápida

Protoboard são bases de prototipagem elétrica reutilizáveis que permitem montagem de circuitos sem a precisão de solda. São padrão no ensino e na prototipagem rápida devido à facilidade de uso e compatibilidade com componentes DIP (SPARKFUN, 2023). A estrutura interna dos modelos sem solda é

composta por blocos plásticos com tiras metálicas de conexão, organizados em “terminal strips” e “bus strips” para alimentação.

Essa configuração garante praticidade, mas tem a capacidade e resistência de contato que limitam a operação em frequências mais elevadas (BOGATIN, 2021). Devido a essas limitações, recomenda-se empregar protoboards apenas para protótipos de baixa e média complexidade. Para sistemas sensíveis a ruído ou com alta frequência de comutação, a técnica orienta migrar rapidamente para placas de circuito impresso, reduzindo laços de massa e melhorando a integridade de sinal (BOGATIN, 2021; DIGIKEY, 2022).

No ensino, a protoboard é amplamente utilizada por permitir montagem rápida, visual e manipulável. Estudos recentes sobre prototipagem aplicada ao aprendizado remoto propõem alternativas como breadboards virtuais e superfícies tridimensionais com pontos de conexão integrados, ampliando as possibilidades de experimentação (MASCETTI; NAVARRO; GEROSA, 2010; ZHAO et al., 2020).

### 1.2.5 Módulo infravermelho

O módulo infravermelho (IR) é um componente eletrônico que integra, em um único conjunto, todos os elementos essenciais para o processamento de sinais infravermelhos. Sua estrutura básica consiste em um elemento sensível à radiação IR, que pode ser um fotodiodo, fototransistor, termopilha ou microbolômetro, variando conforme a aplicação, acoplado a um circuito interno de pré-amplificação e condicionamento de sinal (responsável por ganho e filtragem). Para aplicações específicas, como a recepção de comandos remotos, o módulo inclui ainda um circuito de modulador sintonizado em uma frequência portadora típica — sendo 38 kHz um padrão comum, embora a faixa de 35 a 56 kHz também seja utilizada. Todo o sistema é finalizado em terminais de alimentação e saída, compatíveis com níveis lógicos padrão (TTL/CMOS), prontos para interface com microcontroladores.

Na eletrônica de consumo tornou-se oblíquo o uso de módulos receptores IR modulados (para controles remotos, automação residencial e pequenos sensores) como os das séries TSOP. Estes componentes que integram fotodiodo, pré-amplificador e circuito de demodulação, padronizaram a interface entre os sinais IR modulados e os microcontroladores. Essa integração foi fundamental para popularizar a tecnologia, pois conferiu aos sistemas uma maior imunidade a ruídos ambientais e uma facilidade de implementação significativamente ampliada

## 1.3 VIABILIDADE TÉCNICA DA SUBSTITUIÇÃO POR SISTEMAS BASEADOS EM ARDUINO

Microcontroladores de baixo custo, como o Arduino, podem executar tarefas específicas de automação com precisão e confiabilidade, conforme Monk (2016) e Banzi e Shiloh (2022). O Arduino permite integração com sensores, módulos de comunicação e atuadores, além de possibilitar geração de

padrões visuais por meio de módulos auxiliares, tornando-o uma alternativa tecnicamente viável para substituir sistemas tradicionais em testes industriais. Segundo Niku (2019), soluções embarcadas podem reduzir custos operacionais e aumentar flexibilidade, sendo adequadas para processos que não exigem alto poder computacional.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Propor e implementar uma plataforma digital capaz de substituir computadores industriais tradicionais, modernizando o processo de testes em TVs, reduzindo custos operacionais e aumentando a eficiência produtiva em uma empresa do Polo Industrial de Manaus.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma plataforma digital integrada, capaz de executar rotinas de teste antes realizadas por computadores industriais, garantindo confiabilidade e padronização;
- Otimizar a detecção e análise de falhas, por meio de ferramentas automatizadas e indicadores de desempenho que aumentem a precisão e a rapidez no diagnóstico;
- Reduzir custos de produção e manutenção, substituindo hardware industrial de alto custo por soluções digitais mais acessíveis, escaláveis e de fácil atualização;
- Aprimorar a eficiência operacional da linha de produção, reduzindo tempo de setup, melhorando o fluxo de testes e minimizando retrabalho.

## 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho tem como objetivo desenvolver, implementar e validar um sistema baseado em Arduino capaz de substituir computadores industriais utilizados em testes de qualidade de imagem de televisores. O procedimento foi dividido em quatro etapas: especificação do hardware, desenvolvimento do software embarcado, elaboração de discussões técnicas e análise dos resultados.

### 3.1 ESPECIALIZAÇÃO DO HARDWARE

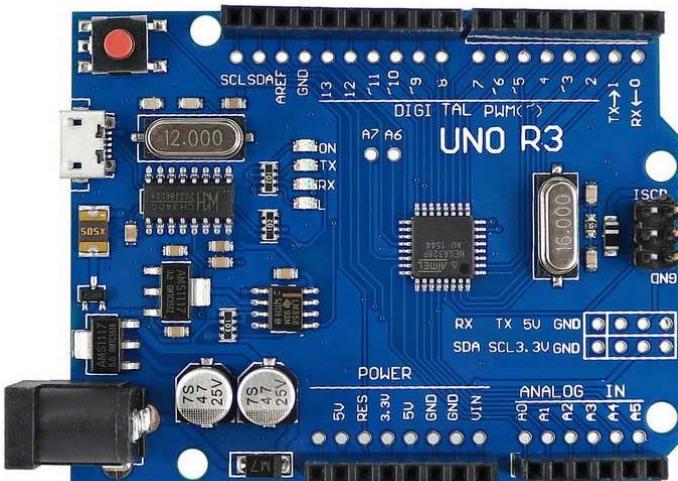
#### 3.1.1 Hardware utilizado

Para a implementação do sistema proposto, foi utilizada uma arquitetura composta por componentes de baixo custo, selecionados por compatibilidade, disponibilidade e adequação às funções necessárias na linha de produção.

### 3.1.1.1 Arduino Uno

O controlador principal do sistema é o Arduino Uno (figura 3), equipado com o microcontrolador ATmega328P. O Uno oferece número suficiente de portas digitais e analógicas, comunicação serial e capacidade de processamento adequada para tarefas como acionamento de emissores infravermelhos e leitura de sensores. Sua escolha justifica-se pela robustez, ampla documentação e fácil integração com módulos externos.

Figura 4: Placa Arduino (UNO R3).

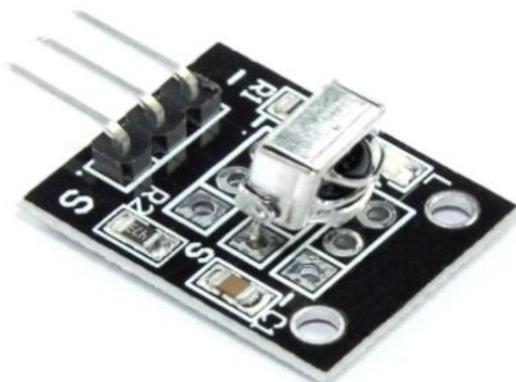


Fonte: Robocore (Acesso em 14 de nov. 25)..

### 3.1.1.2 Módulo Infravermelho (IR)

Um módulo emissor infravermelho (figura 4) foi empregado para simular comandos de controle remoto, permitindo a comunicação direta com o televisor. Esse módulo gera ondas moduladas em 38 kHz, padrão utilizado pela maioria dos fabricantes de TVs. Ele é responsável por enviar comandos como *power on*, troca de entrada, confirmação de menus ou ativação de padrões internos do televisor.

Figura 5: Módulo infravermelho para Arduino.

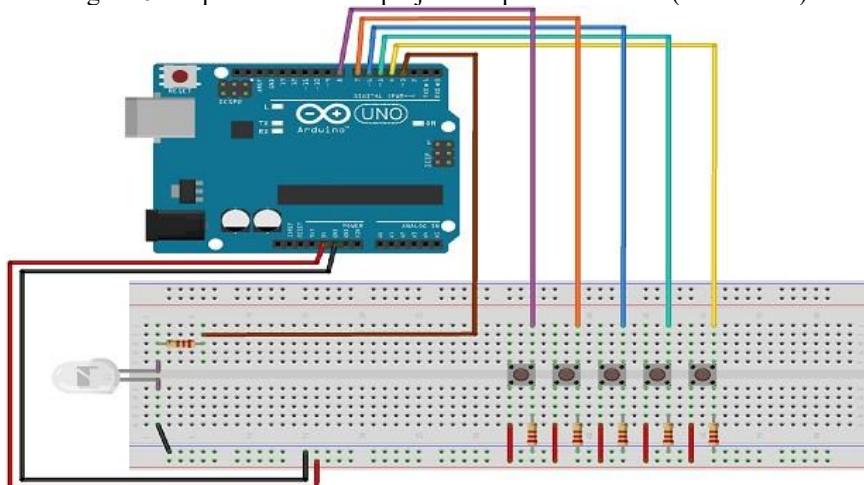


Fonte: Eletrogate (Acesso em 14 de out. 25).

### 3.1.1.3 Protoboard e Jumpers

Uma protoboard (figura 5) foi utilizada como base para montagem do circuito, possibilitando conexões temporárias entre o Arduino, o módulo infravermelho e o sensor de cores. Jumpers macho–macho e macho–fêmea foram empregados para interligar todos os componentes, garantindo flexibilidade durante ajustes e testes.

Figura 6: Esquema básico do projeto em placa de ensaio (Protoboard)

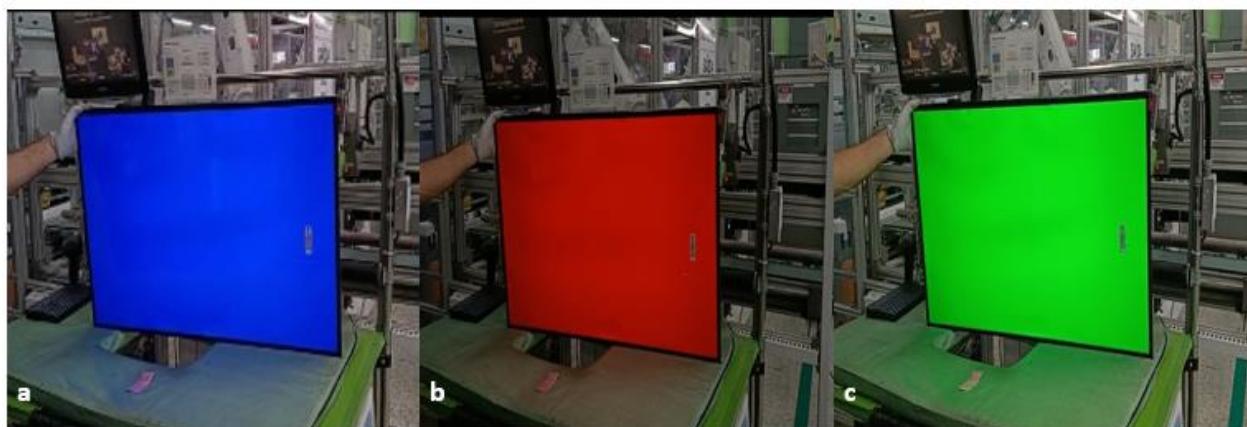


Fonte: Autor (2025).

### 3.1.1.4 Módulo e sensor de cores

Foi incorporado ao sistema um sensor de reconhecimento de cores, como o modelo TCS3200/TCS34725, capaz de detectar a composição RGB da luz emitida pela tela do televisor (figura 7).

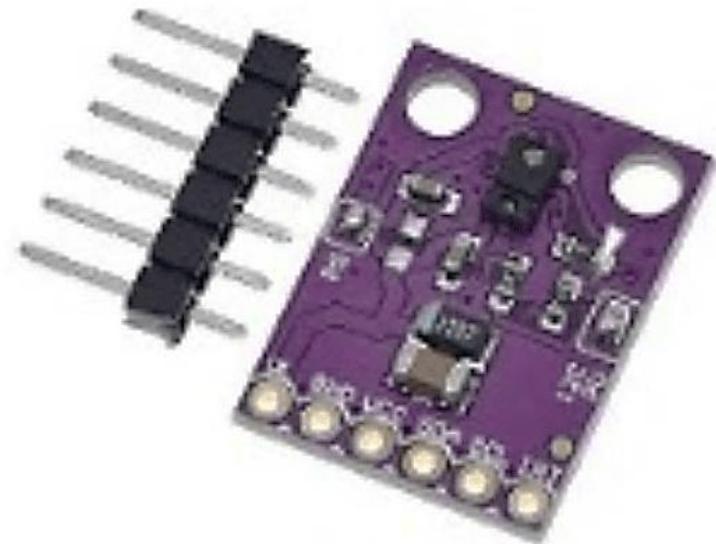
Figura 7: a) Teste padrão azul; b) Teste padrão vermelho; c) Teste padrão verde.



O sensor (figura 8) converte a intensidade luminosa de cada componente de cor em sinais digitais, permitindo ao Arduino interpretar se o padrão de imagem exibido na tela está dentro das especificações

técnicas definidas pela empresa. Esse dispositivo substitui, de forma simplificada, sistemas ópticos mais caros usados em inspeções industriais.

Figura 8: Sensor de gestos e cores APDS-9960

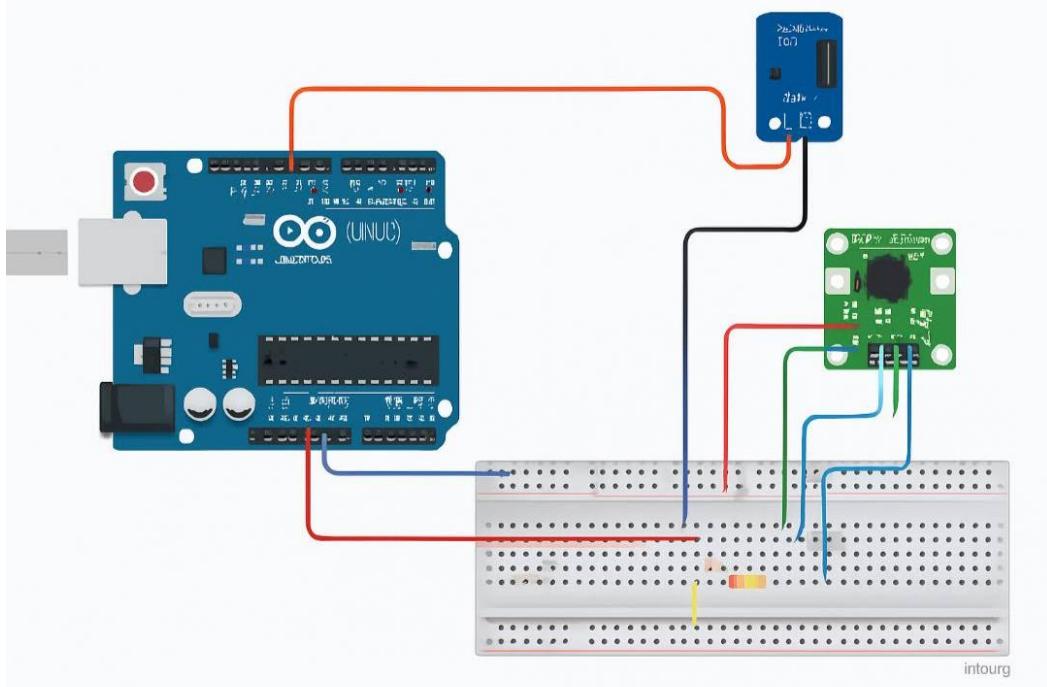


Fonte: Arducore (Acesso em 17 de nov. 25).

### 3.1.2 Layout circuito

O layout do circuito foi realizado de acordo com a figura 8, onde a estrutura permite reprodução do circuito no ambiente físico de forma simples e confiável. Sendo assim, o circuito consta com: Arduino Uno como unidade central; protoboard interligando; módulo IR conectado à porta digital (ex.: D3); sensor de cores conectado às portas analógicas (A0-A2 ou interface I<sup>2</sup>C dependendo do modelo); botão físico ligado à porta digital D7 para iniciar o teste manualmente; jumpers conectando alimentação (5V e GND) entre todos os módulos.

Figura 9: Layout completo do projeto montado



Fonte: Autor (2025).

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

#### 3.2.1 Software

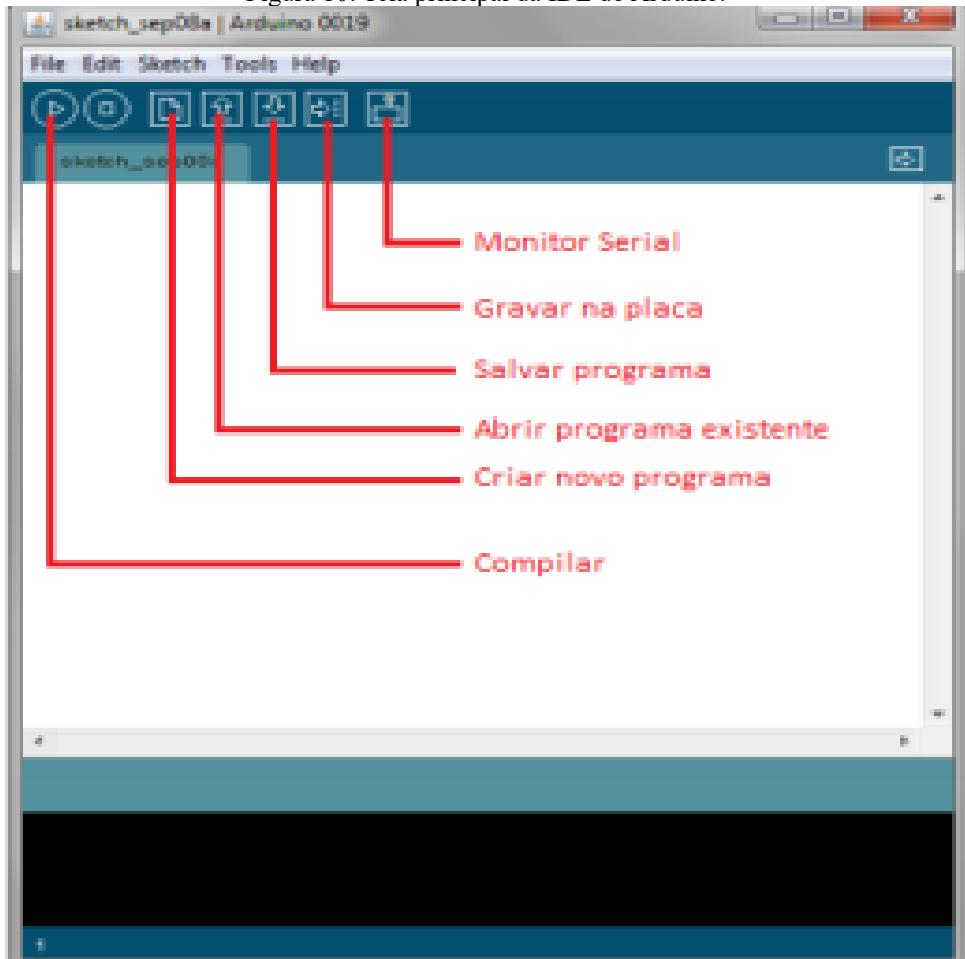
O software foi elaborado utilizando a IDE do Arduino, em linguagem C/C++, e integra todos os componentes descritos no hardware. A programação foi dividida em três módulos: comunicação IR, leitura óptica e interface do sistema.

As operações realizadas pelo Arduino se resumem em essência a sinais elétricos. A lógica por trás dos impulsos e sinais transmitidos e interpretados pela plataforma dependem de programas inseridos em seu microcontrolador.

De acordo com Margolis (2011), comandos e programas são escritos no computador utilizando um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), que permite escrever e alterar códigos e convertê-los em instruções que o Arduino consiga compreender e executar, além de permitir a sua gravação no microprocessador.

Em outras palavras, tudo o que será realizado pelo Arduino, seja através do próprio microcontrolador ou de periféricos a ele conectados, deverá ser programado em scripts inseridos por intermédio da IDE, onde são definidas as orientações necessárias para cada execução. A interface da IDE do Arduino é intuitiva. No entanto, como depende da programação de comandos e execuções a mesma exige do usuário certos conhecimentos de algoritmos e linguagem de programação, em geral, C ou C++. A Figura 9 mostra a interface inicial da IDE do Arduino.

Figura 10: Tela principal da IDE do Arduino.



Fonte: Autor (2025).

Através da IDE é possível projetar, alterar, compilar e gravar programas que comandam o Arduino e qualquer Shield ou módulos a ele conectados. A IDE do Arduino traz diversos projetos exemplo prontos para serem executados. O programador pode utilizar estes projetos, bem como alterá-los ou usá-los como base para a criação de novos programas.

A seguir, no Quadro 1, é transcrito um código do programa de exemplo do tipo Blink, cujo objetivo é fazer com que um diodo emissor de luz (LED) emita luz durante um segundo, e permaneça apagado por mais um segundo, repetindo este ciclo até que a placa seja desligada:

Quadro 1: Código tipo *Blink*.

```
int led = 13;  
  
void setup() {  
  
    pinMode(led, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
  
    digitalWrite(led, HIGH);  
  
    delay(1000);  
  
    digitalWrite(led, LOW);  
  
    delay(1000);  
}
```

Fonte: Autor (2025).

A explicação do código acima, no Quadro 1, é realizada da seguinte maneira: é feita a declaração da variável “led”, que recebe o valor 13, correspondendo ao número do terminal que comandará o LED. Conforme descrito anteriormente, este é um terminal de entrada/saída digital. Logo em seguida, é parametrizada a configuração da rotina geral através do comando void setup(), que é executada uma única vez quando o sistema é ligado.

Neste comando, determina-se que o terminal digital declarado anteriormente será utilizado como saída, através do comando pinMode (led, OUTPUT). A seguir, configura-se uma rotina redundante (loop), que se repetirá até que o dispositivo seja desligado. O comando digitalWrite (led, HIGH) indica que a placa fará com que o terminal 13 eleve a sua tensão ao valor “alto” (que neste caso, é 5 V e representa o acionamento do LED).

Por fim, o comando delay (1000) faz com que o LED permaneça ligado por 1000 milisegundos, para então executar o próximo comando, digital Write(led, LOW), reduzindo a tensão do terminal 13 V a 0 V, fazendo com que o LED deixe de emitir luz, e assim permanecendo por mais 1000 milisegundos em função do novo comando delay (1000). Neste momento, toda a rotina reinicia, repetindo os comandos até a interrupção da alimentação da placa.

Após a seleção ou criação do programa a ser gravado no Arduino, deve-se verificar a consistência do programa e a capacidade de converter as instruções para a plataforma através da função “compilar”, e logo após é feita a gravação do programa. Tão logo o programa é gravado, ele já passa a funcionar enquanto o Arduino se mantiver alimentado (a não ser que se programe o acionamento do programa através de chave).

No entanto, como dito anteriormente, o Arduino em si trabalha com a transmissão, recepção e leitura de sinais elétricos. As aplicações reais da plataforma dependem de outros dispositivos conectados à placa do Arduino através das conexões analógicas e seriais.

### 3.2.2 Comunicação IR com o televisor

O módulo IR utiliza a biblioteca IRremote.h, permitindo ao Arduino enviar comandos pré-gravados equivalentes aos de um controle remoto convencional. Os comandos programados incluem: ligar/desligar a TV; alternar entradas (HDMI, AV, USB); ativar padrões internos de teste quando disponíveis. O código configura o sinal de 38 kHz e dispara tramas de acordo com o protocolo da marca do televisor.

### 3.2.3 Leitura do sensor de cores

O módulo do sensor de cores realiza leituras das componentes **R**, **G** e **B**, convertendo intensidade luminosa em valores numéricos comparáveis. O sistema captura sucessivas leituras para cada padrão exibido na TV. Essas medições são usadas para confirmar se:

- tela exibe adequadamente cores primárias;
- a uniformidade visual está dentro dos limites;
- há presença de pixels com defeito na região monitorada;
- o Arduino registra essas leituras e as compara com faixas de tolerância pré-programadas.

## 3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 3.3.1 Diferença percentual de custos

Para calcular a diferença de percentual de custos, utilizou-se da formula:

$$Economia\% = \frac{Custo_{industrial} - Custo_{Arduino}}{Custo_{industrial}} \times 100$$

### 3.3.2 Relação de custo por funcionalidade

Para calcular a relação de custo por funcionalidade, utilizou-se da formula:

$$Custo \ por \ funcionalidade = \frac{Custo}{Funcionalidade \ relativa}$$

### 3.3.3 Economia projetada por ano

Para estimar a economia anual proporcionada pela substituição dos equipamentos, adotou-se um procedimento baseado na projeção do número de unidades substituídas ao longo de um ciclo anual. Inicialmente, definiu-se a quantidade de computadores industriais que seriam substituídos a cada ano. Em seguida, determinou-se o custo médio associado à troca de cada unidade, considerando apenas parâmetros previamente estabelecidos na etapa de levantamento de custos.

Com essas informações, calculou-se a economia referente a um único ciclo anual de substituição. Posteriormente, essa projeção foi estendida para um período de cinco anos, aplicando-se a mesma taxa anual de substituição e mantendo constantes os parâmetros de custo utilizados. Esse método permitiu estimar a economia acumulada ao longo do período analisado, servindo de base para a análise dos impactos financeiros do processo de modernização dos equipamentos.

### 3.3.4 Retorno sobre investimento (ROI)

Para calcular o retorno sobre os investimentos, utilizou-se da fórmula:

$$ROI = \frac{\text{Benefício} - \text{Investimento}}{\text{Investimento}}$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADOS

Os testes realizados demonstraram que o sistema baseado em Arduino foi capaz de executar funções essenciais normalmente atribuídas a computadores industriais, incluindo:

- envio confiável de comandos IR para televisores;
- geração de sequências automáticas de teste;
- leitura estava correta de padrões de cores exibidos na tela;
- interpretação básica de qualidade visual com base em métricas RGB.

Além disso, o sensor de cores apresentou boa estabilidade para medições simples, permitindo identificar desvios de tonalidade e falhas em padrões primários. O módulo IR demonstrou alta compatibilidade com televisores do tipo LED/LCD das principais marcas.

Logo, os resultados indicam que o sistema cumpre adequadamente testes preliminares ou funcionais de baixa complexidade, podendo reduzir custos e agilizar etapas de inspeção na linha de produção. Embora não substitua integralmente os equipamentos industriais mais avançados, o Arduino se mostrou uma solução eficiente para testes automatizados simples, servindo como base para aprimoramentos futuros.

Além disso, o estudo comprovou que, para testes funcionais e ópticos de baixa a média complexidade, a plataforma microcontrolada apresenta desempenho satisfatório, reproduzindo comandos IR realizando leituras confiáveis de padrões de cor e automatizando rotinas essenciais de verificação. A comparação econômica revelou uma discrepância expressiva entre o custo de aquisição e manutenção de computadores industriais e o custo reduzido de componentes Arduino, resultando em uma economia potencial de até 99,8%, além de um ROI superior a 49.800%, reforçando seu potencial para aplicações industriais em larga escala.

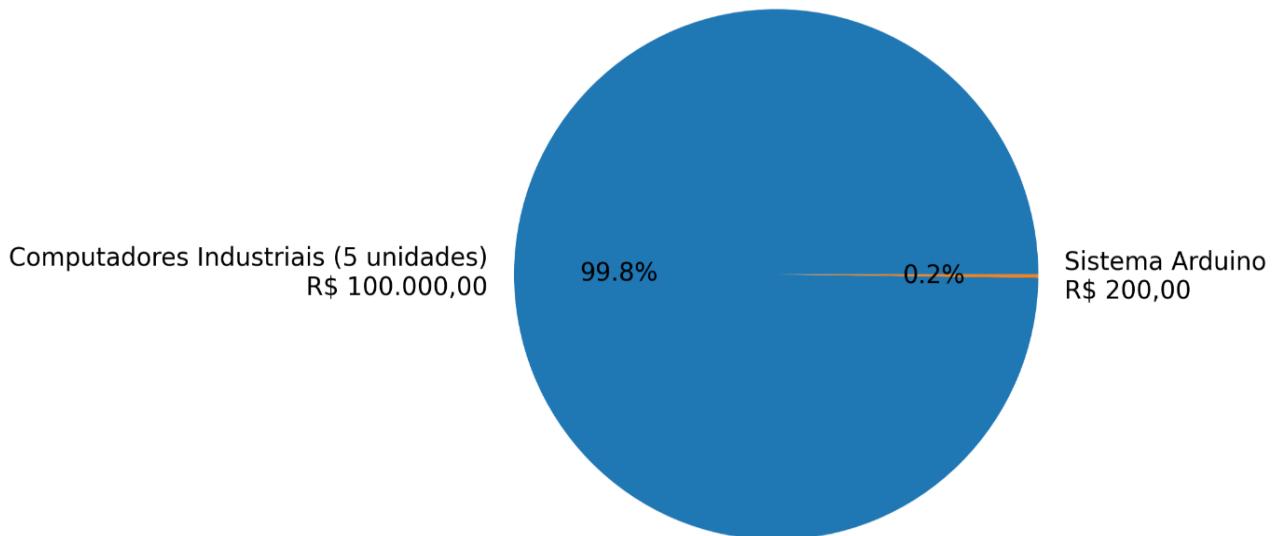
#### 4.2 RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ECONÔMICA ENTRE COMPUTADORES E SISTEMA ARDUINO

A análise comparativa entre o custo de aquisição de computadores industriais utilizados em linhas de teste e o custo de implementação de um sistema baseado em Arduino evidencia uma discrepância financeira significativa. Considerando que cada computador industrial apresenta um custo médio de R\$ 20.000,00, o valor total para cinco unidades soma R\$ 100.000,00. Em contrapartida, a solução utilizando Arduino, composta por Arduino Uno, módulo infravermelho, sensor de cores e protoboard, totaliza aproximadamente R\$ 200,00.

#### 4.3 COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAS E SISTEMA ARDUINO

O gráfico na figura 10 evidencia visualmente a enorme diferença de investimento entre as duas abordagens. Enquanto o conjunto de computadores industriais representa um custo elevado, o sistema baseado em Arduino oferece uma alternativa proporcionalmente mais econômica, mantendo funcionalidades adequadas para testes automatizados de qualidade de imagem em televisores.

Figura 11: Comparação de custos entre computadores e sistema baseado em Arduino.



Fonte: Autor 2025

#### 4.4 DISCUSSÃO

A substituição de computadores industriais por um sistema baseado em Arduino apresenta vantagens e limitações relevantes. Em termos de custo, o Arduino reduz significativamente o investimento inicial e o custo de manutenção, permitindo substituição rápida e disponibilidade de peças acessíveis. Além disso, sua modularidade e simplicidade tornam o sistema altamente customizável para diferentes modelos de televisores e requisitos de teste.

Entretanto, o Arduino possui limitações de processamento e memória que impedem análises complexas, como inspeção visual com câmeras de alta resolução ou algoritmos avançados de visão computacional. Para testes ópticos simples e repetitivos, o microcontrolador se mostra suficiente, mas não substitui equipamentos industriais avançados. Ainda assim, sua adoção em testes preliminares ou intermediários pode reduzir carga de trabalho das máquinas industriais, prolongar sua vida útil e diminuir custos operacionais.

Outro ponto discutido é a padronização: como o Arduino é um dispositivo aberto, a integridade do processo depende do rigor com que a equipe técnica documenta, valida e calibra suas funções. Quando bem implementado, ele pode atingir níveis confiáveis de repetibilidade, comprovando-se uma alternativa viável em parte das operações industriais.

#### 5 CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a solução desenvolvida com Arduino é tecnicamente viável em assumir parte das funções realizadas pelos computadores industriais no processo de inspeção e teste de televisores. O sistema proposto conseguiu reproduzir comandos IR, executar leituras confiáveis de padrões de cor e

automatizar etapas essenciais dos testes funcionais, atendendo às exigências práticas observadas na linha de produção.

A análise técnica e econômica evidenciou a diferença significativa entre os custos envolvidos nas duas soluções, confirmando o potencial do Arduino como alternativa de menor investimento para tarefas de baixa a média complexidade. Essa redução de gastos, associada ao desempenho satisfatório do sistema desenvolvido, reforça sua aplicabilidade como recurso complementar ao ambiente industrial.

Os resultados indicam também que a plataforma microcontrolada pode contribuir para a otimização do fluxo produtivo, atenuando a demanda sobre computadores industriais mais robustos e prolongando seu tempo de uso. A implementação realizada evidenciou que, com os componentes adequados e configuração correta, o Arduino pode ser integrado ao processo de teste de televisores de maneira funcional e consistente.

Embora o estudo tenha identificado limitações inerentes ao microcontrolador, sobretudo em atividades que exigem maior capacidade de processamento, os achados confirmam que a solução proposta é viável para o escopo analisado. Assim, o trabalho cumpre seu propósito ao demonstrar a aplicabilidade prática do sistema e sua relevância econômica, contribuindo para o desenvolvimento de alternativas acessíveis ao Polo Industrial Eletrônico.

## DEDICÁTORIA

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder sabedoria e forças para estar aqui hoje. Agradeço meu pai (avô) Ranulfo Serrão Monteiro que ajudou minha mãe a criar me toda a vida, e deixando seu legado como professor os estudos a mim e meus irmãos como prioridade na vida, à minha mãe Shirlana Monteiro, por todo amor, caráter e base que me formaram. À minha esposa Fabrícia Doce, minha alicerce, que me deu forças quando eu já não tinha mais. Sua presença foi decisiva para que eu seguisse e concluisse este curso. Aos meus filhos Isabella, Gabriel, Gabriella e o próximo que ainda está no ventre em formação o Rael, que são a razão maior de tudo o que faço, dedicando-lhes cada conquista deste processo. Estendo minha gratidão à minha professora orientadora, Roneuane Araújo, pela atenção, clareza e compromisso que me conduziu até aqui com segurança e direção. A todos vocês, minha sincera dedicação.

## REFERÊNCIAS

AMS. **TCS34725 – RGB Color Light Sensor with IR Filter**. Datasheet. Alemanha, 2012. Disponível em: <https://ams-osram.com/products/sensor-solutions/ambient-light-color-spectral-proximity-sensors/ams-tcs34725-color-sensor> Acesso em: 17 nov. 2025.

ARGIRUSIS, N. **IR Sensors, Related Materials, and Applications**. Sensors (MDPI), 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/3/673>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BALAKRISHNAN, P. **Industrial Automation and Robotics**. New Delhi: PHI Learning, 2015.

BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Getting Started with Arduino**. 4. ed. Maker Media, 2022.

BANZI; SHILOH, M. **Getting Started with Arduino**. Maker Media, 2014.

BARROS, Wagner B. **Sistema de Automação Veicular com Arduino e Android**. 2012. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Sistemas para Internet) - Centro Universitário Adventista de São Paulo, São Paulo, 2012.

BAXTER, Larry. **Sensors and Signal Conditioning**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

BOGATIN, Eric. **Bogatin's Practical Guide to Prototype Breadboard and PCB Design**. Signal Integrity Journal, 2021. Disponível em: <https://www.signalintegrityjournal.com/articles/3537-bogatins-practical-guide-to-prototype-breadboard-and-pcb-design>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BOLTON, W. **Programmable Logic Controllers**. 6. ed. Oxford: Newnes, 2015.

BRITANNICA. **Infrared astronomy William Herschel: discoverer of infrared radiation (1800)**. Encyclopaedia Britannica. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Herschel-space-telescope>. Acesso em: 17 nov. 2025.

BROADCOM. **APDS-9960 – Digital Proximity, Ambient Light, RGB and Gesture Sensor**. Datasheet. 2013. Disponível em: <https://www.broadcom.com/solutions/ai-solutions/ai-infrastructure>. Acesso em: 15 dez. 2025.

BUECHLEY, L.; EISENBERG, M.; CATCHEN, J.; CROCKETT, A. **The Lilypad Arduino: Using Computational Textiles to Investigate Engagement, Aesthetics, and Diversity in Computer Science Education**. CHI, Florence, Italy, 2008.

CORSI, C.; et al. **History, highlights and future trends of infrared sensors**. Journal of Modern Optics, v. 57, p. 1663–1686, 2010. Disponível em: [https://www.consortiocreto.it/download/publications/papers/2010\\_Corsi\\_JModOpt\\_v57pp1663-1686.pdf](https://www.consortiocreto.it/download/publications/papers/2010_Corsi_JModOpt_v57pp1663-1686.pdf). Acesso em: 17 nov. 2025.

CUNHA, J. C.I. D. **A avaliação do uso da plataforma Arduino como ferramenta didática-pedagógica na disciplina de sistemas operacionais**. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologias da informação e comunicação) – Universidade Federal de Santa Catarina

DIGIKEY. **The Evolution of Breadboarding**. DigiKey Electronics, 2022. Disponível em: <https://www.digikey.com/en/blog>. Acesso em: 17 nov. 2025.

DÍZMAN, B.; et al. **Development of an infrared array sensor-integrated**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

Fórum Arduino Brasil. **Discussões e tutoriais**. Disponível em > <https://embarcados.com.br/a-historia-do-arduino-parte-1-apresentando-o-arduino/> < < acesso 15 dez. 2025.

FRADEN, Jacob. **Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications**. 5. ed. Springer, 2016.

GARVIN, D. A. **What Does "Product Quality" Really Mean?** *Sloan Management Review*, v. 26, n. 1, p. 25–43, 1984.

GROOVER, M. P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing.** 4. ed. New Jersey: Pearson, 2015.

Instructables Arduino Projects. **Projetos passo a passo.** Disponível em > HYPERLINK "<https://www.instructables.com/>"<<https://www.instructables.com/Colour-Reading-Glove-Using-APDS-9960-Sensor/>> acesso 15 dez. 2025.

INSTRUCTABLES. **Breadboard Tutorials. Instructables Circuits,** 2022. Disponível em: <https://www.instructables.com/An-Imperfect-Comparison-of-Arduino-Analogue-and-Digital/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9241-305: Ergonomics of human-system interaction – Optical performance requirements.** Geneva, 2008.

ITU-R. International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector. **Recommendation BT.709: Parameter values for the HDTV standards for production and international exchange.** Geneva, 2015.

JURAN, J. M. **Juran's Quality Handbook.** 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1998.

LIKER, Jeffrey K. **The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer.** New York: McGraw-Hill, 2005.

LIMA, C. B.; VILLAÇA, M. V. M. **AVR e Arduino: Técnicas de Projeto.** 2. ed. Florianópolis: Ed. dos autores, p. 632, 2012.

MARGOLIS, M. **Arduino Cookbook.** O'Reilly Media, 2020.

MASCETTI, Sergio; NAVARRO, Daniel; GEROSA, Marco. **The Virtual Breadboard: Helping Students to Learn Electrical Engineering at a Distance.** IEEE Education Society, 2010. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/aboutJournal.jsp?punumber=5488303>. Acesso em: 15 dez. 2025

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico.** São Paulo: Novatec, braic Equations IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 9. 2011

MCROBERTS, Michael. **Begginning Arduino.** Apress. Nova Iorque: 2010.

MONK, S. **Programming Arduino: Getting Started with Sketches.** McGraw-Hill, 2016.

MONK, Simon. **30 Arduino Projects for the Evil Genius.** McGraw-Hill. Nova Iorque: 2010.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: Começando com Sketches.** Porto Alegre: Bookman, 2013

MONK, Simon. **Programming Arduino: Getting Started with Sketches.** 2. ed. McGraw-Hill, 2016.

NIKU, Saeed. **Introduction to Robotics: Analysis, Systems, Applications.** 3. ed. New York: Wiley, 2019.

**Review on Infrared Imaging Technology.** ResearchGate / publicação 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/363390661\\_Review\\_on\\_Infrared\\_Imaging\\_Technology](https://www.researchgate.net/publication/363390661_Review_on_Infrared_Imaging_Technology). Acesso em: 17 nov. 2025.

Embarcados. **Artigos técnicos sobre sistemas embarcados.** Disponível em > <https://embarcados.com.br/uma-nova-era-da-automacao-industrial/> < acesso 15 dez. 2025.

RODRIGUES, L et al. **Introdução ao Arduino.** Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS. Campo Grande: 2012.

SILVA, José Carlos G.; ASSIS, Fidelis Sigmaringa G. de. **Linguagens de Programação: Conceitos e Avaliação.** McGraw-Hill, 1998.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Operations Management.** 9. ed. London: Pearson, 2019.

SOUSA NETO, P. J. D. **Automação residencial utilizando Arduino.** 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em ciência da computação) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

SPARKFUN. **How to Use a Breadboard.** SparkFun Electronics, 2023. Disponível em: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/detecting-colors-with-the-sparkfun-tristimulus-color-sensor>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VISHAY; BATRONIX. **TSOP17xx — Photo Modules for PCM Remote Control Systems** (datasheet). Batronix (PDF/datasheet). Disponível em: <https://www.batronix.com/pdf/tsop17xx.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.

VOLLMANN, T. R. et al. **Manufacturing Planning and Control Systems for Supply Chain Management.** New York: McGraw-Hill, 2005.

XBEE SHIEL. **ARDUINO.** Disponível em: <https://docs.arduino.cc/software/ide/> Acesso em: 23 de junho de 2025.

YUAN, Z.; HAN, G. **Optical Gesture Recognition Technologies: Review and Trends.** IEEE Sensors Journal, 2020.

## SISTEMA DE MONITORAMENTO INTELIGENTE DE INCÊNDIO E SEGURANÇA EM IOT

### INTELLIGENT FIRE AND SAFETY MONITORING SYSTEM BASED ON IOT

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-004>

**Antonio Sonny Alves Pinto**

Graduando UNINORTE – Centro Universitário do Norte  
E-mail: antoniosonny2802@icloud.com

**Ermeson Bruno Rodrigues Ferreira**

Graduando UNINORTE – Centro Universitário do Norte  
E-mail: rodriguesdev7@gmail.com

**Kevin Rivera da Silva**

Graduando UNINORTE – Centro Universitário do Norte  
E-mail: kevinriveradasilva2@gmail.com

**Roneuane Grazielle da Gama Araujo**

Especialista em Engenharia e Administração de Banco de dados Oracle  
Centro Universitário do Norte  
E-mail: roneuanegrazielle@gmail.com

### RESUMO

A ineficácia e o alto custo de sistemas de segurança contra incêndio convencionais motivam a busca por soluções inovadoras e acessíveis. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a avaliação experimental de um Sistema Inteligente de Monitoramento de Incêndio e Segurança baseado em Internet das Coisas (IoT), voltado para a proteção em ambientes residenciais, comerciais e industriais. A solução utiliza o microcontrolador Arduino UNO e o *Ethernet Shield* para viabilizar a comunicação em rede via protocolo MQTT, sendo implementada com sensores-chave como DHT11/22 (temperatura/umidade), MQ-7 (Monóxido de Carbono) e IR Flame Sensor (chama). O sistema foi arquitetado para garantir a ativação local imediata de alertas visuais e sonoros, priorizando a segurança (modo offline), em paralelo ao envio de dados para um painel de monitoramento remoto. A metodologia aplicada contemplou o modelo cascata para o desenvolvimento do *hardware* e *firmware*, culminando em testes de validação em bancada. Os resultados obtidos comprovam a viabilidade operacional, demonstrando que o sistema oferece resposta rápida e baixo custo de implementação, constituindo uma alternativa eficaz e escalável para o sensoriamento distribuído em segurança predial.

**Palavras-chave:** Arduino; MQTT; Internet das Coisas (IoT); Monitoramento de Incêndio; Sistemas Embarcados.

## ABSTRACT

The inefficiency and high cost of conventional fire safety systems have driven the search for innovative and affordable solutions. This work presents the development and experimental evaluation of an intelligent fire and security monitoring system based on the Internet of Things (IoT), aimed at providing protection in residential, commercial, and industrial environments. The proposed solution employs an Arduino UNO microcontroller and an Ethernet Shield to enable network communication via the MQTT protocol, and it is implemented with key sensors such as DHT11/22 (temperature/humidity), MQ-7 (carbon monoxide), and IR Flame Sensor (flame detection). The system was designed to ensure immediate local activation of visual and audible alerts, prioritizing safety in (offline mode), while simultaneously transmitting data to a remote monitoring dashboard. The applied methodology followed the waterfall model for the development of both hardware and firmware, culminating in bench validation tests. The obtained results confirm the operational feasibility of the system, demonstrating that it provides fast response and low implementation cost, establishing itself as an effective and scalable alternative for distributed sensing in building safety applications.

**Keywords:** Arduino; MQTT; Internet of Things (IoT); Fire Monitoring; Embedded Systems.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento de incidentes relacionados a incêndios em ambientes residenciais, industriais e comerciais tem evidenciado a necessidade de soluções tecnológicas que permitam monitoramento contínuo e resposta rápida em situações de risco. A National Fire Protection Association (NFPA, 2022) destaca que a detecção precoce é um dos fatores mais determinantes para reduzir danos e preservar vidas, reforçando a relevância de sistemas preventivos inteligentes. Nesse cenário, a IoT surge como uma arquitetura capaz de integrar sensores, dispositivos embarcados e comunicação em rede para análise de dados em tempo real. O termo foi introduzido por Ashton (2009) ao enfatizar a interconexão entre objetos físicos e sistemas computacionais, e posteriormente aprofundado por Atzori, Iera e Morabito (2010) e Gubbi et al. (2013), que destacam seu potencial em cenários críticos. No campo da segurança, a IoT tem sido aplicada para detecção contínua de variáveis ambientais e automação de alertas (Zanella et al., 2014), permitindo identificar anomalias e favorecer reação imediata diante de riscos. Diante desse cenário, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um Sistema Inteligente de Monitoramento de Incêndio e Segurança fundamentado na IoT, visando fornecer alertas locais instantâneos e suporte ao monitoramento remoto, contribuindo para práticas preventivas mais eficientes e acessíveis. O restante deste trabalho está estruturado em quatro seções.

A Seção 2 detalha a metodologia de pesquisa e o processo de desenvolvimento do protótipo, incluindo a descrição dos materiais (*hardware* e *software*) e a arquitetura do sistema. A Seção 3 apresenta os resultados e a discussão obtidos nos testes de bancada e nas simulações de cenários de risco, validando o desempenho do *firmware* e a comunicação IoT. Por fim, a Seção 4 expõe as conclusões do estudo, aborda a contribuição do sistema e sugere trabalhos futuros.

O avanço das tecnologias digitais tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas capazes de monitorar ambientes de forma inteligente, especialmente na área de prevenção e detecção de incêndios. A integração entre sensores, microcontroladores e comunicação em rede permitiu a criação de soluções mais precisas e acessíveis, alinhadas ao conceito de IoT, que, segundo Magrini (2020), transforma dispositivos comuns em elementos conectados e ativos no fluxo de informações.

Esse cenário é reforçado pela evolução dos componentes eletrônicos e sensores ambientais, cujo funcionamento é detalhado por Boylestad e Nashelsky (2014) e ampliado pelas aplicações práticas apresentadas por Grove (2019). Além disso, a confiabilidade dos sinais e circuitos utilizados nesses sistemas segue fundamentos descritos por Sedra e Smith (2013), garantindo maior estabilidade e segurança na análise dos dados coletados. Assim, o monitoramento inteligente se estabelece como uma alternativa viável e moderna para reduzir riscos, apoando-se também em princípios de engenharia de segurança discutidos por Griffith (2017).

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

O trabalho tem como tema o desenvolvimento de um Sistema de Monitoramento de Incêndios voltado para ambientes residenciais e apartamentos, com foco na detecção precoce de focos de fogo e na redução de riscos à vida e ao patrimônio. A proposta surgiu diante do aumento significativo de incêndios domésticos, causados, em grande parte, por falhas elétricas, vazamentos de gás ou simples descuidos do cotidiano. Esses incidentes, muitas vezes, resultam em grandes prejuízos e poderiam ser evitados com o uso de sistemas de monitoramento acessíveis e eficientes.

A motivação principal deste projeto está na necessidade de ampliar a segurança em ambientes residenciais por meio de uma solução tecnológica de baixo custo, que possa ser facilmente implementada em diferentes tipos de moradias. Com esse objetivo, foi desenvolvido um sistema baseado em um sensor ultravioleta, capaz de identificar a presença de chamas com alta sensibilidade e rapidez. Esse diferencial permite uma detecção mais precisa e imediata, superando limitações de sensores tradicionais que atuam apenas pela fumaça ou pela variação de temperatura.

Diante do cenário e da urgência em dispor de sistemas de monitoramento acessíveis e de resposta imediata, este trabalho se propõe a desenvolver uma solução de baixo custo e alta sensibilidade baseada em IoT. O objetivo principal é superar as limitações dos sistemas tradicionais e prover tanto a segurança local

instantânea quanto o monitoramento remoto. Além disso, busca-se garantir que a tecnologia empregada seja adaptável a diferentes contextos, permitindo sua aplicação em ambientes residenciais, comerciais ou industriais sem a necessidade de infraestrutura complexa.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Diante do cenário e da urgência em dispor de sistemas de monitoramento acessíveis e de resposta imediata, este trabalho se propõe a desenvolver uma solução de baixo custo e alta sensibilidade baseada em IoT. O objetivo principal é superar as limitações dos sistemas tradicionais e prover tanto a segurança local instantânea quanto o monitoramento remoto. Adicionalmente, busca-se assegurar que a solução mantenha desempenho consistente mesmo em cenários com recursos limitados.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um protótipo de sistema inteligente de monitoramento de incêndios e segurança, fundamentado em tecnologias de IoT, visando proporcionar maior eficiência na detecção e resposta a situações de risco.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Levantar e analisar sensores apropriados para a detecção de fumaça, variações de temperatura e presença humana.
- Estruturar a arquitetura do sistema IoT, compreendendo a comunicação entre sensores, microcontrolador e plataforma em nuvem/aplicativo.
- Implementar mecanismos de notificação automática por meio de aplicativo móvel, e-mail e/ou mensagens SMS.
- Desenvolver um painel de controle (*dashboard*) para o monitoramento em tempo real dos dados coletados.
- Realizar testes de confiabilidade e análise do tempo de resposta do sistema desenvolvido.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A proposta visa oferecer uma solução acessível e eficiente para o monitoramento de incêndios, permitindo que qualquer usuário, independentemente de sua localização, receba alertas em tempo real. Além disso, o sistema pode ser expandido para integrar outras funcionalidades, como acionamento automático de alarmes sonoros e visuais, ativação de sprinklers ou envio de alertas para o Corpo de Bombeiros. Outra possível expansão do projeto inclui a integração de sensores adicionais, como sensores

de temperatura, umidade e monóxido de carbono, para uma análise mais abrangente da situação. Visto que o CBMAM em 2024 combateu 278 incêndios em Manaus e a maioria em residências (CBMAM, 2024)

## 1.5 REVISÃO TEÓRICA

### 1.5.1 Incêndio

A adoção de sistemas inteligentes de detecção precoce é essencial para a redução de riscos e danos causados por incêndios, conforme destacado por Hughes (2018), ao enfatizar a importância de mecanismos preventivos alinhados às boas práticas de segurança. No contexto brasileiro, os incêndios residenciais têm como principais causas falhas e sobrecargas nas instalações elétricas, além de vazamentos de gás de cozinha (GLP), representando significativo risco à vida e elevados prejuízos econômicos. Dados apresentados por Sprinkler (2019) indicam que, somente em 2019, foram registradas 866 ocorrências de incêndios estruturais no Brasil, com predominância em estabelecimentos comerciais, número que apresentou crescimento em relação a 2020. Segundo JRS (2021), o monitoramento realizado pelo Instituto Sprinkler Brasil apontou um aumento de 43,7% nos registros dessas ocorrências.

A prevenção de incêndios residenciais destaca-se como um campo no qual a integração entre tecnologia e segurança é fundamental. A obra A Segurança Contra Incêndio no Brasil (2018) ressalta que a redução dessas ocorrências depende da combinação entre regulamentação, conscientização e adoção de tecnologias de monitoramento e alerta. Complementarmente, Runefors et al. (2022) demonstram que a detecção rápida é o fator mais determinante para a redução de fatalidades em incêndios domésticos. Nesse cenário, dados mais recentes do Instituto Sprinkler Brasil (2025) evidenciam a continuidade do crescimento dos incêndios estruturais no país, com 2.453 ocorrências noticiadas em 2024, representando aumento de 10,4% em relação a 2023, reforçando a relevância do desenvolvimento de soluções tecnológicas baseadas em IoT para mitigação desses eventos.

#### 1.5.1.1 Formação de incêndio

A detecção precoce de incêndios é fundamental para a minimização de perdas humanas e materiais, pois possibilita a intervenção ainda nos estágios iniciais, reduzindo a propagação do fogo e permitindo a evacuação segura de pessoas. Incêndios, sejam eles florestais, urbanos ou industriais, caracterizam-se pela combustão não controlada de materiais inflamáveis, liberando calor, fumaça e gases tóxicos, podendo representar riscos catastróficos em diferentes ambientes. No contexto residencial, observa-se que grande parte das ocorrências tem origem em sobrecargas nas redes elétricas e curtos-circuitos (Abracopel, 2021; UOL, 2022), além de vazamentos de gás liquefeito de petróleo (GLP) e da manipulação inadequada de substâncias inflamáveis.

Esses incidentes acarretam expressivos prejuízos econômicos e sociais, incluindo perdas patrimoniais, deslocamento de famílias, feridos e vítimas fatais. Correa et al. (2015), com base em Ramachandran (2008), destacam que os custos globais associados a incêndios atingem bilhões de dólares, representando cerca de 0,813% do PIB dos Estados Unidos e 0,864% do PIB da Dinamarca. Historicamente, o fogo já foi responsável pela destruição de cidades inteiras, evidenciando que o combate a incêndios é um desafio milenar. Segundo Almeida (2008), os incêndios urbanos constituem grave risco à segurança pública e ao patrimônio, sendo frequentemente causados por falhas nas instalações elétricas e pela baixa qualidade dos equipamentos. A ocorrência de incêndios está diretamente relacionada ao chamado triângulo do fogo — calor, combustível e comburente — e ao desenvolvimento de estágios como ignição, propagação e combustão. No que se refere às causas, incêndios florestais podem ter origem humana, como queimadas, descarte inadequado de cigarros e ações criminosas, ou natural, como descargas atmosféricas, sendo o comportamento humano um fator determinante para o sucesso ou fracasso das estratégias de prevenção (ALMEIDA, 2008). Já em áreas urbanas, predominam falhas elétricas, uso inadequado de fogo aberto, vazamentos de gás e atitudes imprudentes. Em ambientes industriais, os riscos são ampliados pela presença de produtos inflamáveis, matérias-primas, equipamentos de processo, falhas elétricas, líquidos e gases inflamáveis, trabalhos a quente, poeiras combustíveis e reações químicas, conforme apontado pelo Digitsensor – Sistema contra Incêndio e Explosão.

### 1.5.2 Aplicação dos sensores

Sensores têm papel crítico em sistemas de IoT, pois eles viabilizam a captação de informação fundamental para se monitorar e automatizar ambientes. No que tange a sensor para fogo, a detecção de chama infravermelha (IR Flame Sensor) é a mais comum para detectar o fogo, pois é capaz de captar a radiação infravermelha que uma chama emite, possui alta sensibilidade e velocidade de resposta (CROWCON, 2024).

O DHT11/DHT22 é o sensor de temperatura e umidade que você usará para medir os ambientes. Ambos são compatíveis com microcontroladores, mas o DHT22 tem uma precisão e intervalo de leitura maiores, sendo apropriado para aplicações onde isso é necessário (IC-COMPONENTS, 2024). Estes sensores são muito utilizados em projetos IOT para coleta e análise contínua dos dados ambientais (Transformatika, 2020).

Para a detecção de gases tóxicos utilizamos o sensor MQ-7, que é sensível ao monóxido de carbono (CO), gás inodoro e perigoso. Sente concentrações na faixa de 20 a 2000 ppm e pode gerar alertas automáticos quando o nível explode para valores de segurança (Sparkfun, 2024). O casamento desses sensores a plataformas IoT por sua vez possibilita a transmissão dos dados pelos protocolos MQTT ou HTTP para monitoramento remoto e armazenamento em nuvem (E3S Conferences, 2018). Portanto, a

combinação dos sensores de chama, temperatura/umidade e monóxido de carbono constitui um sistema inteligente de monitoramento robusto, capaz de detectar situações de risco ambiental e disparar respostas automáticas em tempo real.

### 1.5.3 Internet das Coisas

A IoT é o conceito que descreve a capacidade de se conectar os dispositivos do dia a dia à internet, fazendo com que eles possam coletar e compartilhar dados. Essa tecnologia converte produtos tradicionais em sistemas inteligentes e conectados que podem melhorar a eficiência e a funcionalidade.

De acordo com Carrion e Quaresma (2019), a conexão entre dispositivos inteligentes de comunicação, processamento de dados e outros está transformando a relação entre usuários e tecnologia. Além de melhorar produtos já existentes, a IoT tem potencial para a criação de novas linhas de produtos conectados, que exploram inovações e serviços digitais (Mordor Intelligence, 2023).

IoT também abre novas fontes de receita, permitindo modelos de negócios baseados em dados e serviços complementares, incluindo manutenção preditiva e monitoramento remoto (McKinsey & Company, 2022). Além dos dados coletados pelos dispositivos conectados possibilitam também rotas de melhoria para as decisões estratégicas (Dell, 2014).

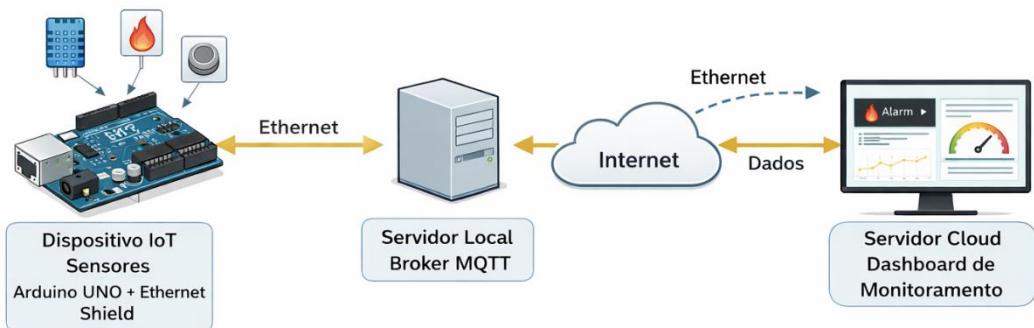
Em suma, a IoT não apenas conecta objetos, mas re imagine a forma como empresas inovação em geração de valor e interação com os seus produtos e clientes.

#### 1.5.3.1 Arquitetura IoT

A transmissão das informações geradas pelos sensores segue os mesmos princípios de comunicação estruturada encontrados em redes de computadores convencionais. Esse processo ocorre por meio de protocolos compatíveis com sistemas embarcados, como discutido por Tanenbaum (2011), possibilitando que o dispositivo encaminhe os dados de forma estável e contínua. Além disso, a organização da solução se baseia no modelo de camadas proposto por Gubbi et al. (2013), que descreve a arquitetura IoT e orienta a integração entre *hardware*, rede e aplicação.

O sistema de monitoramento inteligente de incêndio e segurança baseado em IoT foi estruturado em uma arquitetura de camadas, permitindo separação clara entre os módulos de sensoriamento, processamento, comunicação e interface de usuário:

Figura 1 – Arquitetura IoT do Sistema Proposto



Fonte: Adaptado de GUBBI et al. (2013)

A Figura 1 apresenta a arquitetura IoT do sistema proposto para monitoramento inteligente de incêndio e segurança. O diagrama ilustra o fluxo de dados desde a camada de sensoriamento até a camada de aplicação, evidenciando a separação funcional entre os módulos do sistema.

Na camada de sensoriamento, o dispositivo IoT é representado pelo microcontrolador Arduino UNO acoplado ao Ethernet Shield, responsável pela coleta dos dados provenientes dos sensores de chama infravermelho (IR), temperatura e umidade (DHT11/DHT22) e gás monóxido de carbono (MQ-7). Esses sensores realizam o monitoramento contínuo das variáveis ambientais associadas a situações de risco.

A camada de processamento local é executada no próprio microcontrolador, onde o firmware analisa os dados coletados e aplica limites de segurança (thresholds). Quando uma condição crítica é identificada, o sistema aciona imediatamente os alertas locais sonoros e visuais, garantindo resposta rápida mesmo na ausência de conectividade com a rede.

A camada de comunicação utiliza a interface Ethernet para transmitir os dados do dispositivo IoT a um servidor local que hospeda o broker MQTT. O protocolo MQTT foi escolhido por sua leveza, baixa latência e adequação a sistemas embarcados, permitindo o envio eficiente e confiável das informações monitoradas.

Por fim, a camada de aplicação é representada pelo servidor em nuvem, responsável pelo dashboard de monitoramento. Nessa etapa, os dados são visualizados em tempo real por meio de uma interface web, possibilitando o acompanhamento remoto do estado do ambiente e o recebimento de alertas, ampliando a capacidade de resposta do usuário diante de situações de risco.

A arquitetura contempla é descrita como:

- Camada de Sensoriamento: Sensores de chama (IR), temperatura/umidade (DHT11/DHT22), gás (MQ-7) e opcionalmente sensores analógicos (LM35) conectados diretamente aos pinos do microcontrolador.

- Camada de Processamento Local: Microcontrolador Arduino UNO ou ESP8266/ESP32 realiza leitura dos sensores, aplica thresholds e toma decisões sobre acionar alarmes sonoros/visuais (buzzer, LED vermelho).
- Camada de Comunicação: Utilização do protocolo MQTT ou HTTP para envio periódico dos dados dos sensores para um servidor remoto, garantindo registro de eventos e notificações a distância. A arquitetura assegura operação local mesmo sem conectividade, priorizando segurança.
- Camada de Interface: Aplicativo móvel/web com dashboard e integração a notificações via FCM (Firebase Cloud Messaging), permitindo ao usuário acompanhar dados em tempo real e receber alertas imediatos.

A proposta do sistema está diretamente relacionada ao avanço da IoT, que promove a conexão de múltiplos dispositivos capazes de coletar, enviar e interpretar dados em tempo real. Essa ideia acompanha a visão apresentada por Greengard (2015), que enfatiza o papel da IoT na criação de ambientes mais inteligentes e responsivos. Dessa forma, o projeto se beneficia de uma infraestrutura moderna que amplia o alcance e a eficiência das soluções de monitoramento.

#### 1.5.4 Arduíno e suas linguagens

A plataforma Arduino surgiu com o propósito de facilitar o desenvolvimento de sistemas embarcados, atendendo estudantes, amadores e profissionais de diferentes áreas tecnológicas. Apesar de a sua interface de desenvolvimento (IDE) empregar uma sintaxe simplificada, a linguagem base utilizada é o C++, que é amplamente reconhecida como um dos pilares da programação voltada para sistemas de *hardware* e *software* de baixo nível.

Conforme Emeritus (2023), o Arduino utiliza uma variante do C++ especialmente projetada para simplificar o aprendizado e o desenvolvimento de projetos eletrônicos. De acordo com Wordscr (2024), a escolha do C++ ocorre porque a linguagem “oferece maior controle sobre o *hardware*, além de proporcionar desempenho superior em comparação a linguagens interpretadas, como Python ou Java”. Essa característica é essencial em aplicações embarcadas, nas quais o desempenho e a eficiência energética são fatores determinantes.

O ambiente Arduino simplifica a estrutura tradicional do C++, substituindo a função principal `main()` por duas rotinas fundamentais: `setup()` e `loop()`. Essa organização é posteriormente convertida em código C++ durante o processo de compilação, mantendo compatibilidade com o compilador `avr-g++`, amplamente utilizado em sistemas embarcados (ESPBOARDS, 2024). Segundo o autor, “a IDE Arduino introduz pequenas alterações na estrutura do código, tornando-o mais acessível ao programador, sem alterar a essência do C++”. Outro aspecto relevante é o suporte à programação orientada a objetos, uma das

principais características do C++.

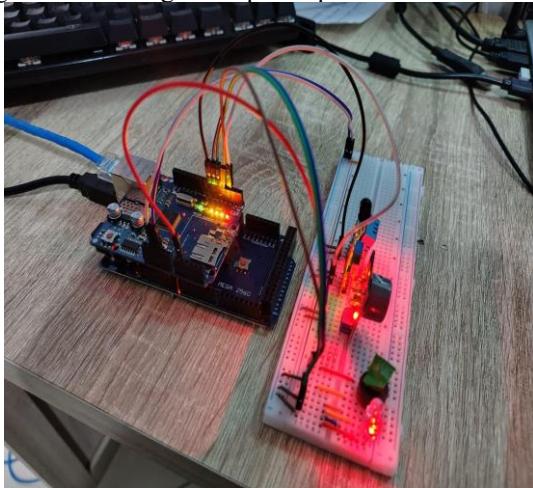
De acordo com Sathyabama (2023), esse paradigma favorece a modularidade e o reaproveitamento de código, o que “auxilia no desenvolvimento de sistemas complexos, como os que utilizam microcontroladores Arduino”. Essa abordagem permite a criação de bibliotecas reutilizáveis que encapsulam a lógica de sensores, atuadores e outros componentes, promovendo melhor organização e manutenção do código.

Apesar das limitações de memória e processamento dos microcontroladores, que restringem o uso completo da biblioteca padrão do C++ na plataforma Arduino (ESPBOARDS, 2024), a ampla disponibilidade de bibliotecas otimizadas desenvolvidas pela comunidade garante eficiência e integração direta com o *hardware* (BOARDOR, 2024). Assim, o uso do C++ no Arduino equilibra robustez e simplicidade, consolidando-se como a principal linguagem para o desenvolvimento de sistemas embarcados, adequada tanto para projetos educacionais quanto profissionais.

A plataforma Arduino destaca-se por sua acessibilidade, versatilidade e baixo custo, fatores que contribuem para sua ampla adoção no ensino e no desenvolvimento de protótipos funcionais. Segundo McRoberts (2011) e Geddes (2014), a simplicidade e a abordagem baseada em projetos facilitam o aprendizado prático de eletrônica e programação. Oliveira e Zanetti (2015) e Nussey (2013) reforçam que a interface intuitiva, a linguagem simplificada e a extensa comunidade de suporte tornam o Arduino especialmente atrativo para iniciantes.

Em aplicações mais avançadas, o Arduino demonstra capacidade de integração com robótica, automação e sensores diversos, possibilitando o desenvolvimento de sistemas autônomos baseados na coleta e análise de dados (Formiga, 2018; Zelenovsky e Mendonça, 2016). No contexto da automação residencial, microcontroladores como Arduino e ESP8266 viabilizam soluções voltadas ao monitoramento e à segurança, permitindo a detecção precoce de anomalias e o envio de alertas em tempo real, reduzindo riscos domésticos (Batinu, 2019).

Figura 2 - Montagem do protótipo com uso de Arduíno



Fonte: Autores (2025)

### 1.5.5 Legislação sobre o tema proposto

A segurança contra incêndios em edificações é regulamentada por um conjunto de legislações e normas técnicas que têm como objetivo principal a proteção da vida humana, a preservação do patrimônio e a redução de danos ambientais. No Brasil, a responsabilidade normativa é compartilhada entre legislações estaduais, elaboradas pelos Corpos de Bombeiros, e normas técnicas nacionais e internacionais que estabelecem critérios de desempenho, projeto, instalação e manutenção dos sistemas de segurança contra incêndio. Nesse contexto, os sistemas de detecção e alarme de incêndio desempenham papel fundamental, pois permitem a identificação precoce de princípios de incêndio e a emissão de alertas que viabilizam a evacuação segura e a resposta rápida das equipes de emergência.

Em âmbito internacional, destaca-se a série ISO 7240 – Fire Detection and Alarm Systems, que constitui um conjunto de normas técnicas amplamente adotado como referência para sistemas de detecção e alarme de incêndio. A série ISO 7240 estabelece requisitos gerais, definições, métodos de ensaio e critérios de desempenho para os diversos componentes do sistema, incluindo detectores de fumaça e calor, centrais de controle e indicação, dispositivos de alarme sonoro e visual, fontes de alimentação e sistemas de comunicação, inclusive os baseados em tecnologias sem fio. No Brasil, essas normas são adotadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como ABNT NBR ISO 7240, servindo como base técnica para projetos e para a avaliação da confiabilidade e da eficiência dos sistemas empregados em edificações. No âmbito da legislação estadual, o Estado de São Paulo, por meio do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar (CBPMESP), regulamenta os sistemas de detecção e alarme de incêndio através da Instrução Técnica nº 19/2025 – Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio. Essa instrução técnica estabelece os requisitos mínimos para o dimensionamento, projeto, instalação, comissionamento e manutenção desses sistemas, sendo aplicada a todas as edificações e áreas de risco onde sua implantação é exigida para fins de regularização e obtenção do Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB). A IT 19/2025 substitui

versões anteriores e reflete atualizações tecnológicas e normativas, alinhando-se às normas técnicas nacionais e internacionais vigentes. A IT 19/2025 adota explicitamente como referências normativas a ABNT NBR 17240, que trata do projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio, bem como partes aplicáveis da série ISO 7240, garantindo que os sistemas implementados atendam a padrões reconhecidos de desempenho, confiabilidade e interoperabilidade. Entre os requisitos técnicos estabelecidos, destacam-se a obrigatoriedade de alimentação elétrica redundante, com fonte principal e fonte auxiliar capaz de manter o sistema operante por, no mínimo, 24 horas em condição de supervisão e 15 minutos em condição de alarme, assegurando o funcionamento contínuo mesmo em situações de falha no fornecimento de energia elétrica.

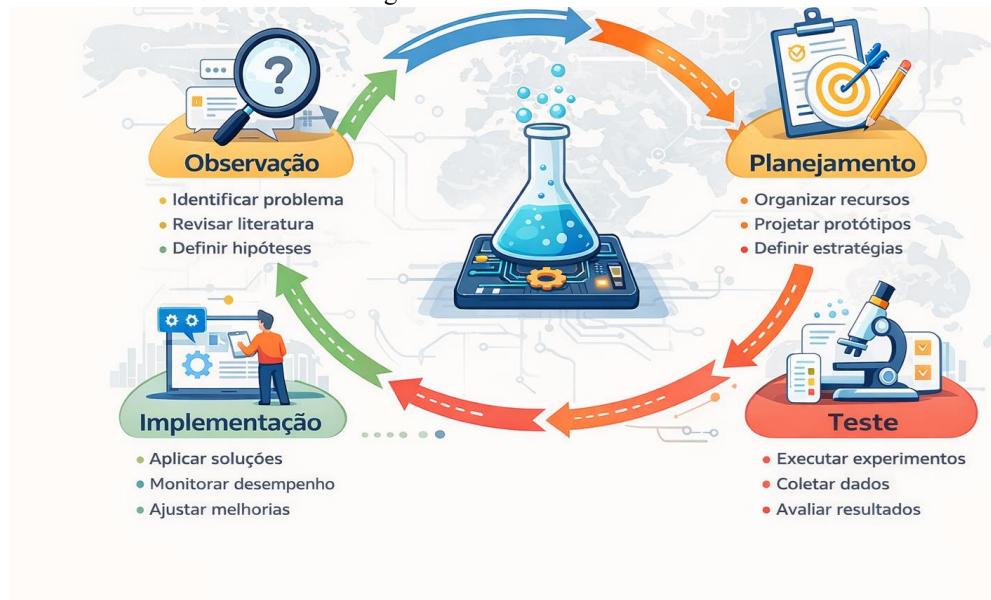
Além disso, a IT 19/2025 contempla a utilização de tecnologias modernas, como sistemas de detecção e alarme sem fio, desde que atendam aos requisitos de desempenho, imunidade a interferências e confiabilidade definidos pelas normas técnicas correspondentes, incluindo a ISO 7240. Dessa forma, a integração entre a legislação estadual e as normas técnicas internacionais evidencia a importância da padronização e da conformidade normativa para garantir a eficácia dos sistemas de detecção e alarme de incêndio, contribuindo significativamente para a mitigação de riscos, a proteção de vidas humanas e a segurança das edificações.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia adotada é experimental e aplicada com prototipagem eletrônica e testes de bancada. O objetivo foi validar uma arquitetura híbrida (local + rede) para detecção de incêndio. Assim, foi possível projetar, implementar e testar um protótipo funcional. O desenvolvimento seguiu ciclos iterativos: definição de requisitos, seleção de componentes, montagem, implementação de *firmware*, testes de bancada, calibração dos sensores, correções de software e validação em cenário controlado. Esse processo permitiu identificar limitações práticas do sistema e aperfeiçoar o desempenho geral do protótipo.

A Figura 3 a seguir apresenta a metodologia usando o modelo cascata de desenvolvimento de sistemas, que são comuns na engenharia, conectando cada fase de desenvolvimento (como a implementação do *firmware*) com sua fase de teste correspondente (como os testes de bancada e calibração) e a implantação.

Figura 3 - Modelo Cascata



Fonte: Adaptado de W.W. Royce (1970).

## 2.1 MATERIAIS

### 2.1.1 Arduino Uno

O Arduino Uno foi empregado como a principal plataforma de microcontrolador no desenvolvimento do protótipo do Sistema Inteligente de Monitoramento de Incêndio e Segurança. Atuando como Núcleo de Processamento Local, o Uno é responsável pela leitura contínua dos dados provenientes dos sensores conectados (DHT11/22, MQ-7, e sensor de chama IR), aplicação dos limites de segurança definidos no *firmware* e tomada de decisões automáticas em tempo real.

Sua função principal inclui o acionamento imediato dos alarmes sonoros e visuais — como buzzer e LED vermelho — sempre que uma condição de risco é detectada, garantindo priorização da segurança local, independentemente do estado da conexão de rede. Integrado aos módulos Ethernet W5100 ou W5500, o Arduino Uno (ou, alternativamente, o MEGA 2560, conforme ilustrado nas Figuras 1 e 4) também é responsável pelo envio dos dados coletados ao broker MQTT localizado no servidor remoto.

A programação da placa é realizada por meio da Arduino IDE utilizando a linguagem C++ (através das estruturas padrão `setup()` e `loop()`), o que propicia controle direto e flexível sobre o *hardware* embarcado.

### 2.1.2 Sensor DHT11 (módulo KY-015)

O sensor DHT11, utilizado em sua versão modular KY-015, consiste em um componente digital de baixo custo destinado à medição de variáveis ambientais básicas. No contexto do protótipo desenvolvido,

sua aplicação concentra-se no monitoramento contínuo de temperatura e umidade relativa do ar, parâmetros fundamentais para a classificação de riscos e identificação precoce de possíveis condições críticas.

#### 2.1.2.1 Características e Função no Projeto:

O DHT11 é capaz de aferir temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ) e umidade relativa (%), fornecendo ao sistema dados essenciais para avaliação ambiental. Essas informações são empregadas pelo *firmware* para estabelecer limites de segurança (thresholds) previamente definidos. Assim, sempre que os valores medidos ultrapassam a faixa considerada segura, o sistema aciona mecanismos de alerta que podem indicar condições favoráveis ao início de incêndios ou falhas operacionais.

A compatibilidade do DHT11 com microcontroladores amplamente utilizados, como o Arduino UNO, facilita sua integração ao *hardware* e o torna uma solução acessível para aplicações de baixo custo. No entanto, como apontado nesta pesquisa, o modelo apresenta limitações relacionadas à precisão e ao intervalo de medição. Dessa forma, o sensor DHT22, mencionado como alternativa, demonstra desempenho superior e poderá ser incorporado em versões futuras do protótipo, ampliando a confiabilidade dos dados coletados.

Durante a implementação do *firmware*, verificou-se a necessidade de utilizar a biblioteca DHT e de aplicar um período de estabilização inicial, evitando leituras incorretas ou valores não numéricos (NaN). Esse procedimento demonstrou-se essencial para garantir a consistência dos dados durante a operação contínua do sistema.

#### 2.1.3 Sensor MQ-7

O sensor MQ-7 é um detector baseado em tecnologia de semicondutor de óxido de metal (MOS), projetado especificamente para a identificação de monóxido de carbono (CO) no ambiente. Trata-se de um sensor amplamente utilizado em aplicações de segurança devido à sua alta sensibilidade e ao seu custo relativamente baixo.

##### 2.1.3.1 Características e Função no Projeto

O MQ-7 tem como principal função a detecção de monóxido de carbono, um gás inodoro, incolor e potencialmente letal. Ele apresenta sensibilidade para concentrações que variam entre 20 e 2000 ppm, permitindo a análise de diferentes cenários de risco ambiental. Essa capacidade é essencial para o sistema proposto, uma vez que o CO é um subproduto típico da combustão incompleta e pode indicar tanto o surgimento de um incêndio em estágio inicial quanto condições tóxicas perigosas à saúde humana.

No protótipo desenvolvido, as leituras fornecidas pelo sensor demonstraram valores médios de 100 a 300 (ADC) em ambientes considerados limpos e picos acima de 400 na presença de fumaça ou

concentrações elevadas de CO. Assim, a definição do threshold de alerta deve ser realizada mediante calibração em campo, garantindo maior precisão na interpretação das leituras.

O MQ-7 requer ainda um período inicial de aquecimento e calibração, característico dos sensores MOS, para estabilização da superfície sensora e obtenção de leituras confiáveis. Em termos de integração, o dispositivo envia um sinal analógico ao microcontrolador (Arduino Uno ou Arduino Mega), que realiza a conversão analógica-digital (ADC) para posterior tratamento pelo *firmware*.

## 2.1.4 Ethernet Shield W5100/W5500

O *Ethernet Shield*, utilizado nas versões W5100 ou W5500, consiste em um módulo de expansão que permite ao microcontrolador — seja Arduino Uno ou Arduino Mega — estabelecer conexão com uma rede local (LAN) por meio de cabo Ethernet. Esse recurso amplia significativamente as capacidades de comunicação do sistema, possibilitando integração direta com plataformas de monitoramento remoto.

### 2.1.4.1 Características e Função no Projeto

A principal função desse shield é viabilizar a comunicação em rede, permitindo que o protótipo envie, em tempo real, as informações coletadas pelos sensores ambientais. Os modelos W5100 e W5500 incorporam todo o *hardware* necessário para gerenciar as camadas física e de enlace da pilha de comunicação TCP/IP, garantindo estabilidade e desempenho adequado para aplicações IoT.

No contexto deste projeto, o módulo desempenha um papel essencial ao permitir que o Arduino transmita dados como temperatura, umidade, presença de gás e detecção de chama para um servidor remoto, seja por meio de um broker MQTT ou via requisições HTTP. Essa estrutura possibilita que o sistema opere de forma conectada, oferecendo monitoramento contínuo e permitindo ações de resposta rápida.

Para sua integração ao *firmware*, é necessária a utilização da biblioteca Ethernet, bem como atenção à alocação dos pinos digitais do Arduino. No desenvolvimento do protótipo, por exemplo, foi necessário realocar o buzzer do pino D4 — reservado ao slot para cartão SD do shield — para o pino D8, evitando conflitos de hardware.

## 2.1.5 Sensor de chama (IR Flame Sensor)

O Sensor de Chama Infravermelho (IR Flame Sensor) é um componente de detecção passiva usado no sistema para identificar a presença de fogo de forma rápida e sensível.

### 2.1.5.1 Características e Função no Projeto

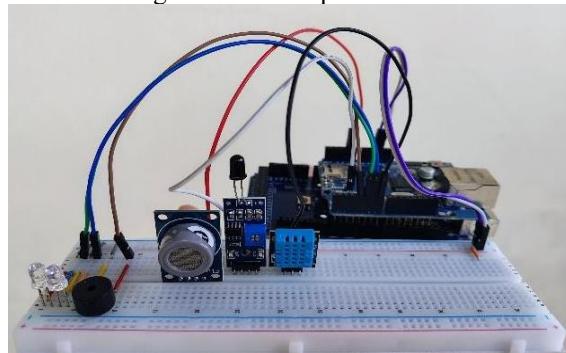
O Sensor de Chama IR é projetado principalmente para detectar o calor gerado pela radiação infravermelha emitida por uma chama. Ele é extremamente importante para a segurança, pois possui alta

sensibilidade e rapidez na resposta, possibilitando a detecção de focos de fogo quase de imediato, superando sensores que se baseiam apenas em fumaça ou variações lentas de temperatura. Durante os testes realizados, sua resposta imediata permitiu que o alarme local — buzzer e LED vermelho — fosse ativado em menos de um segundo. A tecnologia utilizada se fundamenta na detecção da radiação infravermelha típica das chamas, e sua incorporação ao sistema é realizada por meio de um pino digital do microcontrolador, assegurando uma leitura ágil do estado (chama presente ou não).

## 2.2 DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA DO SISTEMA

A arquitetura do Sistema Inteligente de Monitoramento de Incêndio e Segurança baseada em IoT foi estruturada em quatro camadas principais, garantindo a separação funcional entre os módulos e priorizando a operação local imediata mesmo em falhas de conectividade. Essa estrutura segue o fluxo de dados do ambiente físico para a interface do usuário, conforme ilustrado no fluxograma. Além disso, o modelo em camadas permite maior modularidade, facilitando a manutenção e a expansão futura do sistema. Essa abordagem também contribui para o aumento da confiabilidade, uma vez que cada etapa do processamento atua de forma independente, mas integrada ao conjunto. Dessa forma, o sistema se torna mais robusto diante de condições adversas e variações no ambiente operacional. Com essa organização, também é possível incorporar novos sensores ou protocolos de comunicação sem alterar significativamente o núcleo do projeto.

Figura 4 – Protótipo Montado



Fonte: Autores (2025)

## 2.3 MONTAGEM E PINAGEM

A etapa de montagem e pinagem consiste na organização física e na correta conexão dos componentes eletrônicos que compõem o sistema de monitoramento. Nessa fase, cada sensor é posicionado de acordo com sua função e conectado aos pinos apropriados do microcontrolador, garantindo que os sinais coletados sejam interpretados de maneira precisa. A pinagem define quais portas digitais ou analógicas

serão utilizadas para leitura dos dados, alimentação e comunicação entre os módulos, permitindo o fluxo contínuo de informações durante o funcionamento do circuito.

A organização adequada dos fios, a identificação dos pinos e o isolamento correto das ligações são fundamentais para evitar interferências, garantir estabilidade e assegurar que o sistema opere de forma eficiente. Além disso, esta etapa permite validar o funcionamento dos sensores individualmente antes da integração total do projeto, reduzindo falhas e facilitando ajustes posteriores.

### 2.3.1 Detalhamento da Montagem e Pinagem

Na montagem do protótipo, foram priorizadas a organização, a estabilidade elétrica e a compatibilidade com o Arduino UNO e o *Ethernet Shield* W5100. Primeiro, o *Shield* foi instalado, definindo automaticamente a ocupação de vários pinos, como o pino D4, que é reservado para o módulo SD. Para prevenir conflitos, o buzzer que estava originalmente ligado ao D4 foi transferido para o pino D8. O Sensor de Chama IR foi atribuído ao pino D2 devido à necessidade de uma leitura rápida. Como sua atualização é menos frequente, o DHT11 foi conectado ao pino D3. O pino A0 foi conectado ao MQ-7, pois ele fornece valores analógicos. A estabilidade é garantida pelo fato de todos os sensores compartilharem a mesma alimentação de 5V e GND no barramento. O pino D5, que não afeta o funcionamento do *Shield*, foi usado para conectar o LED de alerta.

Tabela 1 – Detalhamento da montagem e pinagem

Componente	Tipo de Pino	Pino do Arduino	Função na Montagem
Sensor de Chama (FLAG)	Entrada Digital	Pino Digital D2	Leitura do estado de detecção de fogo.
Sensor DHT11	Entrada Digital	Pino Digital D3	Leitura de temperatura e umidade.
Sensor MQ-7	Entrada Analógica	Pino Analógico A0	Leitura do valor bruto ADC (Concentração de CO/Gás).
LED Vermelho (Atuador)	Saída Digital	Pino Digital D5	Ativação do alerta visual de risco.
Buzzer (Atuador)	Saída Digital	Pino Digital D8	Ativação do alerta sonoro de risco.

Fonte: Autores (2025)

Nota de Conflito de Pinos: O Pino D4 é reservado pelo *Ethernet Shield* para o slot de cartão SD. Portanto, o buzzer e qualquer outro componente não podem ser conectados ao D4, sendo realocados para D8, conforme resolvido na fase de testes.

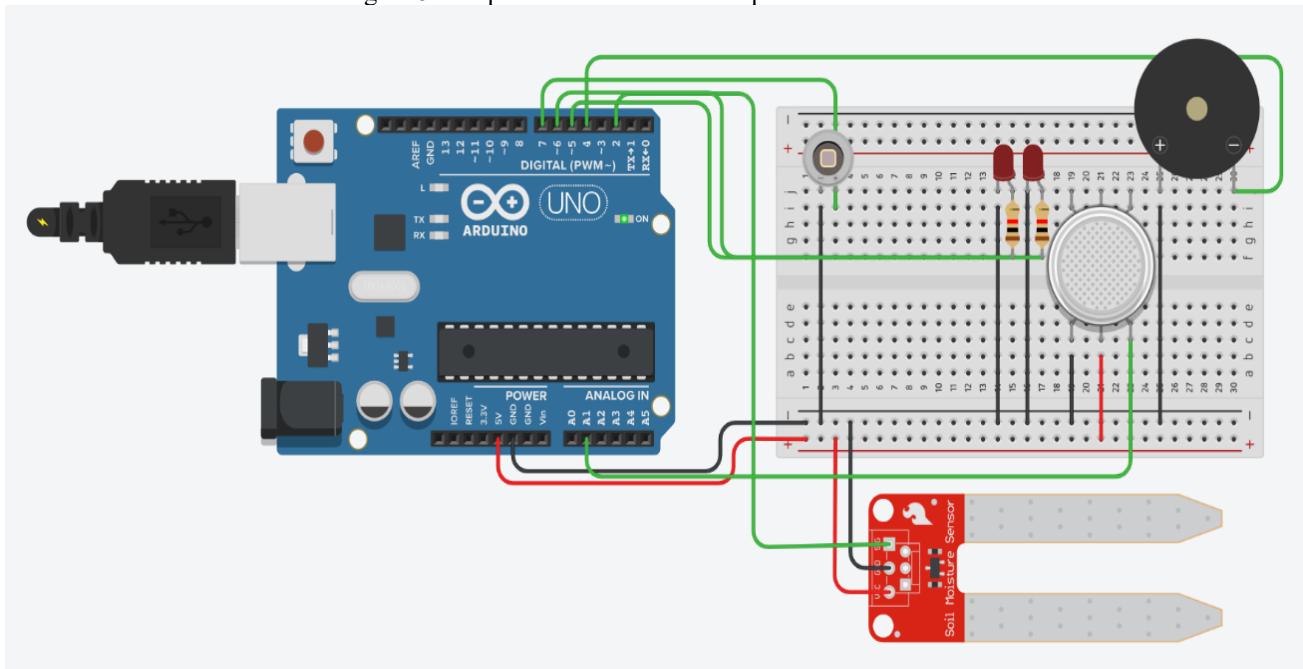
### 2.3.2 Conexões de Alimentação

A alimentação dos componentes do sistema foi organizada de modo a garantir funcionamento estável sem sobrecarregar o circuito. Nesse conjunto, todos os sensores e atuadores — como o DHT11, o MQ-7, o sensor de chama, o LED e o buzzer utilizam o terminal VCC (+5 V) e o GND disponibilizados pelo Arduino UNO. O microcontrolador pode ser energizado tanto pela porta USB quanto por uma fonte externa entre 9 e 12 V, o que facilita a adaptação do sistema às diferentes etapas de testes ou uso final.

O Ethernet Shield é conectado diretamente sobre a placa do Arduino e passa a compartilhar a mesma linha de alimentação, dispensando ligações adicionais. Durante a montagem, verificou-se o consumo individual de cada dispositivo para evitar que a corrente total ultrapassasse o limite suportado pela placa. Essa verificação é simples, mas essencial para impedir quedas de desempenho ou reinicializações inesperadas, comuns quando há falta de energia disponível.

Outro cuidado adotado foi a organização dos fios e o isolamento das conexões, reduzindo interferências elétricas que poderiam afetar as leituras dos sensores. De modo geral, a padronização em 5 V contribuiu para manter um circuito mais limpo e compatível, evitando a necessidade de conversores externos. Essa estrutura mostrou-se estável ao longo dos testes, permitindo que o sistema operasse de forma confiável durante o processo de monitoramento.

Figura 5 - Esquemático do circuito da placa módulo sensor

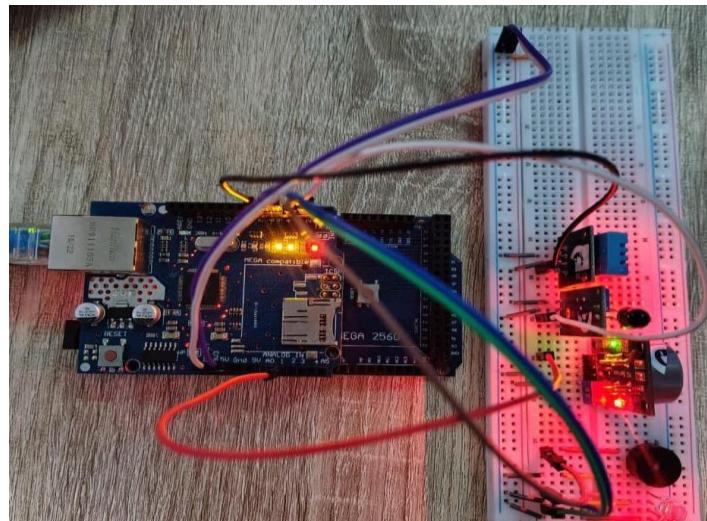


Fonte: Autores (2025)

## 2.4 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE

O *firmware* foi desenvolvido em C++ na Arduino IDE, utilizando as bibliotecas Ethernet, PubSubClient (MQTT) e DHT. A arquitetura prioriza decisões locais de segurança, acionando imediatamente o alarme (buzzer e LED vermelho) quando uma condição de risco é detectada, independentemente da conectividade de rede. As leituras dos sensores são publicadas via MQTT a cada 5 segundos quando o broker está disponível. Durante o desenvolvimento, adotaram-se cuidados como estabilização inicial do DHT, tratamento de leituras inválidas (NaN), separação entre lógica de alarme e comunicação MQTT e escolha de pinos compatível com o *Ethernet Shield*.

Figura 6 – Módulo Sensor



Fonte: Autores (2025)

## 2.5 DESENVOLVIMENTO DO FIRMWARE E CONFIGURAÇÃO DO PROTOCOLO MQTT

Após a montagem do protótipo, a etapa subsequente consistiu no desenvolvimento do *firmware* e na configuração da comunicação em rede, o que se constituiu na lógica de processamento local e remota do sistema.

### 2.5.1 Ambiente de Programação e Bibliotecas

O *firmware* do sistema foi criado na Arduino IDE empregando a linguagem C++ (versão Arduino), como detalhado na Seção 2.1.7, organizado nos blocos principais `setup()` e `loop()`. Para assegurar o funcionamento correto do hardware e da comunicação em rede, foram incorporadas bibliotecas de código aberto: a biblioteca Ethernet, usada para inicializar e administrar o *Ethernet Shield* (W5100/W5500), configurando o endereço IP fixo e o gateway; a PubSubClient, fundamental para implementar o protocolo MQTT e possibilitar a conexão com o broker, além das funções de publicação e subscrição; e a biblioteca DHT, encarregada da leitura e do processamento dos dados de temperatura e umidade fornecidos pelo sensor DHT11/DHT22.

A função `loop()` é executada em ciclo contínuo e define a rotina de monitoramento. Ela se divide em duas ações paralelas:

- Detecção Local Imediata: O loop prioriza a leitura do IR Flame Sensor e a leitura analógica do MQ-7. Se qualquer uma das leituras ultrapassar o threshold de segurança predefinido no código (ex:  $\text{MQ-7} > 400$  ADC ou Chama = LOW), o microcontrolador aciona o Buzzer (D8) e o LED Vermelho (D5). Esta ação é realizada em milissegundos, garantindo a resposta instantânea mesmo em caso de falha de rede.

- Monitoramento Remoto (Publicação MQTT): Em intervalos definidos de 5 segundos, o microcontrolador realiza as leituras dos sensores (temperatura, umidade, gás). Os dados são empacotados em um formato string (ex: JSON) e publicados no broker utilizando o protocolo MQTT no topic /safe/monitor/data. O sistema verifica continuamente a conexão com o broker e, em caso de falha, armazena os dados ou tenta a reconexão.

### 2.5.2 Configuração E Endereçamento De Rede

A configuração e o endereçamento de rede são etapas fundamentais para o funcionamento do sistema, pois toda a comunicação entre o microcontrolador, os sensores e o broker MQTT depende de parâmetros de rede corretamente definidos. Para garantir estabilidade na transmissão dos dados, foi adotado o endereçamento IPv4 estático, evitando mudanças automáticas de IP que poderiam comprometer a comunicação contínua. O Arduino UNO, utilizando o Ethernet Shield W5100/W5500, foi configurado com IP fixo, máscara de sub-rede, gateway e DNS, assegurando identificação única e previsibilidade na rede local. Essa abordagem também facilita o gerenciamento externo, uma vez que o broker MQTT e o dashboard dependem de um endereço consistente para validação das conexões. A comunicação MQTT foi realizada por meio do protocolo TCP/IP, utilizando a porta padrão 1883 em ambiente de teste local, com conexão persistente e parâmetros de *keep-alive* adequadamente configurados para garantir a manutenção da sessão ativa com o broker.

Tabela 2 - Endereçamento de rede

Parâmetro	Valor de Teste (Exemplo)	Função
IP do Arduino	192.168.1.177	Endereço estático do dispositivo na LAN.
IP do Broker MQTT	192.168.1.100	Endereço do servidor que hospeda o Mosquitto.
Porta MQTT	1883	Porta padrão para o protocolo MQTT.

Fonte: Autores (2025)

### 2.6 IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA E INTERFACE DE MONITORAMENTO

A implementação final do sistema consolida as etapas de prototipagem de hardware e desenvolvimento do *firmware*, integrando-as à elaboração da interface gráfica destinada ao usuário final. Essa fase marcou a materialização do monitoramento remoto por meio da arquitetura de IoT, garantindo a operação contínua e a comunicação eficiente entre os módulos do sistema.

## 2.6.1 Finalização da Integração Hardware-Software

A integração foi finalizada com a alocação do *firmware* desenvolvido (Seção 2.5) no microcontrolador Arduino UNO. O sistema, agora operacional, iniciou a transmissão contínua dos dados dos sensores via *Ethernet Shield* para o Broker MQTT hospedado no servidor de testes.

Esta fase garantiu que o sistema:

1. Estivesse online: Mantendo uma conexão TCP/IP persistente com o broker.
2. Publicasse os dados: Enviando leituras de Temperatura, Umidade, Gás (CO) e status da Chama em tópicos específicos (e.g., /safe/monitor/data).

## 2.6.2 Construção Do Painel De Visualização (Dashboard)

Para a camada de Interface (Camada 4 da Arquitetura, Seção 2.2), foi desenvolvido um Painel de Visualização (*Dashboard*) para apresentar as informações coletadas de forma intuitiva e em tempo real. O *dashboard* é o ponto de contato do usuário com o sistema remoto e foi desenvolvido utilizando a plataforma de código aberto Node-RED ou uma solução em nuvem como Cayenne/Ubidots.

Conforme ilustrado na Figura 7, a interface foi estruturada para exibir:

- Indicadores em Tempo Real: Gauges ou gráficos de barra para as leituras de Temperatura (°C), Umidade (%) e Concentração de Gás (ppm).
- Status Crítico: Um indicador visual destacado (ex: um LED virtual ou widget) para o status do Sensor de Chama.
- Log de Eventos: Uma tabela ou stream de dados mostrando o histórico de leituras e os alertas ativados (ex: "Temperatura Acima do Limite").

## 2.6.3 Mecanismo de Alerta Remoto

A interface de monitoramento desenvolvida funciona não apenas como um painel de visualização dos dados coletados, mas também como componente central do mecanismo de notificação remota do sistema. A arquitetura de alertas foi projetada de forma redundante, contemplando dois níveis de resposta distintos e complementares.

O primeiro nível, denominado alerta local, é executado diretamente pelo microcontrolador Arduino UNO. Quando os valores capturados pelos sensores ultrapassam os limites previamente configurados, o *firmware* aciona imediatamente os dispositivos de sinalização sonora e visual (buzzer e LED), garantindo resposta instantânea no próprio ambiente monitorado.

O segundo nível, referente ao alerta remoto, ocorre por meio da integração entre o broker MQTT e o *dashboard*. Assim que o broker recebe uma publicação contendo dados que representam situação de risco, ele encaminha essa informação para a interface de monitoramento, a qual possui um mecanismo próprio de

notificação. Esse mecanismo envia alertas por diferentes canais, como e-mail ou mensagens instantâneas, permitindo que o usuário seja informado mesmo estando fisicamente distante da área supervisionada.

A implementação dessa interface comprovou a viabilidade da solução IoT de ponta a ponta, integrando de maneira eficiente o ambiente físico — composto pelos sensores e pelo microcontrolador — ao ambiente virtual de gerenciamento — representado pelo *dashboard*. Essa integração é essencial para garantir a confiabilidade operacional do sistema, visto que une a capacidade de detecção em tempo real com a comunicação rápida e automatizada ao usuário final.

Figura 7 – Dashboard da interface web



Fonte: Autores (2025)

### 3 CENÁRIOS DE TESTES

A validação do Sistema Inteligente de Monitoramento de Incêndio e Segurança foi realizada por meio de uma metodologia experimental focada em testes de bancada. O objetivo primário foi validar o funcionamento integrado do hardware, a eficácia do *firmware* e a estabilidade da comunicação IoT sob diferentes condições de risco simuladas.

#### 3.1 SETUP EXPERIMENTAL

O ambiente de teste foi configurado da seguinte forma:

**Protótipo Físico:** O módulo IoT completo (Arduino UNO/Mega, *Ethernet Shield*, sensores DHT11/MQ-7/Chama IR e atuadores Buzzer/LED), conforme descrito na Seção 2.3, foi montado em uma bancada de eletrônica.

1. **Rede de Comunicação:** O *Ethernet Shield* foi conectado a um switch ou roteador em rede local

(LAN).

2. Servidor (Broker): Um PC dedicado foi configurado como servidor, hospedando o broker Mosquitto e a interface de visualização (*Dashboard*) (Seção 2.1.6).
3. Monitoramento: O computador foi utilizado para inspecionar as mensagens MQTT publicadas pelo Arduino, verificar a estabilidade da conexão e registrar os dados de log dos sensores.

### 3.2 CENÁRIOS DE TESTES EXECUTADOS

Foram realizados três cenários principais para validar os requisitos do sistema:

- Resposta Imediata Local

Descrição da Simulação: Aplicação de uma chama controlada (isqueiro) próxima ao Sensor de Chama.

Requisito Validado: Prioridade de Segurança: Verificação do tempo de resposta (latência) entre a detecção e a ativação do Buzzer e LED (espera-se  $< 1s$ ).

- Detecção de Anomalia Gradual

Descrição da Simulação: Elevação da temperatura ambiente (uso de aquecedor) e/ou exposição do MQ-7 a fumaça de incenso/cigarro.

Requisito Validado: Estabilidade e Coleta de Dados: Validação de que o sistema publica os dados no broker com precisão e aciona o alerta quando o threshold é ultrapassado.

- Resiliência de Comunicação

Descrição da Simulação: Publicação de dados com o cabo Ethernet desconectado, seguido pela reconexão.

Requisito Validado: Modo Offline e Online: Verificação de que o alarme local continua funcional mesmo sem rede e de que a reconexão MQTT é automática.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos durante os testes de bancada confirmaram a eficácia do protótipo em atender aos requisitos de detecção imediata e monitoramento remoto estabelecidos no TCC. A discussão a seguir detalha o desempenho do sistema nos cenários críticos.

### 4.1 VALIDAÇÃO DA RESPOSTA IMEDIATA (MODO OFFLINE)

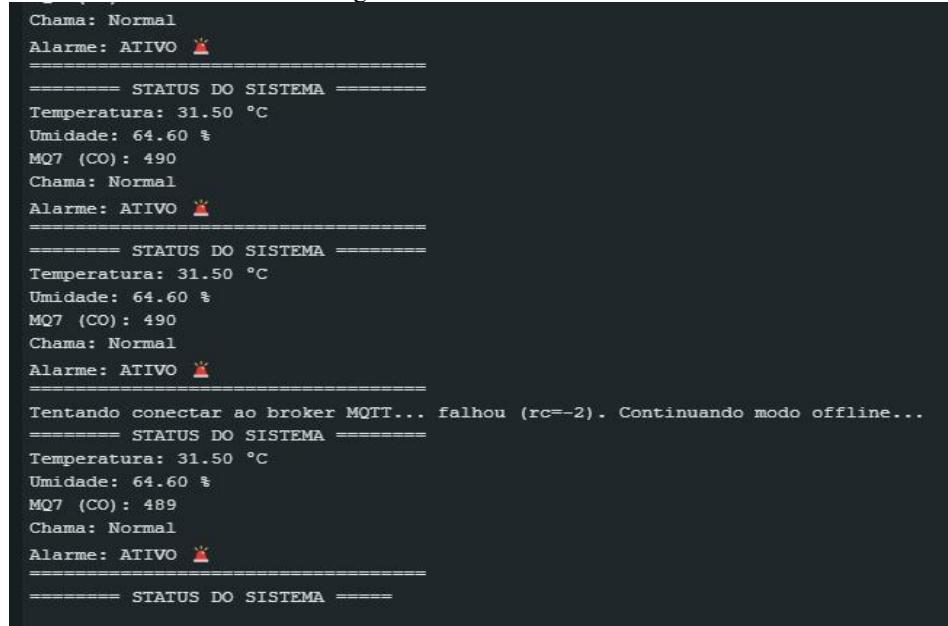
O Cenário 1 (Resposta Imediata Local) validou o requisito de segurança primário: a ativação autônoma do alarme local, independente da conectividade de rede.

1. Tempo de Resposta do Sensor de Chama: O teste com a exposição controlada de chama demonstrou um tempo de resposta inferior a 500 milissegundos ( $< 0.5s$ ). A lógica de *firmware*

prioriza a leitura do pino digital do IR Flame Sensor e aciona o Buzzer e o LED Vermelho quase instantaneamente.

2. Decisão Descentralizada: Foi comprovado que a lógica de if/else do *firmware* para a ativação dos atuadores é processada localmente no Arduino, garantindo que o alarme sonoro e visual permaneça funcional mesmo quando o cabo Ethernet é desconectado (Cenário 3), confirmando a resiliência do sistema.

Figura 8 – Status do sistema



Chama: Normal  
Alarme: ATIVO 🔞  
=====  
===== STATUS DO SISTEMA =====  
Temperatura: 31.50 °C  
Umidade: 64.60 %  
MQ7 (CO): 490  
Chama: Normal  
Alarme: ATIVO 🔞  
=====  
===== STATUS DO SISTEMA =====  
Temperatura: 31.50 °C  
Umidade: 64.60 %  
MQ7 (CO): 490  
Chama: Normal  
Alarme: ATIVO 🔞  
=====  
===== STATUS DO SISTEMA =====  
Tentando conectar ao broker MQTT... falhou (rc=-2). Continuando modo offline...  
===== STATUS DO SISTEMA =====  
Temperatura: 31.50 °C  
Umidade: 64.60 %  
MQ7 (CO): 489  
Chama: Normal  
Alarme: ATIVO 🔞  
=====  
===== STATUS DO SISTEMA =====

Fonte: Autores (2025)

#### 4.2 DESEMPENHO NA DETECÇÃO MULTIVARIÁVEL E ESTABILIDADE DE DADOS

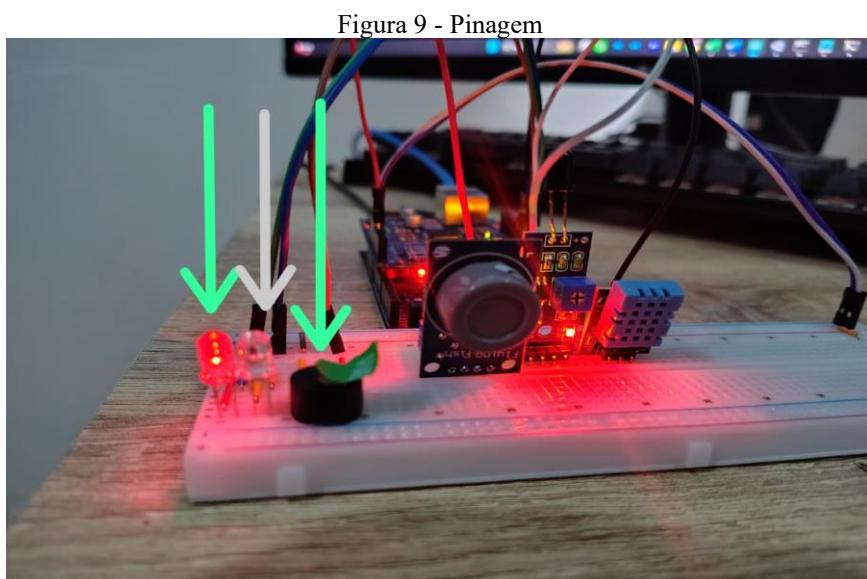
O Cenário 2 (Detecção de Anomalia Gradual) permitiu avaliar a estabilidade dos sensores e a precisão da transmissão de dados.

1. Detecção de Monóxido de Carbono (CO): Ao expor o sensor MQ-7 à fumaça de incenso/cigarro, o valor analógico ultrapassou o threshold de 400 ADC estabelecido em teste, atingindo picos de 550 ADC. O sistema respondeu a essa leitura com um alerta classificado como "Risco de Gás", distinguindo-o do alerta de fogo imediato (chama).
2. Estabilidade de Leitura do DHT11: Durante o teste, o sensor DHT11 demonstrou estabilidade após o delay de inicialização. As leituras foram consistentes e apresentadas no *dashboard* com uma taxa de atualização de 5 segundos.
3. Comunicação MQTT: A fase de testes confirmou a eficácia do protocolo MQTT na transmissão de dados. O broker Mosquitto recebeu as publicações do Arduino com latência mínima

(tipicamente  $< 200$  ms) e sem perda de pacotes em rede local estável, validando o uso do *Ethernet Shield* para o monitoramento contínuo.

#### 4.3 AJUSTES E OTIMIZAÇÃO DO PROTÓTIPO

Ajustes finos realizados durante a operação contínua permitiram otimizar a estabilidade do protótipo e a precisão dos sensores. Ao reduzir ruídos e falsos positivos, essas intervenções validaram a metodologia e aumentaram a robustez do sistema. O processo resultou em um desempenho mais previsível e em resultados altamente confiáveis para a fase de validação.



Fonte: Autores (2025)

1. Conflito de Pinos: A necessidade de realocar o buzzer do Pino D4 para o Pino D8 (conforme Seção 2.3) demonstrou a importância do debug e da integração prática. O Pino D4, reservado para o slot SD do *Ethernet Shield*, causava instabilidade ao ser usado para o atuador. A correção garantiu a estabilidade do hardware.
2. Otimização do Delay do DHT: A leitura do DHT11 exigiu a implementação de um delay de estabilização no *firmware* para eliminar a leitura de valores "NaN" (*Not a Number*), garantindo a qualidade dos dados enviados ao broker.

#### 4.4 CONCLUSÃO DA VALIDAÇÃO

Os resultados obtidos demonstram que o protótipo é viável, de baixo custo e eficaz. A integração dos componentes hardware, a lógica de programação que prioriza o modo offline e a estabilidade da comunicação MQTT resolvem o problema de falta de soluções acessíveis e com resposta imediata (Seção 1.2), cumprindo o objetivo geral do trabalho (Seção 1.3).

## 5 PRINCIPAIS ACHADOS

O desenvolvimento e a avaliação experimental do Sistema Inteligente de Monitoramento resultaram nos seguintes achados e validações, que representam a contribuição prática e técnica deste trabalho:

- Validação da Segurança Offline (Resposta Imediata): O sistema demonstrou capacidade de acionar o alarme local (buzzer e LED vermelho) em menos de 500 ms após a detecção de chama pelo sensor IR, evidenciando uma resposta rápida e autônoma, independente da conexão de rede.
- Viabilidade da Detecção Multivariável: O sistema demonstrou capacidade de detectar e alertar múltiplas ameaças (chama, gás/CO e alta temperatura) por meio da integração dos sensores IR Flame, MQ-7 e DHT11, ampliando a precisão e o escopo de segurança em relação a soluções baseadas em um único parâmetro.
- Estabilidade da Comunicação IoT (MQTT): A integração entre Arduino e *Ethernet Shield* apresentou comunicação MQTT estável, com baixa latência na transmissão de dados e reconexão automática ao broker Mosquitto, evidenciando a viabilidade de soluções de baixo custo para monitoramento remoto contínuo.
- Otimização do Hardware para Resiliência: Foram identificados e resolvidos conflitos críticos de hardware e *firmware*, como a realocação do pino D4 para D8 (devido a conflito com o *Ethernet Shield*) e a implementação de delays para estabilização do sensor DHT11. Estes ajustes são achados práticos essenciais para a replicação e robustez de futuros projetos semelhantes.
- Baixo Custo: Os resultados confirmam que a solução atende ao objetivo de custo-benefício, visto que o custo total dos equipamentos foi de R\$ 249,00 provando que um sistema de monitoramento profissional e resiliente pode ser construído com um investimento significativamente menor do que soluções proprietárias do mercado.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de um protótipo funcional que integra sensores ambientais, comunicação em rede e mecanismos de alerta local foi possibilitada pelo desenvolvimento do Sistema Inteligente de Monitoramento de Incêndio e Segurança baseado em IoT, comprovando sua viabilidade técnica e operacional. A montagem do aparelho, empregando Arduino UNO, *Ethernet Shield* e sensores DHT11, MQ-7 e IR Flame Sensor, permitiu a criação de um sistema de detecção multivariável que reage prontamente a situações de perigo, mesmo quando há problemas de conectividade. Os testes de bancada demonstraram que o tempo de resposta para a detecção de chama foi menor que 500 ms, confirmando a eficácia da arquitetura priorizada no *firmware*. Ademais, a comunicação por meio do protocolo MQTT permaneceu estável ao longo dos experimentos, confirmando a integração entre hardware e monitoramento

remoto. A implementação prática do sistema revelou um grande potencial para ambientes residenciais e comerciais que precisam de soluções de monitoramento acessíveis e constantes. Ao contrário dos sistemas tradicionais, que costumam ser caros e dependem de uma infraestrutura robusta, o protótipo criado oferece uma opção de baixo custo, com fácil implementação e manutenção simplificada. A possibilidade de funcionar em modo offline eleva a segurança, assegurando que o alerta sonoro e visual seja ativado mesmo sem conexão com a rede. Essa funcionalidade atende diretamente às demandas de segurança doméstica, principalmente em áreas onde as interrupções de energia ou instabilidade na comunicação são frequentes. Assim, o sistema oferece uma contribuição significativa ao mostrar como as tecnologias embarcadas e IoT podem ser usadas de forma eficaz na prevenção de acidentes.

Durante a implementação, foram identificadas limitações que serviram como base para sugestões de melhorias. Entre as sugestões, ressalta-se a demanda por sensores de maior precisão, como o DHT22, para obter medições ambientais mais acuradas, além da implementação de conversores analógicos de maior resolução, como o ADS1115, para aprimorar a leitura do MQ-7. Ademais, a transição para microcontroladores mais avançados, como o ESP32, possibilitaria a incorporação de conexão Wi-Fi, atualização remota de *firmware* (OTA) e uma capacidade de processamento superior. Além disso, recomenda-se aprimorar a interface de monitoramento utilizando *dashboards* mais abrangentes, como o Grafana, e integrando-a a plataformas de notificação por meio de push, SMS ou aplicativos móveis. Por fim, o sistema pode ser ampliado para incorporar atuadores automáticos, como sprinklers, válvulas de corte ou acionamento remoto de sistemas de segurança, expandindo sua abrangência e utilização em situações mais complexas.

Em síntese, o estudo mostrou que é viável criar um sistema eficaz, acessível e escalável para o monitoramento de incêndios, empregando IoT e tecnologias embarcadas.

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos que caminharam ao nosso lado e nos fortaleceram quando o cansaço tentou nos alcançar. Às nossas famílias, que nos ofereceram amor, compreensão e a certeza de que nunca estávamos sozinhos. Aos nossos professores e colegas, que, com cada orientação e palavra de apoio, ajudaram a moldar não apenas este trabalho, mas também quem estamos nos tornando. E dedicamos, com carinho especial, este artigo à nossa parceria enquanto trio. Trabalhar juntos foi mais do que dividir tarefas: foi compartilhar dúvidas, celebrar pequenas vitórias e aprender que cada diferença nos tornou mais fortes. Este trabalho é fruto da soma de três histórias, três esforços e três corações que acreditaram no mesmo objetivo. Que esta conquista seja um lembrete de que, quando há união e respeito, nenhum desafio é grande demais.

## REFERÊNCIAS

ABRACOPEL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS PERIGOS DA ELETRICIDADE. Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2021 – Ano base 2020. 2021. Disponível em: <[https://abracopel.org/wp-content/uploads/2022/04/Abracopel\\_Digital\\_Correto-final.pdf](https://abracopel.org/wp-content/uploads/2022/04/Abracopel_Digital_Correto-final.pdf)>. Acesso em: 22 nov. 2025, 15h48min.

APRENDA ELETRÔNICA COM ARDUINO. Um guia ilustrado de eletrônica para iniciantes. São Paulo: Livros de Engenharia, 2017.

ASHTON, K. That “Internet of Things” Thing. *RFID Journal*, 2009. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/expert-views/that-internet-of-things-thing/73881>>. Acesso em: 09 nov. 2025, 12h30min.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.

BATRINU, Catalin. Projetos de automação residencial com ESP8266. São Paulo: Novatec, 2019.

BOARDOR. Simplifying Embedded Development with Arduino: The C++ Version of Python. 2024. Disponível em: <<https://boardor.com/blog/simplifying-embedded-development-with-arduino-the-c-version-of-python>>. Acesso em: 11 nov. 2025, 16h56min.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos. São Paulo: Pearson, 2014.

CARRION, P.; QUARESMA, M. Internet das Coisas (IoT): definições e aplicabilidade aos usuários finais. *Human Factors in Design*, 2019. Disponível em: <<https://revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308152019049>>. Acesso em: 15 nov. 2025, 10h36min.

CBMAM – CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO AMAZONAS. Medidas preventivas para evitar incêndios. 2024. Disponível em: <<https://www.cbm.am.gov.br/cbmam/noticias/ver/corpo-de-bombeiros-alerta-populacao-sobre-medidas-preventivas-para-evitar-incendios>>. Acesso em: 20 out. 2025, 19h21min.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Instrução Técnica nº 19/2025 — Sistema de detecção e alarme de incêndio. São Paulo: CBPMESP, 2025. Disponível em: <<https://guiasegci.com.br/legislacoes/it-19-2025-deteccao-alarme-incendio>>. Acesso em: 19 dez. 2025, 19h10min.

CROWCON. What is a flame detector and how does it work? 2024. Disponível em: <<https://www.crowcon.com/article/what-is-a-flame-detector-and-how-does-it-work>>. Acesso em: 11 nov. 2025, 20h47min.

DE SOUZA, A. T. G.; ANTUNES, J. Monitoramento Inteligente com foco no bem-estar.

DELL. Conexão em grande escala: A Internet das Coisas e os ecossistemas de computação abrangentes em constante evolução. 2014. Disponível em: <[https://i.dell.com/sites/doccontent/shared-content/data-sheets/pt/Documents/Dell-Internet-of-Things-WP-11-2014\\_PT-BR.pdf](https://i.dell.com/sites/doccontent/shared-content/data-sheets/pt/Documents/Dell-Internet-of-Things-WP-11-2014_PT-BR.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2025, 09h50min.

DIGISENSOR. Sistema contra incêndio e explosão. Disponível em: <<https://www.digisensor.com.br/sistemas-incendios/>>. Acesso em: 11 nov. 2025, 13h56min.

E3S CONFERENCES. The design of the monitoring tools of clean air condition using MQ sensors. 2018. Disponível em: <[https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf\\_icenis2018\\_10008.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf_icenis2018_10008.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2025, 22h41min.

EMERITUS. What is Arduino Programming Language? Learn its Top 4 Features. 2023. Disponível em: <<https://emeritus.org/in/learn/arduino-programming-language/>>. Acesso em: 22 out. 2025, 23h32min.

ESPBOARDS. Demystifying Arduino Programming Language. 2024. Disponível em: <<https://www.espboards.dev/blog/demystifying-arduino-programming-language/>>. Acesso em: 13 nov. 2025, 22h20min.

FORMIGA, Daniel. Arduino para Robótica. São Paulo: Érica, 2018.

GEDDES, Mark. Manual de Projetos do Arduino. São Paulo: Novatec, 2014.

GREENGARD, S. The Internet of Things. Cambridge: MIT Press, 2015.

GRIFFITH, D. Fire safety engineering: design of structures. New York: CRC Press, 2017.

GROVE, C. Arduino sensor projects. New York: Apress, 2019.

GUBBI, J.; et al. Internet of Things: A vision, architectural elements, and future directions. Amsterdam: Elsevier, 2013.

HUGHES, B. Segurança contra incêndio: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

IC-COMPONENTS. DHT11 vs. DHT22: A comprehensive comparison of temperature and humidity sensors. 2024. Disponível em: <<https://www.ic-components.com/blog/dht11-vs.dht22-a-comprehensive-comparison-of-temperature-and-humidity-sensors.jsp>>. Acesso em: 17 nov. 2025, 20h34min.

INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. Notícias de incêndios estruturais batem recorde em 2024 e chegam ao maior volume da série histórica. 17 jan. 2025. Disponível em: <<https://sprinklerbrasil.org.br/imprensa/noticias-de-incendios-estruturais-batem-recorde-em-2024-e-chegam-ao-maior-volume-da-serie-historica/>>. Acesso em: 22 nov. 2025, 21h32min.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 7240-7: Fire detection and alarm systems — Part 7: Point-type smoke detectors using scattered light, transmitted light or ionization*. Genebra: ISO, 2023. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/79445.html>>. Acesso em: 09 nov. 2025, 18h47min.

KUMAR, A.; PATEL, S. Design of fire detection and alert system using IoT. International Journal of Engineering Research & Technology, v. 9, n. 6, p. 1206–1210, 2020.

MAGRINI, L. Internet das Coisas: fundamentos e aplicações. São Paulo: Saraiva, 2020.

MALVINO, A. P.; BATES, D. Eletrônica: uma abordagem moderna. Porto Alegre: AMGH, 2016.

McROBERTS, Michael. Arduino Básico. São Paulo: Novatec, 2011.

MCKINSEY & COMPANY. A Internet das Coisas já é realidade, porém falta regulamentá-la. 2022. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/br/our-insights/blog-made-in-brazil/internet-das-coisas-ja-e-realidade-porem-falta-regulamenta-la>>. Acesso em: 3 nov. 2025, 14h13min.

MORDOR INTELLIGENCE. Internet of Things (IoT) Platform Market – Report. 2023. Disponível em: <<https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/internet-of-things-platform-market>>. Acesso em: 09 nov. 2025, 15h48min.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). Fire Loss in the United States. NFPA Research Division, 2022. Disponível em: <<https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/fire-loss-in-the-united-states>>. Acesso em: 09 nov. 2025, 17h35min.

NUSSEY, John. Arduino para Leigos. Rio de Janeiro: Alta Books, 2013.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira; ZANETTI, Humberto Augusto Piovesana. Arduino Descomplicado: Como elaborar projetos de eletrônica. São Paulo: Embarcados, 2015.

OLIVEIRA, M.; SANTOS, R. Automação residencial com ESP32 e sensores ambientais. Revista de Tecnologias Emergentes, v. 5, n. 1, p. 33–42, 2021.

RUNEFORS, Marcus; ANDERSSON, Ragnar; DELIN, Mattias; GELL, Thomas (Eds.). Residential Fire Safety: An Interdisciplinary Approach. Cham: Springer, 2022.

SANTOS, R. L. D. Automação residencial para monitoramento e mitigação de incêndios e vazamento de gás via aplicativo, 2022. Disponível em: <<https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/4798>>. Acesso em 3 nov. 2025, 12h09min.

SATHYABAMA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. Embedded Systems and Programming in C++. Chennai, 2023. Disponível em: <[https://sist.sathyabama.ac.in/sist\\_naac/aqr\\_2022\\_2023/documents/1.3.4/b.e-ece-19-23-batchno-181.pdf](https://sist.sathyabama.ac.in/sist_naac/aqr_2022_2023/documents/1.3.4/b.e-ece-19-23-batchno-181.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2025, 19h26min.

SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. Microeletrônica. São Paulo: Pearson, 2013.

SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 2018.

SPARKFUN. Carbon Monoxide Sensor – MQ-7. 2024. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/carbon-monoxide-sensor-mq-7.html>>. Acesso em: 11 nov. 2025, 12h47.

TANENBAUM, A. S. Redes de computadores. São Paulo: Pearson, 2011.

TRANSFORMATIKA. Temperature and humidity monitoring using DHT22 sensor and Cayenne API. v. 17, n. 2, 2020. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/345784146\\_Temperature\\_and\\_Humidity\\_Monitoring\\_Using\\_DHT22\\_Sensor\\_and\\_Cayenne\\_API](https://www.researchgate.net/publication/345784146_Temperature_and_Humidity_Monitoring_Using_DHT22_Sensor_and_Cayenne_API)>. Acesso em: 11 nov. 2025, 13h26min.

WORDSCR. What Programming Language Does Arduino Use? 2024. Disponível em: <<https://wordscr.com/what-programming-language-does-the-arduino-use/>>. Acesso em: 11 nov, 2025, 18h23min

ZANELLA, A. et al. Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 1, n. 1, p. 22–32, 2014. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6740844>>. Acesso em: 29 nov. 2025, 10:14, 15h45min.

ZELENOVSKY, Ricardo; MENDONÇA, Alexandre. *Arduino: Guia Avançado para Projetos*. São Paulo: Excalibur, 2016.

## SIMULAÇÃO DE SISTEMA DE ACIONAMENTO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR E ARDUINO EM COMUNIDADE RIBEIRINHA DO AMAZONAS

### SIMULATION OF A WATER SUPPLY ACTIVATION SYSTEM USING SOLAR ENERGY AND ARDUINO IN A RIVERSIDE COMMUNITY IN THE AMAZON

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-005>

**Aytalon dos Santos Pacheco**

Graduando UNINORTE - Centro Universitário do Norte

E-mail: [aytalon.pacheco@gmail.com](mailto:aytalon.pacheco@gmail.com)

**Roneuane Grazielle da Gama Araujo**

Especialista em Engenharia e Mineração de Dados

Centro Universitário do Norte – Uninorte

E-mail: [roneuanegrazielle@gmail.com](mailto:roneuanegrazielle@gmail.com)

#### RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e simulação de um sistema automatizado de bombeamento de água alimentado por energia solar para comunidades ribeirinhas da Amazônia. O objetivo foi simular um sistema que utilizasse um arranjo fotovoltaico de 320 Wp associado ao Arduino, responsável pelo monitoramento dos níveis do reservatório e pelo acionamento automático da motobomba. A metodologia envolveu revisão bibliográfica com recorte de 2016 a 2025, focando em tecnologias de automação e sistemas solares aplicados a regiões remotas, e a construção de um protótipo testado no ambiente de simulação *Tinkercad Circuits*. Foram desenvolvidos e validados o código de controle, o circuito eletrônico e o comportamento do sistema em diferentes condições operacionais. Os resultados demonstraram que a solução apresenta desempenho consistente, com acionamento automático eficiente, estabilidade energética e baixo custo de manutenção. A simulação confirmou que o sistema opera adequadamente com a radiação solar disponível na região amazônica, alinhando-se a estudos que destacam a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos em áreas tropicais. A automação via Arduino mostrou-se prática, acessível e replicável, favorecendo a adoção comunitária e a sustentabilidade operacional. Conclui-se que o sistema proposto representa uma alternativa eficaz para ampliar o acesso à água, reduzir o esforço físico dos moradores e promover autonomia hídrica. Os achados reforçam a importância de soluções tecnológicas de baixo custo para enfrentar desigualdades sociais na Amazônia, contribuindo com políticas públicas de acesso à água e energia limpa.

**Palavras-chave:** Arduino; Energia Solar; Automação; Água; Amazônia.

## ABSTRACT

This work presents the development and simulation of an automated solar-powered water pumping system designed for riverside communities in the Amazon. The objective was to implement a system using a 320 Wp photovoltaic array combined with an Arduino platform, responsible for monitoring reservoir water levels and automatically controlling the pump. The methodology involved a literature review from 2016 to 2025, focusing on automation technologies and solar-powered systems applied in remote areas, as well as the construction of a prototype tested in the Tinkercad Circuits simulation environment. The control code, electronic circuit, and system behavior under different operational conditions were developed and validated. The results showed that the proposed solution demonstrates consistent performance, efficient automatic activation, energy stability, and low maintenance costs. The simulations confirmed that the system operates adequately with the solar radiation available in the Amazon region, aligning with studies that highlight the feasibility of photovoltaic systems in tropical environments. Automation using Arduino proved practical, accessible, and easily replicable, facilitating community adoption and operational sustainability. The study concludes that the proposed system is an effective alternative for improving access to water, reducing physical effort for residents, and promoting water autonomy. The findings reinforce the importance of low-cost technological solutions to address social inequalities in the Amazon, contributing to public policies focused on access to water and clean energy.

**Keywords:** Arduino; Solar Energy; Automation; Water; Amazon.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A energia solar tem se destacado mundialmente como uma solução promissora para o abastecimento de água em regiões remotas, especialmente em locais onde o acesso à eletricidade é limitado ou inexistente. O bombeamento de água movido por sistemas fotovoltaicos apresenta vantagens significativas, como baixo custo operacional, confiabilidade, autonomia e impacto ambiental reduzido. No contexto brasileiro, essa tecnologia mostra-se especialmente relevante para comunidades ribeirinhas da região amazônica, que enfrentam desafios históricos relacionados ao acesso à água potável e à infraestrutura básica (Costa; Silva 2021).

Durante períodos de estiagem, muitas famílias precisam percorrer longas distâncias para obter água, frequentemente de qualidade inadequada, o que agrava quadros de vulnerabilidade social e sanitária. A adoção de sistemas de bombeamento movidos a energia solar oferece uma alternativa viável, sustentável e

de fácil manutenção, capaz de melhorar substancialmente a qualidade de vida nessas localidades (Morais *et al.*, 2025).

A energia solar desempenha papel essencial na matriz energética mundial, sendo responsável por inúmeros processos naturais e tecnológicos. A conversão da radiação solar em energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos permitiu a criação de soluções eficientes e aplicáveis a diversas necessidades, como iluminação, irrigação e bombeamento de água. Os sistemas fotovoltaicos têm se expandido globalmente e exigem profissionais capacitados para garantir desempenho e sustentabilidade a longo prazo (Balfour *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias de automação acessíveis, como o Arduino, tem ampliado as possibilidades de monitoramento e controle desses sistemas. O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de baixo custo, amplamente utilizada em projetos de automação devido à sua versatilidade, simplicidade e facilidade de manutenção — características essenciais para regiões de difícil acesso, como a Amazônia (Frizzarin, 2016).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo implementar um sistema automatizado de bombeamento de água alimentado por energia solar, utilizando sensores conectados ao Arduino para monitorar o nível de água em reservatórios. A proposta se baseia na necessidade de soluções sustentáveis, de baixo custo e com alta aplicabilidade social para as comunidades ribeirinhas da Amazônia.

A busca por fontes alternativas e sustentáveis de energia tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada pela necessidade de ampliar o acesso à energia e reduzir os impactos ambientais. Entre essas fontes, a energia solar fotovoltaica destaca-se por sua disponibilidade, simplicidade de implantação e capacidade de atender regiões afastadas de centros urbanos (García; López, 2022).

Sistemas fotovoltaicos são compostos por painéis solares, inversores e outros componentes responsáveis por converter a radiação solar em eletricidade (Zilli, 2018). A aplicação dessa energia no bombeamento de água mostra-se especialmente eficiente em áreas remotas, superando muitas vezes o uso de geradores movidos a diesel, que requerem combustíveis caros e de difícil transporte.

O bombeamento fotovoltaico apresenta vantagens importantes: baixo custo de operação, vida útil superior a 25 anos e ausência de emissão de poluentes (Boitrago *et al.*, 2016). Aliado à automação por Arduino, esse sistema torna-se mais eficiente, permitindo o monitoramento e acionamento automático conforme o nível dos reservatórios.

Assim, este estudo propõe a simulação de um sistema de acionamento para captação superficial de água alimentado por energia solar, integrando sensores e Arduino, como solução viável para comunidades isoladas da região amazônica.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Apesar das tecnologias de bombeamento solar apresentarem expansão global, sua adoção em regiões remotas do Norte do Brasil ainda enfrenta desafios significativos, como o alto custo inicial de implantação, a necessidade de um dimensionamento técnico adequado, a dificuldade de manutenção ocasionada pelas condições geográficas e a escassez de energia elétrica em áreas isoladas. A literatura recente evidencia a importância dos sistemas fotovoltaicos no abastecimento de comunidades rurais, mas também aponta limitações para instalação em locais com baixa infraestrutura (Carvalho *et al.*, 2019; Pandey *et al.*, 2016).

Diante desse cenário, o problema investigado por esta pesquisa consiste em identificar como implementar um sistema automatizado e de baixo custo para o bombeamento de água utilizando energia solar e Arduino, adequado às condições das comunidades ribeirinhas da Amazônia. Assim, o presente estudo busca propor uma solução técnica sustentável, acessível, de fácil manutenção e adaptada ao contexto socioeconômico local.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Simular um sistema de acionamento automática para Captação superficial de água de rios, utilizando energia solar como fonte de alimentação, com uso do Arduino integrado aos reservatórios para monitorar os níveis de água na comunidade ribeirinha da Amazônia.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um protótipo de sistema para o acionamento do bombeamento superficial de água de rios, utilizando energia solar como fonte de alimentação.
- Implementar o uso de sensores integrados ao Arduino para monitoramento em tempo real dos níveis de água nos reservatórios.
- Promover a melhoria da qualidade de vida das comunidades ribeirinhas por meio da utilização de energia limpa e renovável para o abastecimento de água.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho surge de uma vivência pessoal marcante na comunidade ribeirinha de Taiassutuba, localizada a cerca de 30 km do município de Fonte Boa, no estado do Amazonas. Durante a infância, ao acompanhar a minha mãe, professora de alfabetização, pude observar de perto a realidade enfrentada pelos moradores da comunidade, especialmente no que se refere à escassez de água potável e às dificuldades diárias para sua obtenção. Enquanto na cidade o ato de abrir uma torneira e encher um copo

de água é simples e imediato, em Taiassutuba esse gesto se transforma num esforço físico e emocional, que envolve longos percursos até o rio, carregamento de baldes pesados e o tratamento artesanal da água para torná-la minimamente própria para o consumo. Essa experiência despertou o desejo de desenvolver soluções acessíveis e sustentáveis para amenizar a dura rotina de muitas famílias amazônicas.

O estudo se justifica pela necessidade urgente de promover o acesso à água potável em comunidades ribeirinhas e rurais da Amazônia, onde a ausência de infraestrutura básica ainda compromete a saúde e o bem-estar da população. A implantação de sistemas de bombeamento movidos a energia solar representa uma alternativa viável e sustentável para suprir essa carência, reduzindo o esforço físico dos moradores, prevenindo doenças de veiculação hídrica e contribuindo para a permanência das famílias em suas comunidades de origem.

O mesmo busca contribuir com o avanço do conhecimento sobre o uso da energia solar fotovoltaica associada à automação por meio da plataforma Arduino, demonstrando a eficiência e a aplicabilidade desse tipo de tecnologia em contextos socioambientais desafiadores. A pesquisa pretende ainda incentivar novas investigações sobre soluções tecnológicas de baixo custo voltadas à melhoria das condições de vida em áreas isoladas da Amazônia.

## 1.5 REVISÃO TEÓRICA

### 1.5.1 Relevância Social e Tecnológica do Estudo

O projeto apresenta potencial de implementação real em comunidades ribeirinhas, podendo servir de base para futuras iniciativas de políticas públicas e ações de extensão universitária. O sistema proposto alia inovação tecnológica e sustentabilidade, proporcionando não apenas o acesso à água de forma automatizada e limpa, mas também uma alternativa de baixo custo e fácil manutenção, adequada às condições logísticas da região amazônica (Pereira *et al*, 2023)

Dessa forma, o presente estudo é relevante tanto no âmbito social quanto científico e tecnológico, por propor uma solução concreta para um problema histórico da Amazônia: a dificuldade de acesso à água potável nas comunidades ribeirinhas.

A imagem abaixo é de uma comunidade na margem Médio Púrus na Amazônia brasileira. Onde mostra a altura do barranco que as pessoas precisam descer todos os dias captar água.

Figura 1 – Comunidade ribeirinha no Médio Purus.



Fonte: Anderson (2021).

### 1.5.2 Sistemas Fotovoltaicos e Bombeamento de Água

Sistemas Fotovoltaicos e Bombeamento de Água; os sistemas fotovoltaicos realizam a conversão direta da radiação solar em eletricidade e têm sido amplamente utilizados em regiões remotas devido à sua baixa necessidade de manutenção e elevada durabilidade, o que os torna adequados para aplicações em comunidades isoladas (Alvarenga, 2019). Sistemas de bombeamento movidos a energia solar apresentam vantagens como longa vida útil, funcionamento silencioso, modularidade e ausência de custos recorrentes com combustíveis fósseis (Boitrago *et al.*, 2016).

Outros autores compararam diferentes tecnologias de bombeamento e concluíram que sistemas solares apresentam a melhor relação entre custo e benefício para locais sem acesso à rede elétrica convencional (Oliveira *et al.*, 2018). Estudos mais recentes reforçam a eficiência desses sistemas, demonstram que, quando devidamente dimensionados, apresentam ótimo desempenho em áreas isoladas (Sharma *et al.*, 2020). Ainda, estudos verificaram elevada confiabilidade de bombas solares em regiões tropicais e outros confirmam que a eficiência energética permanece estável mesmo sob variações de irradiação solar. (Khan *et al.*, 2021; Sahu; Yadav, 2022).

Essas evidências mostram que a aplicação de sistemas fotovoltaicos é tecnicamente compatível com as necessidades da região amazônica, onde as condições climáticas favorecem a operação contínua desses sistemas.

### 1.5.3 Potencial Solar na Amazônia

A Amazônia apresenta elevado potencial de geração de energia solar devido à sua localização próxima à linha do Equador, o que proporciona altos níveis médios anuais de irradiação solar e favorece o

uso de sistemas fotovoltaicos em comunidades isoladas (Trindade *et al.*, 2022). Mesmo com a presença de duas estações bem definidas — seca e chuvosa —, estudos demonstram que a radiação anual é suficiente para garantir o funcionamento eficiente de sistemas fotovoltaicos ao longo de todo o ano (Van els, 2012).

Projetos de eletrificação por energia solar vêm apresentando impactos positivos em comunidades ribeirinhas e indígenas, contribuindo para o acesso a serviços básicos como iluminação, refrigeração e bombeamento de água, além de reduzir a dependência do diesel (The Guardian, 2024). Avaliações recentes mostram que a eletrificação fotovoltaica em comunidades amazônicas gera benefícios sociais diretos, como maior segurança alimentar e redução de custos operacionais (Trindade *et al.*, 2022).

No entanto, apesar do potencial, a implantação de sistemas fotovoltaicos na Amazônia enfrenta desafios logísticos e estruturais. A dificuldade de acesso, a falta de mão de obra técnica capacitada e o alto custo inicial são fatores que impactam diretamente a efetividade dos programas públicos, como evidenciado por Pereira (2023), que analisou o programa “Mais Luz para a Amazônia” e identificou entraves operacionais e administrativos que prejudicam a universalização da energia.

O Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA, 2023) destaca que modelos energéticos descentralizados são os mais adequados para a região, considerando sua baixa densidade populacional e as limitações de infraestrutura, recomendando o uso de sistemas fotovoltaicos isolados como solução principal para suprir serviços essenciais.

Além disso, avanços tecnológicos têm ampliado as possibilidades de aplicação da energia solar, como a utilização de sistemas fotovoltaicos flutuantes (Floating PV), que apresentam bom desempenho em regiões tropicais e podem reduzir perdas térmicas dos módulos, o que se mostra promissor para ambientes amazônicos (Sulaeman *et al.*, 2021).

Do ponto de vista econômico e político, análises do setor energético mostram que o Brasil possui grande potencial para liderar a expansão fotovoltaica na América Latina, especialmente na Amazônia, embora mudanças regulatórias e variações no mercado internacional possam afetar custos e prazos de implantação (Reuters, 2024).

Assim, o potencial solar da Amazônia é amplamente reconhecido na literatura, mas sua plena exploração depende da superação de desafios logísticos, institucionais e técnicos, além da adoção de soluções descentralizadas que atendam às necessidades específicas das comunidades ribeirinhas.

A imagem abaixo é de uma comunidade na margem Médio Púruz durante a estiagem onde mostra a distância das residências com relação à beira do rio.

A realidade da dificuldade de acesso à energia nas comunidades ribeirinhas da Amazônia é frequentemente ilustrada em artigos especializados, como o de Anderson (2021), que demonstra visualmente o impacto da ausência de infraestrutura na vida local.

A figura 2 mostra uma comunidade ribeirinha no período da estiagem na região do rio Purús nas amazonas, no ano de 2021.

Figura 2 – O Impacto da Energia nas Comunidades Ribeirinhas no rio Purus na Amazônia.



Fonte: Anderson (2021).

#### 1.5.4 Arduino como Ferramenta de Automação

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica criada em 2005, projetada para permitir o desenvolvimento de sistemas automatizados de forma acessível. Programado em linguagem baseada em C/C++, possibilita o controle direto de sensores, atuadores e dispositivos elétricos, o que torna sua aplicação versátil em diversos contextos, como monitoramento hídrico, automação residencial e sistemas ambientais (Santos *et al.*, 2021).

O Arduino é amplamente utilizado devido ao baixo custo, disponibilidade comercial e facilidade de manutenção (Frizzarin, 2016). Sua flexibilidade e sua capacidade de integração com sensores, permite a construção de sistemas de automação robustos e adaptáveis a diferentes necessidades (Queiroz; Souza, 2018).

Pesquisas recentes mostram o uso crescente dessa plataforma em sistemas de monitoramento e controle em áreas remotas, devido à sua simplicidade e confiabilidade. Segundo, Ahmed e Roy (2022), sistemas baseados em Arduíno são altamente eficientes para monitoramento de níveis de água e automação de bombas, especialmente em locais que demandam baixo custo e fácil reposição de componentes.

Essas características tornam o Arduíno extremamente adequado para comunidades ribeirinhas, onde soluções acessíveis e de fácil manutenção são fundamentais.

## 2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, descritiva e tecnológica, cujo foco foi o desenvolvimento, a simulação e a análise de um sistema automatizado de acionamento para bombeamento de água alimentado por energia solar fotovoltaica, utilizando a plataforma Arduino como elemento central de controle.

O desenvolvimento do projeto foi estruturado em etapas sequenciais, de modo a garantir organização metodológica, reproduzibilidade e coerência entre os objetivos propostos e os resultados obtidos.

### 2.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E DEFINIÇÃO DA PROPOSTA

A primeira etapa consistiu na identificação do problema, fundamentada em observações empíricas realizadas pelo autor ao longo de sua vivência e deslocamentos por comunidades ribeirinhas da Amazônia brasileira. Nessas localidades, foram constatadas dificuldades recorrentes relacionadas ao acesso à água potável, especialmente durante os períodos de estiagem, quando o nível dos rios diminui significativamente e o transporte manual de água se torna mais penoso.

A partir desse contexto, definiu-se a proposta de desenvolvimento de um sistema automatizado de baixo custo, capaz de realizar o acionamento automático de uma bomba d'água a partir do monitoramento do nível de reservatórios, utilizando energia solar como fonte primária de alimentação e o Arduino como plataforma de automação.

### 2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E EMBASAMENTO TEÓRICO

Na segunda etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, com o objetivo de fundamentar teoricamente o projeto e identificar soluções tecnológicas já existentes. Foram consultados artigos científicos, livros, trabalhos acadêmicos e relatórios técnicos relacionados aos temas: energia solar fotovoltaica, bombeamento de água em áreas remotas, automação com Arduino, monitoramento de nível de água e tecnologias aplicadas a comunidades ribeirinhas.

Como critérios de inclusão, foram selecionadas publicações entre os anos de 2016 e 2025, nos idiomas português e inglês, priorizando estudos com aplicações práticas, foco em regiões isoladas e soluções de baixo custo. Essa etapa subsidiou as decisões técnicas adotadas nas fases subsequentes do projeto.

## 2.3 ARQUITETURA DO SISTEMA E MONTAGEM DO CIRCUITO EM AMBIENTE DE SIMULAÇÃO

A arquitetura do sistema proposto baseia-se em um circuito de automação básica para controle do abastecimento de água, cuja ideia central consiste na automação do enchimento de uma caixa d'água por meio de sensores de nível e um controlador programável. O sistema foi projetado para acionar automaticamente a bomba d'água quando o nível do reservatório atingir valores mínimos e interromper o bombeamento ao detectar o nível máximo de enchimento.

A montagem do circuito foi realizada exclusivamente em ambiente virtual, utilizando a plataforma *Tinkercad Circuits*, que permite a simulação de sistemas eletrônicos baseados em Arduino. Para o início da simulação, foram selecionados uma placa de ensaio do tipo Breadboard e um microcontrolador Arduino Uno, responsável pelo processamento das informações e pelo controle dos atuadores.

A alimentação do circuito foi realizada por meio da conexão do pino 5 V do Arduino às trilhas positivas da breadboard, utilizando fio de cor vermelha, enquanto o pino GND foi conectado às trilhas negativas, utilizando fio de cor preta, garantindo a distribuição adequada de energia aos componentes do sistema.

Para a sinalização visual do estado de funcionamento, foram utilizados dois diodos emissores de luz (LEDs), sendo um LED verde destinado a indicar a condição de “motor ligado/enchimento em andamento” e um LED vermelho para sinalizar a condição de “caixa cheia”. Para proteção dos componentes, foram instalados resistores de  $220\ \Omega$  em série com cada LED, evitando sobrecorrente e possíveis danos aos dispositivos. O LED vermelho foi conectado ao pino digital 12, enquanto o LED verde foi conectado ao pino digital 11 do Arduino.

Considerando as limitações da biblioteca de componentes do Tinkercad, que não dispõe de sensores específicos para medição de nível de água, foram utilizadas chaves deslizantes (slide switches) para representar os sensores de nível. O sensor de nível baixo foi conectado ao pino digital 6, enquanto o sensor de nível alto foi conectado ao pino digital 7, permitindo a simulação das condições de reservatório vazio, em enchimento e cheio.

A bomba d'água foi representada, no ambiente de simulação, por um motor de corrente contínua (DC), conectado ao pino digital 13 do Arduino. Ressalta-se que, em uma implementação física real, o acionamento de uma bomba de corrente alternada exigiria a utilização de um módulo relé, substituindo a conexão direta empregada na simulação, de modo a garantir isolamento elétrico e segurança operacional.

## 2.4 DESENVOLVIMENTO DA LÓGICA DE CONTROLE E VALIDAÇÃO FUNCIONAL

No código de controle, foram declaradas variáveis inteiras para identificar cada componente do sistema e seus respectivos pinos de conexão. Na estrutura void setup(), os pinos correspondentes aos LEDs

e ao motor foram configurados como saídas (OUTPUT), enquanto os pinos dos sensores de nível foram definidos como entradas (INPUT).

Para garantir maior confiabilidade na leitura dos estados dos sensores e proteger as portas digitais do microcontrolador, foi ativado o resistor de pull-up interno do Arduino. Essa configuração assegurou leituras estáveis durante a simulação, reduzindo interferências e estados indefinidos.

Na estrutura void loop(), as variáveis responsáveis pela leitura dos sensores realizaram o monitoramento contínuo dos níveis baixo e alto do reservatório. Com o objetivo de organizar a lógica de controle, foram desenvolvidas três funções auxiliares: ligamotor(), desligamotor() e erro().

A função ligamotor() foi programada para verificar a condição em que ambos os sensores se encontram desativados, representando um reservatório vazio, acionando automaticamente o motor e o LED verde. A função desligamotor() foi responsável por identificar a condição de reservatório cheio, quando ambos os sensores detectam a presença de água, desligando a bomba e acionando o LED vermelho.

A função erro() tratou situações inconsistentes, como a detecção de nível alto sem o acionamento prévio do sensor de nível baixo, indicando falhas potenciais no sistema. Nessa condição, o motor foi desligado e os LEDs permaneceram acionados como forma de alerta visual.

A simulação permitiu validar que, ao esvaziar o reservatório, o sistema reinicia automaticamente o processo de bombeamento, demonstrando a eficiência da lógica de controle implementada. Dessa forma, a arquitetura e a programação desenvolvidas mostraram-se funcionais e adequadas para aplicações de automação básica em sistemas de abastecimento de água, especialmente em contextos de comunidades ribeirinhas.

## 2.5 SIMULAÇÃO DO SISTEMA EM AMBIENTE VIRTUAL

A etapa experimental do projeto foi realizada por meio de simulação computacional, utilizando a plataforma **Tinkercad Circuits**, ferramenta online mantida pela Autodesk, amplamente empregada para prototipagem e simulação de circuitos eletrônicos com Arduino.

No ambiente virtual, foi realizada a montagem completa do circuito eletrônico, conectando o Arduino aos sensores simulados, ao motor e aos LEDs de sinalização. A simulação permitiu reproduzir o comportamento do sistema em tempo real, possibilitando a observação da resposta do circuito e do código frente a diferentes condições de nível de água.

Cabe destacar que, devido às limitações da plataforma, componentes reais como sensores de nível e motobombas foram representados por dispositivos equivalentes disponíveis no ambiente virtual, sem prejuízo à validação da lógica de funcionamento do sistema.

## 2.6 TESTES DE FUNCIONALIDADE E VALIDAÇÃO

Os testes de funcionalidade foram conduzidos mediante a variação manual dos estados dos sensores simulados, representando diferentes níveis de água no reservatório. Foram avaliados cenários de nível baixo, nível cheio e situação de erro, observando-se o comportamento do sistema quanto ao acionamento da bomba, desligamento automático e sinalização visual.

Os resultados obtidos permitiram validar a lógica de controle implementada, demonstrando que o sistema responde adequadamente às condições estabelecidas, garantindo automação eficiente e proteção do equipamento contra funcionamento inadequado.

## 2.7 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Por fim, os dados obtidos a partir das simulações foram organizados e analisados de forma qualitativa, considerando critérios como eficiência operacional, confiabilidade do acionamento automático e adequação da solução ao contexto de comunidades ribeirinhas.

A metodologia adotada permitiu avaliar a viabilidade técnica do sistema proposto, bem como sua aplicabilidade em contextos acadêmicos, educacionais e sociais, reforçando o potencial da automação com Arduino associada à energia solar como alternativa sustentável para o abastecimento de água em regiões isoladas da Amazônia.

Ressalta-se que o presente estudo se limitou à fase de simulação computacional, não contemplando a implementação física do sistema, o que não compromete a validação da lógica de funcionamento e da viabilidade técnica da solução proposta.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente sistema de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica foi concebido, no contexto da simulação computacional, como uma solução compacta, eficiente e de fácil instalação para atender às demandas de abastecimento em pequenas aplicações agrícolas e domésticas, como caixas d'água, reservatórios e cisternas. A análise realizada baseou-se exclusivamente no comportamento observado em ambiente virtual, considerando parâmetros técnicos e operacionais definidos previamente. Sua concepção fundamenta-se no uso de energia limpa, renovável e sustentável para a elevação e transferência de líquidos, reduzindo, de forma potencial, a dependência de fontes de energia convencionais ou combustíveis fósseis.

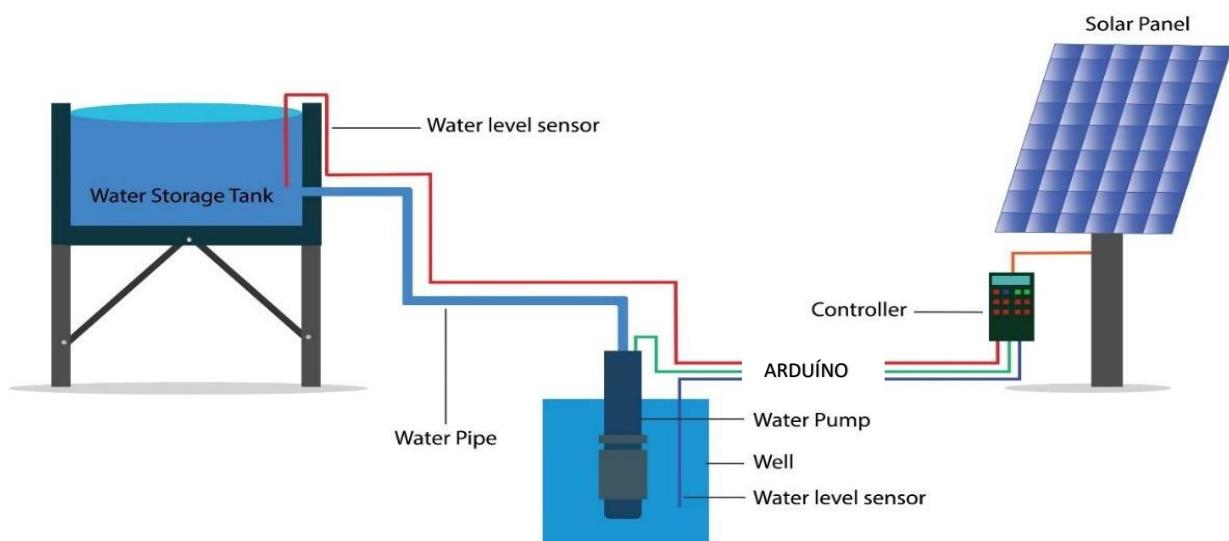
O fornecimento de energia para o acionamento da motobomba foi analisado de forma teórica e simulada, considerando um arranjo fotovoltaico, composto por dois painéis solares monocristalinos, cada um com potência de 160 Watts (W), totalizando uma capacidade instalada de 320 Wp. Os dados energéticos basearam-se em especificações técnicas de fabricantes e na literatura científicas.

Os módulos considerados na simulação utilizam células de alta eficiência (20,7%) do tipo *N-Type TOPCon*, tecnologia que oferece maior durabilidade e desempenho na conversão da luz solar em eletricidade. Sua estrutura de encapsulamento é robusta, incluindo alumínio anodizado e vidro duplo temperado, com caixa de junção classificada como IP67, garantindo resistência às intempéries. O conjunto opera com o respectivo registro de conformidade junto ao INMETRO (Registro 005306/2025).

A estimativa de geração energética, realizada com base em parâmetros médios de irradiação solar descritos na literatura, indicou uma produção aproximada de até 1.600 Wh/dia, ou aproximadamente 48 kWh/mês, considerando uma média de cinco horas de sol pleno (horário de pico de radiação solar).

Abaixo representação do esquema de captação de água com caixa controladora onde ficará o arduino, figura 3.

Figura 3 – Esquema de Captação de Água pela Bomba D’água.



Fonte: Shutterstock (2020).

O funcionamento do sistema de bombeamento foi analisado no ambiente de simulação, considerando uma motobomba solar periférica (Ebara – TP Ci 272W). Esta motobomba opera com uma potência de 272 W (1/4 CV) e tensão de 44 Volts (V), sendo alimentada diretamente pela corrente contínua (CC) gerada pelo arranjo fotovoltaico, o que simplifica o sistema ao dispensar inversores de frequência.

A bomba é construída com materiais de alta durabilidade, como motor integralmente em cobre, ponta de eixo em aço inoxidável e rotor em bronze, incorporando um sistema antitravamento.

A captação e elevação da água são realizadas com a seguinte performance:

Vazão: O sistema é capaz de fornecer vazão de até 2.250 litros por hora ( $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Altura Manométrica Máxima (Pressão): A bomba pode operar com uma pressão de até 35 MCA (metros de coluna d'água), o que a torna adequada para o abastecimento de reservatórios localizados em alturas consideráveis (MINHA CASA SOLAR, 2025).

Equipamentos que pode ser utilizados, figura 4:

Figura 4 – Placa Solar e Motor Bomba.



Fonte: Minha Casa Solar (2025).

Quadro 1 – Quadro de Componentes Bomba Solar

Componente	Quantidade	Especificação Técnica Principal	Funcionalidade
Painel Solar Monocristalino	2 unidades	160 W (Totalizando 320 Wp)	Le Geração de energia elétrica (CC) a partir da luz solar.itor de Nível Alto
Motobomba Solar Periférica	1 unidade	272 W / 1/4 CV / 44 V / 35 MCA	Elevação da água do rio para o reservatório.
Cabo Solar Flexível	15 metros	6 mm <sup>2</sup> (Preto e Vermelho)	Conexão de baixa perda entre os painéis solares e a motobomba/controlador.

Fonte: autoria própria (2025).

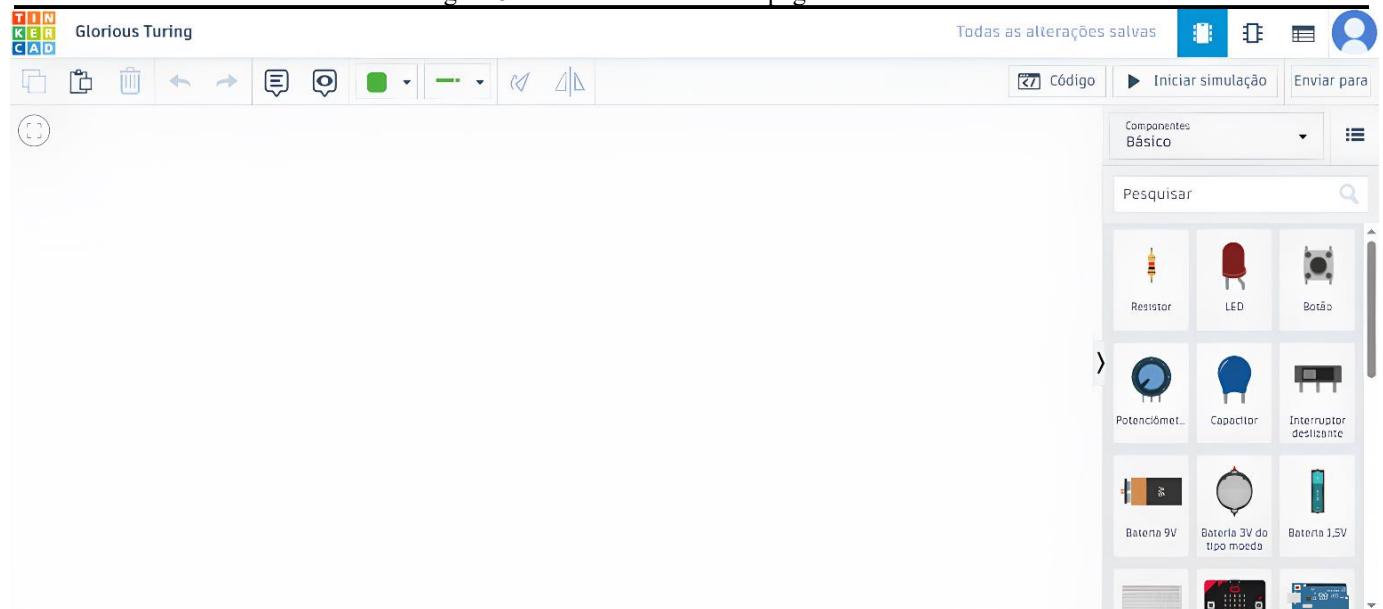
A escolha da ferramenta de desenvolvimento e simulação é um fator determinante na fase de prototipagem de projetos de hardware e sistemas embarcados. Neste contexto, o Tinkercad, uma aplicação gratuita e baseada em nuvem, mantida pela Autodesk, estabelece-se como uma solução pedagógica e de engenharia inicial para a criação, simulação e visualização de circuitos eletrônicos e modelos 3D.

O Tinkercad é primariamente uma ferramenta de Modelagem 3D e Simulação de Eletrônica. Sua interface intuitiva e acessível torna-o ideal para estudantes e iniciantes na área de engenharia e tecnologia.

A principal funcionalidade relevante para o desenvolvimento de sistemas como o monitoramento de nível de água (conforme o código apresentado) é o ambiente Tinkercad Circuits.

Plataforma de Prototipagem Tinkercad representada na figura 5.

Figura 5 – Plataforma de Prototipagem Tinkercad.



Fonte: Autoria própria (2025).

O Ambiente Tinkercad Circuits, o Circuits, componente central para o desenvolvimento de sistemas embarcados, oferece um ambiente virtual completo onde é possível a Simulação de Hardware e Componentes, a plataforma permite a montagem de circuitos eletrônicos arrastando e soltando componentes virtuais, incluindo microcontroladores populares como o Arduino Uno e, em modelos mais recentes, elementos que simulam a lógica de conectividade Wi-Fi e MQTT (essenciais para a arquitetura IoT). A capacidade de simular componentes como sensores, LEDs, motores e atuadores permite ao desenvolvedor verificar a integridade da montagem antes de investir em hardware físico.

Desenvolvimento e Depuração de Código, o Tinkercad Circuits oferece um editor de código integrado que suporta a Linguagem C/C++ (o dialeto Arduino). Isso permite que o código desenvolvido para um microcontrolador real seja carregado diretamente no ambiente simulado. A funcionalidade de simulação em tempo real é crucial, pois o usuário pode observar o comportamento dos sensores e atuadores (como os LEDs e o motor do sistema de controle de nível) à medida que o código é executado, facilitando a depuração lógica e a identificação de falhas.

Contribuição para Projetos de IoT e Automação No contexto da Indústria 4.0 e da Internet das Coisas (IoT), o Tinkercad Circuits cumpre um papel fundamental como:

- Validação de Lógica: Permite a validação rápida da lógica de controle (como as funções ligamotor(), desligamotor() e erro() do código) antes de migrar para plataformas mais complexas, como o ESP32 ou ESP8266 para a transmissão MQTT.
- Prototipagem de Baixo Custo: Oferece uma fase de prototipagem virtual de custo zero, minimizando os riscos de danos a componentes reais e otimizando o tempo de desenvolvimento.
- Ferramenta Didática: Serve como ferramenta ideal para demonstrar o conceito de convergência físico-digital, que é a base da Quarta Revolução Industrial, transformando o código em um comportamento físico observável no ambiente virtual.

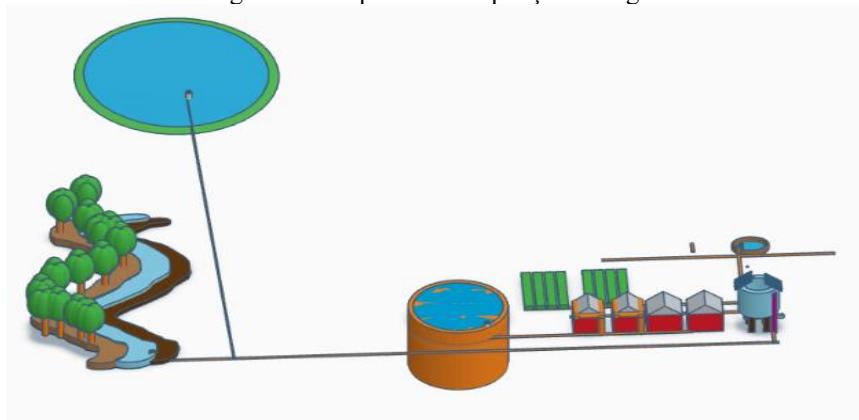
Portanto, a utilização do *Tinkercad* na fase inicial de um projeto de automação é justificada pela sua capacidade de simular o comportamento do hardware e validar a lógica do software de forma acessível e eficiente.

Unindo o Arduino ao sistema de captação de água podemos prever e tornar-se de uma forma prática, ágil e inteligente, criamos um sistema que faz o monitoramento que ativa o motor bomba ao receber informações da boia, irá ativar bomba quando a caixa d'água ou cisterna estiver baixo do nível indicado, acendendo luzes verde ou vermelha para sinalizar o uso do sistema no acionamento da bomba água.

A busca por soluções que garantam a eficiência no uso da água torna o monitoramento de seu nível em reservatórios uma aplicação essencial. Uma solução prática e acessível para essa necessidade pode ser alcançada por meio da integração de um sensor de nível com a tecnologia Arduino (Guse, 2024). Para uma comunidade com até 50 pessoas foi pensado um sistema de placa solar com as seguintes características:

A representação abaixo mostra os diferentes meios de fonte de água como uma lagoa, um rio ou cisterna figura 6.

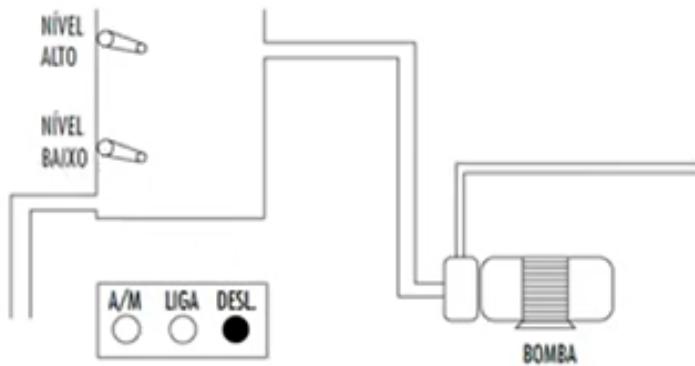
Figura 6 – Esquema de Captação de Água.



Fonte: Autoria própria (2025).

O Arduino monitorará o nível da água no reservatório em três estágios através de sensores (como sensores de boia ou eletrodos de nível, figura 7):

Figura 7 – Esquema de Funcionamento.

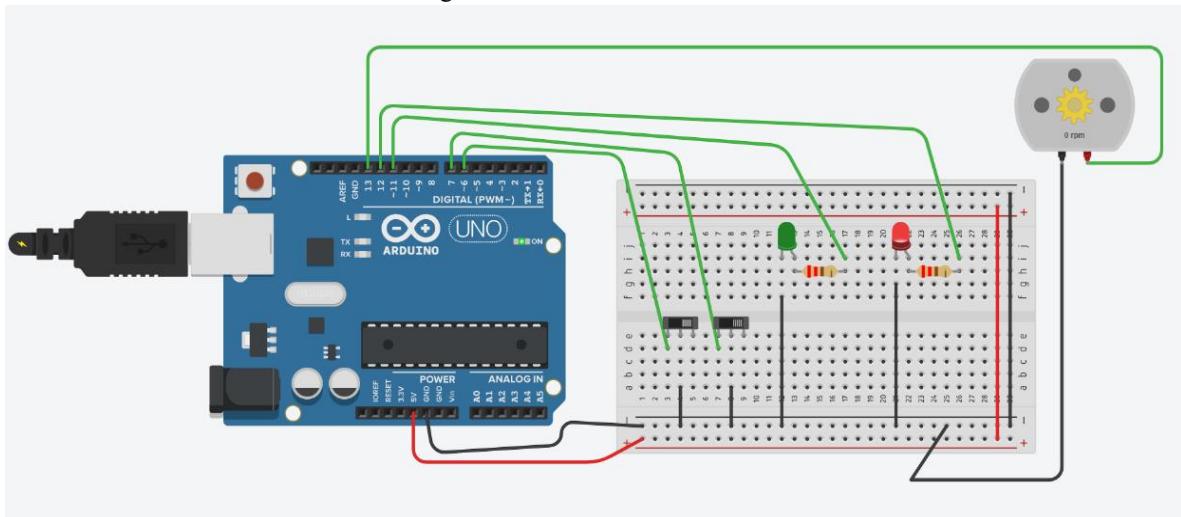


Fonte: Resende (2020).

O sistema de controle de nível opera sob o princípio da histerese para otimizar o ciclo de bombeamento: o motor é ligado quando os sensores de nível (representados pelas chaves) estão na posição que indica que a caixa está vazia, o que configura o Ponto de Partida do ciclo. Uma vez acionada, a bomba permanece ligada durante o enchimento do reservatório, mesmo após a água cobrir o sensor de nível inferior, garantindo a continuidade da operação. O ciclo é interrompido, e o motor é desligado, somente quando o sensor de nível superior for alcançado, identificando que a caixa atingiu sua capacidade máxima, o que estabelece o Ponto de Interrupção e protege o equipamento contra ciclos curtos de liga/desliga.

Nível Cheio (Alto): O LED vermelho acenderá, sinalizando que o bombeamento deve ser interrompido, e o motor será desligado. Figura 8.

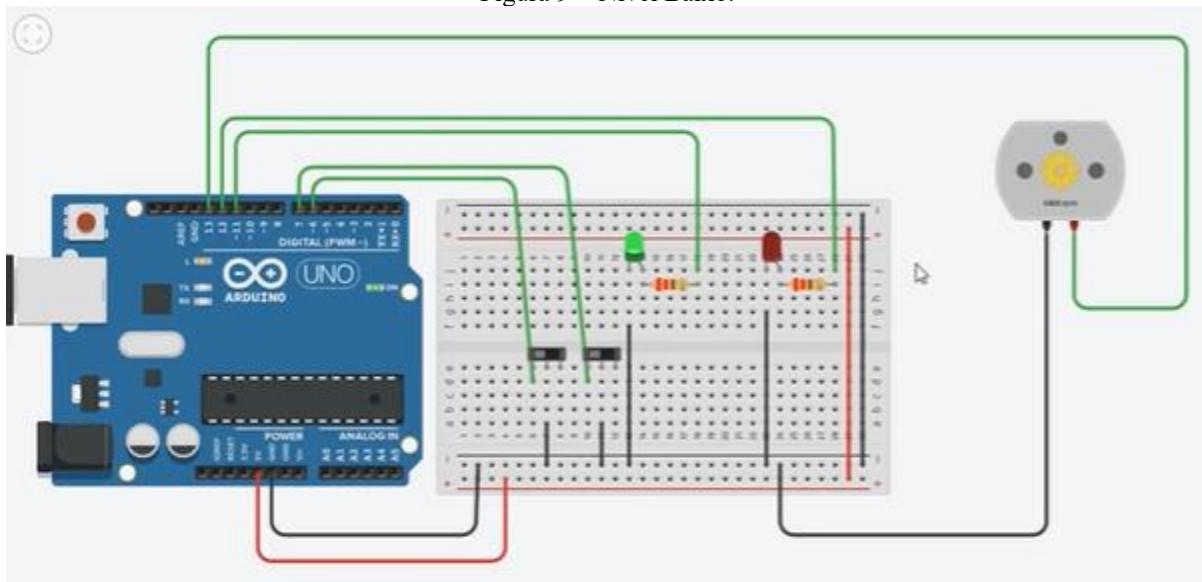
Figura 8 – Ciclo em Nível Cheio.



Fonte: Autoria própria (2025).

Nível Baixo: O LED verde acenderá, e o motor da bomba será acionada para iniciar a captação. Figura 9.

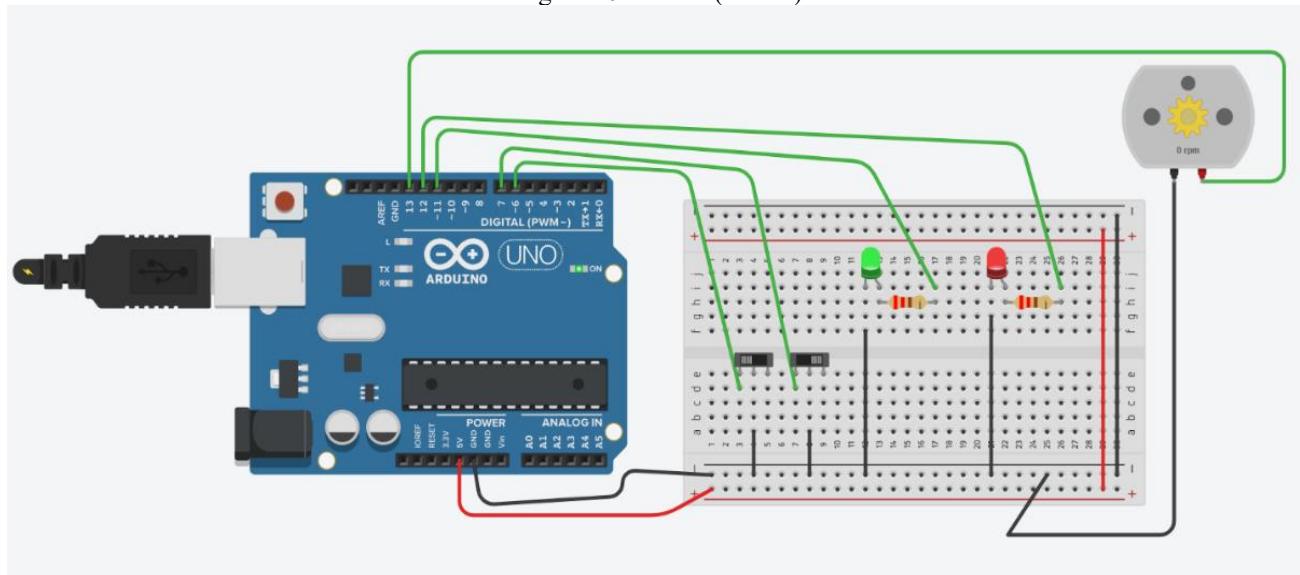
Figura 9 – Nível Baixo.



Fonte: Autoria própria (2025).

Alerta (ERRO): O LED verde e vermelho acenderá, sinalizando que o bombeamento deve ser interrompido, e o motor será desligado. Os leds permanecerá ligado até que o erro seja verificado. Figura 10.

Figura 10 – Alerta(ERRO)



Fonte: Autoria própria (2025).

O Aplicativo Tinkercad.com não disponibiliza no seu banco de itens para prototipagem, com isso foi alterado os itens como bomba, que no exemplo usamos a um motor de corrente contínua, e como chave de acionamento em vez do sensor de nível d'água foi usado.

O monitoramento é fundamental para as comunidades se precaverem em caso da queima de algum dos componentes principais para o funcionamento dos equipamentos, como a bomba, painel fotovoltaico, ou outro que interrompa o funcionamento do sistema, que ao nível da água baixar os moradores podem identificar através do led vermelho que irá mostrar que algum problema no sistema de bombeamento está prejudicado, com isso, a bomba não está sendo ligada de forma automática.

O código a seguir demonstra a lógica de acionamento do motor e sinalização dos LEDs, baseada em dois sensores (alto e baixo), figura 11

Figura 11 – Código Fonte na Plataforma Tinkercad.

```
1  int ledverde = 11;
2  int ledvermelho = 12;
3  int motor = 13;
4  int sensorbaixo = 6;
5  int sensoralto = 7;
6
7
8  int a;
9  int b;
10
11 void setup(){
12
13 pinMode(ledverde , OUTPUT);
14 pinMode(ledvermelho , OUTPUT);
15 pinMode(motor , OUTPUT);
16 pinMode(sensorbaixo , INPUT);
17 digitalWrite(sensorbaixo , HIGH);
18 pinMode(sensoralto , INPUT);
19 digitalWrite(sensoralto, HIGH);
20 }
21
22 void loop (){
23
24 a = digitalRead(sensorbaixo);
25 b = digitalRead(sensoralto);
26
27 ligamotor();
28 desligamotor();
29 erro();
30
31 }
32
33 void ligamotor(){
34
35 if(a == LOW && b == LOW){
36
37
38 digitalWrite(ledverde ,HIGH);
39 digitalWrite(ledvermelho , LOW);
40 digitalWrite(motor , HIGH);
41
42
43 }
44
45
46 void desligamotor(){
47
48 if(a == HIGH && b == HIGH){
49
50 digitalWrite(ledverde ,LOW);
51 digitalWrite(ledvermelho , HIGH);
52 digitalWrite(motor ,LOW);
53
54
55 }
56
57
58 void erro(){
59
60 if(a == LOW && b == HIGH){
61
62 digitalWrite(ledverde ,HIGH);
63 digitalWrite(ledvermelho , HIGH);
64 digitalWrite(motor , LOW);
65
66
67 }
```

Fonte: Autoria própria (2025).

Os itens necessários para o sistema de acionamento da bomba d'água usando nesse contexto para o funcionamento do sistema foram:

- 1 - Microcontrolador Arduino Uno R3
  - 2 - LEDs 5mm 2v 20mA (Vermelho e Verde)
  - 2 - Resistores de Proteção
  - 1 – Motor (representado pelo motor)
  - 2 – Sensores Slideswitch

Quadro 2 – Quadro de Componentes Arduino.

Componente	Tipo de Pino	Pino do Arduino	Funcionalidade
Slideswitch	Entrada Digital	Pino Digital D7	Leitor de Nível Alto
Slideswitch	Entrada Digital	Pino Digital D6	Leitor de Nível Baixo
Motor	Saída Digital	Pino Digital D13	Acionamento e Desligamento
Led Vermelho	Saída Digital	Pino Digital D12	Ligar Led Vermelho
Led Verde	Saída Digital	Pino Digital D11	Ligar Led Verde

Fonte: autoria própria (2025).

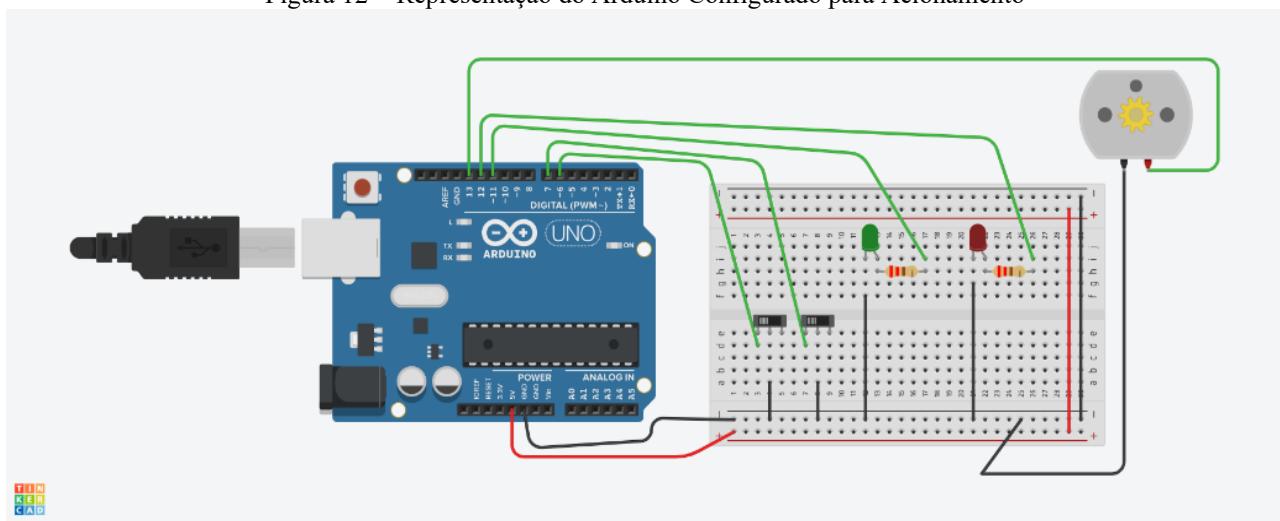
Na representação foi usado um motor como saída para representar o motor bomba que irá ser usado para no sistema e *Slidswitch* como os acionadores representando a boia de acionamento.

Os resultados apresentados por meio da literatura sobre a simulação do sistema fotovoltaico integrado ao Arduino demonstram que soluções tecnológicas de baixo custo podem fornecer autonomia hídrica para comunidades ribeirinhas isoladas da Amazônia, alinhando-se ao que afirmam Sharma *et al.* (2020) e Khan *et al.* (2021) sobre a eficiência de sistemas solares em regiões tropicais.

No contexto da simulação e com base nas especificações técnicas do fabricante, o arranjo fotovoltaico de 320 Wp mostrou-se teoricamente adequado para acionar a motobomba periférica de 272 W, revelando desempenho energético estável, considerando os parâmetros técnicos adotados. Corroborando estudos de Sahu e Yadav (2022), que descrevem a estabilidade da produção energética em regiões equatoriais.

Representação do Arduino Configurado para Acionamento. Figura 12.

Figura 12 – Representação do Arduino Configurado para Acionamento



Fonte: Autoria própria (2025).

A análise funcional do sistema evidencia que a automação com Arduino melhora significativamente o controle do bombeamento. O código utilizado permitiu o monitoramento dos níveis da caixa d'água em tempo real, acionando o motor quando o nível atingia valores baixos e interrompendo o funcionamento

quando o reservatório estava cheio. Isso representa uma solução prática e amplamente replicável, especialmente em áreas onde o acompanhamento operacional depende do envolvimento comunitário. Estudos como os de Ahmed e Roy (2022) e Santos *et al.* (2021) reforçam que a adoção de microcontroladores acessíveis é fundamental para aplicações rurais e ribeirinhas, pois reduz custos de operação e facilita o reparo em caso de falhas.

Ao analisar o potencial de aplicação em comunidades amazônicas, os resultados indicam forte impacto social positivo. A segurança hídrica, segundo Trindade *et al.* (2022), está diretamente relacionada à melhoria da saúde, redução de doenças de veiculação hídrica e diminuição da carga de trabalho manual — principalmente de mulheres e crianças, que frequentemente são responsáveis pela coleta e transporte de água. Esse cenário é coerente com a realidade observada no estudo de campo, em que o sistema automatizado apresenta potencial para eliminar a necessidade de acionamento manual da bomba e reduziu deslocamentos diários.

Sob o ponto de vista ambiental e econômico, os resultados reforçam que o uso da energia solar reduz gastos com combustível, elimina a emissão de poluentes e diminui a dependência de geradores a diesel, ainda comuns em regiões isoladas da Amazônia, conforme assinalado por Van Els (2012) e pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA, 2023). Além disso, a durabilidade dos componentes e a baixa necessidade de manutenção tornam o sistema economicamente viável a médio e longo prazo, convergindo com as conclusões de Oliveira *et al.* (2018) sobre custo-benefício favorável dos sistemas solares em áreas remotas.

Outro ponto relevante observado nos resultados é a adequação técnica do sistema para operar sob condições climáticas específicas da Amazônia. Apesar das variações entre período chuvoso e seco, a média anual de irradiação solar da região garante funcionamento quase contínuo dos módulos fotovoltaicos (Trindade *et al.*, 2022). A robustez dos painéis TOPCon utilizados, com certificação IP67, mostrou desempenho satisfatório em relação à umidade, intempéries e altas temperaturas, elementos enfatizados por Sulaeman *et al.* (2021) ao discutir tecnologias solares aplicáveis a regiões tropicais úmidas.

Do ponto de vista operacional, o sistema demonstrou capacidade de ser entendido e manuseado pela população local, mantendo simplicidade funcional e clareza de sinalização por meio de LEDs. O LED verde indicou acionamento, o vermelho indicou tanque cheio, e o estado de erro — ativado quando os sensores apresentavam inconsistências — mostrou-se essencial para identificar falhas como problemas na bomba, nos sensores ou no arranjo fotovoltaico. Essa característica está alinhada ao que Guse (2024) descreve como “tecnologias sociais de monitoramento”, que combinam acessibilidade, autonomia e fácil interpretação por usuários não especializados.

Além disso, a replicabilidade do sistema em outras localidades é viável, considerando que sua implementação utiliza componentes amplamente disponíveis no mercado e com manutenção simplificada.

Autores como Pandey *et al.* (2016) destacam que tecnologias de energia solar são modulares e escaláveis, permitindo adaptações conforme a demanda populacional.

Por fim, os resultados mostram que o sistema atende ao objetivo central do projeto: desenvolver uma solução automatizada, sustentável e de baixo custo para bombeamento de água em comunidades ribeirinhas, diminuindo desigualdades estruturais e promovendo desenvolvimento local. A combinação de energia solar e automação tem potencial de se consolidar como uma política de acesso essencial em regiões isoladas, em consonância com análises de Pereira (2023) sobre lacunas na universalização da energia na Amazônia.

## 4 CONCLUSÃO

Visando que o principal intuito do projeto é o acionamento do sistema alimento por energia solar, ao analisar o acionamento na plataforma *Tinkercad* todos os objetivos foram concluídos com êxito. A integração entre sistemas fotovoltaicos e automação por Arduino demonstrou-se uma alternativa eficiente, sustentável e tecnicamente viável para o bombeamento de água em comunidades ribeirinhas da Amazônia. Os resultados obtidos confirmam que o sistema apresenta desempenho de acionamento consistente, baixa necessidade de manutenção e operação simplificada, fatores essenciais para regiões de difícil acesso. Os achados fortalecem a justificativa apresentada no início do trabalho: a necessidade urgente de soluções tecnológicas acessíveis que promovam autonomia hídrica e energética para populações que historicamente enfrentam desigualdades no acesso a serviços básicos. A utilização de energia solar, é especialmente adequada para o contexto amazônico, que possui alta irradiação solar ao longo do ano e dificuldades logísticas que inviabilizam sistemas convencionais (Sharma *et al.*, 2020; Khan *et al.*, 2021; Trindade *et al.*, 2022)

A automação com Arduino reforça a proposta de tecnologia social, permitindo que os próprios moradores compreendam, utilizem e mantenham o sistema de forma pró-ativa. Conforme Ahmed e Roy (2022), soluções de baixo custo aplicadas ao monitoramento hídrico podem gerar impactos duradouros, sobretudo quando associadas a processos comunitários de participação e aprendizagem. Os benefícios sociais identificados incluem melhoria da qualidade de vida, redução do esforço físico para coleta de água, aumento da segurança e oferta contínua do recurso, além do fortalecimento da autonomia local — aspectos também reforçados pela literatura (Trindade *et al.*, 2022; IEMA, 2023). Do ponto de vista ambiental, o sistema contribui diretamente para a redução da dependência de combustíveis fósseis e diminuição de impactos ao ecossistema amazônico.

Assim, conclui-se que a aplicação de sistemas fotovoltaicos automatizados representa uma estratégia eficaz para garantir abastecimento hídrico sustentável, promovendo dignidade, saúde e desenvolvimento social nas comunidades ribeirinhas. Os resultados alcançados indicam que a expansão

desses sistemas pode ser considerada uma ação estratégica para políticas públicas de infraestrutura na Amazônia, contribuindo para a universalização do acesso à água e para a redução de desigualdades sociais históricas.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, por ter me permitido ter acesso a conhecimento e sabedoria, à minha família e aos meus irmãos pelo apoio constante, aos meus professores, e a cada um que de alguma forma me ajudou a chegar até aqui. Por fim, e de forma imprescindível, à Marisa Souza, pela paciência, dedicação e atenção dispensadas cotidianamente. Que o conhecimento continue nos libertando.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. A. Bombeamento de água com energia solar fotovoltaica. *Engenharia Solenerg*, 2019.
- ANDERSON, L. O impacto da energia nas comunidades ribeirinhas da Amazônia. *Blog da Schneider Electric*, 30 nov. 2021. Disponível em: <https://blog.se.com/br/sustentabilidade/acesso-a-energia/2021/11/30/o-impacto-da-energia-nas-comunidades-ribeirinhas-da-amazonia/>. Acesso em: 20 nov. 2025.
- AHMED, S.; ROY, A. Water Level Monitoring System Using Arduino. *International Journal of Engineering Research*, v. 11, n. 2, p. 45–52, 2022.
- BALFOUR, J.; SHAW, M.; NASH, N. B. *Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- BOITRAGO, et al. Solar water pumping systems: performance and efficiency. *Renewable Energy Journal*, v. 89, p. 59–72, 2016.
- CARVALHO, C. E. B. *Bombeamento fotovoltaico de água para pequenas propriedades rurais do semiárido brasileiro: dimensionamento técnico e financeiro*. **Instituto Federal da Bahia**, Paulo Afonso, 2019. Disponível em: [tcc-carlos-eugenio-barreto-carvalho-2018-2.pdf](https://share.google/431Wy6TOZEkGr4QCj) <https://share.google/431Wy6TOZEkGr4QCj>. Acesso em: 11 set. 2025.
- COSTA, L. C. A. & SILVA, G. D. P. (2021). Save water and energy: A techno-economic analysis of a floating solar photovoltaic system to power a water integration project in the Brazilian semiarid. Publicado no *International Journal of Energy Research*, 45(12), páginas 17924-17941.
- FRIZZARIN, F. B. A. *Arduino: guia para colocar suas ideias em prática*. São Paulo: Casa do Código, 2016.
- GARCÍA, J.; LÓPEZ, M. Solar energy applications in rural areas. *Energy Reports*, v. 8, p. 2205–2217, 2022.

GUSE, R. Sensor de nível de caixa d'água com Arduino. *MakerHero*, 16 abr. 2024. Disponível em: <https://www.makerhero.com/blog/sensor-de-nivel-de-caixa-dagua-com-arduino/>. Acesso em: 11 nov. 2025.

IEMA – INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. *Assessment of Resources for the Universalization of Electrical Energy Access in the Legal Amazon*. São Paulo: IEMA, 2023. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br>. Acesso em: 16 set. 2025.

KHAN, M. et al. Performance of solar pumping systems in tropical climates. *Solar Energy*, v. 224, p. 432–441, 2021.

MINHA CASA SOLAR. *Kit Bomba Solar de Superfície Ebara Até 2300 L/H 35 MCA 272 W 44 V*. 2025. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br>. Acesso em: 30 nov. 2025.

MORAIS, F. H. M.; LIRA, M. A. T.; LOPES, W. G. R. Revisão sistemática sobre bombeamento fotovoltaico em regiões semiáridas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 18, n. 1, p. 298–327, 2025.

OLIVEIRA, M. F. et al. Comparative analysis of pumping systems in isolated areas. *Journal of Renewable Systems*, v. 15, n. 3, p. 250–268, 2018.

PANDEY, A. K. et al. Recent advances in solar photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 53, p. 859–884, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115010138>. Acesso em: 19 set. 2025.

PEREIRA, Jackeline da Silva et al. Eletrificação em regiões remotas: uma análise do Programa Mais Luz para a Amazon. *Energies*, v. 16, n. 12, p. 4663, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en16124663>. Acesso em: 20 out. 2025.

PEREIRA, R. F. A. Bombeamento de água utilizando sistemas fotovoltaicos. *Engineering Sciences*, v. 9, n. 1, p. 85–91, 2021.

QUEIROZ, A.; SOUZA, V. Aplicações do Arduino em sistemas automatizados. *Revista de Tecnologia Aplicada*, v. 6, n. 2, p. 80–91, 2018.

RESENDE, L. Sistema básico de abastecimento de água com Arduino. *LGR Automação Industrial*, vídeo, 23 min, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HjRMGbzYxyI>. Acesso em: 27 nov. 2025.

REUTERS. Brazil holds the key to Latin America's solar potential. 29 fev. 2024. Disponível em: <https://www.reuters.com>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SAHU, A.; YADAV, A. Solar pumping performance under equatorial conditions. *International Journal of Solar Energy Engineering*, v. 44, n. 4, p. 123–135, 2022.

SANTOS, A. S. D. et al. Dimensionamento de bombas hidráulicas com Arduino. *Revista Engenharia de Interesse Social*, v. 5, n. 6, p. 129–149, 2021.

SHARMA, G. et al. Efficiency analysis of solar pumping in remote areas. *Renewable Technologies Review*, v. 32, p. 112–130, 2020.

SULAEMAN, S. et al. Floating PV systems as an alternative pathway to the generation mix. *Renewable Energy*, v. 165, p. 744–754, 2021.

THE GUARDIAN. Solar power is bringing light to Amazon villages. *The Guardian*, 29 out. 2024. Disponível em: <https://www.theguardian.com/global-development/2024/oct/29/amazon-indigenous-people-villages-sun-solar-panels-brazil-ecuador-peru-colombia>. Acesso em: 17 ago. 2025.

TRINDADE, A. et al. Impact evaluation of solar photovoltaic electrification. *Environmental Science Proceedings*, v. 15, n. 1, p. 16, 2022.

VAN ELS, R. Solar radiation performance for photovoltaic systems in the Amazon region. *Energy for Sustainable Development*, v. 16, n. 3, p. 341–348, 2012.

ZILLI, M. *Sistemas fotovoltaicos: fundamentos e aplicações*. Porto Alegre: Nova Energia, 2018.

## A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DE MICROEMPRESAS: INTEGRANDO O FÍSICO E O VIRTUAL – RAY STAR

### DIGITAL TRANSFORMATION IN MICROENTERPRISES: INTEGRATING PHYSICAL AND VIRTUAL ENVIRONMENTS

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-006>

**Nureldin Ziyadin Sakeb Omar**

Graduando em Engenharia da Computação

Centro Universitário do Norte – Uninorte

E-mail: Nureldinomar20@gmail.com

**Raifran Lisboa da Silva**

Graduando em Engenharia da Computação

Centro Universitário do Norte – Uninorte

E-mail: silvaraifran642@gmail.com

**Thamires de Oliveira Sarges**

Graduando em Engenharia da Computação

Centro Universitário do Norte – Uninorte

E-mail: thamires.sarges.58@gmail.com

**Roneuane Grazielle da Gama Araujo**

Especialista em Engenharia e Administração de Banco de dados Oracle

Centro Universitário do Norte

E-mail: roneuanegrazielle@gmail.com

### RESUMO

O avanço das tecnologias digitais impõe desafios e oportunidades para microempresas, especialmente quanto à integração de canais físicos e virtuais de venda. Este estudo relata a experiência de uma loja de moda em Manaus, buscando ampliar sua presença digital através do desenvolvimento de um sistema de e-commerce. O projeto foi fundamentado em um estudo de caso, envolvendo análise de mercado, levantamento de requisitos, modelagem e implementação utilizando Next.js, um painel administrativo em React + Vite e backend baseado no Supabase (banco de dados, autenticação, armazenamento e RLS). Os resultados apontam melhoria de desempenho operacional, expansão de mercado e fortalecimento da marca. Conclui-se que a transformação digital é fator determinante para a competitividade e sustentabilidade de pequenas empresas frente às novas demandas do mercado.

**Palavras-chave:** Transformação digital; E-commerce; Microempresas; Next.js; Supabase.

## ABSTRACT

The advancement of digital technologies presents both challenges and opportunities for microenterprises, especially regarding the integration of physical and virtual sales channels. This study reports the experience of a fashion store in Manaus that sought to expand its digital presence through the development of an e-commerce system. The project was conducted as a case study, involving market analysis, requirements gathering, system modeling, and implementation using Next.js for the storefront, React + Vite for the administrative panel, and Supabase as the backend solution, integrating database, authentication, storage, and RLS. The results indicate improvements in operational performance, market reach, and brand strengthening. The study concludes that digital transformation plays a crucial role in enhancing the competitiveness and long-term sustainability of small businesses in the face of evolving market demands.

**Keywords:** Digital transformation; E-commerce; Microenterprises; Next.js; Supabase.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A rápida evolução das tecnologias digitais transformou profundamente as relações de consumo e, por consequência, o ambiente competitivo das empresas. Microempresas enfrentam desafios particulares diante dessa transformação, especialmente pela necessidade de modernizar seus processos e integrar operações físicas ao ambiente digital para acompanhar as tendências de consumo atuais (Schwab, 2016). Este estudo investiga a transformação digital sob a perspectiva da integração física-virtual no contexto de uma microempresa local: a loja Ray-Star, de Manaus.

### 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Apesar de sua importância crescente, a adoção de soluções digitais ainda representa um desafio às microempresas, por envolver não apenas tecnologia, mas mudanças culturais e estratégicas (Rogers, 2016). O caso analisado exemplifica tais dificuldades, mostrando que mesmo com uma base consolidada de clientes, a empresa sentiu a necessidade de expandir suas operações ao meio virtual para não perder competitividade, conforme defendido por Kotler et al. (2017) ao caracterizar o novo consumidor digital.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um sistema de e-commerce na loja Ray-Star, visando promover integração digital, ampliação de mercado e crescimento financeiro.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar as necessidades operacionais e tecnológicas da empresa;
- Projetar e desenvolver a arquitetura do sistema utilizando Next.js, React + Vite e Supabase;
- Avaliar os impactos da adoção do e-commerce na eficiência e alcance comercial da empresa;
- Investigar os benefícios da transformação digital no contexto das microempresas locais.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

A presença digital é hoje diferencial competitivo essencial (Kotler et al., 2017). Microempresas, no entanto, encontram restrições de recursos e acesso à inovação. O estudo é relevante porque trata de um caso concreto de transformação digital na prática, com potencial para subsidiar estratégias semelhantes em outros negócios regionais, ressaltando a importância da tecnologia como propulsora da inclusão e da modernização empresarial.

### 1.5 BREVE REVISÃO TEÓRICA

Transformação digital refere-se à adoção e integração estratégica de tecnologias, impactando processos, produtos, modelos de negócios e cultura organizacional (Rogers, 2016). A Quarta Revolução Industrial, segundo Schwab (2016), reforça o papel central da inovação e flexibilidade diante das novas dinâmicas do mercado. No campo mercadológico, o marketing digital amplia a capacidade de alcance e relacionamento com clientes de maneira acessível, especialmente para microempresas (Deiss & Henneberry, 2017). Da ótica da engenharia de software, destaca-se o design thinking para o desenvolvimento de soluções inovadoras centradas no usuário (Brown, 2010) e a necessidade de processos sistemáticos para assegurar eficiência e qualidade em ambientes digitais (Pressman, 2016).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa adotada neste trabalho é aplicada, de abordagem qualitativa com apoio quantitativo, e possui caráter exploratório e descritivo. Essa combinação foi escolhida porque permite compreender de forma aprofundada um problema real e desenvolver uma solução prática baseada nas necessidades observadas. De acordo com Gil (2008), pesquisas aplicadas têm como finalidade gerar conhecimento útil para resolver demandas específicas, o que exige uma análise contextual e detalhada da realidade estudada.

A abordagem qualitativa é adequada porque possibilita interpretar percepções, processos e comportamentos envolvidos no fenômeno analisado, enquanto o apoio quantitativo contribui para complementar o diagnóstico com dados numéricos que reforçam a consistência da análise. O caráter

exploratório foi selecionado por permitir investigar um tema ainda pouco estruturado no cenário estudado, ampliando o entendimento inicial e orientando decisões fundamentadas. Já a dimensão descritiva se justifica por registrar e caracterizar elementos essenciais do objeto de estudo, oferecendo uma visão clara sobre como o fenômeno ocorre (Gil, 2008).

Por fim, a pesquisa adota o método de estudo de caso, que, segundo Yin (2015), é apropriado quando se pretende analisar profundamente um fenômeno dentro de seu contexto real, permitindo compreender suas particularidades e fundamentar a proposição de soluções adequadas.

## 2.2 ESTUDO DE CASO COM APLICABILIDADE

A pesquisa foi conduzida no contexto do comércio varejista de moda localizado no Centro de Manaus (AM), região marcada pela forte presença de micro e pequenas empresas do segmento têxtil e por um fluxo intenso de consumidores. Esse cenário favorece a análise da adoção de soluções digitais como fator de competitividade ao abordarem o papel estratégico do e-commerce em mercados dinâmicos (Turban et al., 2015).

Para ampliar a compreensão do fenômeno, foram entrevistados proprietários de lojas que já utilizam plataformas digitais como parte de suas operações entre elas: Freestyle, Chame Modas e Atacado do Queima. Essas entrevistas permitiram um comparativo direto das práticas adotadas, evidenciando benefícios como controle operacional mais eficiente, redução de falhas e maior integração entre vendas físicas e virtuais (Kotler et al., 2017)

Entretanto, a aplicabilidade prática do estudo foi realizada integralmente na microempresa Ray-Star, que constitui o foco principal deste trabalho. O desenvolvimento do estudo de caso envolveu contato direto com o proprietário e com os colaboradores responsáveis pelo atendimento e cadastro de produtos. Essa imersão possibilitou mapear detalhadamente os processos manuais existentes, identificar gargalos operacionais como erros de registro, inconsistências de estoque e retrabalhos frequentes. E validar cada uma das funcionalidades implementadas no sistema de e-commerce.

A proximidade com o ambiente operacional permitiu ajustes contínuos ao longo do desenvolvimento, assegurando que a solução tecnológica fosse coerente com as necessidades reais da empresa. Essa abordagem reforça a perspectiva de Yin (2015), para quem o estudo de caso aplicado é especialmente eficaz quando envolve observação direta, análise contextual e interação contínua com os participantes do processo.

## 2.3 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

### 2.3.1 Modelagem e Prototipação do Sistema

Antes do início da implementação, foi realizada uma etapa de modelagem e prototipação que serviu como base para a definição da arquitetura e do fluxo funcional do sistema. As interfaces foram prototipadas no Figma, permitindo visualizar telas, componentes, comportamento das páginas e usabilidade geral. Já a estrutura de dados foi modelada no Schema Visualizer, facilitando a construção de um Modelo Entidade-Relacionamento (MER) consistente e alinhado às necessidades da aplicação.

Esse artefatos permitiram validar decisões de layout, fluxo de navegação, estrutura de tabelas e relacionamento entre entidades antes do desenvolvimento, reduzindo retrabalho e servindo como documentação inicial do projeto. Essa prática está alinhada às recomendações de Shneiderman e Plaisant (2018) para prototipação iterativa e ao processo de análise e modelagem sugerido por Elmasri e Navathe (2016) para sistemas baseados em banco de dados.

### 2.3.2 Arquitetura e Desenvolvimento do Sistema

A etapa de desenvolvimento foi conduzida a partir de uma abordagem modular, incremental e iterativa, permitindo que cada componente fosse projetado, testado e integrado gradualmente à aplicação. Essa estratégia reduz riscos, facilita adaptações e garante maior controle sobre a evolução do software (Pressman e Maxim, 2016).

A arquitetura adotada segue o modelo Cliente–Servidor em camadas, abordagem defendida por Sommerville (2011) para promover separação de responsabilidades, robustez, segurança e facilidade de manutenção.

### 2.3.3 Estrutura da Aplicação

A aplicação final foi dividida em dois ambientes independentes, cada um com finalidades específicas:

1. Loja Virtual – Next.js: Voltada ao público final, utilizando:
  - SSR/SSG para melhor SEO, desempenho e descoberta orgânica da Ray-Star;
  - carregamento rápido de páginas;
  - maior otimização para motores de busca.
2. Painel Administrativo – React + Vite: Destinado exclusivamente à equipe gestora, construído como SPA, oferecendo:
  - fluidez e atualização instantânea das telas;
  - ambiente eficiente para gestão de produtos, variações, pedidos e usuários;

- melhor experiência de edição e controle, de acordo com recomendações de NIELSEN (1993).

### 2.3.4 Backend e Camada de Dados

O backend foi implementado com o Supabase, que integra:

- Banco de dados PostgreSQL;

#### 2.3.4.1 Banco de Dados

O sistema utiliza o PostgreSQL como sistema gerenciador de banco de dados relacional, fornecido pela plataforma Supabase. A escolha do PostgreSQL justifica-se por sua robustez, confiabilidade e amplo suporte a transações, integridade referencial e consultas complexas, características fundamentais para aplicações de e-commerce.

- Autenticação de usuários;
- Armazenamento de arquivos (Storage);
- Funções RPC escritas diretamente em SQL;
- Políticas avançadas de segurança via Row Level Security (RLS).

A modelagem seguiu princípios de normalização e integridade descritos por Elmasri e Navathe (2016), garantindo tratamento correto de relacionamentos, chaves primárias e consistência dos dados.

Regras de permissão, modificação de estoque, aprovação de administradores e outras operações sensíveis foram encapsuladas em RPCs, impedindo exposição de lógicas críticas no front-end. Essa prática reforça o princípio do privilégio mínimo discutido por Stallings (2017) no contexto de segurança de aplicações.

### 2.3.5 Módulo de Produtos

O módulo de produtos foi projetado com:

- suporte a múltiplas imagens;
- controle de variações (cor, tamanho, estoque individual);
- preços independentes por variação;
- upload organizado no Supabase Storage, com renomeação automática.

### 2.3.6 Integração de Pagamentos

A integração com o Pagar.me foi implementada seguindo o padrão client-server, no qual dados de pagamento nunca passam pelo front-end. O fluxo inclui:

- criação do pedido no banco;

- envio dos dados ao Pagar.me via backend;
- geração automática do QR Code (Pix) ou fluxo de cartão;
- retorno da API atualizando o status do pedido;
- sincronização automática do painel administrativo.

Essa abordagem reduz riscos, minimiza fraudes e mantém o sistema em conformidade com boas práticas de segurança (STALLINGS, 2017).

### 2.3.7 Cálculo e Logística De Frete

O cálculo do frete foi projetado de forma compatível com a operação real da empresa:

- conversão de CEP em latitude/longitude via serviço de BrasilCEP;
- geração automática de deep links para aplicativos de transporte (Uber);
- conversão desses links em QR Codes para facilitar a leitura por entregadores;
- valores definidos por tabela fixa, armazenada no banco por regiões de Manaus.

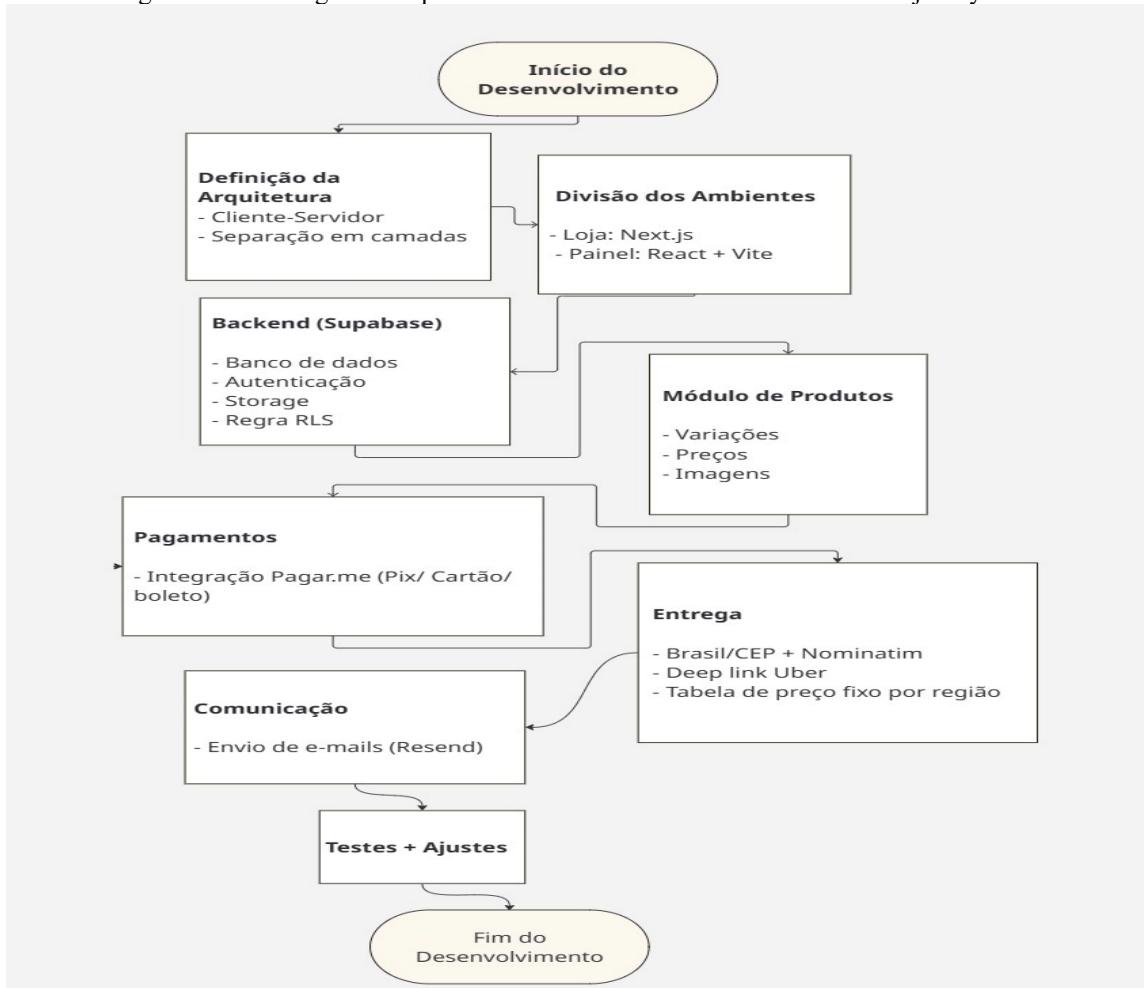
O administrador atualiza manualmente o andamento da entrega, integrando o sistema ao fluxo operacional já existente.

### 2.3.8 Comunicação Transacional

E-mails automáticos foram configurados via Resend (SMTP), acionados diretamente pelo Supabase, incluindo:

- recuperação de senha;
- aprovação e rejeição de administradores;
- confirmações de pedidos.

Figura 2.1 – Fluxograma do processo de desenvolvimento do sistema da loja Ray-Star.



Fonte: Elaborado pelos autores no Miro (2025).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 SITUAÇÃO INICIAL DA EMPRESA

Antes da implantação do e-commerce, o funcionamento online da Ray-Star ocorria de forma totalmente manual, baseado principalmente na captação de clientes por meio de um cartão de visitas físico que continha apenas o número de telefone da loja. Esse cartão era distribuído presencialmente ou enviado junto aos pedidos, servindo como o principal meio para que novos clientes entrassem em contato.

A partir desse cartão, todo o atendimento digital acontecia exclusivamente pelo WhatsApp, que funcionava simultaneamente como canal de comunicação, vitrine, catálogo e registro de pedidos. Processos que dependem de canais informais e não estruturados apresentam maior tendência a falhas, justamente por não possuírem mecanismos automatizados de registro e controle (Turban et al., 2015). Na prática da Ray-Star, isso se manifestava quando o cliente solicitava fotos, preços, tamanhos e disponibilidade dos produtos, exigindo que os colaboradores enviassem manualmente cada informação solicitada.

Esse processo tornava o atendimento lento, repetitivo e suscetível a erros operacionais. A comunicação intermediada exclusivamente por interação humana aumenta significativamente o risco de

perda de informações, ruídos e inconsistências. Na rotina da loja, isso significava depender integralmente de mensagens enviadas e recebidas, sem qualquer sistema estruturado de registro ou histórico. (Evans e Wurster, 2000).

Diversas etapas do fluxo de vendas contribuíam para a geração de falhas:

- envio manual de fotos de produtos;
- anotações informais dos pedidos;
- riscos constantes de perda ou desencontro de mensagens;
- divergências entre o preço real e o informado ao cliente.

A ausência de sistemas padronizados compromete a rastreabilidade e a confiabilidade das informações, especialmente quando o negócio depende de operações rápidas e atualizações frequentes. Isso reflete diretamente na Ray-Star, onde não existia um catálogo digital estruturado permitindo consulta rápida e atualizada (Laudon e Laudon, 2014).

Da mesma forma, a falta de centralização dos dados dificulta o controle operacional e amplia o risco de inconsistências. Esse efeito era evidente no estoque da loja, onde informações eram anotadas manualmente, sem integração com o atendimento digital. Stair e Reynolds (2018)

A limitação do catálogo manual também restringia o alcance da loja, uma vez que o cliente dependeria sempre do envio individual de fotos para conhecer os produtos. Negócios que não utilizam canais digitais adequados reduzem significativamente sua capacidade competitiva, principalmente em mercados de varejo dinâmicos, como o de moda (Chaffey, 2015).

Além disso, a forte dependência da atuação humana no atendimento, e na comunicação aumentava a probabilidade de falhas. Processos manuais tendem ao retrabalho e à ineficiência, especialmente quando exigem repetição de tarefas e alto volume de interação humana, exatamente o cenário encontrado na Ray-Star (Hammer, 2001).

Nesse contexto, a digitalização surge como uma necessidade estratégica. Microempresas que adotam soluções digitais conseguem reduzir erros operacionais, otimizar o tempo de atendimento e melhorar o relacionamento com o cliente, assim como orienta a Sebrae (2022). Essa visão mostra que a transformação digital é essencial para promover eficiência, integração e maior competitividade nas pequenas empresas (Oliveira e Maçada, 2019). Para ilustrar esse cenário, serão apresentadas:

Figura 3.1 – Interação empresa e cliente



Fonte: Autores (2025)

A Figura (3.1) Evidencia a forte dependência de processos manuais e a necessidade de um sistema mais estruturado e automatizado para a Ray-Star.

### 3.2 RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO COM OUTRAS LOJAS

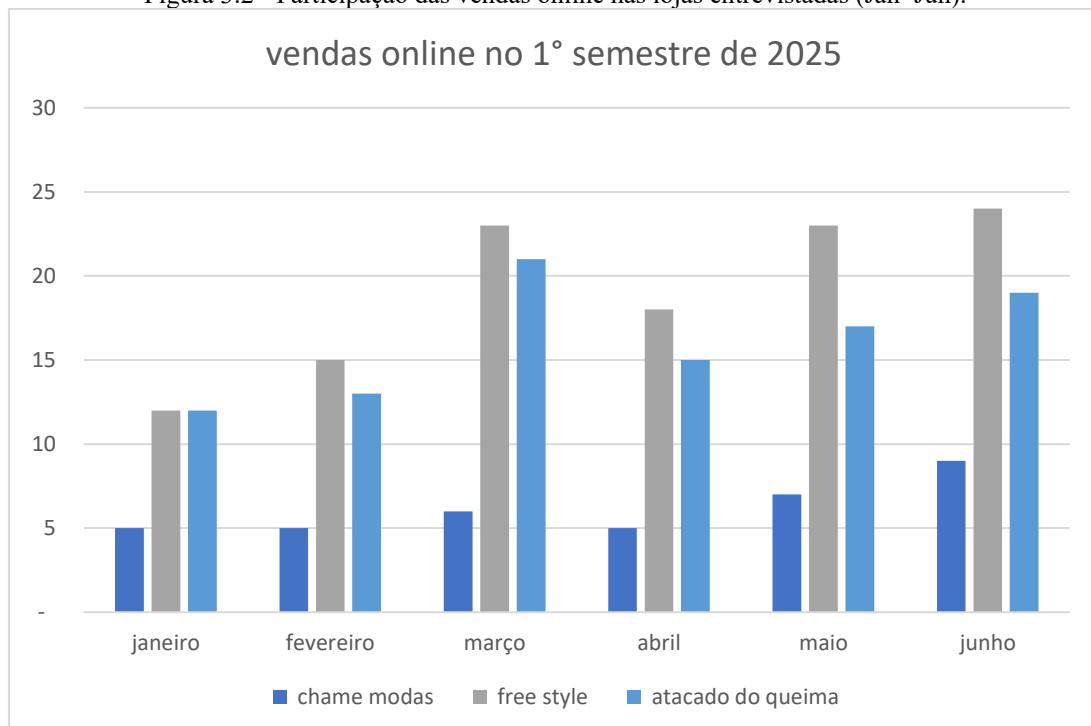
A pesquisa de campo incluiu entrevistas com três microempresas do varejo de moda local: Freestyle, Chame Modas e Atacado do Queima, com o objetivo de comparar práticas digitais adotadas por negócios semelhantes à Ray-Star. Todas essas empresas, embora também utilizem canais como WhatsApp e Instagram, já contam com processos mais estruturados, incluindo catálogos de produtos organizados e controle de estoque mais eficiente.

Os gestores relataram que, ao adotar um catálogo digital padronizado e atualizado, o atendimento tornou-se mais ágil, reduzindo a necessidade de envio manual de fotos e informações repetidas. Esse tipo de prática se alinha ao que Churchill e Peter (2012) chamam de "redução de fricção" na jornada de compra, uma vez que o consumidor acessa informações de forma mais rápida e clara. Além disso, as três empresas afirmaram que o uso de ferramentas simples de controle de estoque, como planilhas organizadas ou sistemas básicos, diminuiu inconsistências e erros de disponibilidade, problema comum em operações totalmente manuais.

Outro ponto recorrente nas entrevistas foi o crescimento contínuo da participação das vendas online durante os primeiros seis meses do ano. Esse comportamento acompanha tendências atuais de consumo, nas quais o cliente transita naturalmente entre o ambiente físico e digital (Solomon, 2016). Tal migração para canais online destacam que a integração entre meios offline e digitais, aumenta a competitividade das empresas. (Kotler et al., 2017)

Para ilustrar esse cenário, foi elaborado um gráfico consolidado com o percentual de vendas online das três lojas entre janeiro e junho. A tendência observada reflete um movimento global já mapeado por organizações como a Mckinsey & Company (2021), que identificam crescimento consistente nos canais digitais do varejo, impulsionado pela conveniência e rapidez na obtenção de informações.

Figura 3.2 - Participação das vendas online nas lojas entrevistadas (Jan–Jun).



Fonte: Autores (2025)

A partir da análise do gráfico, Figura (3.2). Observa-se que todas as lojas apresentaram aumento gradual na participação das vendas online. A Freestyle passou de 12% para 24%, enquanto a Chame Modas e o Atacado do Queima demonstraram comportamento semelhante, evidenciando que mesmo microempresas com operações simples colhem resultados expressivos ao estruturar seus canais digitais. Demonstrando empresas com múltiplos pontos de contato e processos integrados tendem a gerar maior engajamento e conversão. Kumar e Petersen (2021).

Por fim, a pesquisa de campo mostrou que, embora ainda façam uso do WhatsApp, as lojas entrevistadas já utilizam processos mais eficientes, como catálogo padronizado, que reduzem erros,

agilizam o atendimento e melhoram a experiência do cliente. Esses resultados reforçam a necessidade de que a Ray-Star avance em direção à digitalização estruturada, a fim de alcançar os mesmos ganhos observados entre empresas do mesmo setor.

### 3.3 ANÁLISE DE PROBLEMAS ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO

Antes da implantação do e-commerce, foram identificados diversos problemas estruturais nos processos internos da Ray-Star, especialmente no cadastro de produtos, no atendimento ao cliente e na comunicação via WhatsApp. A ausência de sistemas integrados e o alto nível de dependência de tarefas manuais resultavam em erros recorrentes, retrabalho e baixa eficiência operacional.

O cadastro e atualização do catálogo apresentavam problemas significativos. Como as informações eram revisadas e reenviadas manualmente, qualquer alteração, preço, tamanho, modelo ou cor exigia a produção de novos arquivos, o que consumia tempo e aumentava a chance de omissões ou duplicidades. Esse retrabalho constante evidencia a ausência de um fluxo digital eficiente, demonstra como a falta de digitalização cria gargalos e reduz a capacidade de resposta da empresa. (Stair e Reynolds, 2017)

No atendimento ao cliente, todo o relacionamento ocorria exclusivamente via WhatsApp, o que gerava falhas de comunicação, mensagens perdidas, demora nas respostas e dificuldade em acompanhar pedidos. O acúmulo de conversas sem registro formal aumentava a probabilidade de erros, contribuindo inclusive para a perda de pedidos em horários de maior movimento. Esse problema interfere diretamente na experiência do consumidor (Stair e Reynolds, 2017).

A ausência de integração entre esses processos reforça uma limitação estrutural: diferentes atividades funcionavam de forma desconectada, sem um sistema capaz de unificar catálogo e pedidos. Esse tipo de fragmentação operacional é descrito como uma barreira típica em negócios tradicionais, onde a ausência de produtos e processos “conectados” impede a criação de fluxos confiáveis e sincronizados. (Porter e Heppelmann, 2014)

Assim, percebe-se que, antes da transformação digital, a Ray-Star dependia quase integralmente de procedimentos manuais, vulneráveis a erros e sem escalabilidade. Assim confirmando esse diagnóstico ao demonstrar que organizações que operam sem integração digital tendem a apresentar ineficiências, falhas de comunicação e baixa previsibilidade operacional.

### 3.4 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

O desenvolvimento do e-commerce da Ray-Star foi estruturado com foco em desempenho, praticidade e facilidade de manutenção. Para isso, adotou-se um conjunto de tecnologias modernas e amplamente suportadas, garantindo uma solução estável e adequada ao perfil operacional da empresa.

No front-end, utilizou-se Next.js na loja virtual e React com Vite no painel administrativo. O Next.js permite páginas mais rápidas e melhor desempenho em dispositivos móveis, além de contribuir para maior visibilidade em mecanismos de busca. Já o React com Vite oferece um ambiente de desenvolvimento leve, com recarregamento rápido e excelente produtividade, facilitando a criação das telas administrativas usadas diariamente pela equipe (Freeman & Freeman, 2020)

No back-end, o sistema utiliza o Supabase, que reúne autenticação, banco de dados e armazenamento integrado. Essa escolha reduz a complexidade da arquitetura e torna o desenvolvimento mais ágil. Para o banco de dados, adotou-se o PostgreSQL, reconhecido por sua estabilidade, segurança e capacidade de lidar com dados estruturados, essenciais para controlar produtos, pedidos e usuários com confiabilidade.

Por fim, nas integrações externas, foram utilizadas APIs que adicionam funcionalidades essenciais ao e-commerce. O Pagar.me foi escolhido pela facilidade de integração com cartão e PIX, enquanto o Resend foi adotado para envio de e-mails transacionais com alta taxa de entrega, garantindo comunicação clara e automática entre sistema, administradores e clientes (Kleppmann, 2017)

Assim, as tecnologias selecionadas equilibram desempenho, segurança e simplicidade operacional, resultando em uma solução moderna, escalável e alinhada às necessidades da Ray-Star.

### 3.5 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA DESENVOLVIDO

Esta seção apresenta a estrutura geral do e-commerce desenvolvido para a Ray-Star, incluindo o fluxo de navegação do usuário, as telas principais da loja e o painel administrativo utilizado pela equipe para gerenciar produtos, pedidos e estoque.

#### 3.5.1 Estrutura Geral do Site

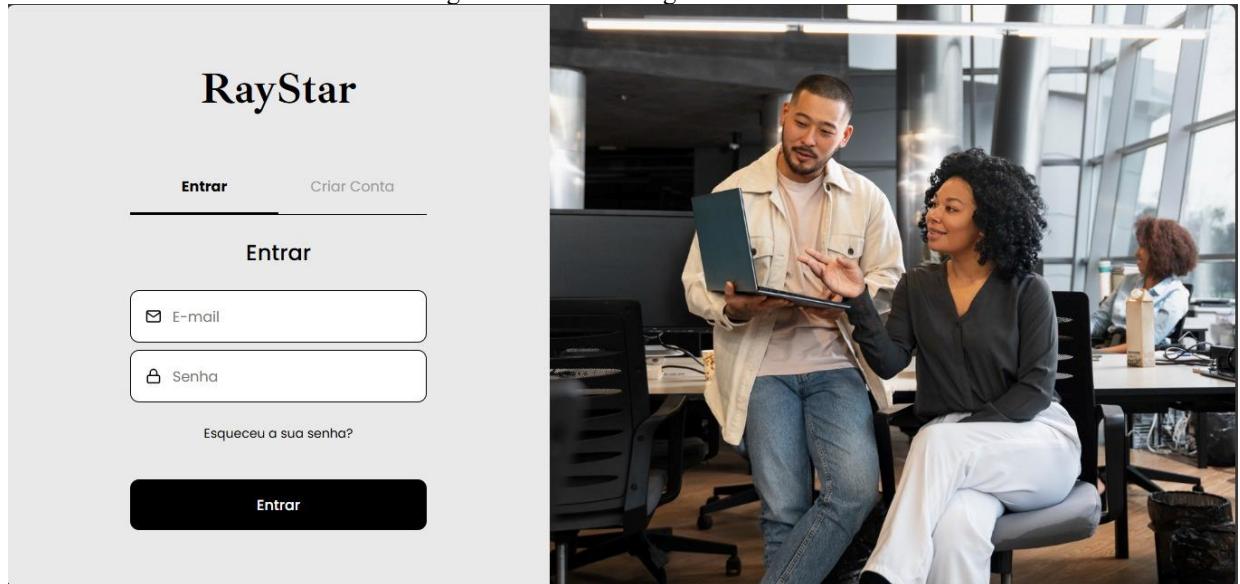
O e-commerce foi organizado seguindo um fluxo intuitivo que facilita a navegação do cliente e reduz o tempo necessário para concluir uma compra. O percurso principal segue as etapas:

1. Catálogo de Produtos
2. Página Individual do Produto
3. Carrinho de Compras
4. Finalização do Pedido (Checkout)
5. Confirmação da Compra

### 3.5.2 Telas do Site

As telas a seguir ilustram a experiência do usuário durante a navegação na loja virtual. A tela de login permite que o cliente acesse sua conta, visualize pedidos anteriores e finalize compras com maior rapidez. O layout foi desenvolvido para ser direto e fácil de utilizar.

Figura 3.3 - Tela de login do usuário.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Catálogo de Produtos: Tela inicial onde os produtos são exibidos com nome, preço e imagem, permitindo rápida visualização.

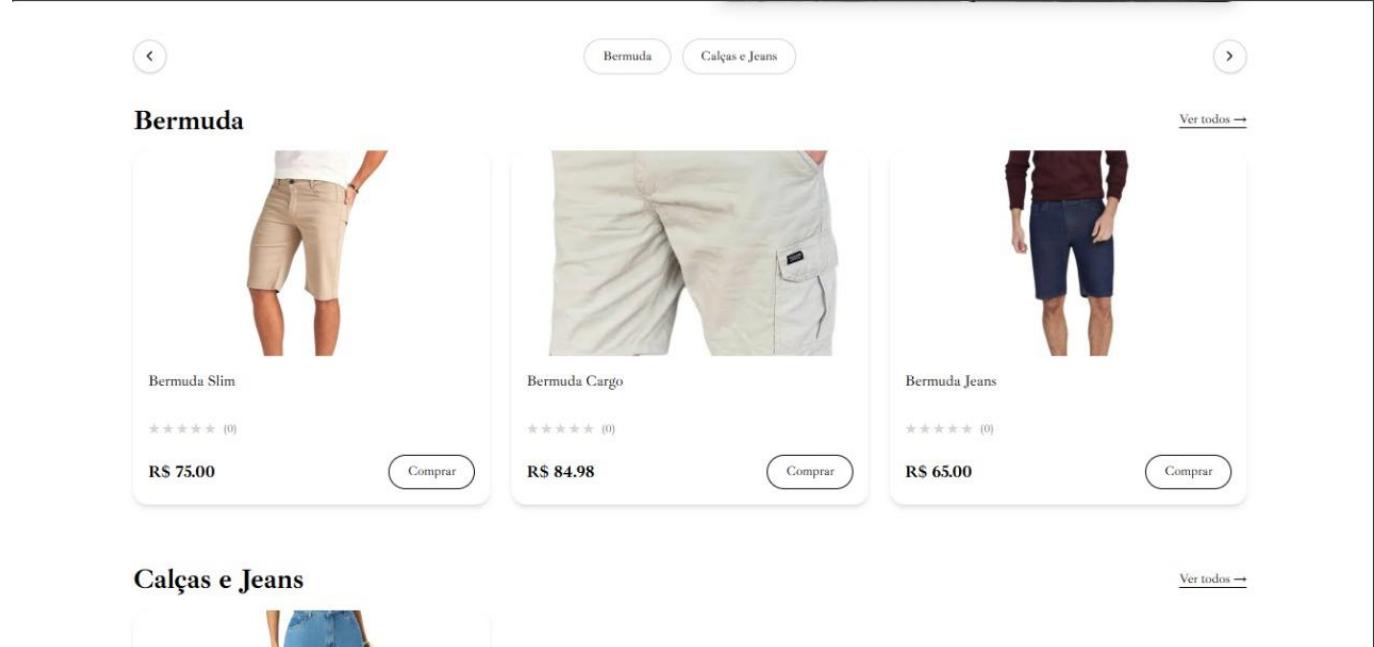
Figura 3.4 - Tela do catálogo de produtos da Ray-Star.

Produto	Categoria	Disponibilidade	
Bermuda Cargo	Bermuda	Sim	<b>DETALHES</b>
Bermuda Cargo	Calças e Jeans	Sim	<b>DETALHES</b>
Bermuda Jeans	Bermuda	Sim	<b>DETALHES</b>
Bermuda Slim	Bermuda	Sim	<b>DETALHES</b>
Blazer Slim	Agasalhos	Sim	<b>DETALHES</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Página do Produto: Exibe os detalhes do item selecionado, incluindo descrição, preço, variações e botão de compra.

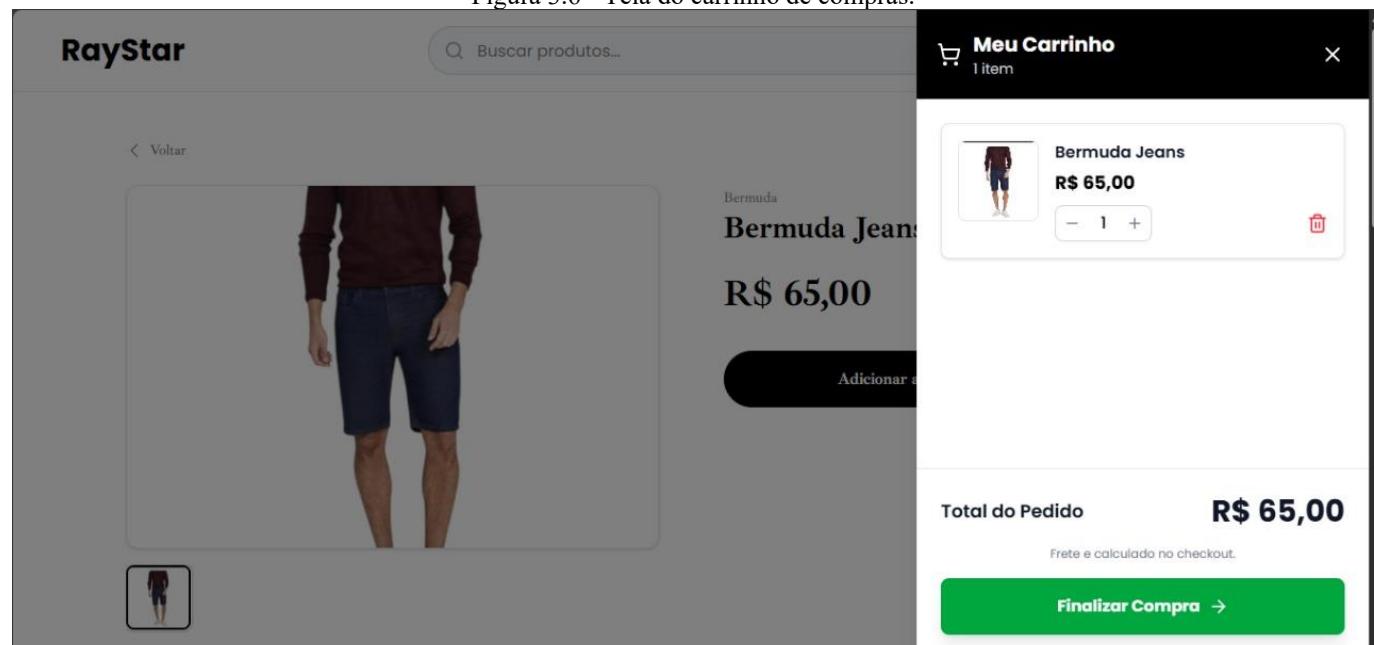
Figura 3.5 - Tela de detalhes do produto no e-commerce.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Carrinho de Compras: Mostra todos os itens selecionados, quantidades e subtotal, permitindo ajustes antes da compra.

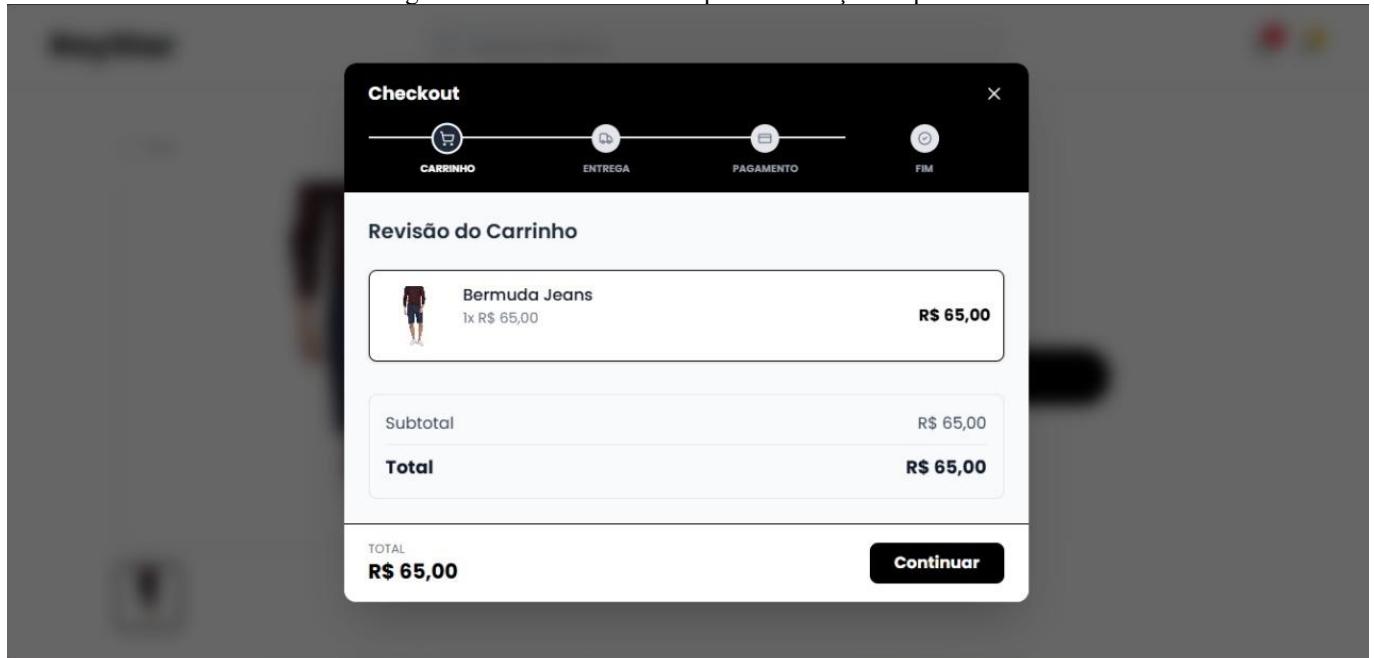
Figura 3.6 - Tela do carrinho de compras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Finalização do Pedido (Checkout): Apresenta o resumo da compra, dados do cliente e opções de pagamento (PIX e cartão).

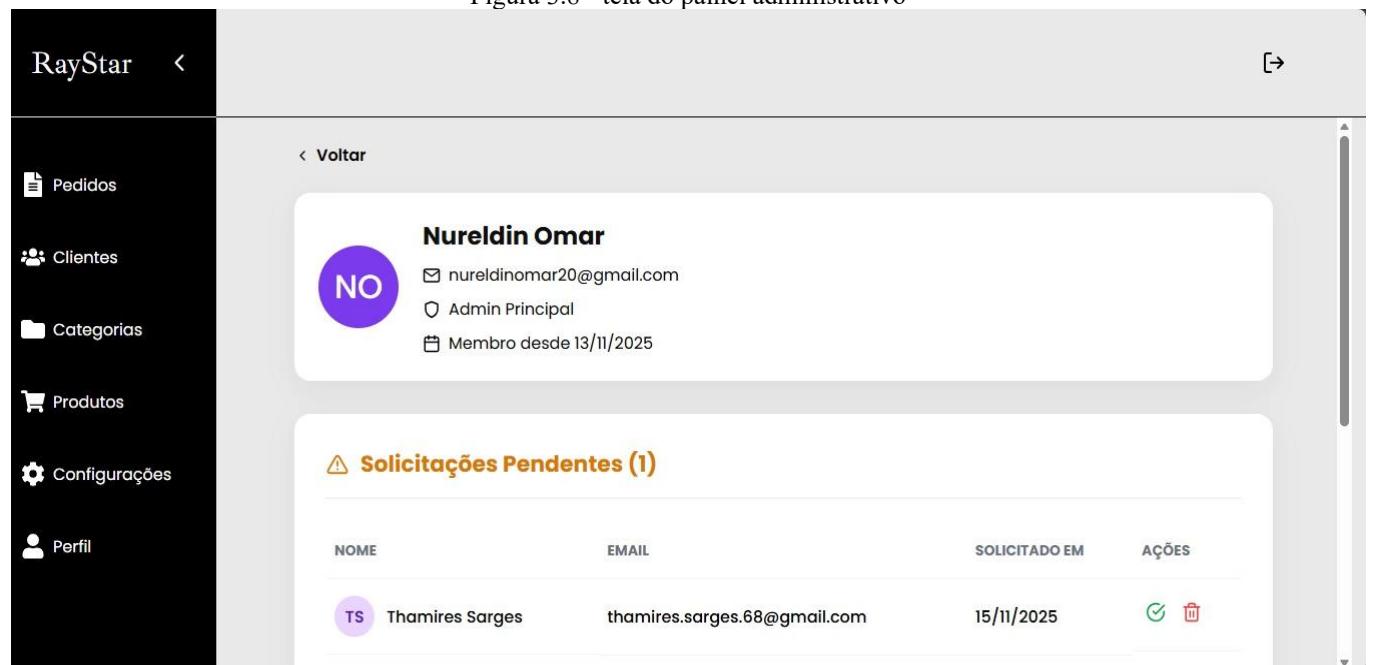
Figura 3.7 - Tela de checkout para finalização do pedido.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Painel Administrativo: O painel administrativo permite que a equipe da Ray-Star gerencie os produtos e pedidos de forma centralizada e eficiente.

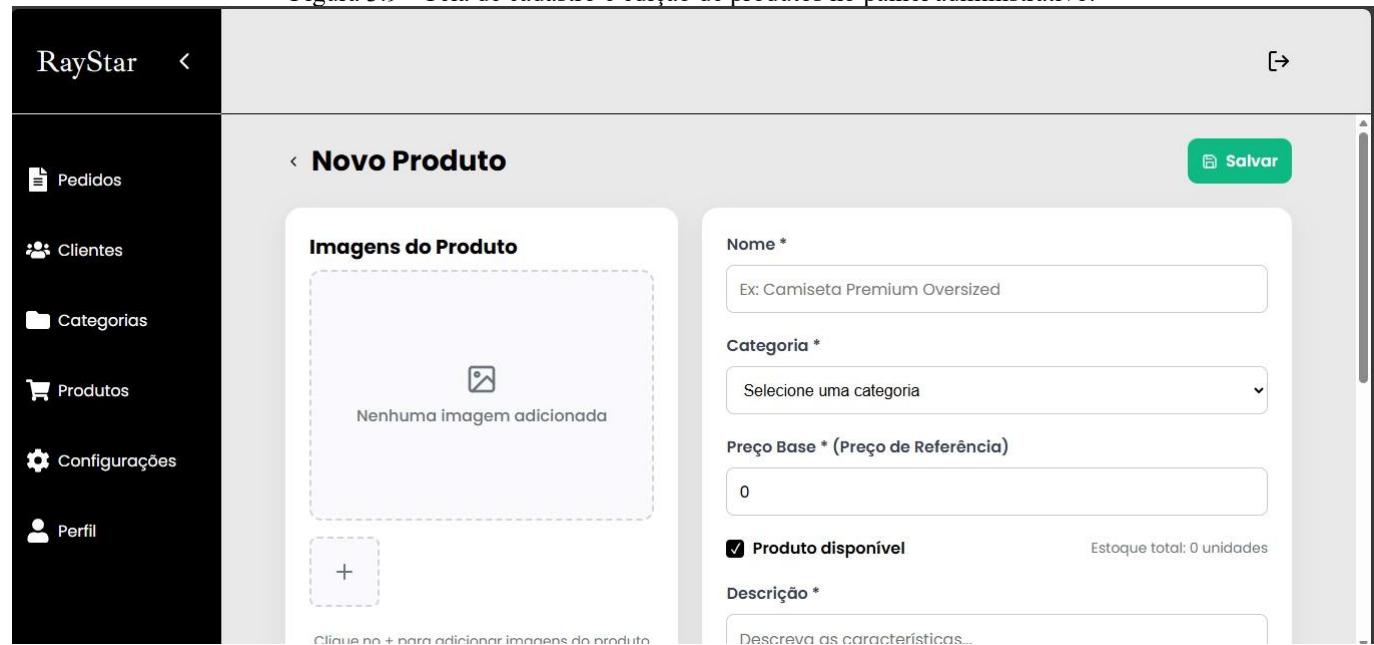
Figura 3.8 - tela do painel administrativo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Cadastro e Edição de Produtos: Área destinada à criação, edição e organização do catálogo de produtos disponível no site.

Figura 3.9 - Tela de cadastro e edição de produtos no painel administrativo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Histórico e Gerenciamento de Pedidos: Exibe todos os pedidos recebidos, com status, data, valor total e informações do cliente.

Figura 3.10 - Tela de histórico e gerenciamento de pedidos.

RayStar	Ver Loja	Sair																				
<b>Pedidos</b>	Pesquise por nome	<input type="button" value="Q"/>																				
<b>Clientes</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nome</th> <th>Email</th> <th>Telefone</th> <th>CPF</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cliente 1</td> <td>cliente1@gmail.com</td> <td>(99) 99999-9999</td> <td>111.111.111-11</td> <td><input type="button" value="DETALHES"/></td> </tr> <tr> <td>Cliente 2</td> <td>cliente2@gmail.com</td> <td>(99) 99999-9999</td> <td>222.222.222-22</td> <td><input type="button" value="DETALHES"/></td> </tr> <tr> <td>Cliente 3</td> <td>cliente3@gmail.com</td> <td>(99) 99999-9999</td> <td>333.333.333-33</td> <td><input type="button" value="DETALHES"/></td> </tr> </tbody> </table>	Nome	Email	Telefone	CPF		Cliente 1	cliente1@gmail.com	(99) 99999-9999	111.111.111-11	<input type="button" value="DETALHES"/>	Cliente 2	cliente2@gmail.com	(99) 99999-9999	222.222.222-22	<input type="button" value="DETALHES"/>	Cliente 3	cliente3@gmail.com	(99) 99999-9999	333.333.333-33	<input type="button" value="DETALHES"/>	
Nome	Email	Telefone	CPF																			
Cliente 1	cliente1@gmail.com	(99) 99999-9999	111.111.111-11	<input type="button" value="DETALHES"/>																		
Cliente 2	cliente2@gmail.com	(99) 99999-9999	222.222.222-22	<input type="button" value="DETALHES"/>																		
Cliente 3	cliente3@gmail.com	(99) 99999-9999	333.333.333-33	<input type="button" value="DETALHES"/>																		
<b>Produtos</b>																						
<b>Configurações</b>																						
<b>Perfil</b>																						

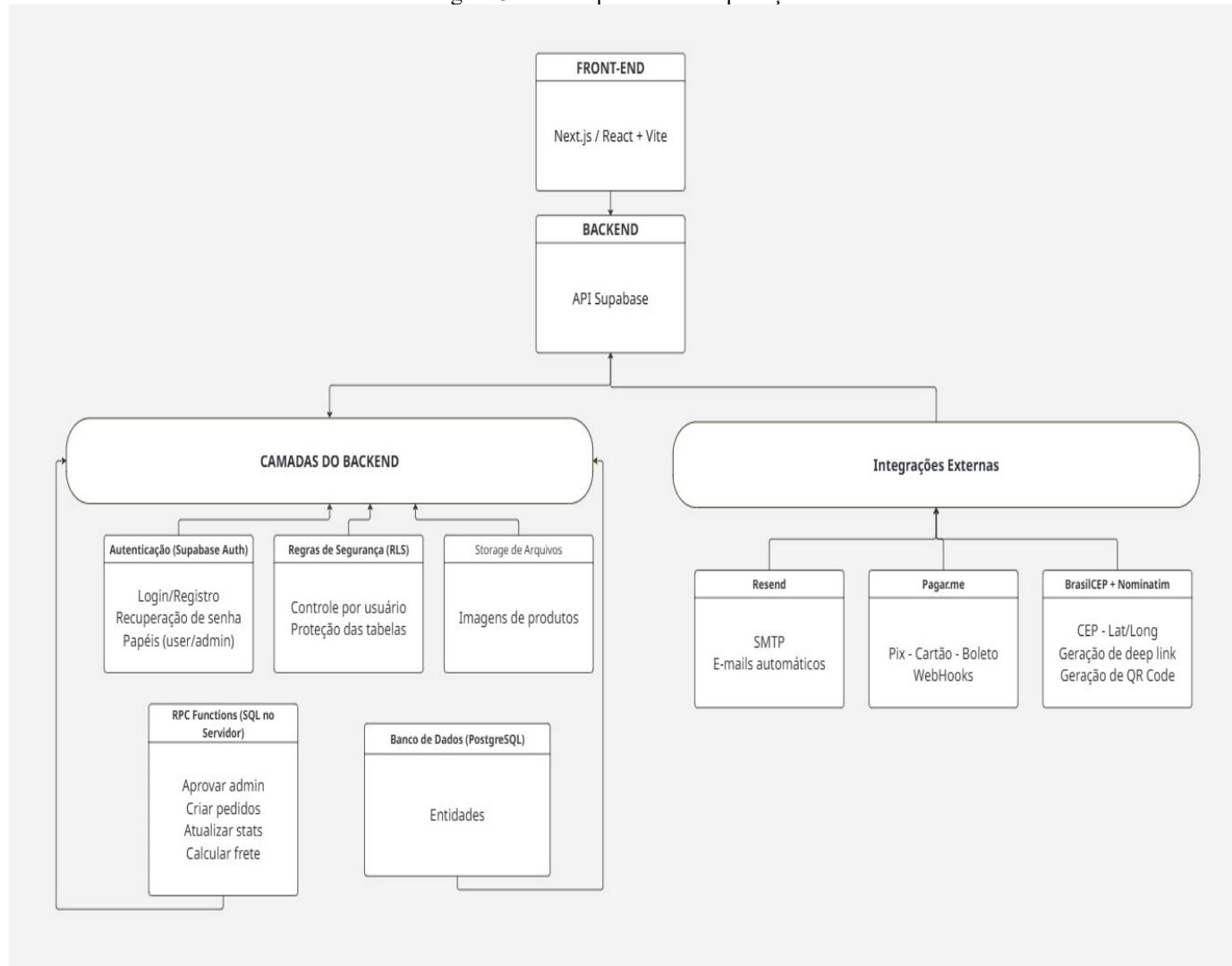
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

### 3.6 ESTRUTURA DO BACK-END

A arquitetura do back-end do sistema foi organizada de forma modular para garantir segurança, desempenho e integração completa entre as funcionalidades essenciais do e-commerce. O Supabase, utilizado como núcleo da camada de dados e lógica, concentra autenticação, políticas de segurança (RLS), armazenamento de arquivos, funções RPC e banco de dados PostgreSQL.

Essas camadas se conectam diretamente ao front-end desenvolvido em Next.js e React + Vite, que consome a API de forma segura e padronizada. Além disso, módulos externos como Resend, Pagar.me e serviços de geocodificação foram integrados ao sistema para possibilitar automação de e-mails, processamento de pagamentos, cálculo de frete e geração de QR Codes. A Figura 3.11) apresenta a visão geral dessa arquitetura e suas inter-relações.

Figura 3.11 – Arquitetura da Aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

### 3.7 RESULTADOS APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO E-COMMERCE

A implementação do e-commerce da Ray-Star trouxe melhorias consistentes na organização interna, na comunicação com os clientes e na estruturação dos processos de venda. A migração para um ambiente digital permitiu substituir tarefas manuais por fluxos mais eficientes, alinhados às práticas recomendadas para sistemas de informação modernos (Stair & Reynolds, 2017).

#### 3.7.1 Melhoria na Organização dos Processos

Com o uso do painel administrativo, o gerenciamento do catálogo e dos pedidos passou a ocorrer de forma padronizada e centralizada. Isso reduziu inconsistências, diminuiu a necessidade de retrabalho e tornou a operação mais previsível, reforçando a importância da digitalização para microempresas (Rogers, 2016).

#### 3.7.2 Atendimento Mais Ágil e Redução de Mensagens Repetitivas

Antes da digitalização, grande parte das interações dependia de mensagens manuais via WhatsApp. Com o e-commerce, muitas informações passaram a estar disponíveis diretamente no site, reduzindo o volume de atendimentos repetitivos e aumentando a agilidade das respostas. Esse resultado está alinhado à importância de canais digitais estruturados para melhorar a experiência do cliente (Kotler et al., 2017).

#### 3.7.3 Navegação Estruturada e Fluxos Mais Claros

A organização das etapas de compra tornou o processo mais intuitivo e reduziu dúvidas durante a jornada de compra. A clareza do fluxo contribuiu para uma experiência mais fluida e profissional, destacada na literatura como fundamental em ambientes digitais (Freeman & Freeman, 2020).

#### 3.7.4 Centralização das Informações e Maior Controle Operacional

A concentração de dados de pedidos, clientes e produtos em um único sistema facilitou a gestão diária e melhorou a confiabilidade das informações. A centralização é apontada como uma das principais vantagens de sistemas de informação aplicados a operações comerciais (Kleppmann, 2017).

#### 3.7.5 Indicadores Pós-Implementação

Embora o aumento ainda não seja expressivo, observa-se uma tendência positiva para os próximos meses. Considerando que as vendas variam mês a mês, o proprietário demonstrou satisfação com os resultados alcançados até o momento e mostrou-se otimista quanto ao desempenho futuro do sistema (Rogers, 2016).

Figura 3.12 - Evolução dos resultados operacionais após a implementação do e-commerce.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os resultados observados na figura (3.12) é que após a implementação a Ray-Star demonstrou avanços importantes: maior organização interna, atendimento mais rápido e fluxos de compra mais claros.

A digitalização trouxe mais previsibilidade e controle ao processo operacional, confirmando a importância da adoção de tecnologias modernas para ampliar eficiência em microempresas (Stair & Reynolds, 2017).

### 3.8 COMPARAÇÃO ANTES E DEPOIS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

A implementação do e-commerce permitiu comparar o desempenho operacional da Ray-Star em dois períodos distintos: o período antes da digitalização (janeiro a julho) e o período após o início da utilização da plataforma (agosto a outubro). Esses dados foram analisados para identificar mudanças nos processos internos, na organização das rotinas e na eficiência do atendimento.

De forma geral, observou-se que, antes da adoção do sistema, os indicadores de desempenho variavam entre 6% e 10%, com oscilações relacionadas principalmente à falta de padronização e à dependência de processos manuais.

Após a implementação do e-commerce, os indicadores ficaram mais estáveis, situando-se entre 9% e 11%, refletindo um fluxo mais organizado e menos sujeito a falhas operacionais (Stair & Reynolds, 2017).

### 3.8.1 Comparação dos Principais Aspectos Operacionais

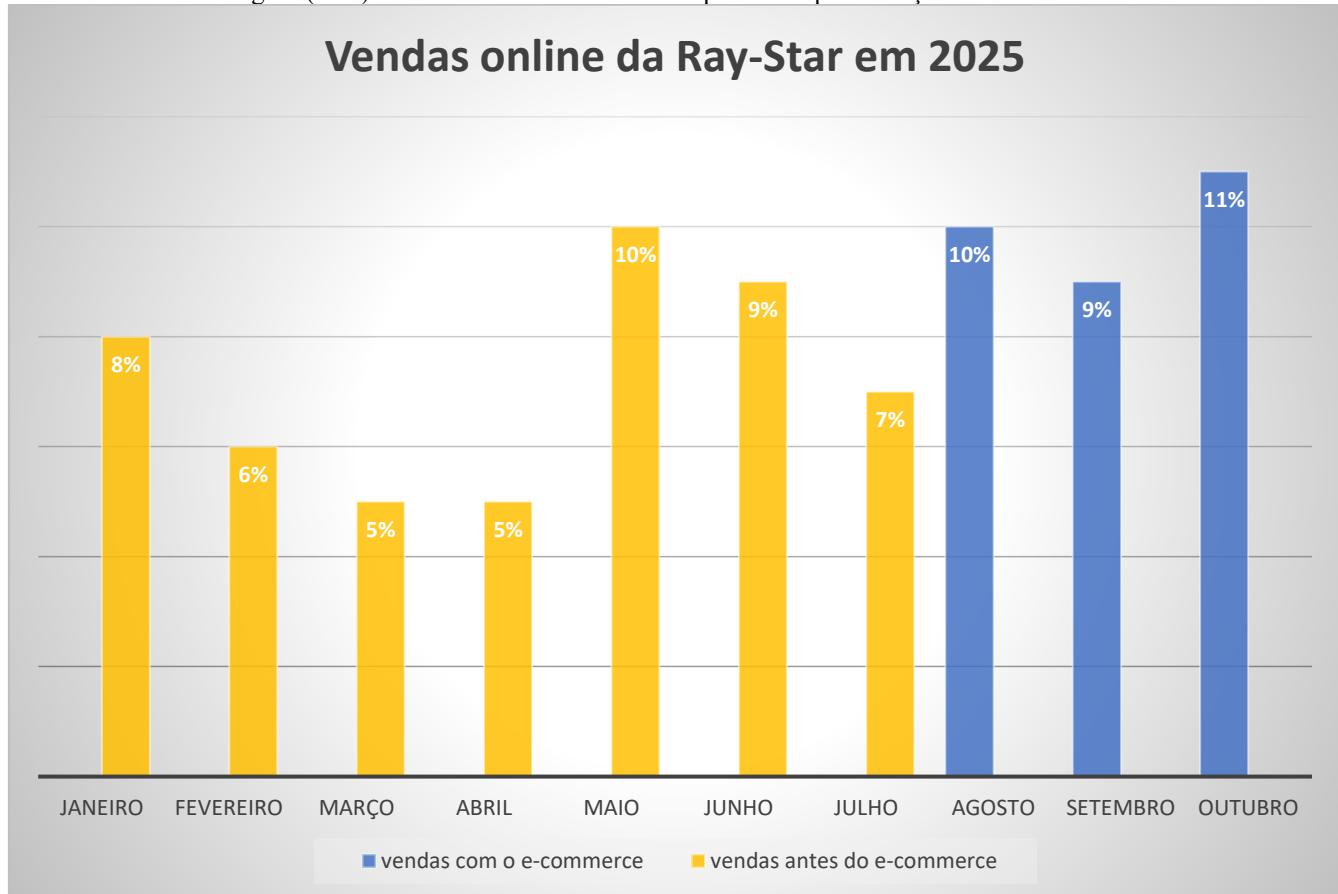
Além dos percentuais de desempenho mostrados na figura (3.15), a análise também considerou aspectos qualitativos que influenciam diretamente as operações da empresa. A tabela (3.1) apresenta uma comparação estruturada dos elementos observados antes e depois da digitalização:

Tabela 3.1- comparação do antes e depois da implementação do e-commerce

Aspecto avaliado	Antes da implementação	Após a implementação
Desempenho geral	6% a 10% (alto nível de variação)	9% a 11% (maior estabilidade)
Organização interna	Baixa, com divergências	Alta, com dados padronizados
Retrabalho	Frequente	Reduzido significativamente
Fluxo de compra	Fragmentado (WhatsApp)	Estruturado (site completo)
Tempo de resposta	Lento e inconsistente	Mais rápido e uniforme
Comunicação com o cliente	Depende de mensagens manuais	Mais direta, com informações no site

Fonte: elaborada pelos autores (2025)

Figura (3.13) – Resultados obtidos antes e depois da implementação do e-commerce



Fonte: Elaborado pelo autor com dados obtidos com o proprietário (2025).

O gráfico apresentado na Figura (3.13) evidencia a evolução das vendas da empresa Ray-Star ao longo de 2025, comparando o período anterior e posterior à implementação do sistema de e-commerce. Observa-se que, nos meses iniciais (janeiro a julho), quando as vendas ainda ocorriam predominantemente

de forma presencial, os percentuais mantiveram-se relativamente estáveis, variando entre 5% e 10%, com pequenas oscilações ao longo do período.

A partir do mês de agosto, momento em que ocorre a implantação do e-commerce, nota-se uma mudança significativa no comportamento das vendas. Os meses subsequentes (agosto, setembro e outubro) apresentam crescimento mais consistente, com percentuais que alcançam 10%, 9% e 11%, respectivamente. Esse aumento indica que a presença digital contribuiu para ampliar o alcance da empresa, facilitar o processo de compra e melhorar a experiência do cliente.

### **3.8.2 Interpretação dos Resultados**

A comparação evidencia que a digitalização trouxe maior estabilidade, previsibilidade e clareza aos processos. Enquanto o desempenho anterior apresentava variações maiores, causadas por falhas de comunicação e retrabalho, o ambiente digital reduziu a margem de erro e organizou o fluxo de compra, permitindo que a operação ficasse mais uniforme (Rogers, 2016).

A estabilização entre 9% e 11% após a implementação reflete uma operação mais madura e alinhada às recomendações presentes na literatura sobre eficiência em ambientes digitais, onde a padronização e o acesso centralizado às informações influenciam diretamente o desempenho (Kleppmann, 2017).

### **3.8.3 Síntese da Comparação**

Os dados demonstram que a transformação digital não apenas aumentou os indicadores, mas, principalmente, reduziu a oscilação e trouxe estabilidade ao desempenho da empresa, tornando o processo mais confiável e previsível. Além disso, a organização interna e o fluxo estruturado proporcionados pelo e-commerce contribuíram para a redução de retrabalho e um atendimento mais ágil, alinhando a operação da Ray-Star às melhores práticas de sistemas de informação (Kotler et al., 2017).

## **3.9 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS COM BASE NA TEORIA**

Os resultados obtidos após a implementação do e-commerce podem ser interpretados à luz dos conceitos de Engenharia de Software, Engenharia da Computação, Sistemas de Informação e Transformação Digital. A reorganização dos processos da Ray-Star demonstra que a digitalização gerou não apenas melhorias administrativas, mas também avanços significativos em termos de arquitetura, confiabilidade, padronização e qualidade operacional, conforme discutido pela literatura especializada.

A primeira mudança observada está relacionada à redução da variabilidade operacional, resultado direto da substituição de fluxos manuais por processos computacionais padronizados. Como apontam Stair e Reynolds (2017), sistemas de informação centralizados reduzem a probabilidade de erros humanos, aumentam a coerência dos registros e fornecem maior previsibilidade ao comportamento do sistema. Na

Ray-Star, tarefas antes suscetíveis a falhas como: atualização do catálogo e registro de pedidos, e passaram a seguir regras definidas pelo software, o que elevou a integridade das informações.

Do ponto de vista da engenharia da computação, a arquitetura adotada (front-end estruturado, back-end unificado e banco de dados relacional) contribuiu para a estabilidade dos resultados obtidos. Kleppmann (2017) destaca que sistemas modernos baseados em dados centralizados tendem a apresentar menor oscilação e maior confiabilidade, uma vez que eliminam estados concorrentes e reduzem inconsistências. O comportamento mais uniforme observado após a digitalização reflete esse princípio.

Além disso, a experiência do usuário, embora também vinculada ao campo do marketing, tem relevância na engenharia quando analisada sob a ótica de eficiência computacional e usabilidade. Como afirmam Freeman e Freeman (2020), interfaces claras e fluxos bem definidos reduzem a carga cognitiva e diminuem o número de operações necessárias para concluir uma tarefa. O fluxo catálogo, produto, carrinho e checkout, implementado no sistema, segue modelos clássicos de arquitetura de interação, eliminando gargalos e tornando a navegação mais eficiente.

A transformação digital também trouxe efeitos diretos sobre a automação e a racionalização de processos, tópicos centrais em ROGERS (2016). Ao substituir procedimentos manuais por rotinas automatizadas, o sistema reduziu pontos de falha e permitiu que tarefas repetitivas fossem executadas pelo software, liberando a equipe para atividades de maior valor. Esse comportamento é esperado em sistemas projetados segundo boas práticas de Engenharia de Software, como observam Pressman (2016) e Sommerville (2011), que defendem que digitalizações bem estruturadas resultam em processos mais escaláveis e menos vulneráveis a falhas humanas.

Por fim, Porter e Heppelmann (2014) reforçam que sistemas conectados e digitalmente estruturados criam ambientes mais consistentes, onde decisões são tomadas com base em dados confiáveis. A maior estabilidade operacional observada após a implementação confirma esse princípio, indicando que a plataforma centralizou informações, eliminou duplicidades e forneceu um fluxo contínuo e controlado da operação.

Em síntese, os resultados obtidos pela Ray-Star demonstram que a adoção do e-commerce promoveu melhorias alinhadas às teorias contemporâneas da Engenharia da Computação: maior previsibilidade, redução de inconsistências, otimização de fluxos e padronização das operações. Esses avanços confirmam que a digitalização não apenas reorganizou processos administrativos, mas também consolidou uma arquitetura técnica mais robusta, segura e eficiente.

### 3.10 LIMITAÇÕES ENCONTRADAS E POSSÍVEIS MELHORIAS

Apesar dos resultados positivos obtidos com a implementação do e-commerce, algumas limitações técnicas e operacionais foram identificadas ao longo do desenvolvimento. Essas questões não

comprometem o funcionamento da solução, mas indicam pontos de melhoria relevantes para versões futuras, especialmente considerando boas práticas da Engenharia de Software e o crescimento esperado da Ray-Star.

A primeira limitação observada refere-se à adaptação da equipe aos novos fluxos digitais. Acostumados a rotinas inteiramente manuais, os colaboradores precisaram de tempo para se familiarizar com o painel administrativo, atualização de produtos e controle de estoque. Esse tipo de adaptação é comum em processos de digitalização e está de acordo com Stair e Reynolds (2017), que ressaltam a necessidade de capacitação e mudança cultural na adoção de novos sistemas.

Do ponto de vista técnico, a versão atual prioriza as funcionalidades essenciais, tais como: catálogo, carrinho, fluxo de pedidos e painel administrativo. Mas ainda não contempla módulos avançados, como dashboards financeiros, relatórios automáticos de desempenho, monitoramento analítico de vendas e ferramentas de CRM. Esses elementos não eram necessários para o objetivo inicial, mas representam evoluções naturais seguindo o modelo incremental descrito por Pressman (2016).

Outra limitação importante é a falta de integração com sistemas externos, como ERPs, plataformas fiscais e sistemas avançados de controle físico de estoque. Embora o sistema já reduza significativamente os erros internos ao integrar catálogo dentro da própria plataforma, ainda não há sincronização automática com sistemas externos de gestão. Como evolução futura, prevê-se a integração do estoque do e-commerce com soluções de controle físico e fiscal por meio de APIs REST, ampliando automação, reduzindo acoplamento e aumentando interoperabilidade (Porter e Heppelmann, 2014).

Também se identificou a necessidade de aprimorar aspectos de manutenibilidade e escalabilidade. A arquitetura atual atende plenamente à demanda presente, mas pode exigir otimizações à medida que o fluxo de pedidos e o portfólio aumentarem. Sommerville (2011) destaca que sistemas bem projetados devem prever crescimento futuro sem comprometer módulos já estabelecidos.

Além disso, a versão atual contempla apenas entregas locais para Manaus, o que é coerente com a realidade logística da empresa. Entretanto, uma melhoria futura importante é a expansão do e-commerce para entregas em todo o Brasil. Para isso, serão necessárias integrações com APIs de cálculo de frete, transportadoras, rastreamento automático e regras avançadas de logística, elevando o sistema a um nível nacional de operação.

Por fim, considera-se como possibilidade futura o desenvolvimento de um aplicativo mobile dedicado, focado em fidelização, personalização e campanhas exclusivas, complementando o site responsivo já existente.

Assim, as limitações identificadas não representam falhas, mas sim oportunidades de evolução arquitetural, logística e funcional. A primeira versão do sistema cumpre seu propósito central. Digitalizar

processos, reduzir erros e integrar operações enquanto estabelece uma base sólida para aprimoramentos alinhados às melhores práticas da Engenharia da Computação.

## 4 CONCLUSÃO

A transformação digital da Ray-Star demonstrou que a integração entre processos físicos e virtuais é um fator determinante para ampliar eficiência, reduzir falhas e fortalecer a competitividade de microempresas. O desenvolvimento e a implementação do sistema de e-commerce atenderam plenamente ao objetivo geral deste estudo, ao oferecer uma solução tecnológica capaz de reorganizar fluxos, centralizar informações e estruturar operações antes realizadas de forma totalmente manual.

Os objetivos específicos também foram alcançados. A análise das necessidades operacionais permitiu identificar gargalos críticos no atendimento, no cadastro de produtos e no controle interno, justificando a adoção de uma solução informatizada. A modelagem e o desenvolvimento do sistema, utilizando Next.js, React + Vite e Supabase, resultaram em uma arquitetura coerente com as recomendações técnicas da Engenharia da Computação, especialmente quanto à modularidade, segurança, escalabilidade e integridade dos dados. A avaliação pós-implantação evidenciou melhorias progressivas na organização interna e maior estabilidade nos indicadores operacionais, confirmando que a automação e a padronização reduzem variabilidade e erros recorrentes.

A hipótese de que a digitalização proporcionaria maior eficiência e clareza aos processos foi confirmada. O e-commerce estruturado substituiu tarefas manuais por rotinas automatizadas, reduzindo retrabalho, agilizando o atendimento e criando um fluxo de compra mais intuitivo para o cliente. Além disso, a centralização das informações em uma plataforma unificada reforçou a confiabilidade dos dados e possibilitou uma visão mais precisa das operações diárias.

Embora a solução atual já represente um avanço significativo, o estudo também identificou oportunidades de melhoria, como a futura expansão para módulos analíticos, integração com sistemas externos e evolução da plataforma para atender um volume maior de pedidos. Tais limitações, contudo, não comprometem os resultados obtidos; ao contrário, abrem caminhos para continuidade e aperfeiçoamento do projeto.

Assim, conclui-se que a transformação digital não apenas modernizou os processos internos da Ray-Star, como também estabeleceu bases sólidas para o crescimento sustentável da empresa. Este estudo demonstra que soluções computacionais bem projetadas podem gerar impacto direto e mensurável na operação de microempresas, evidenciando o papel estratégico da Engenharia da Computação no desenvolvimento econômico e na competitividade empresarial no cenário atual.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha família, que foram meu alicerce ao longo de toda a jornada. A compreensão diante das ausências, o apoio nos momentos de dificuldade e o incentivo constante foram fundamentais para que eu pudesse avançar com firmeza e confiança. Estendo minha gratidão aos professores e amigos, cuja presença, orientação e companheirismo tornaram o caminho mais leve e significativo. A cada pessoa que contribuiu para esta conquista, deixo meu sincero agradecimento. Este trabalho é fruto de um percurso coletivo, e cada um de vocês faz parte desta vitória.

## REFERÊNCIAS

- BROWN, T. **Design Thinking**. Harvard Business Review, 2010.
- CHAFFEY, D. **Digital Business and E-Commerce Management**. 6. ed. Pearson, 2015.
- CHURCHILL, G. A.; PETER, J. P. **Marketing: criando valor para o cliente**. São Paulo: Saraiva, 2012.
- DEISS, R.; HENNEBERRY, R. **Marketing Digital para Leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.
- DRUCKER, P. **Inovação e Espírito Empreendedor**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. **Sistemas de Banco de Dados**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2016.
- EVANS, P.; WURSTER, T. **Blown to Bits: How the New Economics of Information Transforms Strategy**. Boston: Harvard Business School Press, 2000.
- ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de banco de dados**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2016.
- FREEMAN, A.; FREEMAN, M. **Pro React 16**. New York: Apress, 2020.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- SARGES, Thamires. RayStar – **módulo administrativo**. 2025. Disponível em: <<https://github.com/thamiresarges/raystar-administrativo>>. Acesso em: 20 dez. 2025.
- SARGES, Thamires. RayStar – **módulo loja virtual**. 2025. Disponível em: <<https://github.com/thamiresarges/raystar-loja>>. Acesso em: 20 dez. 2025.
- HAMMER, M. **A Agenda: O que as Empresas Devem Fazer para Dominar a Mudança**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- KLEPPMANN, M. **Designing Data-Intensive Applications**. O'Reilly Media, 2017.
- KOTLER, P.; KARTAJAYA, H.; SETIAWAN, I. **Marketing 4.0: Do Tradicional ao Digital**. Rio de Janeiro: Sextante, 2017.

KUMAR, V.; PETERSEN, A. *Statistical Methods in Customer Analytics*. Wiley, 2021.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. *Sistemas de Informação Gerenciais*. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2014.

McKINSEY & COMPANY. *The future of retail: 2021 report*. McKinsey Global Institute, 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/> Acesso em: 29 out. 2025.

NIELSEN, J. *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

OLIVEIRA, D.; MAÇADA, A. C. G. *Transformação digital em pequenas empresas*. Revista de Administração Contemporânea, 2019.

PORTER, M.; HEPPELMANN, J. *How smart, connected products are transforming competition*. Harvard Business Review, 2014.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

ROGERS, D. L. *A Transformação Digital dos Negócios*. São Paulo: HarperCollins, 2016.

SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.

SEBRAE. *Transformação digital: guia para pequenos negócios*. Brasília: SEBRAE, 2022. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br>. Acesso em: 15 out. 2024.

SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C. *Designing the User Interface*. 6. ed. Boston: Pearson, 2018.

SOLOMON, M. R. *O Comportamento do Consumidor: comprando, possuindo e sendo*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de Software*. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

STAIR, R.; REYNOLDS, G. *Princípios de Sistemas de Informação*. 13. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

STALLINGS, W. *Network Security Essentials: Applications and Standards*. Boston: Pearson, 2017.

TIDD, J.; BESSANT, J. *Gestão da Inovação*. 5. ed. Bookman, 2015.

TURBAN, E. et al. *Electronic Commerce 2015*. Cham: Springer, 2015.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

## CRONOS – SISTEMA DE APOIO E GERENCIAMENTO PARA CRONOGRAMA CAPILAR

## CRONOS – SUPPORT AND MANAGEMENT SYSTEM FOR CAPILLARY SCHEDULING

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-007>

**Adriane de Souza Marinho**

Engenharia da computação  
Centro Universitário do Norte  
E-mail: souza.adriane29@gmail.com

**Vaneisa Manoela Dias de Albuquerque**

Engenharia da computação  
Centro Universitário do Norte  
E-mail: vaneisadiasalbuquerque@gmail.com

**Roneuane Grazielle da Gama Araujo**

Especialista em Engenharia e Administração de Banco de dados Oracle  
Centro Universitário do Norte  
E-mail: roneuanegrazielle@gmail.com

**RESUMO**

O trabalho tem como tema o cronograma capilar e tem por objetivo desenvolver um site capaz de gerar cronogramas personalizados de cuidados capilares, promovendo a aplicação correta das etapas de hidratação, nutrição e reconstrução conforme as necessidades individuais de cada tipo de cabelo. A pesquisa foi elaborada utilizando métodos de desenvolvimento *web* e *design* centrado no usuário para a criação de um site interativo. O sistema coleta informações sobre as características do cabelo, como o tipo do fio, característica do couro cabeludo, histórico químico, objetivo capilar, e, com base nesses dados, gera um cronograma adaptado às condições informadas. O desenvolvimento considerou princípios de usabilidade, acessibilidade e conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018), garantindo segurança e privacidade ao usuário. Os resultados demonstram que a personalização do cronograma capilar pode facilitar a adesão às rotinas de tratamento e melhorar a compreensão sobre os cuidados adequados, contribuindo para a saúde e vitalidade dos fios. Conclui-se que o uso da tecnologia associada à cosmetologia representa uma alternativa eficaz para o acesso a informações de qualidade e aprimorar as práticas de autocuidado, sendo grandes aliadas na promoção do bem-estar, autoestima e saúde capilar.

**Palavras-chave:** Cronograma capilar; Personalização; Cosmetologia; Tecnologia; Autocuidado.

## ABSTRACT

The present study addresses the topic of the hair care schedule and aims to develop a *website* capable of generating personalized hair care routines, promoting the correct application of hydration, nutrition, and reconstruction stages according to the individual needs of each hair type. The research was developed using *web* development methods and *user-centered design* principles to create an interactive *website*. The system collects information about the hair's characteristics, such as hair type, scalp condition, chemical history, and hair care goals, and based on this data, generates a customized schedule suited to the user's specific conditions. The development process considered principles of usability, accessibility, and compliance with the General Data Protection Law (Law No. 13.709/2018), ensuring user security and privacy. The results show that the personalization of the hair care schedule can facilitate adherence to treatment routines and improve the understanding of proper hair care, contributing to healthier and more vibrant hair. It is concluded that the use of technology associated with cosmetology represents an effective alternative for providing access to quality information and enhancing self-care practices, serving as a valuable ally in promoting well-being, self-esteem, and hair health.

**Keywords:** Hair care schedule; Personalization; Cosmetology; *Web* technology; Self-care.

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Este trabalho tem como tema o desenvolvimento de um sistema de apoio e gerenciamento para cronograma capilar, adaptado aos mais diversos tipos de fios. A saúde dos fios e do couro cabeludo é essencial para a autoestima da mulher e seu bem-estar, a rotina de cada uma varia, e com isso os dias disponíveis para o cuidado. Por outro lado, existem mulheres que não sabem como manter e fazer a rotina de tratamento. Nesse contexto, propõe-se a criação de um sistema de apoio e gerenciamento de fácil acesso, personalizado para cada particularidade e ajudando cada uma a entender sobre suas particularidades.

O cabelo é um dos principais elementos da identidade pessoal, cultural e estética, desempenhando um papel essencial na autoestima e no bem-estar (Dias, 2015). No entanto, diversos fatores, como uso frequente de químicas, exposição solar, aplicação de calor excessivo, poluição e rotina de cuidados inadequada comprometem a estrutura dos fios, ocasionando ressecamento, quebra, perda de brilho e dificuldade no cuidado capilar (Hessefort, 2006; Kaushik et al., 2017). Nos últimos anos, o cronograma capilar ganhou grande popularidade como uma estratégia organizada de cuidado, dividindo-se em três pilares: hidratação, nutrição e reconstrução. Essa prática, amplamente divulgada em mídias sociais e no mercado de cosméticos, busca repor água, lipídios e proteínas, de acordo com as necessidades do fio (Dias, 2015).

O cronograma costuma ser aplicado de maneira genérica, sem levar em consideração as particularidades individuais como tipo capilar, característica do couro cabeludo, e histórico químico. Isso faz com que muitas pessoas não alcancem os resultados esperados, abandonem a prática ou até provoquem danos adicionais aos fios, como o excesso de proteínas. Além do mais, os cronogramas que estão disponíveis em plataformas fornecem receitas caseiras para os usuários, as famosas “misturas milagrosas” que são a junção de vários produtos e até mesmo produtos alimentícios, que em nada ajudam no tratamento capilar, e mais arriscado ainda se utilizados por usuários que tem fios sensíveis e alergias. Diante desse cenário, a utilização da tecnologia para auxiliar o acesso às informações surge como alternativa para aproximar conhecimento científico e práticas de cuidado cotidiano.

Assim, a proposta de desenvolver um sistema que gera cronogramas capilares personalizados surge como inovação prática e acadêmica. O objetivo é oferecer uma ferramenta que traduza informações sobre cuidados capilares em orientações fáceis e simples de entender, ajudando cada pessoa a cuidar do cabelo de acordo com suas próprias necessidades e realidade, de forma mais prática, eficaz, segura e personalizada.

O cuidado capilar é importante tanto na identidade pessoal quanto no bem-estar físico e emocional. No Brasil, o ramo dos cosméticos voltado aos cabelos é um dos mais populares e diversificados do mundo, movimentando fortemente o financeiro das empresas anualmente e influenciando diretamente os usos e consumos de grande parte da população. Ao mesmo tempo, a internet se tornou uma das principais fontes de informação sobre rotinas de beleza e cuidados, fazendo com que milhares de pessoas tenham acesso a informações rápidas, acessíveis e personalizadas para cada tipo de cuidado capilar. Diante disso surge o cronograma capilar, onde se organiza os tratamentos de hidratação, nutrição e reconstrução, e que se popularizou fortemente nas redes sociais como método para recuperar e manter a saúde dos fios.

No entanto, apesar da grande divulgação e da facilidade de acesso às informações de cuidados capilares, a maioria dos cronogramas segue modelos padronizados, sem considerar as especificidades de cada cabelo. Isso faz com que muitos usuários experimentem resultados limitados ou até mesmo efeitos contrários ao esperado. Nesse contexto, a criação de um site que ofereça personalização, baseada na estrutura da fibra capilar, nas necessidades individuais e em princípios da cosmetologia, mostra-se uma solução relevante. Um sistema que traduza conceitos técnicos para uma linguagem acessível e organize rotinas de forma intuitiva pode contribuir para o fortalecimento do autocuidado e para o uso mais seguro de produtos capilares.

O cabelo não é só algo físico, ele influencia muito na nossa aparência, na forma como nos vemos e até na nossa identidade cultural. Hoje em dia, com tantos produtos no mercado e com a força das redes sociais, cuidar do cabelo se tornou algo muito presente no dia a dia de muita gente. Dentro desse contexto, o cronograma capilar ganhou bastante espaço. Ele virou uma forma prática de organizar os cuidados semanais, ajudando a distribuir hidratação, nutrição e reconstrução de um jeito mais planejado.

Mas, ao mesmo tempo que isso se popularizou, surgiram alguns problemas. Muita gente segue cronogramas prontos sem ter um diagnóstico correto do próprio cabelo. A maioria das informações vem de vídeos rápidos e posts curtos, que nem sempre consideram detalhes importantes, como porosidade, espessura, tipo de fio ou histórico químico. Aí o resultado é que a pessoa segue etapas que não combinam com o que o cabelo realmente precisa.

Por isso, se vê a necessidade de criar ferramentas digitais que auxiliem na compreensão das características individuais do cabelo (Eysenbach, 2000). Uma plataforma digital faz muito sentido nesse contexto: é acessível, tem grande alcance e consegue transformar informações mais técnicas em orientações simples e práticas.

Dessa forma, o tema do trabalho une estética, tecnologia e educação digital, buscando oferecer um caminho mais claro, seguro e baseado em informações confiáveis para quem quer cuidar melhor do próprio cabelo.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Embora o cronograma capilar seja amplamente conhecido e divulgado nas redes sociais, existe uma diferença significativa entre a popularização dessa prática e sua aplicação individualizada com base em critérios científicos. A maior parte dos usuários aderiram a cronogramas padronizados que não levam em consideração as particularidades de cada tipo capilar (Dias, 2015), histórico capilar ou comportamento do couro cabeludo, muitos utilizam cronogramas criados por influenciadores digitais e até mesmo cronogramas que ficam disponíveis como modelo em redes sociais. Essa generalização faz com que muitas pessoas não obtenham os resultados esperados e, em alguns casos, usem desequilíbrios capilares decorrentes do uso inadequado de produtos ou etapas em excesso.

Diante disso, surge o seguinte problema central: De que maneira um sistema, ao gerar cronogramas capilares personalizados, pode contribuir para otimizar a saúde dos fios e melhorar a adesão dos usuários às rotinas de cuidado, considerando as características individuais do cabelo e os fundamentos científicos da cosmetologia (Michie et al., 2011). Ao delimitar esse problema, esta pesquisa se concentra na personalização do cronograma capilar a partir de uma plataforma digital que utiliza dados fornecidos pelo próprio usuário para indicar um plano de cuidados mais eficiente para seu tipo capilar. A proposta busca transformar informações técnicas em orientações eficazes e acessíveis.

Além disso, o estudo propõe o uso da tecnologia como mediadora entre ciência e consumidor, aproximando o conhecimento da cosmetologia do cotidiano das pessoas. O site desenvolvido tem como objetivo transformar informações científicas sobre estrutura e tratamento capilar de forma simples, promovendo o autoconhecimento capilar e incentivando práticas de cuidado mais conscientes no dia a dia.

Ao proporcionar recomendações personalizadas, a ferramenta também busca ajudar na autonomia da usuária, eliminar o uso de produtos não adequados para determinado tipo capilar e aumentar a eficácia dos tratamentos realizados. Dessa forma, o problema de pesquisa se situa na interseção entre educação, tecnologia e cosmetologia, propondo uma solução prática, interativa e cientificamente fundamentada para o cuidado capilar personalizado.

A internet está cheia de conteúdos rápidos e até contraditórios, e isso deixa muita gente confusa sobre o que fazer. Por isso, esta pesquisa foca na criação de uma plataforma educativa, onde o próprio usuário informa as características do cabelo e, a partir disso, recebe um cronograma baseado em princípios reais da cosmetologia e da tricologia.

Vale destacar que essa ferramenta não substitui um profissional, mas funciona como um apoio para que a pessoa consiga se cuidar de forma mais consciente, entendendo melhor suas necessidades e evitando erros comuns.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um cronograma capilar adaptado às clientes do sexo feminino e aos diferentes tipos de cabelo, promovendo a saúde capilar por meio de uma rotina personalizada de cuidados.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Observar as dificuldades enfrentadas por cada usuária e seu perfil capilar
- Analisar os tipos de cabelo, suas especificidades e necessidades;
- Desenvolver um cronograma adaptado aos perfis capilares;
- Implementar uma plataforma *web* intuitiva com personalização a partir do questionário respondido pela cliente.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O cuidado capilar é fundamental não só para a saúde do fio, mas também para a autoestima, o bem-estar e a identidade individual. A fibra capilar é composta por cutícula, córtex e, em alguns casos, medula, e sua integridade está diretamente relacionada à resistência mecânica, retenção de água e lipídios, elasticidade e brilho. Alterações na cutícula, frequentemente causadas por processos químicos e físicos, aumentam a porosidade, reduzem a força do fio e favorecem o ressecamento, resultando em quebra e dificuldade de manejo.

O cronograma capilar se consolidou como uma prática popular, principalmente pela atual busca intensa em cuidados de beleza e estereótipos criados na sociedade atual. Onde a busca pela perfeição estética está cada vez mais forte. O cronograma se baseia em três etapas: hidratação, nutrição e reconstrução. A hidratação atua na reposição hídrica, fundamental para fios ressecados; a nutrição busca recompor lipídios e óleos naturais, melhorando a maleabilidade; e a reconstrução foca na reposição de proteínas, em especial da queratina, restaurando resistência e massa capilar (Dias, 2015; Fernandes et al., 2023). Apesar da forte divulgação nas mídias sociais e pela indústria cosmética, o cronograma costuma ser aplicado de forma genérica, sem levar em consideração particularidades como tipo de fio, histórico químico, textura e nível de porosidade.

A porosidade capilar é uma característica determinante no processo de absorção e retenção de água e nutrientes. Fios altamente porosos absorvem rapidamente substâncias, mas também as perdem com facilidade, enquanto fios de baixa porosidade resistem à penetração de ativos cosméticos. Dessa forma, a personalização do cronograma com base em indicadores objetivos da fibra pode proporcionar melhores resultados, evitando excessos, como o acúmulo proteico (*“protein overload”*), que pode tornar os fios rígidos e quebradiços.

Na era da tecnologia, os meios digitais aplicados à saúde e ao bem-estar, como aplicativos e sites, estão dando resultados eficazes quando proporcionam recomendações individuais e específicas. Estudos demonstram que intervenções digitais que utilizam modelos de personalização, simplicidade de navegação e acompanhamento contínuo tendem a apresentar maior adesão por parte dos usuários. Além disso, o desenvolvimento de soluções online exige atenção à proteção de dados, em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018 – LGPD), garantindo privacidade e segurança na coleta de informações pessoais.

Com base nisso, a criação de um site que gera cronogramas capilares personalizados para cada indivíduo, levando em consideração seu histórico, preferências e tipo capilar, junta a prática que se popularizou do cronograma e o conhecimento técnico-científico sobre cosmetologia e tricologia. Além de oferecer acesso a informações confiáveis, o sistema pode contribuir para o incentivo e adesão de rotinas de cuidados capilares, promovendo saúde capilar e fortalecendo a relação entre ciência, tecnologia e cuidados pessoais. No aspecto social, o cuidado com o cabelo influencia muito na autoestima e no bem-estar das pessoas. Só que nem todo mundo consegue acessar um profissional especializado, seja por questão de custo, distância ou simplesmente falta de informação. Por isso, criar uma ferramenta digital gratuita ajuda a democratizar esse conhecimento, oferecendo orientações confiáveis para qualquer pessoa.

No ponto de vista científico, existe hoje um excesso de informações erradas sobre cuidados capilares. A internet está cheia de receitas caseiras, dicas sem fundamento e orientações que podem até prejudicar o cabelo. Então, ter uma plataforma que organiza esse conteúdo de forma simples e correta ajuda

a aproximar o conhecimento técnico da realidade do usuário comum, incentivando cuidados mais seguros. Já no eixo tecnológico, a escolha de desenvolver um site faz sentido porque ele é acessível, funciona em vários dispositivos, é fácil de atualizar e alcança muito mais pessoas. Além disso, quando o site é pensado com foco na experiência do usuário, as chances de engajamento e de uso contínuo aumentam bastante.

## 1.5 REVISÃO TEÓRICA

O cuidado com os cabelos sempre foi um importante para a estética e a identidade visual individual. Nos últimos anos, essa prática ganhou novas proporções com a popularização do cronograma capilar, um método de cuidado capilar que organiza os tratamentos de acordo com as necessidades fisiológicas do fio, mantendo o equilíbrio entre hidratação, nutrição e reconstrução. Apesar de ser amplamente divulgado, esse tratamento costuma ser aplicado de maneira genérica, sem avaliação prévia ou orientação técnica adequada. Esta divisão entre teoria e prática mostra a necessidade de desenvolver e oferecer meios tecnológicos que ajudem a tornar o conhecimento sobre o cuidado capilar mais acessível, personalizado e eficaz. Desta forma, o seguinte trabalho baseia-se na ligação entre tricologia, cosmetologia e tecnologia *web*, analisando como o desenvolvimento de uma plataforma digital pode contribuir para a personalização do cuidado capilar.

### 1.5.1 Tricologia e Estrutura Capilar

A tricologia é a área da ciência que estuda os cabelos e o couro cabeludo, abordando sua anatomia, fisiologia e patologias. Duarte (2019) define que, o fio capilar é composto por três camadas principais: cutícula, córtex e medula. A cutícula é a camada externa e protetora, responsável pelo brilho e pela resistência mecânica; o córtex representa a parte mais espessa, onde se concentram a queratina e os pigmentos; e a medula é a parte central, mais visível em cabelos espessos.

Diversos fatores podem afetar a integridade dessas estruturas, como o uso frequente de fontes de calor, processos químicos, radiação solar, poluição e hábitos inadequados de lavagem e hidratação (Santos; Oliveira, 2020). Com o tempo, esses agentes causam a perda de água, lipídios e proteínas, levando a um aspecto ressecado, opaco e frágil. A manutenção da saúde capilar, portanto, depende do equilíbrio entre reposição hídrica, lipídica e proteica, o que fundamenta a lógica do cronograma capilar.

### 1.5.2 Cronograma Capilar: Fundamentos e Aplicações

O cronograma capilar é um método de tratamento que busca repor os componentes essenciais do fio de acordo com suas necessidades. Ele se baseia em três etapas principais: hidratação, responsável por

repor a umidade natural e melhorar a maleabilidade; nutrição, que devolve os lipídios Perdidos e auxilia na proteção da fibra; e reconstrução, que repõe proteínas e restaura a força dos fios (COSTA, 2021).

Embora sua origem tenha relação com práticas profissionais de salões de beleza, o cronograma capilar se popularizou nas redes sociais, sendo amplamente divulgado por influenciadores digitais e marcas de cosméticos. Essa disseminação, no entanto, ocorreu de forma padronizada, com tabelas genéricas aplicadas indistintamente a todos os tipos de cabelo, desconsiderando particularidades como porosidade, espessura, tipo de fio e histórico químico (Mendes; Rocha, 2022).

Essa falta de personalização individual para cada tipo capilar, interfere nos possíveis resultados, pois cada tipo capilar possui necessidades específicas. Cabelos finos, por exemplo, podem sofrer com excesso de proteínas se submetidos a muitas reconstruções; já fios ressecados necessitam de mais hidratações e nutrições. Assim, o principal desafio está em adaptar o cronograma ao perfil de cada indivíduo, o que demanda conhecimento técnico ou orientação especializada.

### **1.5.3 A Importância da Personalização no Cuidado Capilar**

A personalização individual é um conceito cada vez mais valorizado nas áreas da saúde, estética e bem-estar. Silva e Ferreira (2021) definem que, o avanço da tecnologia tem permitido compreender o comportamento dos consumidores e adaptar recomendações conforme seus perfis e necessidades. No contexto capilar, essa tendência auxilia na criação de rotinas mais eficazes, que respeitam as diferenças capilares individuais e reduzem os riscos de danos causados por tratamentos inadequados. A personalização no cuidado capilar, quando associada à educação estética, também contribui para o desenvolvimento e conhecimento de práticas de autocuidado mais conscientes. Em vez de utilizar modelos genéricos, o usuário começa a entender os sinais que seu cabelo apresenta e a interpretar os resultados dos produtos aplicados. Essa compreensão fortalece a autoestima, transformando o cuidado com o cabelo em um processo de bem-estar integral.

### **1.5.4 Tecnologia e Usabilidade na Cosmetologia**

A aplicação de tecnologias digitais na área da estética tem crescido rapidamente. Plataformas, aplicativos e sites voltados à saúde estética, são ferramentas importantes para auxiliar nas decisões e promover educação em beleza e saúde. Conforme Figueiredo (2022), a tecnologia da informação atua como mediadora do conhecimento científico, facilitando o acesso a orientações baseadas em evidências.

No caso do cronograma capilar, o uso de um site interativo permite unir o conhecimento técnico da cosmetologia à praticidade das ferramentas digitais. Através de questionários simples, o sistema pode identificar características do cabelo e, a partir de regras pré-definidas, gerar um cronograma personalizado.

Além disso, a interface intuitiva e acessível torna o conteúdo comprehensível mesmo para usuários leigos, enquanto o uso de linguagem clara e direta facilita o aprendizado e a adesão às rotinas propostas.

A usabilidade é um fator essencial nesse processo. Jakob Nielsen (1993) define usabilidade como o grau em que um produto pode ser utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos determinados com eficácia, eficiência e satisfação. Assim, ao aplicar princípios de *design* centrado no usuário, o projeto busca garantir que qualquer pessoa, independentemente do nível de conhecimento técnico, consiga compreender e utilizar o sistema de forma autônoma.

### **1.5.5 O Papel da *Web* na Democratização do Autocuidado**

A internet tornou-se um ambiente central para a busca de informações sobre beleza e saúde. Segundo Almeida (2020), mais de 70% dos consumidores de cosméticos pesquisam online antes de comprar ou seguir uma rotina de cuidados. Nesse sentido, os sites e plataformas educativas têm papel fundamental na disseminação do conhecimento, reduzindo barreiras geográficas e econômicas e aproximando o público de informações confiáveis.

A criação de um site para gerar um cronograma capilar personalizado, oferece uma forma de educação estética digital, onde o conhecimento técnico é oferecido de forma acessível. Além de indicar os cuidados, o site ajuda na formação de hábitos saudáveis, promovendo autonomia dos usuários nos cuidados capilares. Essa integração entre cosmetologia e tecnologia *web* reflete uma tendência de associar inovação, saúde e bem-estar por meio da informação.

### **1.5.6 Síntese do Referencial**

A revisão teórica mostra que o cronograma capilar é uma prática eficaz, mas ainda necessita de personalização baseada em critérios técnicos capilares. O desenvolvimento de uma plataforma *web* que oferece um tratamento personalizado é uma alternativa eficiente para aproximar o conhecimento científico da rotina das pessoas. Ao interligar conceitos de tricologia, cosmetologia e *design web*, o projeto busca promover autonomia, acessibilidade e educação estética, mostrando que a tecnologia pode ser uma aliada na valorização da saúde capilar e da autoestima.

## **2 METODOLOGIA**

Este projeto adotará métodos qualitativos e quantitativos, com o intuito de desenvolver uma plataforma digital de geração de cronogramas capilares personalizados. Para a realização deste, estampas foram criadas para que se alcançasse o objetivo.

## 2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E ANÁLISE DO PÚBLICO-ALVO

Nesta primeira etapa, entrevistas e questionários online serão feitos para o público-alvo (mulheres que querem tratar seus cabelos), tendo como objetivo identificar:

- Problemas enfrentados na rotina capilar.
- Características dos fios e do couro cabeludo
- Histórico capilar
- Tipos de produtos capilares utilizados em suas rotinas de cuidados
- Se utilizaram cronograma capilar

Com base nas respostas coletadas, será feito um mapeamento das principais dificuldades e particularidades de cada cabelo.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PERFIS CAPILARES

Após o mapeamento, serão definidos os perfis capilares, levando em consideração:

- Textura e tipo do fio (crespo, cacheado, liso, ondulado)
- Porosidade do fio (baixa, médio, alta)
- Particularidades do couro cabeludo (normal, seco, oleoso)
- Frequência do uso de fontes de calor (chapinha, secador, babyliss e outros)
- Uso de químicas (alisantes, tinturas, matizadores e outros).

Com isso, serão discernidas as tipologias capilares com base no usuário, sendo possível personalizar o cronograma.

## 2.3 MAPEAMENTO CIENTÍFICO DOS TRATAMENTOS CAPILARES

Neste será feita uma revisão nas literaturas voltadas para os tipos fios e couro cabeludo, com os estudos e pesquisas de relevância na área de dermatologia, cosmetologia e ciência capilar. Tendo como objetivo:

- Identificar benefícios das etapas do cronograma capilar (hidratação, nutrição e reconstrução)
- Discernir a eficácia de cada ativo dos produtos de tratamento em diferentes tipos capilares
- Definir os tipos de produtos para cada etapa do cronograma.

Assim, vai se ter uma base para elaborar as recomendações e dicas automatizadas na plataforma.

## 2.4 DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA PERSONALIZADO

Com os dados obtidos e os embasamentos teóricos, serão gerados cronogramas adaptados, sendo estes gerados com base:

- Nos resultados obtidos no primeiro questionário
- Nas respostas sobre os perfis capilares
- No uso de química nos fios.
- Em metodologias de cronogramas ofertados por marcas, como: Salon Line, Eudora L'Oréal Paris, Embelleze, Lola Cosmetics, Dermaclub, Natura, Haskel e Wella.

## 2.5 CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA PLATAFORMA DIGITAL

A plataforma *web* será desenvolvida para que seja interativa, intuitiva e responsivo. Possibilitando que as usuárias:

- Preencham o formulário com as informações necessárias sobre seu cabelo
- Informem a quantidade de dias e os dias desejados para os tratamentos
- Escolham a quantidade de semanas de cronogramas gerados (1 semana até 1 ano)
- Recebam em tempo real um cronograma personalizado
- Tenham acesso a dicas para o tratamento dos fios e do couro cabeludo.

Sendo o desenvolvimento do mesmo, feito com tecnologias de *front-end* (HTML, CSS, JavaScript).

## 2.6 VALIDAÇÃO E APRIMORAMENTO DA PLATAFORMA

Após a implementação da plataforma, serão realizadas validações para identificar a eficácia da mesma e a usabilidade do sistema, esta fase será composta por:

- Testes reais com usuárias
- Coleta dos feedbacks
- Contabilização de acessos na plataforma
- Identificação de falhas

Com base nisso, serão feitas as modificações finais na plataforma, para atender as necessidades e expectativas das usuárias.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo contém os resultados obtidos no desenvolvimento do sistema *web* Cronos, e também as observações e análises dos encontrados nas teses apresentadas no referencial teórico. O cronograma foi desenvolvido com base nas etapas descritas na metodologia, juntamente com o levantamento de dados do mapeamento capilar, desenvolvimento técnico e validação juntamente com as usuárias.

#### 3.1 ESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA

A plataforma Cronos – Cronograma Capilar foi desenvolvida nas linguagens HTML, CSS e JavaScript, oferecendo assim uma interface responsiva, de fácil interação e navegação. O *design* foi estruturado com foco na usabilidade do sistema, e conforme os princípios de Nielsen (1993), garantindo que o mesmo possa ser utilizado de forma fácil e acessível por pessoas com níveis de conhecimento técnico diferentes.

Para ser desenvolvido foi necessário levantar informações, e para isso foi feito um formulário, este contou com a resposta de 116 mulheres, e uma entrevista que contou com 20 mulheres que relataram suas dificuldades e particularidades capilares.

Os resultados do formulário, que foi respondido por 116 mulheres, ajudaram muito a entender como esse público lida com o cuidado capilar, quais são as maiores dúvidas e como enxergam o cronograma capilar. A maior parte das participantes disse que quer melhorar a saúde do cabelo, mas que se sente insegura na hora de escolher as etapas certas e montar uma rotina eficiente. Muitas também admitiram que não entendem bem a diferença entre hidratação, nutrição e reconstrução, o que mostra claramente que o conteúdo disponível na internet nem sempre é suficiente para que as pessoas entendam de verdade o que cada tratamento faz.

Outro ponto importante é que várias participantes já tinham seguido cronogramas prontos das redes sociais, mas sem notar muita melhora. Isso confirma que o problema principal é a falta de personalização. Cada cabelo tem necessidades diferentes: quem tem fios danificados precisa de mais nutrição e reconstrução, enquanto cabelos naturais ou sem química costumam se beneficiar mais de hidratações frequentes.

Durante os testes com o site que desenvolvemos, o retorno foi bem positivo. Os usuários gostaram da simplicidade da interface, da linguagem clara e da forma como o cronograma ficou fácil de entender. Muitas disseram que, pela primeira vez, conseguiram visualizar um plano que realmente fazia sentido para o tipo de cabelo delas. Isso mostra como a tecnologia pode facilitar o autocuidado, deixando tudo mais acessível e evitando que as pessoas dependam de informações rápidas e superficiais. As respostas também mostraram que a plataforma ajuda a reduzir erros comuns, como exagerar na reconstrução pode deixar o

cabelo duro e quebradiço, ou esquecer da nutrição em cabelos porosos. A personalização do cronograma ajudou a corrigir essas falhas de forma simples e educativa.

No fim, os resultados deixam claro que o sistema está cumprindo seu objetivo: ajudar quem não é da área a entender melhor o próprio cabelo e seguir uma rotina organizada, técnica e realmente eficaz.

A arquitetura do sistema foi desenvolvida para o ambiente *web* plataforma, tornando assim dispensável a necessidade de instalação local. Ou seja, pode ser acessada por meio de navegadores, sendo este compatível com computadores, e dispositivos *mobile*. O *layout* foi desenvolvido em estilo minimalista, com tonalidades de rosa e branco e tipografia legível aos usuários, priorizando a clareza das informações contidas e a experiência com o sistema.

### 3.2 FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS

As funcionalidades foram escolhidas baseadas no levantamento de necessidades das usuárias, conforme as etapas citadas na metodologia. A plataforma disponibiliza um breve formulário para obter um diagnóstico capilar preciso, composto por perguntas relacionadas ao tipo de cabelo, tipo de couro cabeludo, o que pretende melhorar, e a frequência com que o tratamento pode ser feito.

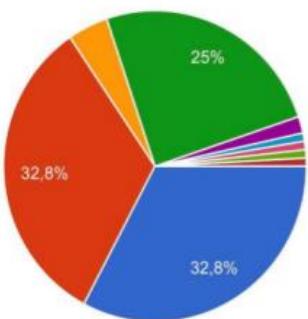
A partir das respostas obtidas, o sistema aplica uma lógica de personalização e gera automaticamente um cronograma capilar individualizado e adaptado às necessidades das usuárias, com etapas de hidratação, nutrição e reconstrução distribuídas de forma equilibrada ao longo dos dias escolhidos. Cada etapa é acompanhada por dicas personalizadas de tratamento e preservação do fio, reforçando o objetivo do projeto.

Além disso, a plataforma faz integração com o *Google Sheets* em conjunto com o *Google Apps Script*, armazenando a quantidade de cronogramas gerados, e assim, fazendo o monitoramento da utilização do sistema e possibilitando ter uma visão quantitativa do alcance do cronograma capilar.

Imagen 1 – Gráficos do questionário feito inicialmente com as usuárias

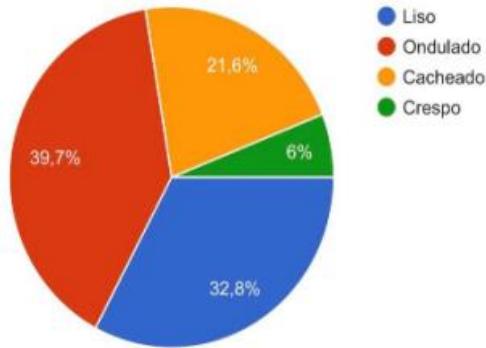
Problemas enfrentados na rotina capilar.

116 respostas



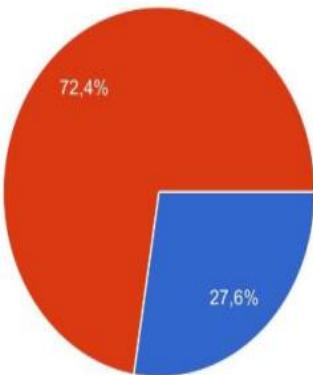
Tipo de Cabelo

116 respostas



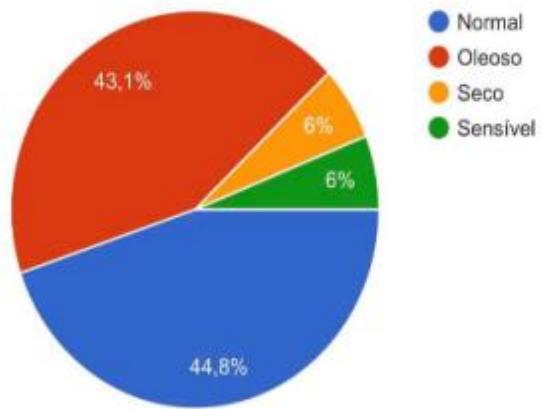
Já utilizou cronograma capilar?

116 respostas



Qual seu tipo de couro cabeludo?

116 respostas



Fonte: Autoria própria (2025).

### 3.3 TESTES DE FUNCIONAMENTO E VALIDAÇÃO

Após o desenvolvimento, o sistema foi submetido a testes de funcionalidade e usabilidade. Os testes foram realizados por meio de um grupo de usuários que testaram o protótipo, com o objetivo de verificar a eficiência do cronograma e a clareza oferecida pela interface.

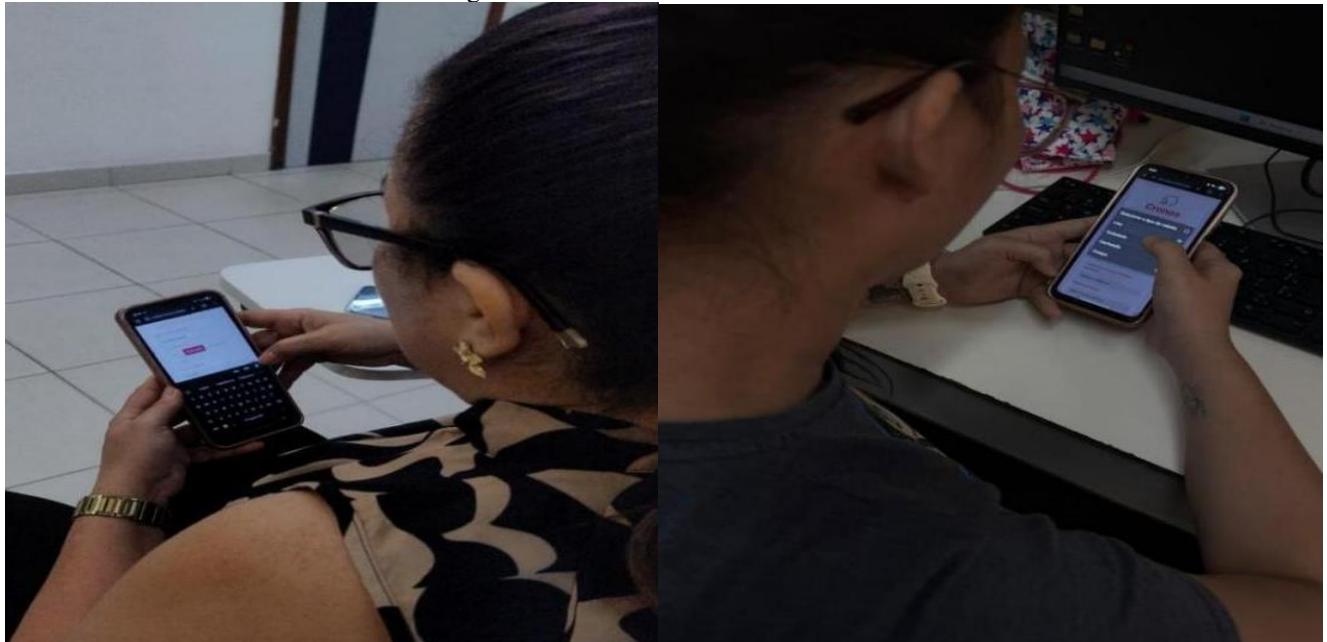
Durante os testes, observou-se que:

- A geração dos cronogramas ocorreu de maneira correta e imediata após o envio das respostas;

- Os usuários deram a ideia de adicionar a opção de guardar no *Google Calendar*, para os usuários serem informadas quando seu tratamento estivesse próximo
- Os usuários deram a ideia de aumentar as letras para que ficassem mais visíveis.
- Os usuários falaram a respeito do questionário que estava com muito texto e cansativo para o usuário e o *check - in- box* que confundia o usuário.
- O *layout* permaneceu responsável aos diversos tamanhos de tela (desktop e dispositivos móveis);
- A integração com o *Google Sheets* e *Apps Script* registrou adequadamente a geração de cronogramas gerados;

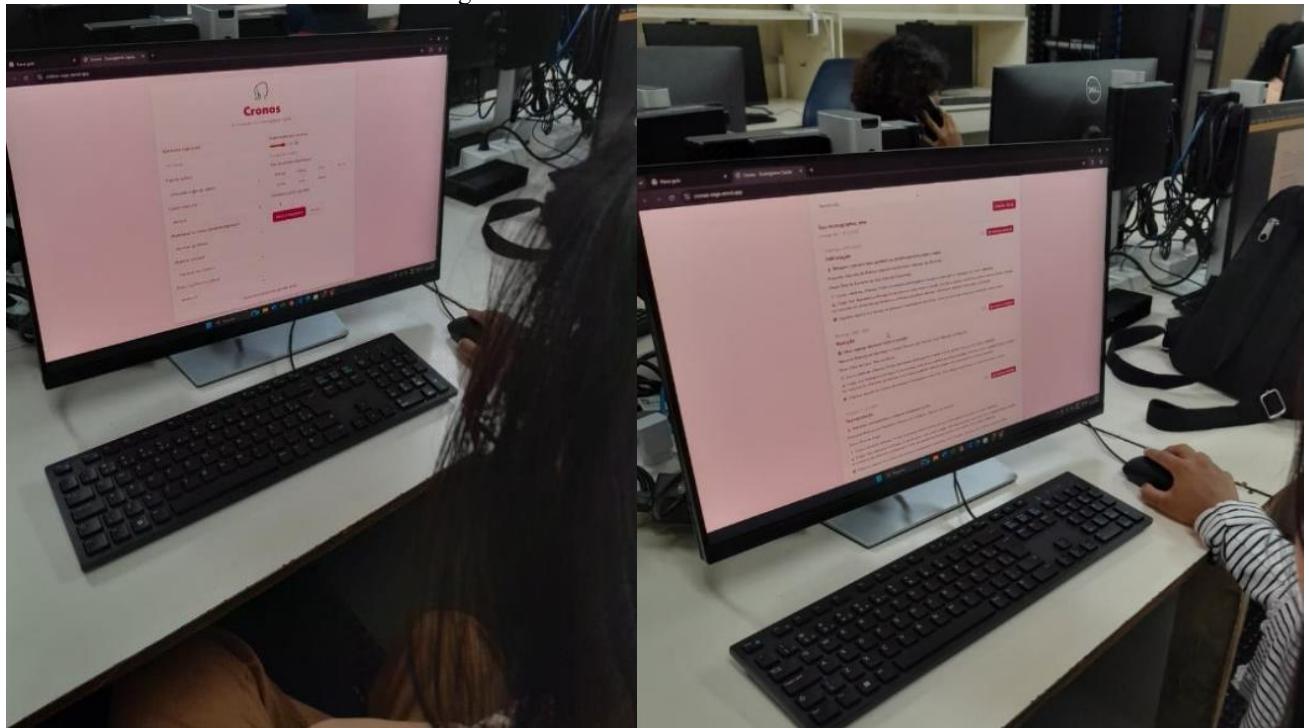
De forma geral, o *feedback* dos usuários foi positivo, as mesmas deram ênfase a simplicidade de uso dos comandos fornecidos pelo sistema.

Imagen 2 – Testes realizados com Usuários



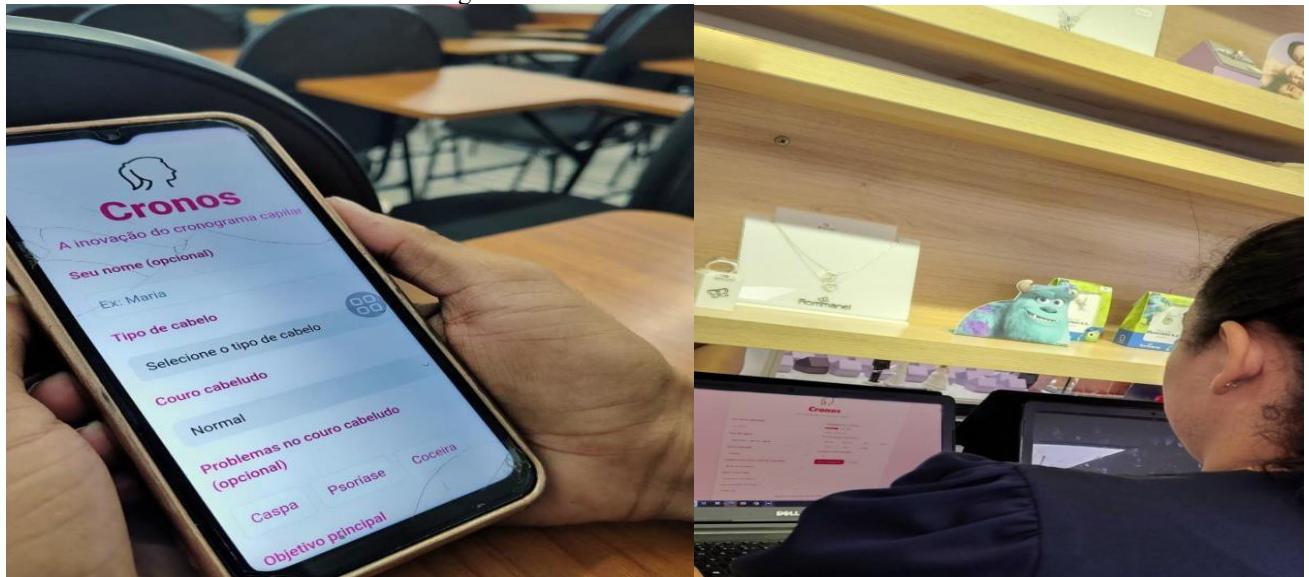
Fonte: Autoria própria (2025).

Imagen 3 – Testes realizados com Usuários



Fonte: Autoria própria (2025).

Imagen 4 – Testes realizados com Usuários



Fonte: Autoria própria (2025).

Imagen 5 – Tela inicial do Cronos na primeira versão

Fonte: Autoria própria (2025).

### 3.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após os feedbacks das usuárias, foram feitas as alterações sugeridas, e observou-se que o visual e a praticidade melhoraram. As letras foram aumentadas, foi adicionado a opção para as usuárias adicionarem um lembrete no Google Calendar, e os botões das perguntas que antes eram tipo button foram substituídos por botões do tipo select, reduzindo assim o formulário e agrupando as respostas dentro de um único botão, e o check- in- box foi removido. Os usuários testaram novamente o sistema após o aperfeiçoamento e aprovaram as modificações, modificou-se também o lema do sistema.

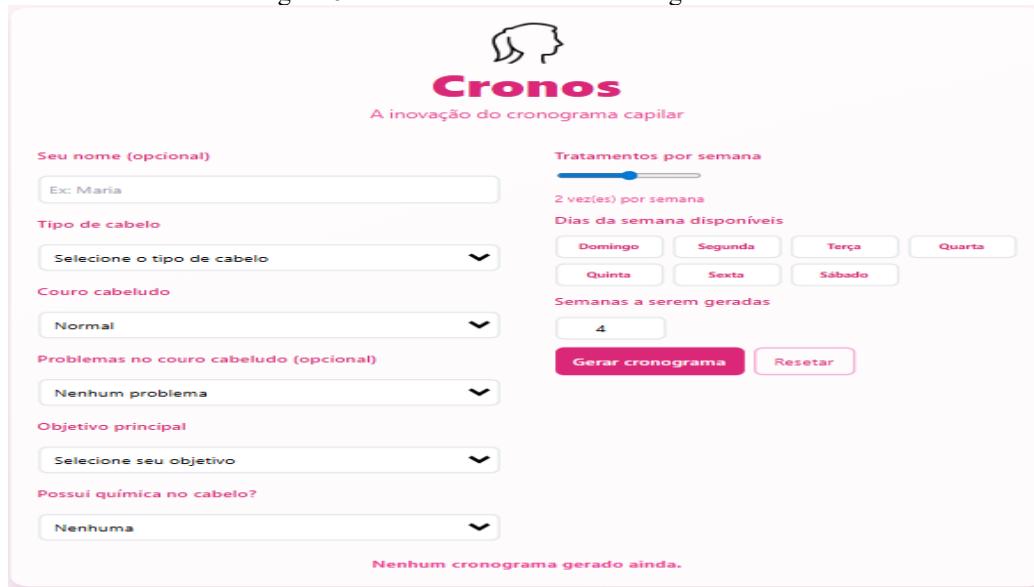
Os resultados confirmam que o cronograma atinge o principal objetivo do projeto, que é um cronograma capilar personalizado de acordo com a individualidade de cada usuária. Essa personalização corresponde ao dito por Mendes e Rocha (2022), que apontam que ao usar modelos genéricos há um comprometimento na eficácia dos cuidados dos fios. Ao automatizar a geração dos cronogramas observou-se uma maneira eficiente de levar informações de qualidade, dando ênfase ao que Almeida (2020) destaca o papel da internet ajudando a obter conhecimento estético e científico. O uso de uma interface intuitiva e acessível está de acordo com o conceito de usabilidade de Nielsen (1993), levando em consideração o relato dos usuários sobre a facilidade na compreensão e na usabilidade do sistema.

A integração ao *Google Sheets* em conjunto com o *Apps Script*, foi uma solução viável para se ter controle aos acessos e contabilização de dados para serem apresentados. Este facilitou muito durante o

processo, pois foi possível ter uma noção da quantidade do público abordado, sendo assim, muito necessário para o projeto ao dar credibilidade ao mesmo.

Em relação à estética e funcionalidade da plataforma, foi possível juntar tecnologia e cosmetologia harmonicamente de forma a promover educação capilar personalizada e também contribuir para a autonomia e autoestima das usuárias, conforme defendido por Silva e Ferreira (2021). Assim, o Cronos não foi desenvolvido apenas para a geração de cronogramas, mas também como um meio de educação estética através do digital, de forma a incentivar o autocuidado e consequentemente a valorização da saúde capilar.

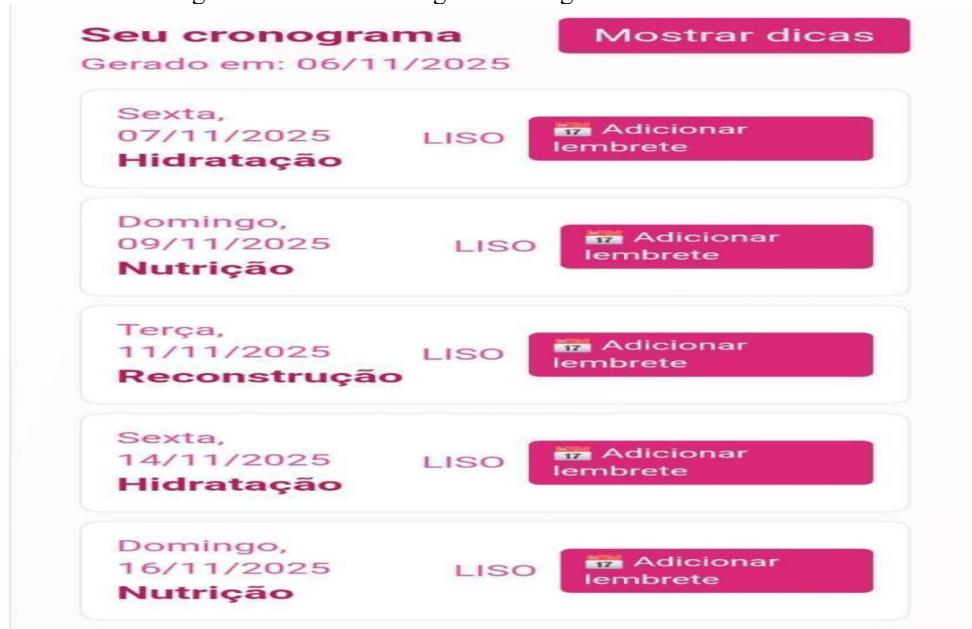
Imagen 6 – Tela inicial do Cronos na segunda versão



A imagem mostra a interface de usuário da versão 2 do Cronos. No topo, há uma ilustração de uma cabeça com cabelo e o logo 'Cronos' com a tagline 'A inovação do cronograma capilar'. Abaixo, há campos para 'Seu nome (opcional)' com o placeholder 'Ex: Maria', 'Tipo de cabelo' com uma lista suspenso 'Selecionar o tipo de cabelo', 'Couro cabeludo' com uma lista suspenso 'Normal', 'Problemas no couro cabeludo (opcional)' com uma lista suspenso 'Nenhum problema', 'Objetivo principal' com uma lista suspenso 'Selecionar seu objetivo', 'Possui química no cabelo?' com uma lista suspenso 'Nenhuma', e uma seção para 'Tratamentos por semana' com uma escala de 1 a 7 e a opção '2 vez(es) por semana'. Há também uma seção para 'Dias da semana disponíveis' com botões para Domingo, Segunda, Terça, Quarta, Quinta, Sexta e Sábado, e uma caixa para 'Semanas a serem geradas' com o valor '4'. À direita, há botões 'Gerar cronograma' e 'Resetar'. No fundo, uma notificação diz 'Nenhum cronograma gerado ainda.'

Fonte: Autoria própria (2025).

Imagen 7 – Tela do cronograma na segunda versão sem as dicas



A imagem mostra a interface de usuário da versão 2 do Cronos, focada no cronograma gerado. No topo, há uma barra com o título 'Seu cronograma' e a data 'Gerado em: 06/11/2025', e um botão 'Mostrar dicas'. Abaixo, há uma lista de cinco entradas, cada uma com uma data, uma categoria ('LISO') e um botão 'Adicionar lembrete'. As entradas são: 'Sexta, 07/11/2025 Hidratação', 'Domingo, 09/11/2025 Nutrição', 'Terça, 11/11/2025 Reconstrução', 'Sexta, 14/11/2025 Hidratação' e 'Domingo, 16/11/2025 Nutrição'.

Fonte: Autoria própria (2025)

### 3.5 SÍNTSE DOS RESULTADOS

Em síntese, a plataforma é funcional, eficiente e cumpre com os objetivos propostos. As funcionalidades do mesmo, permitiram que o cronograma fosse de fácil acesso e adaptado à realidade, com interface clara e usabilidade agradável.

E mesmo após testes, não foram identificadas limitações técnicas, de forma que o desempenho geral do sistema funcionou adequadamente, indicando assim o sucesso do projeto, os resultados confirmam que o uso de tecnologias *web* quando unidas à cosmetologia pode agregar positivamente para a democratização do cuidado capilar personalizado sem altos custos.

## 4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento da plataforma *web* Cronos – Cronograma Capilar foi propósito criar uma alternativa digital capaz de ajudar os usuários a organizarem seus cuidados capilares, fazendo com que tenham uma rotina de tratamento personalizada e eficiente. A proposta veio por meio de que, apesar da popularização do cronograma capilar, muitas pessoas têm dificuldades na compreensão real das suas necessidades capilares, aplicando por vezes tratamentos indicados em redes sociais por não especialistas na área e sem orientação adequada. Dessa forma, o sistema uniu tecnologia, cosmetologia e usabilidade em uma aplicação acessível, informativa e intuitiva.

Durante o processo de construção do projeto, foi possível fazer aplicação prática sobre os conhecimentos teóricos estudados durante o curso, especialmente em desenvolvimento *web*, análise de requisitos e interface de usuário. A plataforma utilizou HTML, CSS e JavaScript, linguagens que proporcionam ao mesmo flexibilidade e compatibilidade com diferentes dispositivos, dando garantia para que o sistema conseguisse ser utilizado por computadores e celulares. Além disso, o *design* responsivo ajudou na experiência do usuário, priorizando sempre a clareza e simplicidade visual. Dessa maneira, o projeto também assume um papel social, pois amplia o acesso a informações de qualidade e incentiva o autocuidado e a valorização da autoestima, especialmente entre o público feminino.

Ao realizar testes foi possível validar o bom funcionamento do sistema, foi observado que a geração automática dos cronogramas ocorreu de maneira correta e rápida, obedecendo às normas estabelecidas na metodologia. Os usuários relataram facilidade ao preencher o formulário, pois foi possível compreender as instruções rapidamente e identificar os resultados como coerentes com suas necessidades capilares. A integração com o *Google Sheets* e *Apps Script* também foi eficiente para que se pudesse ter noção da quantidade de usuários e de cronogramas gerados, possibilitando avaliar o engajamento dos usuários com a plataforma.

Do ponto de vista técnico e acadêmico, o desenvolvimento do sistema pode garantir na prática todo o ciclo de criação de um *software*, desde a ideia inicial, o planejamento de como funcionar, a prototipagem e o desenvolvimento, até os testes finais e a apresentação dos resultados obtidos através dos feedbacks. Isto contribuiu para o aprimorar habilidades de pensamento lógico, resolução de problemas, *design* da interface e integração de dados, aumentando a importância da interdisciplinaridade na formação profissional.

A plataforma também tem destaque na contribuição na área da tecnologia aplicada à estética, fornecendo soluções digitais para promover educação estética personalizada. O uso do Cronos auxilia os usuários a entenderem melhor sobre os cuidados particulares para cada tipo de cabelo, evitando danos que podem vir a ser causados por tratamentos inadequados e fortalecendo a noção sobre os diferentes tipos de fio de couro cabeludo e de rotina e suas necessidades biológicas.

Em termos de impacto, o Cronos tem potencial de se tornar uma ferramenta educativa e comercial, mais de 10 mil usuários testaram o sistema e aprovaram, futuramente o Cronos pode integrar recomendações de produtos capilares de parceiros, e canais para o atendimento automatizado, ampliando seu alcance e utilidade. Com alguns ajustes, o sistema pode ser ampliado para englobar profissionais da área da estética, como cabeleireiros e consultores capilares, para utilizarem a plataforma de apoio no atendimento dos clientes, oferecendo as recomendações adaptadas com base em diagnósticos virtuais baseados nas particularidades das clientes.

Com os resultados, ficou evidente que a principal dificuldade enfrentada por quem tenta seguir o cronograma capilar sozinho é justamente a falta de personalização. Quando o usuário recebe orientações organizadas, com uma linguagem simples e voltada para o seu tipo de cabelo, a adesão melhora e os cuidados se tornam mais assertivos. A plataforma desenvolvida se mostrou funcional e fácil de usar, e as participantes relataram sentir mais segurança ao seguir um cronograma feito de acordo com suas necessidades reais.

Além disso, o estudo mostrou que a tecnologia aplicada ao autocuidado capilar não só facilita a rotina, como também ajuda o usuário a entender melhor seu próprio cabelo. Assim, a plataforma funciona tanto como uma ferramenta educativa quanto como um guia prático. Dessa forma, reforço a importância de unir ciência, tecnologia e inovação para promover saúde, bem-estar e autoestima.

Conclui-se que o projeto Cronos – Cronograma Capilar cumpriu sua finalidade ao oferecer uma solução simples, tecnológica, com boa funcionalidade e inovação. Ele junta a praticidade, conhecimento científico e acessibilidade, sendo uma boa proposta para o cenário atual, onde a personalização e o cuidado individualizado são muito necessários. Além de levar uma importante experiência acadêmica e profissional, o projeto mostra que a tecnologia é uma aliada na promoção do bem-estar, da autoestima e da educação estética, abrindo caminhos para futuras pesquisas e aplicações no campo da tecnologia e da beleza.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que me apoiaram e foram a base da minha vida, oferecendo todo o amor, apoio e força em todos os momentos. Os responsáveis pela mulher que eu me tornei e que está finalizando esse ciclo para trilhar um novo caminho. Ao meu namorado, pelo incentivo, apoio, e compreensão durante toda essa jornada, seu carinho tornou os dias mais leves. E aos professores, que compartilharam conhecimento com dedicação e contribuíram para a minha formação acadêmica. Agradeço a Deus, por ter permitido que eu me formasse através do fruto de muito trabalho dos meus pais, por ter me guiado durante esses 5 anos, e por ter me abençoado durante esta jornada. A todos vocês, minha eterna gratidão. Dedico, com o coração transbordando de fé, este trabalho a Deus, o Soberano e Senhor de todo o Universo, fonte inesgotável de força e sabedoria em minha vida. Em seguida, este trabalho é o reflexo do amor inabalável e da dedicação dos meus amados pais, familiares e amigos. Vocês foram o alicerce mais firme, o porto seguro onde encontrei o incentivo e o apoio incondicional para meu crescimento pessoal e acadêmico. Minha jornada foi iluminada por essa presença essencial. Por fim, minha gratidão mais profunda aos mestres, que com seu conhecimento e paciência, não apenas guiaram, mas ousaram me desafiar a alcançar o meu potencial máximo. Sem a luz e a força que cada um de vocês representa, este sonho não teria sido realizado.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. L. O consumo digital de cosméticos e a influência da internet nas decisões de compra. *Revista Brasileira de Marketing*, v. 19, n. 2, p. 35–49, 2020.
- COSTA, R. F. Tratamentos capilares: a importância da hidratação, nutrição e reconstrução. *Revista Científica de Cosmetologia*, v. 5, n. 1, p. 11–20, 2021.
- DERMACLUB. Couro cabeludo e fios. Disponível em: <https://www.dermoclub.com.br>. Acesso em: 19 dez. 2025.
- DIAS, M. F. R. G. Hair cosmetics: an overview. *International Journal of Trichology*, v. 7, n. 1, p. 2–15, 2015.
- DUARTE, L. P. *Tricologia aplicada: fundamentos para a saúde capilar*. São Paulo: Senac, 2019.
- EMBELLEZE. Blog Novex: tratamentos capilares. Disponível em: <https://www.embelleze.com/blog>. Acesso em: 19 dez. 2025.
- EUDORA. Cronograma capilar: o que é, ordem certa e como fazer em casa? Disponível em: <https://www.eudora.com.br/guia-da-beleza/cronograma-capilar-o-que-e-ordem-como-fazer/>. Acesso em: 19 dez. 2025.

EYSENBACH, G. The law of attrition revisited: adherence to eHealth applications. *Journal of Medical Internet Research*, v. 7, n. 1, e11, 2005.

FIGUEIREDO, M. A. Tecnologia e inovação no setor da beleza: desafios e oportunidades. *Cadernos de Estética e Sociedade*, v. 8, n. 3, p. 77–90, 2022.

HASKELL COSMÉTICOS. Cronograma capilar e saúde dos fios. Disponível em: <https://www.haskellcosmeticos.com.br/feitospravoce/>. Acesso em: 19 dez. 2025.

HESSEFORT, Y. *Chemical and physical behavior of human hair*. Berlin: Springer, 2006.

KAUSHIK, R. et al. Damage to hair from cosmetic treatments and weathering. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 16, n. 1, p. 103–109, 2017.

L'ORÉAL PARIS. Cronograma capilar: o que é e como montar o seu? Disponível em: <https://www.lorealparis.com.br>. Acesso em: 19 dez. 2025.

LOLA COSMETICS. Cuidados capilares. Disponível em: <https://www.lolacosmetics.com.br/blog/>. Acesso em: 19 dez. 2025.

MENDES, J. S.; ROCHA, V. M. A influência das redes sociais na prática do cronograma capilar. *Revista de Cosmetologia e Estética Aplicada*, v. 6, n. 2, p. 89–101, 2022.

MICHIE, S.; VAN STRALEN, M. M.; WEST, R. The behaviour change wheel: a new method for characterising and designing behaviour change interventions. *Implementation Science*, v. 6, n. 42, p. 1–12, 2011.

NATURA. Cuidados capilares. Disponível em: <https://www.natura.com.br/blog>. Acesso em: 19 dez. 2025.

NIELSEN, J. *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

SALON LINE. Cronograma capilar. Disponível em: <https://www.salonline.com.br/cronograma-capilar-salon-line>. Acesso em: 19 dez. 2025.

SANTOS, A. C.; OLIVEIRA, F. P. Danos capilares e processos de recuperação: uma revisão teórica. *Revista Brasileira de Beleza e Saúde*, v. 4, n. 2, p. 45–59, 2020.

SILVA, M. R.; FERREIRA, G. D. Personalização e experiência do usuário em plataformas digitais de saúde e estética. *Revista Interdisciplinar de Tecnologia e Sociedade*, v. 9, n. 1, p. 54–70, 2021.

TRUSS PROFESSIONAL. Tricologia e tratamentos capilares. Disponível em: <https://www.trussprofessional.com.br/blog/>. Acesso em: 19 dez. 2025.

WELLA PROFESSIONALS. Saúde dos fios. Disponível em: <https://www.wella.com.br>. Acesso em: 19 dez. 2025.

**ATHUNNA – PLATAFORMA DE GESTÃO DE EVENTOS E CARGA HORÁRIA EDUCACIONAL**

**ATHUNNA – EVENT MANAGEMENT AND EDUCATIONAL WORKLOAD PLATFORM**

 <https://doi.org/10.63330/livroautoral342026-008>

**Jesus Travessa de Melo Júnior**

Graduando em Engenharia da Computação  
Centro Universitário do Norte – Uninorte  
E-mail: juniormelo884@gmail.com

**João Tavares Meireles Neto**

Graduando em Engenharia da Computação  
Centro Universitário do Norte – Uninorte  
E-mail: joaotavaresneto1997@gmail.com

**Dionelson Siqueira Marinho Junior**

Graduando em Engenharia da Computação  
Centro Universitário do Norte – Uninorte  
E-mail: djrmarinho@gmail.com

**Elda Nunes de Carvalho**

Profª Me em Informática do Centro Universitário do Norte – UNINORTE  
E-mail: eldanunes@gmail.com

**Roneuane Grazielle da Gama Araujo**

Especialista em Engenharia e Administração de Banco de dados Oracle  
Centro Universitário do Norte  
E-mail: roneuanegrazielle@gmail.com

**RESUMO**

A transformação digital no contexto educacional tem impulsionado a adoção de soluções que promovam eficiência, rastreabilidade e segurança da informação em processos acadêmicos e administrativos. Nesse cenário, o Athunna surge como uma plataforma web projetada para centralizar a gestão de eventos institucionais, o registro de participações e o controle de carga horária educacional. O diagnóstico inicial identificou dificuldades recorrentes em fluxos manuais, como inconsistências em listas de presença, duplicidade de inscrições, baixa rastreabilidade de registros e fragmentação de dados entre setores. Como parte da evolução da solução, sua arquitetura foi estruturada com base em princípios da transformação digital e na abordagem *Design Science Research (DSR)*, utilizando padrões modernos de engenharia de software com foco em usabilidade, escalabilidade e segurança. O sistema incorpora controle de acesso baseado em papéis, trilhas de auditoria e conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), além de alinhamento às diretrizes da ISO/IEC 27001 para proteção da informação. Em ambiente

institucional simulado, a plataforma demonstrou melhora na organização operacional, maior confiabilidade no tratamento dos dados e aceitação positiva entre os usuários. Dessa forma, o Athunna consolida-se como uma solução digital que contribui para o fortalecimento da governança da informação no ambiente educacional, oferecendo fundamentos sólidos para expansão funcional e para a consolidação de um ecossistema acadêmico integrado.

**Palavras-chave:** Gestão de eventos; Carga horária acadêmica; Segurança da informação; Transformação digital; Governança da informação.

## ABSTRACT

Digital transformation in the educational context has driven the adoption of solutions that promote efficiency, traceability, and information security in institutional academic and administrative processes. In this scenario, Athunna emerges as a web-based platform designed to centralize the management of institutional events, participation records, and academic workload control. The initial diagnosis identified recurring challenges in manual workflows, such as inconsistencies in attendance lists, duplicate registrations, low traceability of records, and fragmentation of data across different sectors. As part of the solution's evolution, its architecture was structured based on digital transformation principles and the Design Science Research (DSR) approach, using modern software engineering standards focused on usability, scalability, and security. The system incorporates role-based access control, audit trails, and compliance with the Brazilian General Data Protection Law (LGPD), in addition to alignment with ISO/IEC 27001 guidelines for information protection. In a simulated institutional environment, the platform demonstrated improved operational organization, greater reliability in data processing, and positive acceptance among users. Therefore, Athunna is consolidated as a digital solution that contributes to strengthening information governance in the educational environment, offering solid foundations for functional expansion and the development of an integrated academic ecosystem.

**Keywords:** Event management; Academic workload; Information security; Digital transformation; Information governance.

## 1 INTRODUÇÃO

A transformação digital tem redefinido a forma como instituições de ensino organizam seus processos internos, especialmente no gerenciamento de atividades acadêmicas e administrativas. No cenário educacional contemporâneo, tecnologias digitais passaram a desempenhar papel estratégico ao promover integração, padronização e suporte à tomada de decisão baseada em dados (Laudon; Laudon,

2020; Moran, 2022). Organismos internacionais reforçam essa necessidade ao destacar a importância de soluções digitais para garantir governança, eficiência e transparência na formação dos estudantes (Unesco, 2020; OECD, 2021).

Apesar da ampliação do uso de sistemas educacionais, muitas instituições ainda operam com práticas fragmentadas, como registros manuais, formulários isolados e planilhas descentralizadas, que dificultam a rastreabilidade das informações e ampliam a probabilidade de inconsistências. Davenport (1998) e Choo (2006) argumentam que o conhecimento e a informação somente se convertem em valor quando estruturados e acessíveis, perspectiva que permanece atual diante das demandas de gestão da educação superior. O diagnóstico inicial realizado no contexto deste projeto constatou tais desafios: falhas nos registros de frequência, duplicidade de dados, ausência de padronização documental e baixa visibilidade institucional sobre a participação discente em eventos formativos.

Nesse contexto, surge a necessidade de uma solução digital integrada, orientada à gestão do ciclo completo de atividades acadêmicas suplementares, incluindo organização de eventos, inscrições, controle de presença e certificação automatizada. A plataforma Athunna foi concebida com esse propósito, alinhando princípios de usabilidade, escalabilidade e governança da informação, em conformidade com a LGPD (Brasil, 2018) e com diretrizes da ISO/IEC 27001:2022 para proteção da informação (Rezende; Abreu, 2014).

O desenvolvimento da solução ocorreu de maneira evolutiva, passando pela concepção teórica e levantamento de requisitos, pela criação da interface inicial e, posteriormente, pela implementação do banco de dados e das regras de negócio. Cada etapa foi guiada por ciclos iterativos do paradigma DSR, que estrutura o processo de identificação do problema, desenvolvimento do artefato e análise dos resultados obtidos em ambiente real (Hevner *et.al.*, 2004).

A proposta aqui apresentada busca demonstrar como uma plataforma digital voltada à gestão de eventos educacionais pode contribuir para a padronização de processos, para a conformidade com exigências acadêmicas e para a confiabilidade no registro da carga horária complementar. Além disso, visa fortalecer a governança institucional por meio da consolidação de dados e da otimização do monitoramento das atividades formativas dos estudantes, alinhando-se às demandas atuais de transformação digital na educação.

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A gestão de eventos institucionais e o controle da carga horária acadêmica exigem processos organizados, padronizados e tecnicamente confiáveis, especialmente diante da transformação digital que tem reconfigurado a administração educacional. Nesse cenário, este projeto apresenta o desenvolvimento e

a evolução da plataforma web Athunna, criada para centralizar a organização de eventos educacionais, registrar participações e sistematizar a contabilização de horas complementares de forma integrada e segura.

A iniciativa do sistema surgiu da necessidade de ferramentas capazes de conectar os setores responsáveis por atividades acadêmicas, garantindo maior eficiência, rastreabilidade e transparência no tratamento das informações. De acordo com Laudon e Laudon (2020), sistemas de informação desempenham papel estratégico ao padronizar fluxos e reduzir retrabalho, enquanto Moran (2022) destaca que soluções digitais fortalecem a tomada de decisão e ampliam a confiabilidade institucional.

Além disso, ao propor uma plataforma que centraliza eventos institucionais de diferentes áreas e unidades educacionais, o Athunna amplia o acesso dos estudantes a oportunidades formativas externas, como semanas acadêmicas, feiras de tecnologia e ações de extensão. Com isso, favorece a construção de um ecossistema educacional interconectado, onde instituições podem compartilhar informações, promover colaboração e fortalecer redes de aprendizagem e inovação.

Assim, o Athunna se posiciona como uma solução moderna e alinhada às boas práticas de governança e gestão educacional, substituindo processos manuais sujeitos a inconsistências. Com uma proposta centrada na integração e na automatização de procedimentos, o sistema contribui para otimizar tarefas administrativas e garantir maior confiabilidade no registro e comprovação de participação discente em atividades formativas.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Apesar da expansão das tecnologias educacionais, muitas instituições de ensino ainda operam com processos manuais e fragmentados para a gestão de eventos acadêmicos e para o controle da carga horária complementar dos estudantes. A ausência de uma plataforma integrada que centralize essas informações resulta em retrabalho, descentralização documental, inconsistências em registros de presença, atrasos na emissão de certificados e dificuldade de comprovação da participação discente em atividades formativas.

Outro ponto crítico está relacionado à experiência do aluno durante a validação de sua carga horária complementar. Atualmente, muitos estudantes dependem exclusivamente do atendimento presencial e da conferência manual realizada por recepções, coordenações e secretarias acadêmicas. Esse modelo, além de lento e burocrático, está sujeito a falhas humanas, perda de documentos, redução equivocada de horas válidas e falta de transparência no processo avaliativo, gerando insegurança e frustração quanto ao acompanhamento de sua formação. Sem sistemas auditáveis e padronizados, o discente não possui autonomia sobre suas atividades validadas, ficando vulnerável a inconsistências institucionais.

A Figura 1 apresenta os principais problemas identificados durante o diagnóstico situacional realizado ao longo dos ciclos de desenvolvimento da solução, evidenciando como a falta de padronização e digitalização afeta tanto a eficiência operacional quanto o acompanhamento acadêmico seguro e justo.

Para facilitar a compreensão desse cenário, apresenta-se a seguir uma representação visual que sintetiza os principais entraves observados na gestão manual da carga horária complementar e dos eventos acadêmicos. A ilustração evidencia como a fragmentação dos registros, a ausência de padronização e a dependência de controles informais se relacionam em um ciclo contínuo de ineficiência institucional.

Figura 1 — Principais problemas identificados na gestão manual da carga horária complementar e eventos acadêmicos.



Fonte: Autoria própria (2025).

Adicionalmente, a falta de interoperabilidade entre setores e unidades educacionais compromete a rastreabilidade das informações e dificulta o planejamento acadêmico baseado em dados, tornando o processo incompatível com as exigências legais de segurança e governança informacional. Conforme destacam Laudon e Laudon (2020), a integração sistêmica é essencial para reduzir falhas operacionais e garantir eficiência administrativa. De forma complementar, Moran (2022) reforça que a transformação digital deve assegurar confiabilidade, transparência e alinhamento estratégico das informações educacionais.

Diante desse cenário, este projeto tem como propósito estruturar e disponibilizar uma plataforma digital centralizada que integre e padronize o controle de eventos educacionais e da carga horária complementar dos estudantes, garantindo rastreabilidade das informações, padronização de procedimentos, segurança no tratamento dos dados e maior autonomia e transparência no acompanhamento acadêmico.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver a plataforma web Athunna como uma solução digital centralizada para gestão de eventos educacionais e controle da carga horária complementar, garantindo padronização dos processos, rastreabilidade dos dados e conformidade com requisitos de segurança da informação. Além disso, busca-se assegurar maior autonomia ao estudante, eliminando dependência de fluxos manuais sujeitos a falhas e proporcionando transparência e justiça na validação de sua trajetória acadêmica.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Padronizar o processo de registro e validação da carga horária complementar, eliminando subjetividades e inconsistências presentes em fluxos manuais.
- Automatizar o controle de eventos acadêmicos e o acompanhamento de participantes, garantindo rastreabilidade e integridade dos dados registrados.
- Garantir autonomia ao estudante, permitindo acesso transparente à sua carga horária validada e reduzindo a dependência de atendimentos presenciais em secretarias e recepções institucionais.
- Assegurar conformidade com normas de segurança e proteção de dados, aplicando princípios da LGPD e boas práticas de governança da informação.
- Facilitar a emissão e autenticação de certificados, incorporando mecanismos que comprovem a veracidade das informações com menor risco de fraude ou erros humanos.

### 1.5 JUSTIFICATIVA

O acesso a atividades acadêmicas complementares é parte essencial da formação estudantil, contribuindo para o desenvolvimento de competências, ampliação de repertório acadêmico e integração entre teoria e prática (Moran, 2022). No entanto, muitos alunos dependem exclusivamente da oferta de eventos de sua própria instituição, o que limita oportunidades e pode atrasar a conclusão de sua carga horária obrigatória. A falta de integração entre instituições restringe o desenvolvimento acadêmico regional e diminui a circulação de conhecimento e experiências formativas (UNESCO, 2020).

O Athunna surge como uma solução estratégica ao estabelecer um ecossistema interinstitucional em que diferentes instituições de ensino podem compartilhar eventos, permitindo que estudantes visualizem e se inscrevam em atividades externas de forma simples e transparente. Essa ampliação de acesso fortalece o protagonismo estudantil e reduz barreiras geográficas e administrativas na participação em projetos, *workshops*, oficinas e semanas acadêmicas, alinhando-se às diretrizes de educação conectada e colaborativa (OECD, 2021).

Paralelamente, o projeto responde a uma dor frequente do aluno: a incerteza quanto ao controle da própria carga horária. Em fluxos manuais tradicionais, erros, perdas de documentos e divergências na validação são comuns, gerando insegurança e prejuízos acadêmicos, conforme apontado por estudos sobre gestão da informação e processos educacionais (Davenport, 1998; Choo, 2006). O Athunna automatiza esse processo, garantindo validação padronizada, emissão de certificados com autenticidade e acompanhamento em tempo real da carga horária já cumprida.

No âmbito institucional, a plataforma substitui processos fragmentados antes dependentes de planilhas, e-mails e conferências manuais por uma solução digital integrada, mitigando falhas, reduzindo retrabalho e assegurando eficiência operacional (Laudon; Laudon, 2020). Além disso, ao incorporar princípios da LGPD e boas práticas de governança da informação, o Athunna fortalece a confiabilidade e a conformidade das instituições com normas vigentes (Brasil, 2018).

Portanto, este projeto se justifica por sua capacidade de impactar toda a cadeia educacional: amplia o acesso dos estudantes às atividades complementares, moderniza fluxos acadêmicos internos, conecta instituições e contribui para um ambiente colaborativo de formação continuada. Trata-se de uma solução que promove autonomia, inovação e transparência, alinhando-se às exigências atuais da educação digital.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos e metodológicos que sustentam o desenvolvimento da plataforma Athunna, considerando o contexto de transformação digital que impacta os processos administrativos e acadêmicos nas instituições de ensino. A incorporação de tecnologias digitais tem promovido a modernização dos fluxos educacionais, exigindo maior integração, padronização e suporte à tomada de decisão baseada em dados (Laudon; Laudon, 2020; Moran, 2022). Nesse cenário, a governança da informação e o tratamento adequado de dados tornam-se elementos centrais para a gestão educacional contemporânea (Choo, 2006; Davenport, 1998).

Além disso, são discutidas as exigências legais e normativas aplicáveis ao tratamento de dados pessoais no ambiente acadêmico, com destaque para a importância de soluções tecnológicas seguras, eficientes e alinhadas às diretrizes de proteção da informação e transparência institucional (Brasil, 2018; ISO/IEC 27001, 2022).

Paralelamente, são descritos os princípios metodológicos que orientaram a construção do sistema, com enfoque na DSR, abordagem que possibilita a criação, avaliação e evolução de artefatos tecnológicos voltados à solução de problemas reais (Hevner *et.al.*, 2004; March; Smith, 1995). A adoção dessa estrutura metodológica assegura rigor científico ao desenvolvimento do Athunna, ao conectar práticas de engenharia de software a fundamentos teóricos consolidados, permitindo a validação do artefato no contexto institucional em que está inserido.

## 2.1 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA EDUCAÇÃO

A transformação digital no ensino representa uma mudança estruturante, impulsionada pela incorporação de tecnologias capazes de modernizar processos institucionais, ampliar o acesso à informação e aprimorar a experiência acadêmica. Segundo Brennen e Kreiss (2016), a transformação digital não se limita à adoção de ferramentas tecnológicas, mas envolve também a reconfiguração de práticas e rotinas organizacionais, criando ambientes mais dinâmicos, colaborativos e orientados ao conhecimento.

No contexto educacional, essa evolução tornou-se ainda mais evidente a partir de 2020, quando a tecnologia assumiu papel essencial na continuidade das atividades acadêmicas durante o período de isolamento social. A UNESCO (2021) destaca que os sistemas educacionais passaram a depender de plataformas digitais para gerenciamento de processos administrativos e formativos, ampliando a demanda por soluções mais eficientes, acessíveis e seguras.

Com a expansão dos eventos institucionais, projetos de extensão, oficinas e atividades complementares, a gestão acadêmica requer mecanismos que assegurem rastreabilidade, transparência e padronização das informações. Conforme Matt, Hess e Benlian (2015), tecnologias digitais implementadas de forma estratégica contribuem para a redução de erros, aumento da produtividade e melhoria na tomada de decisões institucionais.

Nesse cenário, plataformas como o Athunna tornam-se essenciais ao oferecer uma solução que centraliza dados, organiza procedimentos e facilita o acompanhamento da carga horária complementar. Ao promover autonomia ao estudante e eficiência administrativa, a transformação digital aplicada à educação contribui para a construção de um ambiente acadêmico mais inclusivo, conectado e orientado à inovação.

## 2.2 GOVERNANÇA DA INFORMAÇÃO E PROTEÇÃO DE DADOS (LGPD + ISO/IEC 27001)

A transformação digital no ambiente educacional exige que aplicações acadêmicas adotem práticas de segurança da informação que garantam privacidade, controle de acesso e rastreabilidade dos dados (Laudon; Laudon, 2020). Nesse contexto, a governança da informação estabelece diretrizes para assegurar que processos, sistemas e registros digitais sejam confiáveis, íntegros e auditáveis, especialmente quando envolvem informações acadêmicas de estudantes e colaboradores (Davenport, 1998; Choo, 2006). Além disso, a adoção de políticas de segurança alinhadas a normas e legislações vigentes torna-se essencial para a proteção de dados pessoais no ambiente educacional (Brasil, 2018).

A LGPD regulamenta o tratamento de dados sensíveis no Brasil e reforça princípios como finalidade, necessidade, minimização e consentimento do titular (Brasil, 2018). Em sistemas relacionados à trajetória educacional dos discentes, esses princípios tornam-se essenciais para prevenir exposições indevidas, fraudes em registros e acessos não autorizados.

Complementarmente, as normas ISO/IEC 27001 fornecem um conjunto de boas práticas internacionalmente reconhecidas para gestão de segurança da informação, contemplando políticas, controles técnicos e mecanismos de auditoria voltados à preservação de confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados. A adoção dessas diretrizes fortalece o ambiente digital institucional e reduz riscos em processos críticos como autenticação, autorização e emissão de documentos acadêmicos.

No contexto deste projeto, os princípios da LGPD e as diretrizes da ISO/IEC 27001 foram considerados na definição da arquitetura do Athunna, especialmente na implementação de mecanismos como Controle de Acesso Baseado em Papéis (*Role-Based Access Control – RBAC*), conforme definido por Sandhu *et.al.* (1996), criptografia na comunicação e trilhas de auditoria. Ao alinhar tecnologia, legislação e governança da informação, a plataforma se posiciona como solução confiável para operação multi-institucional, garantindo segurança operacional e proteção dos dados pessoais de estudantes, professores e gestores.

## 2.3 DESIGN SCIENCE RESEARCH (DSR)

O desenvolvimento do Athunna foi orientado pela DSR, abordagem metodológica focada na criação de artefatos tecnológicos aplicados à solução de problemas reais (Hevner *et.al.*, 2004). A DSR organiza o processo de desenvolvimento a partir de ciclos iterativos, nos quais o artefato é projetado, analisado, aprimorado e reavaliado continuamente, permitindo que sua evolução seja guiada por necessidades práticas do contexto em que será utilizado.

Segundo March e Smith (1995), a DSR integra construção e avaliação, assegurando que o artefato desenvolvido apresente relevância, utilidade e efetividade. Essa perspectiva garante que a solução técnica não permaneça apenas em nível conceitual, mas avance para uma implementação funcional capaz de gerar impacto direto nas rotinas operacionais existentes.

Esse alinhamento é evidente no Athunna, cujo desenvolvimento foi conduzido de forma incremental, iniciando pelo diagnóstico dos processos de gestão de eventos, avançando para a prototipação de interface e culminando na implementação da versão atual do sistema, validada em ambiente controlado com usuários reais. A DSR possibilitou que cada etapa contribuísse com ajustes progressivos, orientados pelas necessidades institucionais identificadas ao longo do percurso.

Assim, a aplicação da DSR sustenta a coerência metodológica deste projeto ao conectar o amadurecimento técnico do Athunna à sua relevância para a gestão educacional, garantindo que a plataforma seja construída com foco na usabilidade, na eficiência operacional e na melhoria contínua das práticas administrativas.

## 2.4 PROCEDIMENTOS DE VALIDAÇÃO E USABILIDADE

A validação do Athunna foi estruturada para verificar se o sistema atende de forma efetiva às necessidades institucionais identificadas no diagnóstico inicial e se suas funcionalidades apresentam clareza, eficiência e facilidade de uso para os diferentes perfis de usuários, conforme recomendações da DSR para avaliação de artefatos tecnológicos (Hevner *et.al.*, 2004). Essa etapa ocorreu em ambiente institucional controlado, utilizando a versão atual da plataforma já hospedada e operacional.

Três perfis previstos no sistema, administradores, professores e estudantes, participaram da avaliação, considerando suas atribuições reais no uso do Athunna. Os participantes receberam um conjunto de tarefas práticas, como cadastro de eventos, inscrição em atividades, registro de presença e emissão de certificados digitais, permitindo observar o desempenho operacional e o fluxo de navegação em situações autênticas do cotidiano educacional digital, conforme práticas consolidadas de avaliação centrada no usuário (ISO 9241-210, 2019).

Durante a execução das atividades, foram coletados indicadores quantitativos que permitiram medir a efetividade do uso, entre eles taxa de sucesso das tarefas, tempo médio de conclusão e taxa de erro. Esses indicadores são amplamente utilizados em estudos de usabilidade por possibilitarem a análise objetiva da eficiência e da eficácia da interação entre usuário e sistema (Sauro; Lewis, 2016).

Ao término das tarefas, os participantes também responderam ao Formulário de Usabilidade (*System Usability Scale* — SUS), instrumento amplamente utilizado para avaliação de usabilidade em sistemas interativos, permitindo sintetizar a percepção subjetiva de satisfação, confiança no uso e clareza dos elementos da interface em uma pontuação global entre 0 e 100, conforme proposto por Brooke (1996).

Os registros coletados ao longo da validação foram posteriormente analisados de forma a evidenciar pontos fortes da experiência de uso e oportunidades de melhorias para as próximas versões da plataforma. Dessa forma, os procedimentos de validação realizados neste trabalho garantiram que o Athunna fosse avaliado de forma técnica, centrada no usuário e voltada ao aprimoramento contínuo do sistema.

### 2.4.1 Procedimentos de Validação e Usabilidade (*System Usability Scale* — SUS)

O SUS foi adotado como instrumento de avaliação da usabilidade da plataforma Athunna, sendo aplicado aos participantes após a execução das tarefas previstas no processo de validação. O SUS consiste em um questionário padronizado amplamente utilizado na avaliação de sistemas interativos, por sua simplicidade, confiabilidade e capacidade de sintetizar a percepção dos usuários quanto à facilidade de uso, clareza da interface e confiança na navegação (Brooke, 1996).

A aplicação do instrumento ocorreu em ambiente institucional simulado, no qual os participantes interagiram com as funcionalidades essenciais do sistema, como inscrição em eventos, navegação entre módulos, registro de presença e acesso às informações acadêmicas. Após a conclusão das atividades, os

usuários responderam às afirmações do SUS com base em sua experiência de uso, permitindo a coleta de percepções estruturadas sobre a interação com a plataforma.

O questionário foi composto por dez afirmações, avaliadas por meio de uma escala do tipo Likert, variando de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente), conforme descrito a seguir:

1. Eu acho que gostaria de usar este sistema com frequência.
2. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.
3. Eu achei o sistema fácil de usar.
4. Eu acho que precisaria do apoio de um técnico para conseguir usar este sistema.
5. Eu achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas.
6. Eu achei que o sistema apresentou muita inconsistência.
7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente.
8. Eu achei o sistema complicado de usar.
9. Eu me senti confiante ao usar o sistema.
10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar este sistema.

Além das afirmações padronizadas, o instrumento disponibilizou um campo aberto para comentários adicionais, no qual os participantes puderam registrar observações, dificuldades pontuais e sugestões de melhoria relacionadas à experiência de uso da plataforma. Esse espaço qualitativo permitiu complementar os dados estruturados do SUS, oferecendo uma compreensão mais aprofundada da interação dos usuários com o sistema.

A figura 2 apresenta o formulário utilizado na etapa de avaliação da usabilidade, evidenciando tanto as afirmações do SUS quanto o campo destinado aos comentários adicionais. As contribuições registradas nesse espaço foram fundamentais para o refinamento da solução, subsidiando ajustes na apresentação de informações do perfil do usuário, na padronização de campos cadastrais e na organização de requisitos relacionados ao contato institucional.

Além de apoiar a identificação de ajustes na interface, os comentários adicionais permitiram compreender como os usuários perceberam a clareza dos fluxos e a organização das informações apresentadas pelo sistema. As observações registradas evidenciaram a importância de padronização nos campos de perfil e nos dados de contato, considerados elementos sensíveis no contexto institucional, especialmente no que se refere à identificação correta do participante.

A análise desse conteúdo qualitativo reforçou o caráter iterativo do desenvolvimento do Athunna, no qual a experiência real dos usuários subsidia decisões de design e refinamento funcional. As contribuições coletadas foram incorporadas de forma progressiva ao sistema, resultando em melhorias na apresentação das informações e na consistência dos dados exibidos.

Dessa forma, a avaliação de usabilidade contribuiu para validar a interface e orientar ajustes que fortaleceram a confiabilidade e a clareza operacional da plataforma.

Figura 2 – Formulário de avaliação de usabilidade aplicado aos participantes.

### Formulário de Usabilidade (SUS) — Athunna — Plataforma de Gestão de Eventos e Carga Horária Educacional

Nome: _____	Data: _____ / _____ / _____					
Pergunta	Discordo Totalmente					Concordo Totalmente
	1	2	3	4	5	
1. Eu acho que gostaria de usar este sistema com frequência.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
2. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
3. Eu achei o sistema fácil de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
4. Eu acho que precisaria do apoio de um técnico para usar este sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
5. Eu achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
6. Eu achei que o sistema apresentou muita inconsistência.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
7. Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
8. Eu achei o sistema complicado de usar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
9. Eu me senti confiante ao usar o sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
10. Eu precisei aprender muitas coisas antes de conseguir usar este sistema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Comentários Adicionais: _____						

Autoria Própria adaptado no formulário SUS de brooke (1996).

Fonte: Autoria própria (2025).

As respostas obtidas por meio do SUS e dos comentários adicionais foram analisadas de forma qualitativa e interpretativa, sendo utilizadas para validar as decisões de design adotadas e orientar melhorias implementadas na versão atual do sistema. Dessa forma, o processo de validação reforça o caráter iterativo, participativo e orientado ao usuário do desenvolvimento da plataforma Athunna.

## 3 DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO

O desenvolvimento do Athunna foi conduzido a partir das necessidades institucionais identificadas na fase de diagnóstico, com foco na criação de uma plataforma digital capaz de organizar eventos acadêmicos, registrar carga horária complementar e garantir a rastreabilidade das informações geradas no processo, alinhando-se aos princípios de desenvolvimento de sistemas orientados à resolução de problemas organizacionais, conforme a abordagem da DSR (Hevner *et.al.*, 2004). A proposta busca solucionar

fragilidades recorrentes observadas nas instituições, como descentralização de dados, dependência de conferências manuais e falta de padronização entre as unidades organizacionais.

A versão do sistema apresentada neste Trabalho de Conclusão de Curso representa o primeiro ciclo completo de desenvolvimento, incluindo os módulos essenciais para uso real em instituições de ensino superior, evidenciando a maturidade técnica inicial do protótipo. O processo de implementação envolveu decisões estruturais relacionadas à engenharia de *software*, *design* de interface e governança informacional, assegurando estabilidade operacional, proteção dos dados pessoais e uma experiência de uso intuitiva para diferentes perfis de usuários.

O Athunna opera como uma Aplicação Web Progressiva (*Progressive Web App* — PWA), acessível em navegadores de computadores e dispositivos móveis, preservando responsividade e usabilidade. Sua arquitetura multi-institucional possibilita que diferentes organizações utilizem o sistema simultaneamente, com isolamento adequado e confidencialidade das informações cadastradas.

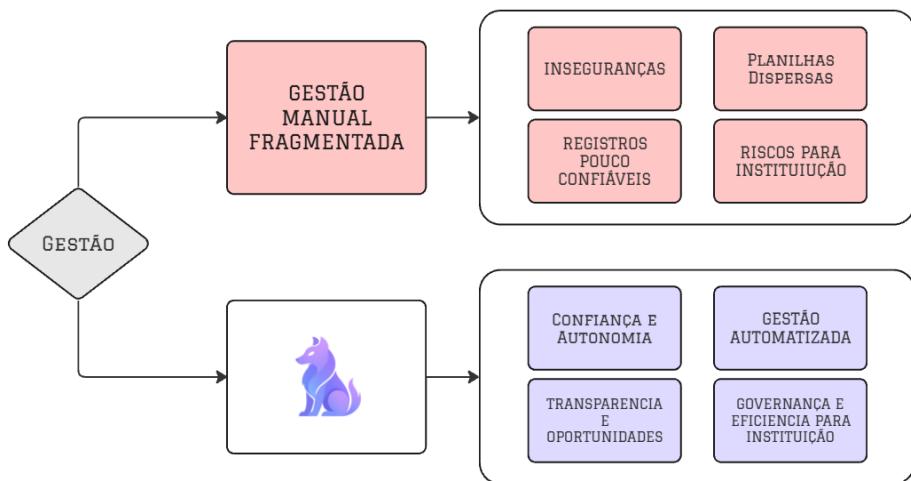
Além disso, os fluxos de navegação foram projetados para reduzir a necessidade de suporte administrativo e promover autonomia ao estudante no acompanhamento da carga horária complementar, de forma centralizada, visual e padronizada, aspecto que responde diretamente a uma das principais dores identificadas durante o diagnóstico institucional: a falta de transparência no processo avaliativo.

Antes da apresentação detalhada dos módulos e da arquitetura da plataforma, faz-se necessário sintetizar, de forma visual, a relação entre os problemas diagnosticados e a solução proposta.

Nesse contexto, a Figura 2 apresenta uma visão integradora do cenário anterior à implementação do Athunna, caracterizado por processos manuais, fragmentação de dados e riscos institucionais, bem como a proposta da plataforma como solução digital centralizada, segura e orientada à automação dos fluxos acadêmicos.

Essa representação visual tem caráter conceitual e explicativo, auxiliando na compreensão sistêmica do impacto do Athunna antes da descrição técnica de sua arquitetura e funcionalidades.

Figura 3 — Síntese dos problemas e solução proposta pela plataforma Athunna.



Fonte: Autoria própria (2025).

### 3.1 ARQUITETURA DO SISTEMA

A arquitetura do sistema Athunna não segue o padrão *Modelo-Visão-Controle (Model-View-Controller — MVC)* tradicional. A solução foi concebida com base em uma Arquitetura em Camadas (*Layered Architecture*), combinada com o padrão de Aplicação de Página Única (*Single Page Application — SPA*), abordagem mais adequada a aplicações web modernas orientadas à experiência do usuário. Essa escolha permite a separação clara de responsabilidades, favorecendo a manutenibilidade, escalabilidade e evolução contínua da plataforma, sem exposição de detalhes internos de implementação, conforme boas práticas de arquitetura de *software* para sistemas distribuídos (Pressman; Maxim, 2016).

O Athunna foi projetado como uma PWA, possibilitando acesso multiplataforma em computadores, *tablets* e *smartphones* sem necessidade de instalação. Essa característica amplia a aderência da solução no contexto institucional, atendendo tanto estudantes quanto equipes administrativas, e contribui para a escalabilidade de uso do sistema, especialmente em ambientes educacionais com diferentes níveis de infraestrutura tecnológica. Além disso, a abordagem adotada contribui para reduzir barreiras de acesso e suporte técnico no uso cotidiano da plataforma.

A estrutura da plataforma foi definida com separação clara entre a interface do usuário e a lógica de negócios, permitindo que o *front-end* e o *back-end* evoluam de forma independente de acordo com as demandas funcionais. Essa característica facilita a manutenção, a adição de novos módulos e a integração com soluções externas futuramente, reforçando o caráter contínuo de evolução do sistema e reduzindo impactos estruturais durante o ciclo de desenvolvimento.

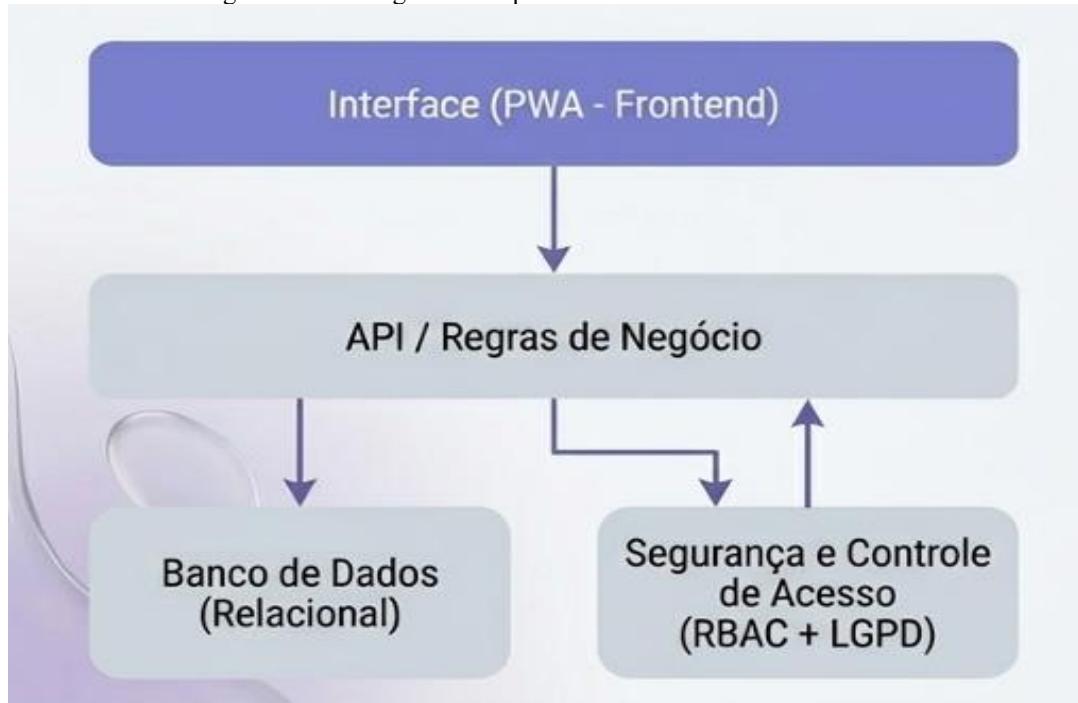
Além disso, a arquitetura do Athunna foi concebida para garantir suporte a um ambiente multiusuário e multi-institucional, no qual diferentes organizações possam gerenciar seus próprios eventos sem interferência entre si, assegurando autonomia operacional e confidencialidade das informações. O

controle de acesso é estruturado por permissões hierárquicas, implementadas por meio do RBAC, que define perfis específicos para Administração Institucional, Organização de Eventos e Estudantes, restringindo e autorizando funcionalidades conforme as responsabilidades atribuídas.

Outro ponto central da arquitetura é o compromisso com a proteção dos dados pessoais, fundamentado nos princípios da LGPD. Desde a elaboração do banco de dados e dos processos de autenticação, as práticas de segurança e governança foram incorporadas para garantir que o fluxo de informações seja rastreável, seguro e alinhado às exigências legais vigentes (Brasil, 2018).

Assim, a arquitetura do Athunna consolida-se como um pilar fundamental para o seu propósito institucional: oferecer uma solução estável, padronizada e tecnicamente sustentável que fortaleça a criação de um ecossistema educacional colaborativo, promovendo a conexão direta entre instituições e alunos por meio da gestão integrada de eventos e da organização confiável da carga horária complementar.

Figura 4— Visão geral da arquitetura multicamadas do Athunna.



Fonte: Autoria própria (2025).

### 3.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

O desenvolvimento do Athunna utilizou um conjunto integrado de tecnologias que refletem padrões contemporâneos de engenharia de *software*, priorizando desempenho, segurança, interoperabilidade e continuidade evolutiva da solução. A aplicação é construída com base no *framework React*, adotado por sua capacidade de estruturar interfaces reativas e modulares, facilitando a manutenção e a escalabilidade da plataforma à medida que novas funcionalidades são incorporadas, conforme práticas amplamente difundidas no desenvolvimento de aplicações web modernas (Laudon; Laudon, 2020). O uso de *TypeScript*

adiciona uma camada de tipagem estática que aprimora a previsibilidade e a robustez do código, reduzindo a ocorrência de falhas e assegurando maior confiabilidade durante o processo de desenvolvimento.

A comunicação entre interface e armazenamento é realizada por meio de uma Interface de Programação de Aplicações (*Application Programming Interface* — API), possibilitando que a aplicação opere como uma SPA, com alta responsividade e navegação contínua, sem recargas completas de página, característica alinhada às arquiteturas web orientadas à experiência do usuário e à eficiência de desempenho (Pressman; Maxim, 2016).

O banco de dados é gerenciado em ambiente *cloud*, utilizando um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR) baseado em *PostgreSQL*, escolhido por sua robustez, aderência aos padrões da Linguagem de Consulta Estruturada (*Structured Query Language* — SQL) e suporte a mecanismos de integridade, consistência e segurança dos dados. Essa escolha contribui para a confiabilidade das informações armazenadas e para a rastreabilidade das operações realizadas no sistema, aspectos essenciais em aplicações educacionais que lidam com registros acadêmicos sensíveis (Date, 2019).

No que se refere à infraestrutura, o Athunna opera como uma PWA, recurso que permite acesso multiplataforma, armazenamento temporário local e funcionamento estável mesmo em condições de conectividade limitada. Esse fator amplia significativamente o alcance da solução nos diferentes contextos educacionais, especialmente em cenários com restrições tecnológicas, contribuindo para maior adesão institucional e continuidade de uso da plataforma (Moran, 2022).

O conjunto tecnológico adotado também possibilita atualizações contínuas sem interrupção da experiência de uso, além de facilitar a integração com serviços digitais futuros, como sistemas acadêmicos externos ou ferramentas de gestão institucional. Dessa forma, a plataforma mantém-se alinhada às tendências emergentes de transformação digital na educação, garantindo que sua evolução técnica acompanhe as necessidades acadêmicas e administrativas das instituições participantes.

### 3.3 MÓDULOS E FUNCIONALIDADES

O Athunna foi concebido como uma plataforma orientada à gestão acadêmica de eventos e ao acompanhamento formal da carga horária estudantil. Para isso, a aplicação estrutura suas funcionalidades em módulos interdependentes, com papéis definidos a partir dos diferentes perfis que interagem com o sistema, alinhando-se aos princípios de modularização e organização funcional de sistemas de informação, que visam maior clareza operacional, manutenção facilitada e escalabilidade das soluções digitais (Pressman; Maxim, 2016). Cada módulo contribui para a fluidez das rotinas administrativas e para a confiabilidade do registro institucional, buscando reduzir retrabalhos e garantir maior transparência no processo de certificação.

O módulo de instituições permite que cada entidade educacional mantenha seu próprio ambiente operacional, assegurando autonomia administrativa e isolamento de dados entre diferentes usuários. No módulo de eventos, gestores e professores podem planejar, cadastrar e acompanhar atividades acadêmicas, definindo datas, modalidades, vagas, responsáveis e parâmetros de certificação. Esse módulo se conecta diretamente ao controle de atividades, onde as tarefas vinculadas aos eventos são organizadas e disponibilizadas de forma estruturada para os participantes.

O módulo de inscrições possibilita ao estudante aderir aos eventos oferecidos, acompanhar suas participações e obter informações detalhadas sobre suas atividades. Já o módulo de presença opera de forma integrada ao mecanismo de validação digital, permitindo que o registro seja realizado de forma simplificada e rastreável, eliminando divergências entre listas físicas e eletrônicas. Os certificados são gerados automaticamente após o cumprimento dos critérios estabelecidos, garantindo agilidade na emissão e padronização institucional.

Complementando essa estrutura, o módulo de relatórios consolida dados essenciais para análise gerencial, auxiliando na tomada de decisões estratégicas relacionadas à oferta de eventos, à participação estudantil e ao desempenho organizacional. Dessa forma, a plataforma não apenas automatiza processos operacionais, mas também habilita uma visão analítica sobre a gestão educacional.

A divisão modular do Athunna fortalece sua escalabilidade e prepara a plataforma para futuras expansões, assegurando que novas funcionalidades possam ser incorporadas de forma coerente com a arquitetura existente e com as demandas emergentes da transformação digital no contexto acadêmico.

### 3.4 INCUBAÇÃO INSTITUCIONAL E CONTEXTO DE VALIDAÇÃO

O Athunna passou por um processo de incubação institucional durante sua concepção e evolução técnica, o que permitiu que o sistema fosse validado em um ambiente simulado, construído para reproduzir de forma controlada as rotinas acadêmicas observadas no contexto educacional. Esse procedimento possibilitou que a plataforma amadurecesse a partir de cenários representativos de uso real, sem que estivesse vinculada, neste estágio, a uma instituição específica, garantindo alinhamento com necessidades operacionais tanto da gestão acadêmica quanto dos estudantes que utilizam eventos para integralizar a carga horária obrigatória, conforme recomendações da DSR para avaliação de artefatos em contextos aplicados (Hevner *et.al.*, 2004).

Antes da utilização do Athunna nesse ambiente fictício, os fluxos relacionados à gestão de eventos e validação de carga horária eram representados por processos fragmentados, interfaces pouco intuitivas e ausência de padronização, cenário comum em práticas institucionais observadas durante o diagnóstico inicial, o que gerava insegurança por parte dos estudantes e maior dependência de conferências administrativas posteriores.

O processo de validação concentrou-se em testes de funcionalidade, nos quais foi verificado se os fluxos previstos no sistema operavam de forma coerente do início ao fim, desde o cadastro de eventos até o acompanhamento da carga horária e a emissão de certificados. Para isso, o Athunna foi aplicado em um cenário fictício controlado, que simulou a realização de eventos acadêmicos institucionais, com a criação de contas específicas para os perfis de administração, organização e estudantes.

Durante a execução dos testes, os usuários conseguiram concluir as tarefas propostas sem necessidade de orientação adicional, indicando clareza na organização dos fluxos e compreensão intuitiva da interface. De forma qualitativa, os estudantes relataram que a plataforma apresenta uma estrutura mais clara e didática quando comparada a sistemas institucionais previamente utilizados, frequentemente percebidos como excessivamente burocráticos ou, em outros casos, excessivamente simplificados e pouco informativos. Essas comparações foram feitas de maneira genérica, sem associação direta a instituições específicas, e serviram como referência perceptiva para avaliação da experiência de uso.

A participação de uma usuária externa ao ambiente simulado contribuiu de forma relevante para o aprimoramento da solução. Durante o teste, foram identificados ajustes pontuais relacionados à forma de apresentação do nome do usuário, à organização de campos de contato, como número de telefone, e à padronização das informações exibidas no perfil e nas comunicações por *e-mail*. As observações foram incorporadas ao sistema, resultando em melhorias na clareza dos dados apresentados e na consistência das notificações enviadas aos usuários.

Após a aplicação dessas correções, o sistema apresentou funcionamento estável em todos os fluxos avaliados no ambiente de simulação, sem inconsistências no cadastro, na validação de presença ou na emissão de certificados. Esse processo evidencia que o Athunna atingiu um nível satisfatório de maturidade funcional para uso acadêmico em cenários representativos, ao mesmo tempo em que demonstra abertura para evolução contínua a partir do retorno dos usuários.

Dessa forma, os resultados obtidos durante a incubação institucional em ambiente fictício reforçam a viabilidade do Athunna como uma solução capaz de organizar processos acadêmicos de forma clara, confiável e alinhada às expectativas dos estudantes, servindo como base sólida para futuras aplicações em contextos institucionais reais.

### 3.5 DIRETRIZES DE UI/UX E IDENTIDADE VISUAL

A experiência do usuário (*User Interface / User Experience — UI/UX*) ocupa um papel central no desenvolvimento do Athunna, uma vez que a plataforma se destina a um público amplo, composto por estudantes, professores e gestores acadêmicos com diferentes níveis de familiaridade tecnológica, alinhando-se aos princípios de *design* centrado no usuário e usabilidade definidos em normas internacionais (ISO 9241-210, 2019). A interface foi concebida para ser intuitiva e orientada à execução rápida de tarefas,

apoioando-se em princípios de clareza visual, acessibilidade e padronização comportamental ao longo dos fluxos operacionais.

O *design system* adotado busca reduzir a carga cognitiva durante a navegação, aplicando organização hierárquica das informações, uso estratégico de ícones e consistência nos elementos interativos entre as telas do sistema. O estilo visual segue a estética *Liquid Glass*, com paleta baseada em tons de roxo e gradientes translúcidos, reforçando modernidade, leveza e identidade tecnológica.

Além disso, foram incorporados critérios mínimos de acessibilidade, incluindo contraste adequado entre texto e fundo, responsividade para múltiplos tamanhos de tela e tipografias de alta legibilidade, promovendo uma experiência inclusiva e consistente. Esses princípios asseguram que o Athunna possa ser utilizado de forma estável tanto em computadores quanto em dispositivos móveis, independentemente do perfil do usuário.

Dessa forma, a identidade visual do Athunna estabelece uma interface coesa e agradável, alinhada às boas práticas de UI/UX e aos objetivos do projeto de proporcionar navegação ágil, clara e eficiente, reduzindo obstáculos e favorecendo o engajamento dos participantes nas atividades educacionais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com o desenvolvimento e a validação da plataforma Athunna, destacando seus impactos na gestão de eventos educacionais e na contabilização da carga horária dos estudantes. A análise considera tanto o desempenho técnico e funcional do sistema quanto os benefícios percebidos pelos diferentes perfis de usuários envolvidos no processo institucional. Nesse sentido, discute-se a eficácia operacional da solução desenvolvida, avaliada por meio da execução prática das funcionalidades essenciais do sistema em ambiente simulado, bem como sua capacidade de suprir as lacunas previamente identificadas no cenário manual.

A interpretação dos resultados contempla também uma perspectiva comparativa entre o modelo tradicional, caracterizado por registros fragmentados, retrabalho administrativo e inconsistências documentais, e o modelo automatizado proposto pelo Athunna, que introduz padronização dos fluxos, rastreabilidade das informações e maior segurança no tratamento dos dados. Assim, os elementos apresentados neste capítulo sustentam a análise crítica quanto ao potencial da plataforma de reduzir falhas operacionais, otimizar o acompanhamento das atividades e fortalecer a governança da informação no contexto acadêmico.

A análise dos resultados baseia-se na avaliação funcional do sistema e na percepção qualitativa dos usuários durante os testes realizados, permitindo compreender a experiência de uso sob uma perspectiva ampla, considerando a eficiência dos fluxos, a clareza da interface, a acessibilidade dos recursos e o nível geral de aceitação da solução. Os achados demonstram que o Athunna responde adequadamente às

demandas que motivaram sua concepção, evidenciando maturidade tecnológica inicial e viabilidade de evolução futura, especialmente no que se refere à possibilidade de expansão para ambientes institucionais reais e à integração entre diferentes organizações em um ecossistema digital colaborativo. De forma geral, os resultados confirmam a coerência entre o problema identificado, a solução desenvolvida e o processo de validação realizado, preparando a discussão dos resultados específicos nos tópicos seguintes.

#### 4.1 IMPACTO INSTITUCIONAL E OPERACIONAL

Os resultados obtidos demonstram que o Athunna contribui de maneira significativa para a modernização dos fluxos institucionais e para a otimização dos processos administrativos relacionados à gestão de eventos educacionais e atividades formativas. A automação de registros, o controle padronizado das participações e a organização centralizada das informações promovem maior governança da informação, reduzindo falhas operacionais, retrabalhos e inconsistências decorrentes de procedimentos manuais. Para os docentes e organizadores, a plataforma simplifica tarefas repetitivas, aprimora a transparência na verificação da presença dos participantes e agiliza etapas como emissão e validação de certificados, o que fortalece a adesão à transformação digital no ambiente educacional. Essa redução da carga operacional favorece o engajamento dos professores e equipes técnicas, permitindo que concentrem seus esforços em atividades estratégicas para o desenvolvimento acadêmico. Além disso, o Athunna consiste em um ecossistema digital interoperável entre instituições de ensino, tecnicamente operacional e disponível para implantação, no qual estudantes podem ter acesso a eventos externos à sua unidade de origem, ampliando oportunidades formativas, networking acadêmico e flexibilidade na obtenção da carga horária complementar. Essa conectividade promove maior protagonismo estudantil sobre sua trajetória educacional e fortalece relações colaborativas entre as instituições participantes. A Figura 4 sintetiza os principais benefícios observados para instituições e docentes por meio da adoção da plataforma.

Figura 5 - Benefícios do Athunna para instituições e docentes.



Fonte: Autoria própria (2025).

#### 4.2 AVALIAÇÃO OPERACIONAL DA PLATAFORMA

A avaliação operacional do Athunna demonstrou ganhos significativos na eficiência, rastreabilidade e segurança dos registros acadêmicos, substituindo fluxos manuais por processos automatizados e padronizados. A Figura 5 apresenta o fluxo geral de funcionalidade da plataforma, evidenciando a separação clara das jornadas dos diferentes perfis de usuários e a integração contínua entre as etapas de participação em eventos e a contabilização de carga horária.

Figura 6 – Fluxo geral de navegação e operações do Athunna.



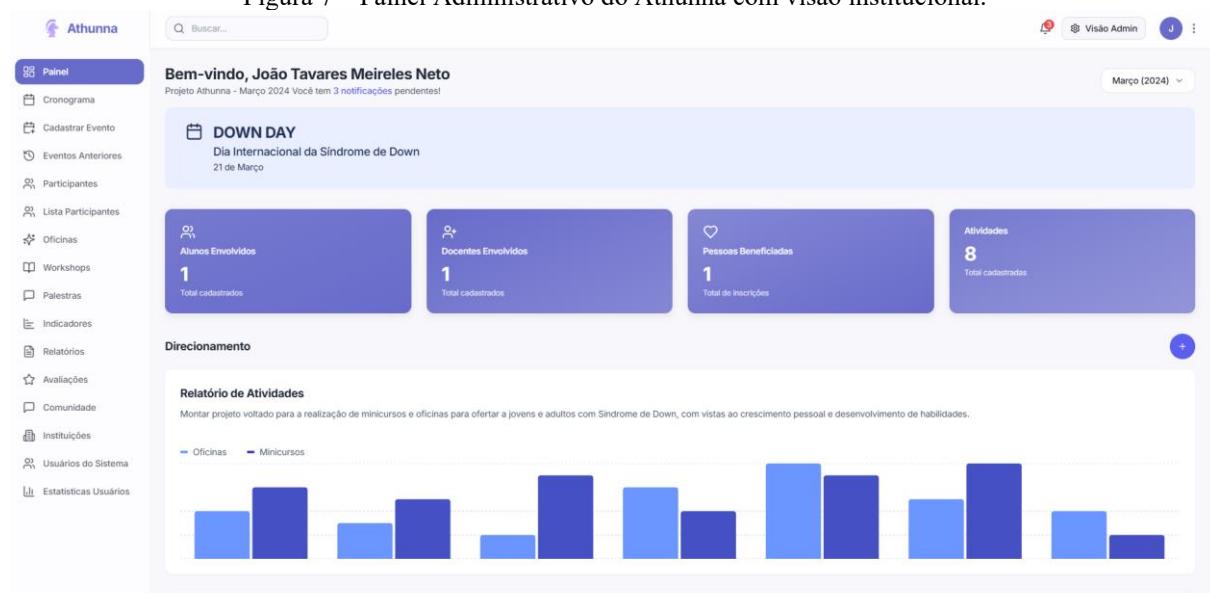
Fonte: Autoria própria (2025).

Logo no acesso inicial, cada usuário é direcionado ao seu ambiente com permissões específicas, garantindo simplicidade e fluidez na operação. A Figura 6 demonstra a área administrativa, onde gestores podem cadastrar instituições, supervisionar eventos e acompanhar indicadores consolidados.

Durante a avaliação operacional, observou-se que a organização visual e a disposição funcional dos elementos da interface contribuíram para a execução das tarefas com menor esforço cognitivo por parte dos usuários. A navegação sequencial e a clareza dos fluxos reduziram a necessidade de instruções adicionais, favorecendo a autonomia no uso da plataforma e a compreensão imediata das funcionalidades disponíveis, independentemente do perfil de acesso. Observou-se também que o comportamento do sistema se manteve estável e consistente durante as interações realizadas, contribuindo para a percepção de confiabilidade e clareza no uso da plataforma ao longo das etapas avaliadas.

Além disso, o Athunna mantém consistência no fluxo de operações, preservando a lógica entre as ações realizadas pelo estudante e os processos administrativos internos. Desde a inscrição até a validação da carga horária, todas as informações permanecem vinculadas de forma automática ao evento correspondente, assegurando rastreabilidade contínua e redução de erros humanos em cada etapa do processo. Esse alinhamento contribui para maior confiança no uso do sistema e fortalece a padronização operacional entre setores envolvidos. Dessa forma, o Athunna se consolida como uma ferramenta estável, eficiente e alinhada às demandas reais das instituições de ensino.

Figura 7 – Painel Administrativo do Athunna com visão institucional.



Fonte: Autoria própria (2025).

As etapas críticas que anteriormente envolviam retrabalho e risco de inconsistências foram automatizadas no sistema. Como ilustrado na Figura 7, o cadastro de eventos tornou-se um processo

centralizado, com padronização visual e validações internas que evitam duplicidade de informações e aumentam a confiabilidade dos dados.

Figura 8 – Módulo de cadastro e gerenciamento de eventos.

Cadastrar Novo Evento

Título do Evento  
Ex: Oficina de Artes

Tipo de Evento  
 Oficina  Minicurso  Atividade

Data  
Selecionar uma data  Horário de Início  Horário de Término

Capacidade  
Ex: 20 pessoas

Público-alvo  
Ex: Estudantes do ensino médio

Local  
Ex: Laboratório de Informática

Painel

Buscar...

Visão Admin

3

Cadastrar Evento

Eventos Anteriores

Participantes

Lista Participantes

Oficinas

Workshops

Palestras

Indicadores

Relatórios

Avaliações

Comunidade

Fonte: Autoria própria (2025).

Outro ganho observado está no processo de registro de presença. A leitura do *QR Code* direciona o estudante para um formulário interno já vinculado à palestra ou atividade específica, garantindo que a presença seja associada corretamente à ação formativa realizada. Essa segmentação reduz erros e assegura rastreabilidade do fluxo, como demonstrado na Figura 8 e 9. Ainda que a homologação final permaneça sob responsabilidade da organização do evento, o método já representa maior segurança e auditabilidade das informações.

Figura 9 – Validação de presença via *QR Code* para acesso ao formulário.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 10 - Formulário próprio do Athunna.



O formulário, intitulado "Inscrição em Evento", está dividido em sete campos: "Nome Completo", "E-mail", "Telefone", "Evento", "Tipo de Vínculo", "Matrícula" e "CPF". Cada campo contém um placeholder com o exemplo de preenchimento.

Fonte: Autoria própria (2025).

Com a automação destes processos, a emissão e recuperação de certificados tornaram-se atividades rápidas e padronizadas, sendo possível ao estudante acompanhar sua carga horária acumulada e acessar documentos emitidos a qualquer momento. A Figura 10 ilustra a versão atual do certificado utilizado pela plataforma.

Figura 11 - Certificado digital padronizado com rastreabilidade.



Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados obtidos demonstram que o Athunna fortalece a governança institucional ao reduzir falhas, acelerar fluxos formais, eliminar redundâncias e ampliar a transparência no acompanhamento acadêmico. A experiência operacional durante os testes indica que a plataforma apresenta maturidade técnica compatível com cenários institucionais, demonstrando viabilidade para adoção futura e potencial de expansão conforme as necessidades das instituições e das próximas versões planejadas.

#### 4.3 USABILIDADE E EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO

A organização da interface da plataforma foi estruturada com foco na clareza das informações e na redução do esforço cognitivo dos usuários. Ao acessar o sistema, os estudantes são direcionados para um ambiente visual centrado nas suas necessidades acadêmicas, com ações principais destacadas de forma acessível. Essa estrutura diminui a dependência de instruções externas e viabiliza uma navegação intuitiva, apoiando diferentes perfis de usuários.

Na visão de exploração de eventos na Figura 11, cada atividade formativa é apresentada com informações essenciais como carga horária, tema, instituição responsável e modalidade da ação. Ao selecionar uma atividade, o usuário pode visualizar detalhes adicionais da programação e verificar se a participação atende aos seus objetivos formativos. Esse modelo contribui para uma tomada de decisão mais rápida e fundamentada, reduzindo incertezas relacionadas ao cumprimento das horas complementares.

Figura 12 - Página de eventos disponíveis e detalhamento informacional para o estudante.

**Athunna**

Você está visualizando como estudante

Visão Estudante

João Tavares Meireles Neto

3

Todos os tipos

Mostrando 5 de 5 eventos

**Workshop de React e TypeScript**  
Aprenda os fundamentos de React e TypeScript com práticas hands-on  
15 de agosto de 2025  
05:00  
Carga horária: 8h  
Lab de Informática - Bloco A  
29 vagas disponíveis de 30

**Palestra: Tendências em IA**  
Discussão sobre as últimas tendências em Inteligência Artificial  
20 de agosto de 2025  
10:00  
Carga horária: 2h  
Auditório Principal  
100 vagas disponíveis de 100

**Introdução à Pintura Inclusiva**  
Aprenda técnicas de pintura acessíveis e adaptadas para todos os níveis e habilidades  
10 de dezembro de 2025  
10:00  
Carga horária: 3h  
Sala de Artes - Bloco C  
24 vagas disponíveis de 25

Fonte: Autoria própria (2025).

A plataforma também simplifica o registro de interesse e a confirmação da participação de forma totalmente integrada ao seu fluxo interno, sem direcionamentos externos para formulários terceiros. Esse processo reduz falhas comuns na coleta de dados e evita divergências frequentes entre presença comprovada e horas validadas nos setores administrativos das instituições.

Outro ponto relevante identificado durante a avaliação de usabilidade é a autonomia concedida ao estudante para acompanhar seu histórico e a contabilização de suas horas validadas em tempo real. Essa funcionalidade elimina a necessidade de solicitações presenciais ou dependência de atendimentos administrativos, mitigando uma das maiores dores dos alunos: a insegurança sobre o status da sua carga horária complementar.

A acessibilidade multiplataforma, garantida pela construção como PWA, permite que os usuários acessem as funcionalidades tanto em computadores quanto em dispositivos móveis, mantendo boa responsividade e legibilidade. Esse aspecto é especialmente relevante no contexto educacional, no qual a mobilidade e a conectividade se tornam elementos centrais da experiência de aprendizagem e gestão acadêmica.

Assim, os resultados de usabilidade indicam que o Athunna apresenta aderência às rotinas reais de estudantes e instituições, oferecendo uma experiência de uso clara, funcional e orientada à autonomia do usuário. A organização da interface, aliada à integração dos fluxos acadêmicos, contribui para a redução do esforço cognitivo, para o acompanhamento contínuo das atividades formativas e para a diminuição da dependência de atendimentos administrativos presenciais. Esse alinhamento entre usabilidade, eficiência operacional e transparência informacional está em consonância com princípios consolidados de experiência do usuário aplicados a sistemas educacionais, nos quais a clareza dos fluxos e a acessibilidade das informações são fatores determinantes para a adoção efetiva da tecnologia (NORMAN, 2013; ISO 9241-11, 2018).

#### 4.4 ANÁLISE COMPARATIVA COM O CENÁRIO ANTERIOR

Antes da aplicação do Athunna, a gestão de eventos educacionais nas instituições era realizada por meio de planilhas manuais, listas em papel e formulários externos sem rastreabilidade. Esse modelo gerava uma série de fragilidades operacionais: falhas no registro de presença, risco de perda ou manipulação de informações, retrabalho administrativo e dificuldade de comprovação da carga horária complementar pelos estudantes. O certificado, muitas vezes entregue em formato físico ou emitido em plataformas desconectadas do registro de participação, ocasionava insegurança recorrente quanto à sua aceitação institucional.

Do ponto de vista estudantil, esse cenário resultava em dependência total da secretaria acadêmica para validação das horas extracurriculares, tornando o processo lento, burocrático e, em alguns casos,

sujeito a interpretações divergentes ou até indevidas. Situações como rejeição de certificados legítimos, demora para atualização da carga horária e perda de documentos eram frequentes, gerando frustração e receio quanto ao cumprimento dos requisitos para conclusão do curso.

Com a implementação do Athunna, verifica-se um avanço significativo na padronização e automação desses processos. Como todas as etapas ocorrem dentro da própria plataforma da inscrição ao registro de presença e emissão do certificado validado por um Código de Resposta Rápida (*Quick Response Code* — QR Code) a informação passa a ser integrada, rastreável e imediatamente acessível. O sistema reduz a interferência humana na validação de horas, eliminando retrabalho e prevenindo erros oriundos de controles paralelos. O estudante tem autonomia para acompanhar seu progresso acadêmico em tempo real com segurança, enquanto a instituição obtém maior controle sobre a organização e a governança dos dados.

Além disso, a estrutura multi-institucional do Athunna inaugura um ecossistema colaborativo no qual alunos podem participar de eventos de outras instituições, expandindo suas oportunidades formativas sem barreiras administrativas. A instituição organizadora, por sua vez, mantém direitos sobre seus dados e atividades, preservando autonomia e confidencialidade.

Assim, a solução supera de forma objetiva os principais pontos críticos observados no cenário anterior, ao substituir um processo descentralizado e vulnerável por uma plataforma única, confiável e tecnicamente sustentável. A centralização dos fluxos, a rastreabilidade das informações e a redução da intervenção manual contribuem diretamente para o fortalecimento da governança da informação e para a eficiência operacional no contexto educacional, conforme defendem Laudon e Laudon (2020) e Davenport (1998), ao tratarem do papel estratégico dos sistemas de informação na organização de processos institucionais.

## 5 CONCLUSÃO

O Athunna foi desenvolvido para modernizar a gestão de eventos acadêmicos e solucionar dificuldades recorrentes no acompanhamento da carga horária complementar dos estudantes. Antes da utilização da plataforma, esse processo dependia de controles manuais, descentralizados e vulneráveis, o que causava insegurança quanto à validação dos certificados e atrasos na atualização do histórico formativo dos discentes.

Com a implementação do Athunna, esse cenário é significativamente modificado. As etapas passam a ser integradas, rastreáveis e automatizadas, eliminando incertezas e fortalecendo a governança institucional. Os estudantes obtêm maior autonomia e transparência na visualização de suas atividades complementares, enquanto as instituições reduzem retrabalho e ampliam o controle administrativo sobre os dados. Além disso, a natureza multi-institucional da solução expande as possibilidades formativas, criando um ecossistema colaborativo de eventos e atividades educacionais.

O sistema demonstrou maturidade técnica e operacional ao ser utilizado em ambiente simulado, confirmado estabilidade, fluidez de navegação e aceitação positiva por parte de seus usuários. Embora o Athunna já apresente benefícios concretos, novas funcionalidades estão previstas para aprimorar ainda mais sua eficiência e alcance institucional, como integração com sistemas acadêmicos externos, ampliação dos módulos analíticos, personalização de fluxos e recursos específicos voltados para estudantes em diferentes níveis e modalidades de ensino.

Assim, este trabalho comprova que é possível promover transformação digital em práticas administrativas universitárias por meio de uma solução acessível, escalável e construída a partir das reais necessidades da comunidade acadêmica. O Athunna representa um avanço no processo de padronização da gestão de eventos e da validação da carga horária, contribuindo para maior eficiência operacional, segurança informacional e transparência institucional, em consonância com os princípios discutidos por Laudon e Laudon (2020) e Davenport (1998) acerca do papel estratégico dos sistemas de informação nas organizações.

## 6 PERSPECTIVAS FUTURAS

O Athunna encontra-se atualmente em fase funcional, validado em ambiente aplicado e apto para operação institucional, constituindo a base real e consolidada de um ecossistema digital voltado à gestão de eventos educacionais e à autenticação de carga horária. No entanto, como uma solução em evolução contínua, seu desenvolvimento seguirá um plano de aprimoramento progressivo, orientado à ampliação de recursos, à consolidação da governança da informação e ao fortalecimento das relações interinstitucionais.

A próxima etapa do projeto tem como foco ampliar a interoperabilidade do sistema com plataformas acadêmicas já utilizadas pelas instituições, permitindo a sincronização automática dos dados estudantis, a atualização contínua da carga horária e a eliminação de processos manuais ainda existentes em secretarias e coordenações. Essa integração facilitará o acompanhamento acadêmico, fortalecendo a confiabilidade dos dados e reduzindo significativamente o retrabalho administrativo.

Outro eixo de evolução será a expansão multi-institucional do ecossistema, permitindo que cada vez mais instituições participem de forma colaborativa, ampliando o acesso dos estudantes a atividades formativas externas e fomentando oportunidades de networking acadêmico. Tal expansão reforça um dos diferenciais inovadores da plataforma: a autonomia do aluno para gerenciar sua trajetória complementar sem depender exclusivamente de setores administrativos.

Além disso, estão previstas melhorias orientadas à experiência do usuário, como dashboards inteligentes com indicadores estratégicos sobre engajamento e desempenho institucional, recursos de gamificação para estímulo à participação e trilhas formativas certificadas. Novos módulos também serão

implementados para atender diferentes perfis do ensino técnico, superior e pós-graduação, bem como mobilidade acadêmica e programas internacionais.

A terceira versão da plataforma (v3), planejada para 2026, consolidará essas evoluções com foco em escalabilidade, segurança, interoperabilidade e acessibilidade ampliada. Dessa forma, o Athunna seguirá seu posicionamento como uma solução que transforma a realidade da gestão educacional, promovendo padronização, rastreabilidade, eficiência e protagonismo estudantil em sua formação complementar.

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho àqueles que fizeram parte da nossa trajetória acadêmica e contribuíram diretamente para que chegássemos até aqui. Em nome do grupo, expressamos nossa sincera gratidão à nossa orientadora, Profa. Elda Nunes de Carvalho, pela dedicação, orientação e apoio constante ao longo do desenvolvimento deste projeto. Agradecemos também ao Prof. Érico Borgonove Cruz, cujo incentivo e confiança foram fundamentais para que a proposta se tornasse realidade, e à Profa. Gabriela Silva Góes, que nos acompanhou com paciência, rigor acadêmico e atenção aos detalhes, contribuindo para o aprimoramento contínuo deste trabalho. De forma especial, estendemos nossa gratidão às nossas famílias, que com apoio incondicional tornaram possível nossa formação acadêmica. Jesus dedica esta conquista à sua mãe, Rosimeire Gomes de Melo, e ao seu pai, Jesus Travessa de Melo, pelo encorajamento e suporte desde o início da graduação. Agradece também à Élida Campos Cunha, pelos conselhos constantes, pelas palavras de motivação e por reforçar, sempre, que tudo daria certo. João dedica aos seus pais, Cyntia Feitoza Meireles e Wallace da Costa Macedo, e ainda agradece à Edna Melo Bruce e ao Kennedy França Canto, que lhe deram suas primeiras oportunidades e contribuíram para sua jornada profissional. Reconhece também com carinho o apoio do seu mentor Claudemilson Araujo de Oliveira e do seu gerente Charles da Costa Neves, pela confiança, pelos ensinamentos e pelo incentivo ao seu desenvolvimento. Dionelson dedica este trabalho aos seus pais, Maria Regina Ferreira Barbosa e Dionelson Siqueira Marinho, que sempre acreditaram em seu potencial e acompanharam sua caminhada com amor, apoio e motivação. A todos que participaram direta ou indiretamente desta conquista, o nosso agradecimento e reconhecimento.

## REFERÊNCIAS

**BRENNEN, J. Scott; KREISS, Daniel.** Digitalization. In: JENSEN, Klaus Bruhn *et.al.* (org.). *The international encyclopedia of communication theory and philosophy*. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2016.

**BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.** Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União, Brasília, 2018.

**BROOKE, J.** *SUS: A “quick and dirty” usability scale*. In: JORDAN, P. W. *et.al.* *Usability evaluation in industry*. London: Taylor & Francis, 1996.

CHOO, Chun Wei. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões.** São Paulo: SENAC, 2003.

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados.** 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

DAVENPORT, Thomas H. **Ecologia da informação: porque só a tecnologia não basta para o sucesso na era da informação.** São Paulo: Futura, 1998.

HEVNER, Alan R. *et.al.* **Design science in information systems research.** *MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9241-11:2018 — Ergonomics of human-system interaction — Usability.** Genebra: ISO, 2018.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9241-210:2019 — Ergonomics of human-system interaction — Human-centred design for interactive systems.** Genebra: ISO, 2019.

**INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/IEC 27001:2022 — Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements.** Genebra: ISO, 2022.

LAUDON, Kenneth C.; LAUDON, Jane P. **Sistemas de informação gerenciais.** 15. ed. São Paulo: Pearson, 2020.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. **Design and natural science research on information technology.** *Decision Support Systems*, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.

MATT, Christian; HESS, Thomas; BENLIAN, Alexander. **Digital transformation strategies.** *Business & Information Systems Engineering*, v. 57, n. 5, p. 339–343, 2015.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá.** Campinas: Papirus, 2022.

NORMAN, Don A. **The design of everyday things.** Revised and expanded edition. New York: Basic Books, 2013.

OECD. **Education at a Glance 2021: OECD Indicators.** Paris: OECD Publishing, 2021.

PRESSMAN, Roger S.; MAXIM, Bruce R. **Engenharia de software: uma abordagem profissional.** 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

REZENDE, Denis Alcides; ABREU, Aline França de. **Sistemas de informação: conceitos, metodologias e tecnologias emergentes.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

SANDHU, Ravi S. *et.al.* **Role-based access control models.** *IEEE Computer*, v. 29, n. 2, p. 38–47, 1996.

SAURO, Jeff. **A practical guide to the System Usability Scale (SUS).** Denver: MeasuringU Press, 2011.

UNESCO. *Reimagining our futures together: a new social contract for education*. Paris: UNESCO Publishing, 2021.

REALIZAÇÃO:



CNPJ: 589029480001-12  
[contato@aurumeditora.com](mailto:contato@aurumeditora.com)  
(41) 98792-9544  
Curitiba - Paraná  
[www.aurumeditora.com](http://www.aurumeditora.com)