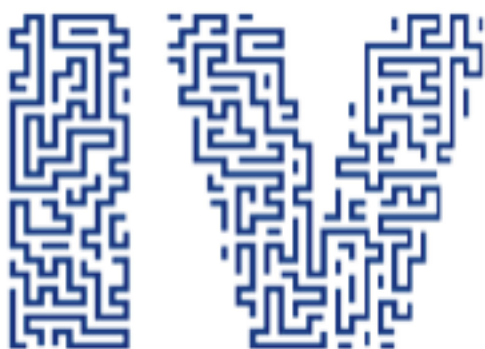




CONGRESSO DE
TECNOLOGIA DA
INFORMAÇÃO

ANAIIS - 2025

Organização Editorial

Alexandre Tagliari Lazzaretti - IFSUL Passo Fundo

Coordenação

João Mário Lopes Brezolin - IFSUL Passo Fundo

Realização

Intituto Federal Sul-Riograndense - Campus Passo Fundo

Apoio

Alura Cursos
Atua – Sistemas de Informação
Compass – UOL
AWS
Aliança Empresarial
Embarcadero
Meta Tecnologia
Prefeitura Municipal de Passo Fundo
Sociedade Brasileira de Computação – SBC
New Connect
Gondolize
Sebrae StartUps

Prefácio

Sejam bem-vindos a quarta edição do Congresso de Tecnologia da Informação do IFSUL Campus Passo Fundo, ocorrido nos dias 11, 12 e 13 de agosto de 2025. O congresso é um evento realizado pelos cursos de informática do campus Passo Fundo.

O evento busca motivar o estudante para exercer a atividade científica e tecnológica, uma vez que proporciona um espaço de divulgação e discussão de temas relevantes e atuais na área de informática desenvolvidos em sua instituição. É nossa aspiração estimular no estudante o interesse pela observação, construção do conhecimento, troca de experiências, destacando assim o comprometimento da instituição com o ensino, pesquisa e a extensão. Além disso, busca-se oferecer uma diversificada programação, com palestras, oficinas e minicursos.

O tema do simpósio este ano é “**Inteligência Artificial: Inovação, Transformação e Conhecimento.**”, enfatizando o aspecto prático das contribuições que a informática pode proporcionar nas diferentes áreas do conhecimento

Em relação aos trabalhos submetidos, foram totalizados 34 trabalhos, nas categorias: Artigos Completos e Artigos Resumidos. Sendo aceitos, na categoria Artigos Completos, os 14 trabalhos com melhor média resultante das avaliações dos pares. Na categoria Artigos Resumidos foram aceitos os 8 melhores trabalhos resultantes das avaliações dos pares.

A realização do simpósio congresso não seria possível sem o trabalho incessante da comissão organizadora do eventos, principalmente do coordenador, Prof. João Mário Lopes Brezolin, e do auxílio de todos os professores e técnicos administrativos do Instituto Federal Sul-Riograndense Campus Passo Fundo.

Cabe um agradecimento aos alunos, alunos bolsistas e técnicos administrativos que auxiliaram na realização das tarefas demandadas pelo evento. Além disto, um agradecimento especial aos membros do comitê de avaliação dos trabalhos científicos e a todos que participaram do evento, muito obrigado!

Alexandre Tagliari Lazzaretti

Coordenação

Coordenação geral:

Prof. Dr. João Mário Lopes Brezolin

Comissão de trabalhos científicos:

Prof. Dr. Alexandre Tagliari Lazzaretti

Prof. Me Carlos Alberto Petry

Prof. Dr. Vanessa Lago Machado

Comitê de Programa

Adilso Nunes de Souza	Instituto Federal Sul-Riograndense - Passo Fundo
Alexandre Tagliari Lazzaretti	Instituto Federal Sul-Riograndense - Passo Fundo
André Fernando Rollwagen	PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
André Gustavo Schaeffer	UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
Anubis Graciela de Moraes Rossetto	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
Carlos A. Petry	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
Ieda Rosana Kolling Wiest	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
Jair José Ferronato	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
João Mário Lopes Brezolin	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
Jorge Luis Boeira Bavaresco	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
José A. O. de Figueiredo	Instituto Federal Sul-Rio-Grandense
Lisandro Machado	IFSUL Campus Passo Fundo
Mirkos Ortiz Martins	UNIVERSIDADE FRANCISCANA, SANTA MARIA-RS
Rafael Bertei	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
Roberto Wiest	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
Telmo De Cesaro Júnior	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE
Vanessa Lago Machado	Instituto Federal Rio-Grandense
Wilian Bouvier	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE

C749 Congresso de Tecnologia da Informação (4. : 2025 : Passo Fundo, RS)

Anais do IV Congresso de Tecnologia da Informação, IFSUL - Campus Passo Fundo de 11 a 13 de agosto de 2025, Passo Fundo, RS [recurso eletrônico] / Coordenação Geral do Evento: João Mário Lopes Brezolin. Coordenação de Trabalhos Científicos: Alexandre Tagliari Lazzaretti -- Passo Fundo, RS: IFSUL, 2025.

217 p.

Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/ctipf>

ISSN: 2965-372X

1. Tecnologia da Informação - Congresso. 2. Informática - Congresso. I. Título. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – Campus Passo Fundo. III. Brezolin, João Mário Lopes. IV. Lazzaretti, Alexandre Tagliari.

CDU: 004

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária: Mariele Luzzi – CRB 10/2055

Artigos Completos

- Ação da curricularização da extensão universitária: ADOTE UM PET** 9
Ana Valentina da Rosa Vagner <anavagner.pf020@academico.ifsul.edu.br>
(IFSul, Brazil), Wagner Schröer Bagatini <wagnerbagatini.pf021@academico.ifsul.edu.br>, Leopoldo Neto Rodrigues <leopoldorodrigues.pf030@academico.ifsul.edu.br>
- Benchmark de Frameworks Node.js para Desenvolvimento de APIs: Avaliação de Desempenho com Express, NestJS, Fastify e Next.js** 17
Pedro Poggia <pedropoggia.pf059@academico.ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil), Jorge Luis Boeira Bavaresco <jorgebavaresco@ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil)
- Controle de Ponto Inteligente com Integração via Aplicativo Mobile** 37
Camila Schmitt Soares <camilasoares.pf114@academico.ifsul.edu.br> (IFSUL Campus Passo Fundo, Brazil), Jorge Luis Boeira Bavaresco <jorgebavaresco@ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil)
- Desenvolvimento de sistema para reconhecimento de sinais em Libras utilizando Redes Neurais Artificiais** 58
João Mário Lopes Brezolin <joaobrezolin@ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil), Bárbara Stella Wehrmann <barbarawehrmann.pf003@academico.ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil), Luana Silveira <luana.f.s8486@gmail.com> (Instituto Federal Sul-rio-grandense - campus Passo Fundo, Brazil)
- Meninas na Tecnologia: Ações para fomentar a participação feminina na área de tecnologia** 69
Luana Silveira <luana.f.s8486@gmail.com> (Instituto Federal Sul-rio-grandense - campus Passo Fundo, Brazil), Gabrieli Granja Brandalise <ggbrandalise@gmail.com> (IFSUL Campus Passo Fundo, Brazil), Carmen Brezolin <carmembrezolin@ifsul.edu.br>, Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)
- Promovendo o Interesse e a Permanência de Mulheres na TI** 78
Jéssica Regina Di Domênico <jessica.dido@hotmail.com> (IFSul, Brazil), Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)
- Realidade Aumentada no Ensino de Física: Desenvolvimento de uma Aplicação Interativa para o Experimento do Plano Inclinado** 96
Luana Silveira <luana.f.s8486@gmail.com> (Instituto Federal Sul-rio-grandense - campus Passo Fundo, Brazil), Nicolas Pelizari Scopel <nicolaspscopel@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil), Alexsander Furtado Carneiro <alexsandercarneiro@ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil), Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com>

(Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil), Jucelino Cortez <jucelinocortez@ifsul.edu.br>

Sistema para monitoramento e detecção de anomalias no comportamento de gatos domésticos 108

Gabrielle Brambilla <gabriellebrambilla.pf190@academico.ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil), José Figueiredo <josefigueiredo@ifsul.edu.br>

SYPHON.IO: UMA HUB WEB PARA GATEWAYS IPFS VOLTADA AO ARMAZENAMENTO PESSOAL 127

João Luiz Daré Pinto <joaopinto.pf014@academico.ifsul.edu.br>, Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)

Uma Ferramenta Educacional Gamificada para o Ensino de Lógica e Algoritmos no Contexto da Computação 145

Eliel Alves da Silva <elielalves.cc@gmail.com> (IFSul Passo Fundo, Brazil), Adilso Nunes de Souza <adilso.souza@passofundo.ifsul.edu.br> (Instituto Federal Sul-RioGrandense Campus Passo Fundo, Brazil), Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)

Uso de dados históricos para a predição de resultados para o campeonato de pilotos e construtores da Fórmula 1 164

Isabela Fabian <isafbn@gmail.com> (IFSul, Brazil), Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)

Artigos Resumidos

Acolhimento e Pertencimento: Construindo Redes de Apoio para Meninas na Computação 184

Aline Goppinger <alineaoppinger@gmail.com> (., Brazil), Carmen Vera Scorsatto <carmemscorsatto@ifsul.edu.br> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brazil), Vanessa Lago Machado <vanessalagomachado@gmail.com> (Instituto Federal Rio-Grandense, Brazil), Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)

Inteligência Artificial para a Educação: Relato de Experiência de uma Ação Extensionista na [Instituição Parceira] 189

José Bruno da Silva Santos <bruno.ti.info@gmail.com> (IFRS, Brazil), Raquel Lunardi <raquel.lunardi@iffarroupilha.edu.br>

Mobilidade Segura: proposta de aplicativo para roteamento com base em incidentes e áreas de risco	193
Caroline Alves da Silva <carolinesilva.pf018@academico.ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil), Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)	
Plataforma Colaborativa para Compartilhamento de Código	197
Ygor da Rosa da Rosa <yygorrosa@gmail.com> (IFSul, Brazil), Carmen Vera Scorsatto <carmemscorsatto@ifsul.edu.br> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brazil)	
Recomendações Inteligentes a Partir de Dados de Mobilidade: Uma Aplicação com LLMs	201
Artur Silva <arturmariano004@gmail.com> (IFSul, Brazil), Vanessa Lago Machado <vanessa.machado@passofundo.ifsul.edu.br> (Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, Brazil), Vanessa Lago Machado <vanessalagomachado@gmail.com> (Instituto Federal Rio-Grandense, Brazil)	
RT2text em Ação: Análise Semântica de Ocorrências de Segurança Pública em Curitiba	206
Lucas Menegol <lucasmenegol@gmail.com> (IFSul, Brazil), Vanessa Lago Machado <vanessalagomachado@gmail.com> (Instituto Federal Rio-Grandense, Brazil), Elder Bernardi <elder.bernardi@passofundo.ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil), Tarlis Portela <tarlis@tarlis.com.br> (IFPR, Brazil)	
Sistema de Suporte à Decisão baseado em um Sistema Multiagente aprimorado por LLMs voltado ao Dilema Impacto-Lucro no Empreendedorismo Social.	210
Natthan Elias Godinho dos Santos <natthandosantos@gmail.com> (IFSUL Campus Passo Fundo, Brazil), João Mário Lopes Brezolin <joaobrezolin@ifsul.edu.br> (IFSul, Brazil)	
Uma Proposta de Comparação entre ChatGPT e Google Dialogflow no Suporte a Sistemas ERP	214
Rafael Coriolano Gonçalves Lopes <rafaelcoriolano31@gmail.com> (IFSul Passo Fundo, Brazil), Anubis Graciela de Moraes Rossetto <anubisrossetto@gmail.com> (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Passo Fundo, Brazil)	

Ação da curricularização da extensão universitária: ADOTE UM PET

Ana Valentina Vagner¹, Felipe Lussi¹, Leopoldo Rodrigues¹,
Wagner Schröer¹,
Carmem Vera Scorsatto¹

¹Departamento de Informática – Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

{anavagner.pf020, felipelussi.pf018}@academico.ifsul.edu.br

{leopoldorodrigues.pf030, wagnerbagatini.pf021}@academico.ifsul.edu.br

carmemscorsatto@ifsul.edu.br

Abstract. *The curricularization of extension has established itself as a fundamental tool to promote dialogue between the university and society. This article presents a project developed by four students from the Federal Institute of Rio Grande do Sul (IFSUL), Passo Fundo Campus, within the scope of extension curricularization. The aim is to create a website to assist NGOs in the animal adoption process, addressing issues such as lack of organization and low visibility of available animals. Although still under development, the project already demonstrates significant social impact, increasing the chances of successful adoptions. Preliminary results suggest that extension initiatives can integrate theory and practice, fostering academic training with social responsibility*

Resumo. *A curricularização da extensão tem se consolidado como uma ferramenta fundamental para promover o diálogo entre a universidade e a sociedade. Este artigo apresenta um projeto que está sendo desenvolvido por quatro alunos do Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL), Campus Passo Fundo, no âmbito da curricularização da extensão. O objetivo é criar um site que auxilie ONGs no processo de adoção de animais, resolvendo problemas como a falta de organização e a baixa visibilidade de animais disponíveis. Embora ainda esteja em desenvolvimento, o projeto já demonstra um impacto social significativo, aumentando as chances de adoções bem-sucedidas. Os resultados preliminares sugerem que as iniciativas de extensão podem integrar teoria e prática, promovendo a formação acadêmica com responsabilidade social.*

1. Introdução

A extensão universitária constitui um dos três pilares do ensino superior, promovendo interação entre a universidade e a sociedade. A Resolução CNE/CES nº 7/2018 estabeleceu a obrigatoriedade de que 10% da carga horária dos cursos de graduação sejam destinados a atividades extensionistas. Essa medida visa formar profissionais tecnicamente capacitados e comprometidos com as demandas sociais [Brasil 2018]. Como destaca [Coelho 2017], a extensão universitária funciona como uma interface que conecta a academia às necessidades concretas da sociedade, promovendo trocas horizontais de conhecimento e ampliando a relevância das instituições de ensino. Neste contexto, o presente projeto foi desenvolvido no IFSUL Campus Passo Fundo, com o objetivo de criar

um site que auxiliasse ONGs no processo de adoção de animais. A escolha do tema baseou-se nas dificuldades enfrentadas pelas ONGs locais para gerenciar os processos de adoção, incluindo divulgação inadequada e comunicação ineficiente com potenciais adotantes. Embora o site ainda esteja em fase de desenvolvimento, o projeto reflete a capacidade de unir o aprendizado acadêmico com as necessidades sociais, oferecendo aos alunos uma vivência prática significativa enquanto contribuem para soluções concretas em sua comunidade.

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. O **Capítulo 1** aborda a introdução do tema, apresentando a problemática, a justificativa, os objetivos e a pergunta de pesquisa. O **Capítulo 2** discorre sobre a fundamentação teórica, trazendo estudos sobre desperdício de alimentos, economia circular e análises de soluções tecnológicas existentes. No **Capítulo 3**, é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto, incluindo a análise de aplicativos semelhantes, design da interface e estratégias de validação com usuários. O **Capítulo 4** explora os resultados obtidos e a análise de impacto nas áreas social, ambiental e econômica. Por fim, o **Capítulo 5** apresenta as conclusões e as perspectivas para futuras expansões do projeto.

2. Trabalhos Relacionados

No trabalho de[Melo et al. 2024], são apresentadas articulações entre a extensão e o ensino de Computação. Os autores concluem que a extensão oferece uma oportunidade para que os alunos da área possam vivenciar experiências em diferentes contextos sociais e interagir com um público amplo e diversificado. Além disso, essa interação permite que os graduandos atribuam maior significado às suas aprendizagens, ao mesmo tempo em que possibilita aos docentes a ressignificação de suas práticas pedagógicas.

A extensão universitária desempenha um papel essencial na integração entre a teoria acadêmica e a prática social. De acordo com [Valente et al. 2024], ela possibilita que a universidade atue como um agente de transformação, contribuindo para a solução de desafios concretos da sociedade. Nesse contexto, este projeto foi desenvolvido como parte de uma iniciativa de extensão, visando proporcionar aos estudantes a oportunidade de aplicar seus conhecimentos em situações reais, ampliando sua experiência e impacto na comunidade.

Os estudantes envolvidos desempenharam um papel fundamental na concepção deste site, aplicando conhecimentos em design de interfaces, análise de requisitos e desenvolvimento web. Além de aprimorarem suas habilidades técnicas, eles também tiveram a oportunidade de vivenciar na prática como a tecnologia pode ser uma ferramenta poderosa para promover inclusão social e digital.

O projeto foi desenvolvido, com o propósito de criar uma plataforma digital para auxiliar ONGs no processo de adoção de animais. A escolha desse tema surgiu a partir das dificuldades enfrentadas pelas organizações locais, como a divulgação ineficaz dos animais disponíveis para adoção e a comunicação limitada com possíveis adotantes. Dessa forma, a iniciativa buscou otimizar esses processos, proporcionando maior visibilidade aos animais, facilitando o contato entre ONGs e interessados e, consequentemente, aumentando as chances de adoção responsável.

3. Metodologia

O projeto seguiu uma abordagem participativa e baseada em projetos. Inicialmente, o grupo de alunos realizou uma entrevista com a presidente da ONG Ventos do Sul, que cuida de animais — principalmente cachorros — que estão em processo de adoção. A conversa teve como objetivo mapear as principais dificuldades no processo de adoção de animais.

Ela destacou as principais dificuldades enfrentadas pela ONG, como a falta de visibilidade dos animais e a ausência de ferramentas digitais para gerenciar informações. Esse levantamento, segundo Santos, Rocha e Passaglio (2016), é essencial para alinhar as ações extensionistas às reais necessidades das comunidades envolvidas.

Com base nos desafios identificados, foram coletadas informações sobre funcionalidades desejadas no sistema, como cadastro de animais, busca por características e contato com adotantes. Durante o desenvolvimento do sistema, a equipe utilizou metodologias ágeis, como o Scrum. Após o término do desenvolvimento, as ONGs irão testar o sistema para que ajustes sejam realizados para garantir usabilidade e funcionalidade.

Para uma melhor organização do projeto, esse foi dividido em cinco etapas principais, descritas a seguir, com o objetivo de assegurar o desenvolvimento eficiente do do site.

1- **Análise de Sites Existentes**

Inicialmente, foi realizada uma análise em sites semelhantes, para identificar melhores práticas e funcionalidades que poderiam ser adaptadas ao projeto. Foram avaliados aspectos como interface do usuário, usabilidade e impacto social.

2- **Análise de requisitos**

A interação com a ONG foi um passo essencial no desenvolvimento do projeto, garantindo que a solução proposta atendesse de forma precisa às demandas da organização. Para isso, foi realizada uma reunião inicial com os representantes da ONG, na qual foram discutidas suas principais dificuldades e desafios no gerenciamento do processo de adoção de animais. Durante esse encontro, foram coletadas informações detalhadas sobre os métodos atualmente utilizados para cadastro, divulgação e acompanhamento das adoções, bem como as limitações enfrentadas no dia a dia.

Além disso, essa aproximação permitiu um melhor entendimento das expectativas da ONG em relação ao sistema, possibilitando a definição de requisitos funcionais e não funcionais mais alinhados à realidade da instituição. Esse contato direto também fortaleceu a parceria entre os estudantes e a ONG, promovendo um ambiente colaborativo em que sugestões e melhorias puderam ser incorporadas ao projeto de forma contínua.

3- **Design e Desenvolvimento**

Com base nessas informações, iniciou-se o desenvolvimento do site, incluindo a implementação do backend, a construção de um frontend e a criação de um banco de dados. Embora o site ainda não esteja sendo testado pela ONG parceira, os próximos passos incluem a realização desses testes para avaliar a usabilidade e efetividade do sistema, com base em suas demandas específicas. Durante o desenvolvimento do sistema, a equipe utilizou metodologias ágeis, como o Scrum.

4- **Teste de Usabilidade**

Testes de usabilidade estão sendo realizados com um grupo de voluntários composto por colegas da turma, proporcionando uma avaliação

prática e contextualizada da experiência do usuário. O objetivo desses testes é analisar diversos aspectos do site, incluindo sua funcionalidade, navegabilidade, intuitividade e clareza da interface. Durante o processo, os participantes interagem com o site, identificando possíveis dificuldades, sugestões de melhoria e eventuais inconsistências. Os dados coletados servirão como base para ajustes e refinamentos, garantindo uma experiência mais fluida, acessível e eficiente para os futuros usuários.

- 5- **Implantação e Avaliação de Impacto** Após a conclusão do desenvolvimento, as ONGs irão testar o sistema em um ambiente real de uso, permitindo uma avaliação detalhada de sua usabilidade, funcionalidade e adequação às necessidades dos usuários. Esse processo de validação será fundamental para identificar possíveis melhorias, corrigir eventuais inconsistências e garantir que a plataforma atenda de forma eficaz aos objetivos propostos. Com base no feedback coletado, ajustes serão implementados para otimizar a experiência do usuário, tornando o sistema mais intuitivo, acessível e eficiente no suporte às atividades das ONGs.

4. Desenvolvimento do Site: Adote um Pet

Com o objetivo de proporcionar uma apresentação clara e estruturada do projeto, as telas serão exibidas a seguir, organizadas de acordo com os principais componentes do sistema. A exposição será dividida em duas partes: a implementação do *back-end*, responsável pelo processamento de dados e lógica do sistema, e a construção do *front-end*, que abrange a interface gráfica e a experiência do usuário. Essa divisão permitirá uma melhor compreensão da arquitetura do projeto, destacando como cada elemento contribui para o funcionamento integrado do Site.

4.1. Principais telas do *back-end*

Conforme ilustrado na Figura 1, no canto direito da tela inicial do site, encontra-se o menu "SOU ONG", que oferece duas opções: redirecionamento para a página de login ou para o cadastro de novas instituições.

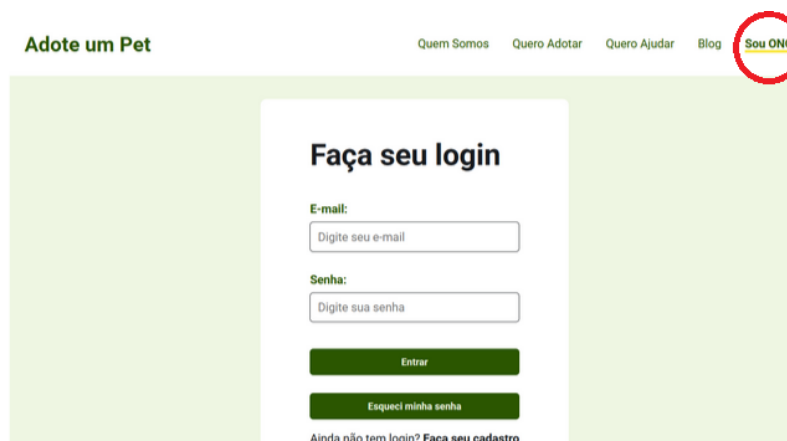


Figura 1. Página Acesso das ONGs

Caso a ONG ainda não possua cadastro, poderá selecionar o link "Faça seu cadastro", localizado na parte inferior da tela de login, conforme ilustrado na Figura 1. Ao

clicar nesse link, o usuário será redirecionado para a tela de cadastro, onde será solicitado o preenchimento das informações necessárias, conforme demonstrado na Figura 2.

Ainda não tem login? Cadastre-se!*

Nome da ONG:	CNPJ:	Nome do Responsável:
Digite o nome da ONG	99.999.999/0001-99	Digite o nome do responsável
CEP:	Endereço:	Telefone para contato:
99999-999	Digite o endereço da ONG	(99) 99999-9999
Email:	Senha:	Confirme a Senha:
Digite seu e-mail	Crie sua senha	Digite sua senha
Website:	Instagram:	Criar conta *Novos cadastros passam por uma validação. Entraremos em contato.
Digite a URL (caso possua)	Digite o username (caso possua)	

Figura 2. Tela de Cadastro das ONGs

Após a ONG realizar o cadastro e efetuar o login na plataforma, será exibida a tela principal de acesso, conforme ilustrado na Figura 3. Essa página foi projetada para proporcionar uma experiência intuitiva e facilitar a gestão dos animais disponíveis para adoção. Na tela principal, a ONG terá acesso a um conjunto de funcionalidades essenciais para a administração dos pets cadastrados. Entre as principais opções disponíveis, destacam-se: cadastro de novos pets, alteração dos dados cadastrados e exclusão de pets.

Adote um Pet

[Meus Pets](#) [Blog](#) [Meus Posts](#) [Sair](#)

Meus Pets

Luigi Hangloose
Masculino

Ana
Feminino

Astolfo
Masculino

Gabi
Feminino

Figura 3. Página de manutenção dos Pets

Uma das solicitações dos usuários para o site foi a inclusão de um espaço dedicado ao compartilhamento de informações, especialmente sobre como agir ao encontrar um

animal abandonado. Para atender a essa demanda, foi desenvolvido um blog dentro da plataforma, conforme ilustrado na Figura 4, proporcionando um ambiente para a troca de conhecimento e orientações sobre cuidados e resgate de animais.



Figura 4. Página de manutenção de Posts para o Blog

4.2. Principais telas do *front-end*

Conforme ilustrado na Figura 5, a tela inicial do site exibe as opções de filtragem por espécie, sexo e porte dos animais disponíveis para adoção.

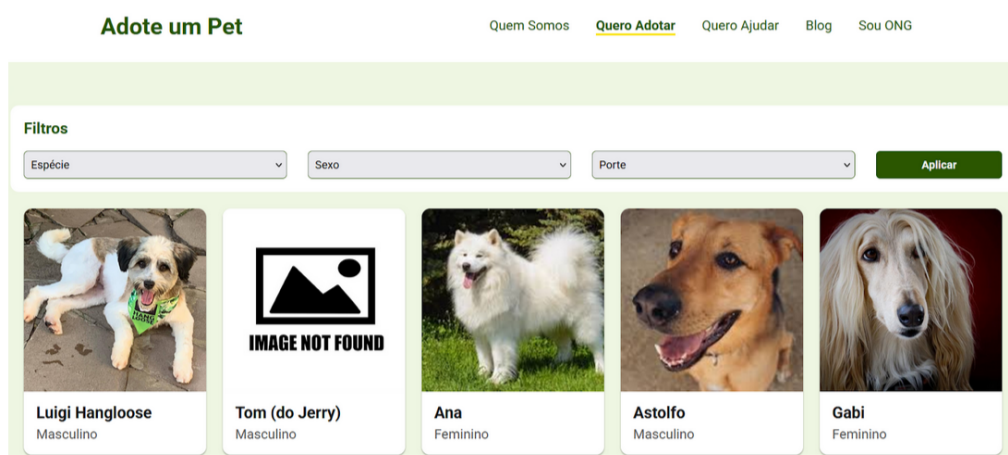


Figura 5. Página inicial

Ao selecionar um dos animais, o site direciona para outra tela em que apresenta mais informações sobre o mesmo, conforme a Figura 6

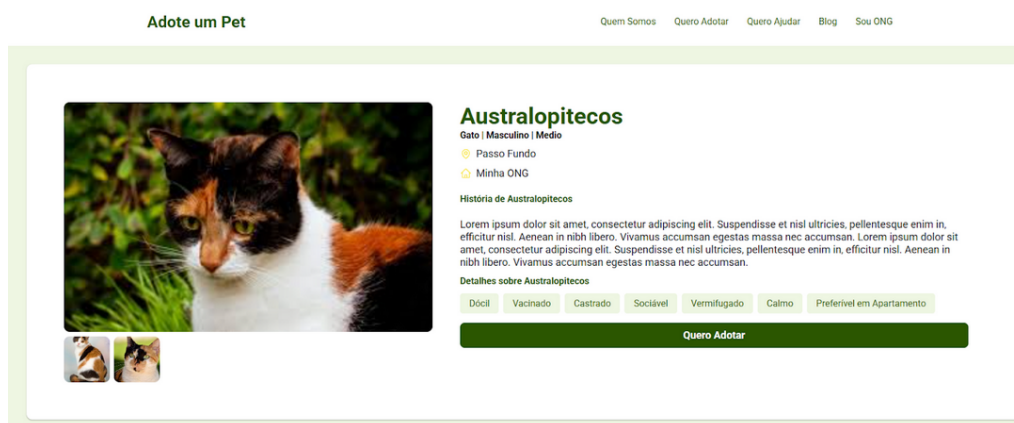


Figura 6. Mais detalhes sobre o animal

Conforme mencionado anteriormente, os usuários expressaram a necessidade de um espaço dedicado ao compartilhamento de informações relevantes. A ONG considera essencial repassar orientações à comunidade, especialmente sobre como agir ao encontrar um animal abandonado. Para atender a essa demanda, o site inclui um Blog no menu principal, conforme ilustrado na Figura 7. Esse espaço reúne uma variedade de conteúdos informativos, abordando temas essenciais relacionados à proteção e ao bem-estar animal.



Figura 7. Página do Blog

5. Refletindo sobre a experiencia da Curricularização da Extensão

O planejamento inicial incorporou o projeto à disciplina de Práticas Curriculares I e II como uma ação extensionista. Sob orientação docente, os alunos trabalharam em equipe utilizando metodologias ativas de aprendizagem. A interação com a ONG incluiu uma reunião para compreender as necessidades e coletar informações sobre os processos atuais. Como destaca a Política Nacional de Extensão Universitária [FORPROEX 2012], o envolvimento direto com a comunidade é um princípio fundamental para o sucesso de ações extensionistas. Com base nessas informações, iniciou-se o desenvolvimento do site, incluindo a implementação do backend, a construção de um frontend e a criação de

um banco de dados. Embora o site ainda não esteja sendo testado pela ONG parceira, os próximos passos incluem a realização desses testes para avaliar a usabilidade e efetividade do sistema, com base em suas demandas específicas.

6. Considerações Finais

O projeto demonstra que a curricularização da extensão pode ser uma ferramenta poderosa para unir aprendizado acadêmico e impacto social. Apesar de ainda estar em desenvolvimento, a criação do site reflete o compromisso dos alunos com soluções práticas e responsáveis para as demandas de sua comunidade. Embora as ONGs parceiras ainda não tenham testado o site, espera-se que os próximos passos, incluindo essa fase de testes, proporcionem melhorias na organização dos dados e na visibilidade dos animais. Isso reforça a importância de iniciativas extensionistas que promovam a interação entre conhecimento técnico e responsabilidade social [Coelho 2017].

Essa experiência reflete o potencial da extensão universitária como um meio de desenvolver habilidades técnicas, promover responsabilidade social e formar profissionais mais conscientes de seu papel na sociedade. Os próximos passos incluem a finalização do site e a ampliação do seu uso pelas ONGs parceiras. Além disso, espera-se que a metodologia aplicada neste projeto sirva como modelo para ações futuras, alinhando-se às diretrizes da Resolução CNE/CES nº 7/2018.

Referências

- Brasil (2018). Resolução cne/ces nº 7, de 18 de dezembro de 2018 – dispõe sobre a extensão nos cursos de graduação. In *Diário Oficial da União, Brasília*.
- Coelho, G. C. (2017). La extensión universitaria y su inserción curricular. *Interfaces-Revista de Extensão da UFMG*, 5(2):5–36.
- FORPROEX, B. (2012). Fórum de pró-reitores de extensão das universidades públicas brasileiras. *Política Nacional de Extensão Universitária. Manaus, AM: Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras*.
- Melo, A., Klauberg, G., and Mello, A. (2024). Divulgação científica: propostas no contexto da curricularização da extensão. In *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 217–228, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Valente, F. J., Kato, E. R. R., Menotti, R., Nérís, L. d. O., Valejo, A. D. B., Moreira, J., Homem, M. R. P., and Vivaldini, K. C. T. (2024). Proposta de projeto pedagógico do curso de engenharia de computação da ufscar baseado em competências e atividades curriculares extensionistas. In *In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e o VII Simpósio Internacional de Educação em Engenharia. 52º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia e o VII Simpósio Internacional de Educação em Engenharia (COBENGE 2024)*. Universidade Federal de São Carlos.

Benchmark de Frameworks Node.js para Desenvolvimento de APIs: Avaliação de Desempenho com Express, NestJS, Fastify e Next.js *

Pedro F. Poggia[†]

Prof. Me. Jorge Luis Boeira Bavaresco[‡]

2025

Resumo

A popularização do ambiente Node.js para o desenvolvimento de Interfaces de Programação de Aplicações (APIs) que seguem o estilo arquitetural *Representational State Transfer* (REST) na indústria de *software* deu origem ao surgimento de diversos *frameworks*, ampliando — e ao mesmo tempo dificultando — a escolha por parte dos desenvolvedores. Com o objetivo de auxiliar nessa escolha, este trabalho apresenta um *benchmark*, ou seja, uma análise comparativa focada em desempenho, de quatro dos *frameworks* mais populares do mercado utilizados no desenvolvimento de APIs: *Express*, *Fastify*, *NestJS* e *Next.js*. Mais detalhadamente, o estudo se concentra em três bibliotecas já consolidadas nessa área de atuação: *Express*, *Fastify* e *NestJS*. Além disso, aborda também uma tecnologia consolidada no mercado *front-end* que está, gradualmente, migrando para a criação de APIs e *back-ends*, passando a se tornar uma solução *full stack*: o *Next.js*. A metodologia adotada incluiu a implementação de quatro APIs REST, uma em cada *framework*, e a execução de testes de carga e estresse simulando usuários reais, utilizando o *k6*, uma conhecida ferramenta de testes. Os resultados obtidos foram analisados e revelaram que, embora todos os sistemas construídos apresentem desempenho satisfatório, existem diferenças significativas entre eles. Por fim, são apresentadas recomendações práticas para a escolha da abordagem de desenvolvimento mais adequada, conforme o tipo de projeto ou demanda.

Palavras-chaves: Node.js. Next. NestJS. Fastify. Express. benchmark.

*Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Campus Passo Fundo, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação, na cidade de Passo Fundo, em 2025.

[†]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSul, Bacharelado em Ciência da Computação, Passo Fundo – RS, Brasil. E-mail: pedro.poggia@hotmail.com

[‡]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFSul E-mail: jorgebavaresco@ifsul.edu.br

1 Introdução

O *Node.js* foi criado por [Dahl \(2009\)](#). Ele é um ambiente de execução da linguagem de programação *JavaScript* (JS) do lado do servidor. Assim, permite executar código JS sem precisar de um navegador *web* como o *Microsoft Edge*, *Google Chrome* ou *Firefox*. O *Node* é mais comumente usado para desenvolver *APIs*, aplicações em tempo real, sistemas de *streaming* de dados e microsserviços, devido à sua alta performance e capacidade de gerenciar múltiplas conexões simultâneas ([KUFFEL; WALTER, 2024](#)). Essa tecnologia utiliza a inovação conhecida como o motor V8, que é um compilador de *JavaScript* de código aberto desenvolvido pelo *Google* e que também é utilizado pelo seu navegador *Google Chrome*.

O V8 ([2024](#)), criado em 2008, modernizou a forma de interpretação dos navegadores, que até então utilizavam motores de JS como *SpiderMonkey* (*Mozilla Firefox*), *JScript* (*Internet Explorer*) e *KJS* (*Konqueror, Linux*). É importante ressaltar que esses motores eram principalmente interpretadores, ou seja, processavam o código linha a linha, o que resultava em uma demora maior na sua leitura. O motor V8 já é conhecido como um compilador *Just-in-Time* (JIT), que, diferentemente dos interpretadores, compila as instruções JS diretamente em código de máquina enquanto ele é executado, trazendo um desempenho superior quando exposto a grandes quantidades de requisições, dados e aplicações mais complexas.

A popularidade do *Node* deu origem ao maior ecossistema de pacotes, superando todas as outras ferramentas pré-existentes juntas, como *Maven Central* (*Java*), *Nuget* (*.NET*) e *Packagist* (*PHP*). Com uma vasta quantidade de bibliotecas desenvolvidas pela comunidade e mantidas e acessadas através do gerenciador de pacotes do *Node*, o *node package manager* (NPM) ([KUFFEL; WALTER, 2024](#)). Essa expressiva quantidade de ferramentas que facilitam e auxiliam nos mais diversos serviços também trazem consigo um revés. Com tantas alternativas à disposição, os programadores muitas vezes se deparam com a dificuldade de escolher a ferramenta mais apropriada para suas demandas. A vasta gama de pacotes à disposição pode complicar a decisão, principalmente quando diferentes bibliotecas proporcionam funcionalidades parecidas, porém diferem em termos de desempenho, compatibilidade e características particulares. Escolher uma tecnologia imprópria pode resultar em problemas de escalabilidade, impacto negativo no rendimento e incremento da complexidade nas futuras manutenções, criando barreiras consideráveis no desenvolvimento e administração de aplicações.

A seleção da estrutura ideal para a criação de *APIs* e aplicações *web* tem se mostrado um desafio cada vez maior, considerando a vasta gama de alternativas disponíveis, incluindo *Express*, *NestJS* e *Fastify*. Cada um desses *frameworks* possui suas particularidades: o *Express* é frequentemente usado por sua simplicidade, e adaptabilidade, o *Nest* adota uma abordagem mais sólida, com ênfase em práticas como injeção de dependência e modularização, sendo apropriado para projetos complexos. Por outro lado, o *Fastify* se sobressai tanto da sua simplicidade quanto pelo seu olhar crítico para eficiência de recursos, enfatizando uso reduzido de memória.

Com a evolução das necessidades no desenvolvimento de aplicações, o *Next.js*, que foi inicialmente criado para o *front-end*, passou a oferecer recursos que possibilitam a construção de *APIs* e camadas de *back-end*. Suas rotas, *middlewares* e outras funcionalidades tornaram-no

uma opção viável para quem busca uma solução completa para o desenvolvimento de aplicações sem recorrer a *frameworks back-end* tradicionais. Nesse sentido, o *Next.js* se torna uma escolha interessante para equipes que preferem uma abordagem integrada, ou seja, uma abordagem *fullstack*.

Com isso, este estudo se propõe a realizar uma análise comparativa entre o *Next* e outros *frameworks* do ecossistema *Node.js*, *Express*, *NestJS* e *Fastify*, focando nas suas capacidades para o desenvolvimento de *back-end*. O objetivo é entender o desempenho do *Next.js* em comparação com essas opções mais estabelecidas, fornecendo informações úteis para os desenvolvedores escolherem a melhor ferramenta para suas necessidades específicas no desenvolvimento.

Para facilitar a compreensão deste estudo o documento está organizado da seguinte forma: a [seção 2](#), Fundamentação Teórica, fornece uma visão geral de alguns conceitos preliminares nos quais este artigo se baseia. Mais precisamente, são introduzidas as tecnologias de origem e apresentados os *frameworks* do estudo. Em seguida, na [seção 3](#), Ambiente de Testes, é descrito o ambiente de execução adotado para os testes e explicado o porquê de sua escolha, comparando-o com as outras alternativas analisadas e descartadas. Na [seção 4](#), Metodologia, é introduzida a metodologia utilizada, assim como todo o processo de desenvolvimento e execução dos testes. Por fim, na [seção 5](#), Resultados e Discussões, os resultados obtidos são apresentados, discutidos e interpretados, levando às conclusões na [seção 6](#), Considerações Finais.

2 Fundamentação Teórica

Esta seção são abordadas as tecnologias e ferramentas centrais para a análise proposta, começando pela linguagem JavaScript e o ambiente de execução Node.js, que representam a base comum dos frameworks estudados. Em seguida, são detalhados individualmente os quatro frameworks selecionados para a comparação — *Express*, *Fastify*, *Nest.js* e *Next.js* — destacando suas características, arquiteturas e principais usos no desenvolvimento de aplicações web e APIs. Por fim, é apresentada a ferramenta k6, utilizada nos testes de desempenho, com foco nas suas funções em cenários de benchmark.

Essa contextualização teórica é essencial para compreender as decisões de implementação, a escolha dos frameworks e a análise dos resultados obtidos, proporcionando uma base sólida para o entendimento das comparações de desempenho realizadas ao longo do trabalho.

2.1 JavaScript

O *JavaScript* é, sem dúvida, uma das linguagens mais acessíveis para quem deseja se tornar desenvolvedor de *software*. Sua sintaxe simples e direta facilita o aprendizado, tornando-a extremamente versátil, pois pode ser utilizada tanto no *front-end* quanto no *back-end*. Isso a torna uma escolha ideal para iniciantes, mas também para profissionais que querem expandir suas habilidades e explorar diferentes áreas da programação.

Comumente abreviado para JS, o *JavaScript* é uma linguagem interpretada, leve e orientada a objetos, que também permite o uso de funções de alta complexidade. Embora seja amplamente reconhecida como a principal linguagem de *script* para páginas *web*, sua utilização

vai muito além dos navegadores, sendo empregada também em plataformas como *Node.js*, *Apache CouchDB* e *Adobe Acrobat*. A linguagem é notável por ser fundamentada em protótipos, dinâmica e multi-paradigma, permitindo a aplicação de vários estilos de programação, como os orientados a objetos, imperativos e declarativos, além de proporcionar suporte à programação funcional (MDN, 2024).

A linguagem tem um papel crucial na criação de aplicativos web dinâmicos e interativos. Ela é frequentemente implementada por navegadores de renome, como *Google Chrome*, *Mozilla Firefox* e *Microsoft Edge*, que possuem motores especializados para aprimorar a execução do código. Esses motores asseguram que as aplicações JS operem de maneira eficaz e constante, proporcionando um desempenho satisfatório em várias plataformas. Além de seu uso em sites e aplicativos, também desempenha um papel central em diversas outras áreas, como no processamento de dados complexos. Um exemplo, é sua aplicação em *widgets* de visualização interativa de dados, como os utilizados em pesquisas científicas e genômicas, destacando a flexibilidade e o alcance da linguagem para além do desenvolvimento *web* tradicional (PEARCE; NIKIFOROVA; ROY, 2019).

2.2 Node.js

O *Node.js* é uma plataforma de desenvolvimento amplamente apreciada pela sua eficácia e adaptabilidade no contexto de criação de aplicações contemporâneas. Desde que foi lançada em 2009, ela se sobressaiu ao usar *JavaScript* no lado do servidor, possibilitando uma integração constante entre o *back-end* e o *front-end*.

No âmbito teórico, *Node.js* simboliza um progresso na maneira como as estruturas de *software* gerenciam a performance e a administração de recursos. Ao optar por um modelo de entrada/saída (I/O) não bloqueado e orientado a eventos, a plataforma proporciona uma alternativa sólida às estratégias convencionais baseadas em *multithreading*, particularmente em aplicações que demandam grande capacidade de processamento simultâneo, como *APIs* em tempo real, bate-papos e transmissão de dados em tempo real (NODE.JS, 2024).

O motor V8, criado pelo *Google*, é um dos pilares fundamentais do *Node.js*, convertendo o código JS em linguagem de máquina de alta performance. Essa eficácia possibilita que os desenvolvedores obtenham tempos de resposta mais curtos e aproveitem de maneira mais veloz os recursos do servidor, sendo perfeita para companhias que gerenciam grandes quantidades de dados.

A estrutura modular do *Node.js*, fundamentada em pacotes acessíveis através do gestor NPM, também tem um papel importante na sua adoção em larga escala. Essa característica facilita a integração de ferramentas e bibliotecas, diminuindo o tempo de desenvolvimento e incrementando a produtividade (NODE.JS, 2024).

Portanto, o ambiente de execução não é apenas uma ferramenta, mas um paradigma que exemplifica a transição para arquiteturas orientadas a eventos e o uso unificado de linguagens no desenvolvimento *web*. Ele continua a ser um referencial importante para pesquisas sobre eficiência de *frameworks*, adaptação a demandas modernas e o impacto de tecnologias *open source* no

mercado.

2.3 Express

O *Express.js*, tecnologia popular no ecossistema *Node.js*, destaca-se por sua abordagem extremamente simples e concisa, o que possibilita a criação de aplicações *web* personalizadas e eficientes com um número menor de linhas de código. A ferramenta contribui para a otimização do desempenho e a agilidade no desenvolvimento de projetos. Sua abordagem minimalista é altamente apreciada, pois permite que os programadores incluam apenas os recursos indispensáveis para atender às demandas específicas de cada projeto.

Projetado para simplificar o desenvolvimento de aplicativos *web* e *APIs*, a solução oferece uma camada de abstração sobre o núcleo *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) do *Node.js*, permitindo que os desenvolvedores criem *APIs* robustas de forma rápida e eficiente. Além disso, a versão 5.0 já está com a documentação disponível, enquanto a versão 4.x continua evoluindo.

De acordo com (MARDAN, 2014), o *Express* é construído sobre o núcleo do módulo *HTTP* e utiliza *middlewares* para conectar as diversas funcionalidades da aplicação. Isso dá ao desenvolvedor a liberdade de escolher bibliotecas e pacotes, tornando o *Express* altamente flexível e personalizável. Essa abordagem minimalista permite que o desenvolvedor adicione apenas as funcionalidades necessárias, sem sobrecarregar o sistema, o que é especialmente vantajoso para quem busca agilidade no desenvolvimento.

O *Express* também é perfeito para a organização de rotas e para a apresentação de páginas *HTML* interativas. Ademais, ele simplifica a administração de recursos habituais em aplicações *web*, tais como corpos de pedidos *HTTP*, *cookies* e sessões. A sua estrutura modular possibilita a incorporação simples de *middlewares*, que podem ser empregados para solucionar questões específicas de cada aplicativo. A clareza da documentação oficial do *Express* fazem dele uma das opções preferidas para o desenvolvimento *web* em *Node.js*, proporcionando um equilíbrio entre simplicidade e eficiência (HAHN, 2016).

Essa tecnologia se sobressai na programação *web* devido à sua metodologia simples, oferecendo alto desempenho sem prejudicar a sua função. A sua estrutura modular e a capacidade de suportar *middlewares* possibilitam que os programadores desenvolvam aplicações de fácil expansão e manutenção. O *framework* ainda é amplamente utilizado em projetos de várias dimensões, o que o torna uma opção excelente para quem procura eficácia na criação de *APIs* e sistemas *web* contemporâneos.

2.4 Fastify

O *Fastify* é um *framework web* que se destaca por focar na experiência do desenvolvedor, apresentando mínimo *overhead* e uma arquitetura de *plugins* robusta. Inspirado nas tecnologias *Hapi* e *Express*, ele se apresenta como um dos *frameworks web* mais rápidos disponíveis atualmente (FASTIFY, 2024).

O *Fastify* também se destaca pela sua facilidade de uso. Criado para ser intuitivo, ele permite que os desenvolvedores realizem tarefas diárias de forma simples, sem comprometer

a segurança. Adicionalmente, oferece suporte nativo ao *TypeScript*, facilitando a integração com ambientes modernos de desenvolvimento. Apesar dessas qualidades e de seu potencial em otimizar o desenvolvimento, é relevante notar que o *Fastify* ainda possui uma escassez de artigos científicos e estudos aprofundados que o abordem, o que pode limitar sua visibilidade em contextos acadêmicos.

2.5 NestJS

NestJS é mais uma tecnologia da família *Node.js*, projetado para criar aplicações escaláveis e de alta *performance*, e se destaca pela sua abordagem modular que facilita a manutenção e organização de código. Trata-se da principal escolha para aqueles que já estão habituados ao *framework Angular* por fundamentar seus princípios de *design*. Sua estrutura facilita o desenvolvimento de sistemas grandes e complexos, promovendo uma organização clara do código.

Ele se distingue da maioria pelo uso do *TypeScript*, o que oferece maior proteção e simplifica a criação de código organizado e de fácil compreensão. Ao utilizar uma estrutura modular, o *NestJS* estrutura o código de forma transparente, simplificando a manutenção e a inclusão de novas funcionalidades sem prejudicar a estabilidade do sistema (NESTJS, 2024).

Além disso, *Nest* integra de forma simples tecnologias como *APIs RESTful*, *microservices* e *GraphQL*, tornando-se uma ferramenta versátil para o desenvolvimento de sistemas mais sofisticados. A modularidade e o uso de injeção de dependência são elementos chave que permitem o desacoplamento dos componentes do sistema, facilitando o teste, manutenção e a integração de novos recursos. Por fim, o *Nest* é compatível com ferramentas de teste automatizado, como testes unitários e de integração, fundamentais para garantir a qualidade do código em projetos de grande porte, reforçando sua utilidade em ambientes empresariais (NESTJS, 2024).

2.6 Next.js

O *Next.js* é uma biblioteca desenvolvida para ser utilizada com a tecnologia *React* (um *framework JavaScript*), e opera de maneira semelhante a outras ferramentas do mesmo ecossistema. Ele facilita o desenvolvimento de aplicações *web* escaláveis e de alto desempenho, especialmente por sua capacidade de renderização do lado do servidor (*Server-Side Rendering* ou *SSR*). Esse recurso permite gerar páginas dinâmicas no servidor antes de enviá-las ao cliente, o que melhora a *performance* e otimiza os mecanismos de busca, já que o conteúdo é enviado ao navegador de forma pré-renderizada.

Além disso, ele permite a construção de páginas dinâmicas e estáticas dentro do mesmo projeto, oferecendo flexibilidade no gerenciamento de dados e conteúdo (VERCEL, 2024). A estrutura do *Next* também se destaca pela simplicidade de uso, com um sistema de roteamento baseado em arquivos que facilita a criação de rotas e componentes, sem necessidade de configuração complexa. O *framework* ainda oferece integração com *APIs*, otimizações automáticas e um sistema de pré-carregamento de páginas, permitindo que os desenvolvedores criem aplicativos de alto desempenho com facilidade (VERCEL, 2024).

Além de suas características voltadas para o desenvolvimento no *front-end*, recentemente

ele também vem conquistando seu espaço no cenário de *back-end*. A partir da versão 9.3, o *Next.js* permitiu a criação de funções de *API* no próprio *framework*, possibilitando aos programadores a criação de rotas de *API* diretamente nas aplicações, sem a exigência de configurar um servidor separado. Isso significa que a tecnologia agora também pode ser empregada na criação do *back-end* de uma aplicação, o que diminui a complexidade do projeto. Isso ocorre porque o *Next.js* pode ser usado em todo o sistema, eliminando a necessidade da equipe de desenvolvimento dominar mais de uma linguagem ou biblioteca para montar um serviço completo.

Devido a esta novidade, o *Next.js* se destaca no presente trabalho, que tem como objetivo realizar um *benchmark* de *frameworks* *Node.js*. A inclusão dessa funcionalidade no *Next.js* contribui para a ampliação de seu escopo, o que o coloca como uma alternativa viável não apenas para o *front-end*, mas também para o *back-end* de aplicações, fortalecendo sua posição no cenário de *frameworks* para a construção de *APIs* e aplicações *web*.

2.7 k6

O *k6* é uma ferramenta moderna e de código aberto voltada para testes de carga e desempenho. Diferentemente de ferramentas tradicionais com interface gráfica, ele adota uma abordagem baseada em *scripts* escritos em JS, o que proporciona maior facilidade de versionamento dos testes. Assim, sendo útil em *pipelines* de *DevOps* devido à sua abordagem e sua facilidade de ser adicionado em ambientes automatizados.

Com o *k6*, é possível simular o comportamento de usuários reais acessando *APIs REST*, páginas web ou outros serviços, configurando o número de usuários virtuais, a duração do teste, os padrões de carga e as validações esperadas para as respostas. A ferramenta oferece suporte nativo a métricas como tempo de resposta, taxa de sucesso, *throughput*, erros por segundo e percentis, além de permitir a exportação desses dados para sistemas de monitoramento e análise, como *Grafana* e *InfluxDB* (LABS, 2025).

A simplicidade na escrita de *scripts*, combinada com a robustez dos relatórios gerados, permite uma análise clara e detalhada sobre o desempenho da aplicação sob diferentes níveis de estresse. O *k6* também possibilita a execução de testes distribuídos, ampliando seu uso em ambientes com grande necessidade de simulação de tráfego (LABS, 2025).

Assim, essa ferramenta se destaca como uma alternativa moderna e eficiente para testes de carga, sendo uma opção leve, fácil de configurar e com grande capacidade de integração com fluxos de trabalho automatizados de desenvolvimento.

3 Ambiente de Testes

Nesta seção, descrevemos o ambiente utilizado para a execução dos testes de desempenho entre os *frameworks* selecionados: *Express*, *NestJS*, *Fastify* e *Next.js*. O objetivo é garantir condições controladas, reproduzíveis e compatíveis com o cenário real de uso em que aplicações geralmente são desenvolvidas e executadas.

Para manter a fidelidade a um contexto prático comum entre desenvolvedores indepen-

dentes e pequenas equipes, optou-se por realizar os testes diretamente em uma máquina pessoal, simulando um ambiente local de desenvolvimento.

3.1 Justificativa do Ambiente

O ambiente de testes utilizado foi o notebook pessoal do autor, com as seguintes especificações:

- Processador: 11^a Geração Intel (R) Core (TM) i5-1135G7 @ 2.40GHz;
- Memória RAM instalada: 16 GB (15,7 GB utilizável);
- Tipo de sistema: 64 bits, processador baseado em x64;
- Sistema operacional: Windows.

O uso da máquina pessoal como ambiente de testes é justificado por refletir um cenário comum a desenvolvedores que trabalham de forma independente ou em equipes pequenas, onde a maioria dos softwares é criada. Esse ambiente normalmente não se dispõe de infraestrutura em nuvem ou servidores dedicados apenas para *benchmarking*. Além disso, proporciona agilidade na execução dos testes e maior controle sobre o sistema operacional, os processos ativos e a rede local.

A máquina utilizada possui recursos compatíveis com o perfil médio de uso para desenvolvimento web moderno, com um processador da 11^a geração da *Intel* e 16 *gigabytes (GB)* de *Random Access Memory (RAM)*, o que é suficiente para executar múltiplas instâncias de servidores e clientes simultaneamente sem gargalos significativos. Isso garante que os testes não sejam limitados por restrições de hardware, permitindo uma avaliação justa do desempenho dos *frameworks*.

3.2 Banco de Dados

A escolha de manter o banco de dados em ambiente local durante os testes também é intencional. Isso reduz a influência de fatores externos como latência de rede, variações de carga em servidores remotos e interrupções de conexão, que poderiam comprometer a precisão das medições. Dessa forma, é possível isolar o desempenho dos *frameworks*, garantindo que os resultados reflitam o comportamento dos mesmos sob condições semelhantes.

O *PostgreSQL* foi o banco escolhido por se tratar de um banco de dados relacional, isto é, que usa a *Structured Query Language (SQL)*, *open source* e amplamente utilizado em ambientes de produção, inclusive em conjunto com aplicações *Node*. Bancos de dados relacionais são sistemas que armazenam dados em tabelas interligadas por relacionamentos, seguindo um modelo estruturado e com forte apoio à consistência dos dados. Diferente dos bancos *Not Only SQL (NoSQL)*, os relacionais trabalham com esquemas definidos (*schemas*), o que permite um controle mais rígido sobre o formato e os tipos de dados armazenados.

Essa abordagem foi adequada ao contexto dos testes, já que muitas aplicações *web* modernas que utilizam os *frameworks* avaliados, frequentemente se integram com bancos relacionais

como *PostgreSQL* ou *MySQL*. Com isso, além de avaliar o desempenho das tecnologias em si, também é possível verificar como elas interagem com operações típicas de leitura e escrita em um banco relacional — uma situação realista e prática para diversos tipos de aplicações.

Além disso, a escolha de um banco de dados padrão nos testes permite comparar as bibliotecas sob condições equivalentes, padronizando a camada de persistência de dados e garantindo que as diferenças de desempenho observadas estejam realmente relacionadas à implementação dos *frameworks*, e não à tecnologia de banco utilizada.

4 Metodologia

A presente seção descreve o processo de desenvolvimento, configuração e realização dos testes de desempenho utilizados para avaliar os *frameworks* selecionados. O objetivo foi comparar sua *performance* em operações: *Create* (Criar), *Read* (Ler), *Update* (Atualizar) e *Delete* (Excluir) o *CRUD*, com foco em simular cenários práticos, controlados e padronizados.

Inicialmente, foi criado um banco de dados *PostgreSQL* contendo uma única tabela chamada *users* (usuários), composta por três campos: *id* (chave primária da tabela), *name* e *email*. Essa estrutura simplificada foi intencionalmente adotada para reduzir o impacto de operações complexas de banco de dados sobre os resultados dos testes, permitindo que o foco permanecesse na performance dos *frameworks* propriamente ditos. Utilizar um banco de dados mais complexo com relacionamentos, *joins* ou *triggers* poderia enviesar a análise ao transferir a carga computacional para a camada de persistência, desviando o foco da comparação.

Com o banco de dados criado, foram implementadas quatro *APIs REST* distintas, cada uma utilizando uma das bibliotecas estudadas. Todas as *APIs* seguiram a mesma estrutura e expuseram as quatro operações fundamentais do padrão *CRUD*, que, conforme as boas práticas de design de *APIs RESTful*, são mapeadas diretamente para os métodos *HTTP*: *POST*, *GET*, *PUT* e *DELETE*, respectivamente, assim como na [Figura 1](#).

Figura 1 – Mapeamento CRUD para Rotas RESTful



Fonte: Do Autor, 2025

As operações foram implementadas da forma mais simples e direta possível, com base nas documentações oficiais de cada *framework*, com o objetivo de evitar a introdução de complexidades ou otimizações específicas que poderiam afetar negativamente a imparcialidade dos testes.

Além disso, optou-se por não utilizar *Object-Relational Mappers (ORM)*, como *Sequelize*, *Prisma* ou *TypeORM*, a fim de evitar que suas abstrações impactassem os resultados. Em vez disso, a comunicação com o banco de dados foi realizada diretamente por meio da biblioteca nativa *pg*, do ecossistema *Node*. Essa abordagem permitiu maior controle sobre as consultas *SQL* utilizadas, garantindo uniformidade na execução de operações em cada uma das *APIs*. As *queries* foram inseridas diretamente no código-fonte, sendo abstraídas apenas as variáveis que seriam passadas por parâmetro nas funções como mostra a [Figura 2](#).

Figura 2 – Exemplo de código com SQL integrado

A imagem mostra um editor de código com um fundo escuro e uma barra decorativa superior com três círculos (vermelho, amarelo, verde). O código é escrito em uma linguagem de script com sintaxe colorida. As linhas são numeradas de 1 a 3. A linha 1 define uma constante 'getUserById' que recebe 'request' e 'response' e retorna uma função anônima. A linha 2 define uma constante 'id' que recebe 'request.params.id' e a converte para inteiro. A linha 3 usa 'pool.query' para executar uma consulta SQL: 'SELECT * FROM users WHERE id = \$1', passando '[id]' como parâmetro e definindo callbacks para 'error' e 'results'.

Fonte: Do Autor, 2025

Essa abordagem elimina qualquer sobrecarga adicional causada por bibliotecas intermediárias e possibilita uma comparação mais fiel do desempenho bruto dos *frameworks*, especialmente no tratamento de requisições, resposta ao cliente e gerenciamento de conexões simultâneas.

As rotas das *APIs* seguiram um padrão uniforme, conforme exemplificado anteriormente na [Figura 1](#). O uso de nomenclaturas e estruturas idênticas para as rotas em todos os *frameworks* garante que o comportamento das aplicações fosse comparável, assegurando que eventuais variações de desempenho estivessem relacionadas exclusivamente às diferenças intrínsecas de cada *framework* e também facilitando na etapa dos testes.

Para a execução dos testes de carga, foi empregada a biblioteca *k6*, conforme detalhado na [subseção 2.7](#). Os testes foram estruturados para simular diferentes níveis de demanda, abrangendo as operações *GET*, *POST* e *PUT* da API. Para essas rotas, foram realizados dois cenários distintos de carga: um com 100 usuários virtuais simultâneos (VUs) e outro com 500 VUs, ambos com duração de 30 segundos. Essa abordagem permitiu-nos avaliar o desempenho sob cargas médias e intensas.

Para garantir a confiabilidade dos resultados, cada teste foi repetido três vezes em um curto intervalo de tempo. A média dos resultados obtidos nessas execuções foi utilizada para a análise final, totalizando aproximadamente 100 testes.

4.1 Abordagem Específica para a Rota DELETE

A rota *DELETE* exigiu uma abordagem particular devido a um conflito observado durante testes com múltiplos VUs. Quando testada com 100 VUs, múltiplas requisições de delete eram direcionadas aos mesmos dados. Embora apenas uma dessas requisições resultasse na

exclusão efetiva, todas eram registradas como requisições aceitas, mascarando a real capacidade de processamento da rota.

Para contornar essa questão, o teste da rota *DELETE* foi executado com apenas 1 VU durante os 30 segundos e padronizadamente, foram feitos três testes e extraídas suas médias. Com essa configuração, a lógica do teste envolve primeiramente uma requisição *GET* para uma rota */any*, que retorna um dado aleatório a ser excluído. Em seguida, esse dado é utilizado na requisição *DELETE*. O objetivo aqui foi avaliar o número de operações de exclusão bem-sucedidas que a rota conseguiu processar nesse período, garantindo que cada *delete* correspondesse a uma exclusão real e individual. A métrica principal a ser analisada para essa rota é o número de exclusões realizadas e a sua quantidade de exclusões por segundo.

5 Resultados e Discussões

Nesta seção, são apresentados e analisados os resultados obtidos a partir da execução dos testes de carga realizados com as quatro *APIs REST* desenvolvidas. O objetivo principal é comparar o desempenho das implementações com base em métricas fornecidas pela ferramenta de testes *k6*, como tempo de resposta, taxa de requisições por segundo, percentis de latência e taxa de falhas.

Cada teste foi executado sob diferentes níveis de carga: 100 e 500 VUs, abrangendo as operações *GET*, *POST* e *PUT* do *CRUD*. Para a operação *DELETE*, a metodologia de teste foi adaptada para utilizar apenas 1 VU, focando na capacidade de processamento individual, conforme detalhado na Seção 4. Essa abordagem segmentada permite uma compreensão abrangente da performance de cada *framework* em cenários que simulam tanto cargas médias quanto intensas.

Os relatórios gerados pelos *scripts* do *k6* são bastante completos, possuindo dezenas de informações que podem ser visualizadas. Mas para manter o foco e do artigo, são mensuradas apenas as métricas mais relevantes para a análise de *benchmark*.

- Média (ms): Indica a média geral dos tempos de retorno das requisições, fornecendo uma visão rápida da performance.
- Média p (95) (ms): Representa o tempo abaixo do qual 95% das requisições foram concluídas. Essa métrica é crucial pois revela a consistência do desempenho, mostrando que mesmo 95% dos usuários experimentarão um tempo de resposta dentro desse limite, e não apenas a média.
- Requisições (quantidade): Avalia a capacidade de cada *framework* de lidar com volume. A divisão desse valor pelo tempo resulta no *throughput*, uma métrica crucial para o *benchmark*.
- Falhas %: A porcentagem de requisições que resultaram em erro. Idealmente, esse valor deve ser zero ou muito próximo, indicando a robustez da aplicação.

5.1 Abordagem Inicial (100 VUs)

Nesta seção, os resultados são apresentados em gráficos e tabelas, acompanhados por análises que interpretam o desempenho de cada *framework* em relação aos diversos contextos de uso e operações *CRUD*. A análise começa com a primeira abordagem, que engloba as operações *GET*, *POST* e *PUT*. Primeiramente, os dados são exibidos em tabelas gerais, sendo posteriormente segmentados para uma melhor compreensão.

Figura 3 – Tabela de GET, POST e PUT Com 100 VUs

Framework	Operação	VUs	Média (ms)	Requisições(quantidade)	Média p(95) (ms)	Falhas %
Express	GET	100	48.28	62111.33	80.86	0.00%
Express	POST	100	27.56	108506.00	32.80	0.00%
Express	PUT	100	31.36	95355.33	41.43	0.00%
Fastify	GET	100	21.22	140756.00	25.62	0.00%
Fastify	POST	100	15.29	195096.67	18.98	0.00%
Fastify	PUT	100	18.22	164937.67	23.49	0.00%
Nest	GET	100	29.66	101695.33	57.82	0.00%
Nest	POST	100	29.86	100192.67	40.42	0.00%
Nest	PUT	100	36.02	84013.00	54.51	0.00%
Next.js	GET	100	4800.00	661.67	5710.00	0.00%
Next.js	POST	100	4740.00	703.00	5580.00	0.00%
Next.js	PUT	100	4780.00	700.00	5440.00	0.00%

Fonte: Do Autor, 2025

A Figura 3, que avalia o desempenho sob 100 VUs (carga moderada), demonstra que todos os *frameworks* registraram 0.00% de falhas nas operações. Essa ausência total de falhas é um indicador altamente positivo, pois atesta que, sob essa demanda, a estabilidade das aplicações não foram comprometidas.

Para facilitar a análise e a visualização dos resultados obtidos, e evitar a sobrecarga de informações em representações gráficas individuais, os dados de desempenho serão aglutinados por *framework* em uma tabela consolidada. Essa abordagem permitirá uma comparação mais eficiente entre as arquiteturas, destacando as diferenças sem comprometer a clareza da apresentação.

Tabela 1 – Dados Aglutinados das Requisições GET POST e PUT com 100 VUS

Frameworks	Média (ms)	p(95) (ms)	Requisições	falhas %
Express	35.73	51.70	88657.55	0.00%
Fastify	18.24	23.23	166930	0.00%
NestJS	31.85	50.92	95300	0.00%
Next	4773	5576	688.22	0.00%

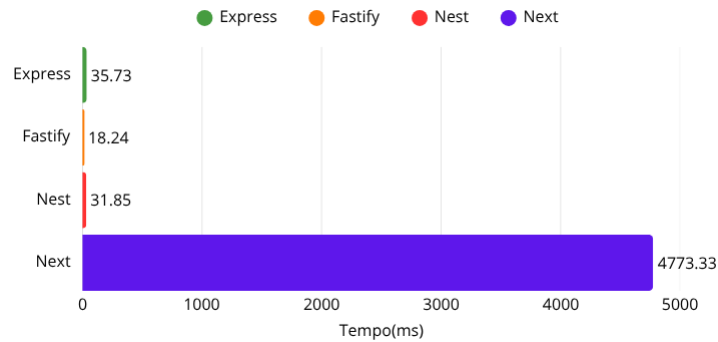
Fonte: Do Autor, 2025

Considerando os dados, o *Next.js* demonstrou um desempenho inversamente proporcional aos demais frameworks: enquanto os demais apresentaram tempos de resposta baixos e alto volume de requisições, o *Next.js* exibiu tempos de resposta maiores e um volume de requisições menores. Também já é possível visualizar uma leve vantagem da tecnologia *Fastify* sobre os demais com tempos de resposta médios e percentis mais rápidos.

5.1.1 Média

Nas médias de tempo de resposta, o *Fastify* se sobressai com 18.24 ms, demonstrando agilidade superior. *Express* (35.73 ms) e *Nest* (31.85 ms) exibem médias mais elevadas, mas ainda eficientes. O *Next.js*, contudo, registra um tempo de 4.77 segundos, revelando uma performance drasticamente inferior. Conforme fica evidente na figura [Figura 4](#).

Figura 4 – Gráfico do Tempo Médio de Resposta por *framework*

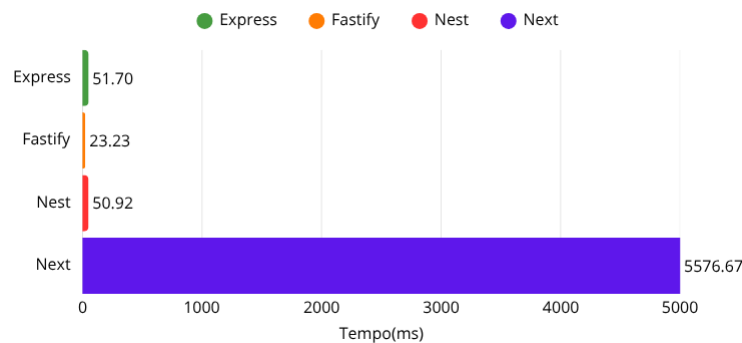


Fonte: Do Autor, 2025

5.1.2 Tempo de Resposta p(95)

O *Fastify*, com um p(95) de 23.23 ms, demonstra a menor variabilidade, indicando que a vasta maioria das requisições é processada de forma consistentemente rápida. *Nest* (50.92 ms) e *Express* (51.70 ms) apresentam valores de p(95) maiores que os do *Fastify*, sugerindo maior dispersão nos tempos de resposta para uma parcela das requisições, embora ainda em patamares que garantem a estabilidade. Por fim, o *Next.js*, com um p(95) alarmante de 5576 ms, reafirma que a latência elevada é uma característica persistente para as suas operações, e não apenas um evento esporádico. Como ilustrado na [Figura 5](#), percebe-se essa diferença expressiva.

Figura 5 – Gráfico do Tempo de Resposta no Percentil 95 (p95) por Framework

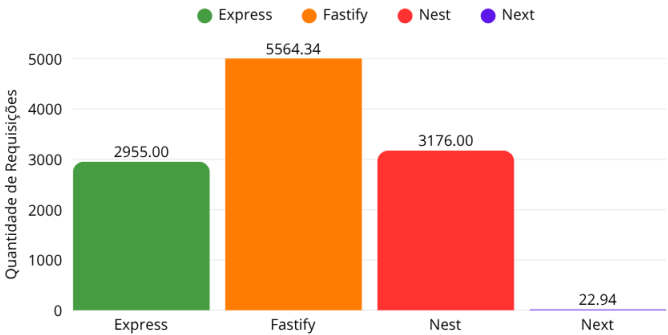


Fonte: Do Autor, 2025

5.1.3 Throughput (Requisições por Segundo)

A coluna “Requisições” na [Tabela 1](#) representa o volume total de requisições processadas em um período de 30 segundos. Para uma análise da capacidade de vazão (*throughput*), calculamos as Requisições por Segundo (RPS). O *Fastify* demonstra uma *performance* excepcional, alcançando um *throughput* de 5564.34 RPS. *Nest* (3176.68 RPS) e *Express* (2955.25 RPS) apresentam capacidades competitivas. Em contraste, o *Next.js* exibe um *throughput* dramaticamente baixo de apenas 22.94 RPS, corroborando as observações de sua alta latência e indicando uma severa limitação em sua capacidade de processar requisições sob a carga imposta. Como ilustrado na [Figura 6](#).

Figura 6 – Gráfico de Throughput



Fonte: Do Autor, 2025

5.2 Abordagem Inicial (500 VUs)

A [Figura 7](#) detalha o desempenho dos *frameworks* sob uma carga mais intensa, com 500 usuários virtuais simultâneos. Este cenário mais exigente foi crucial para identificar os limites e a resiliência de cada tecnologia. Da mesma forma que foi feito com 100 VUs, também foram aglutinados os resultados para uma melhor análise como mostra a [Tabela 2](#).

Figura 7 – Tabela de GET, POST, PUT Com 500 VUs

Framework	Operação	VUs	Média (ms)	Requisições(quantidade)	Média p(95) (ms)	Falhas %
Express	GET	500	256.72	58942.33	342.33	1.08%
Express	POST	500	146.06	102631.67	170.57	0.38%
Express	PUT	500	170.16	88315.33	225.76	0.60%
Fastify	GET	500	63.05	237587.33	81.26	0.05%
Fastify	POST	500	80.64	185793.33	99.73	0.01%
Fastify	PUT	500	92.01	162831.33	112.70	0.00%
Nest	GET	500	133.82	112114.00	162.93	0.25%
Nest	POST	500	157.48	95311.67	181.60	0.14%
Nest	PUT	500	178.52	84368.33	221.65	0.11%
Next.js	GET	500	16030.00	1665.67	31900.00	67.86%
Next.js	POST	500	22330.00	1067.00	31560.00	52.20%
Next.js	PUT	500	20160.00	1522.00	31960.00	59.37%

Fonte: Do Autor, 2025

Tabela 2 – Dados Aglutinados das Requisições GET POST e PUT com 500 VUS

Frameworks	Média (ms)	p(95) (ms)	Requisições	falhas %
Express	190.98	246.22	83296.44	0.69%
Fastify	78.57	97.90	195404	0.02%
NestJS	156.61	188.73	97264	0.17%
Next	19506.67	31806.67	1418.22	59.81%

Fonte: Do Autor, 2025

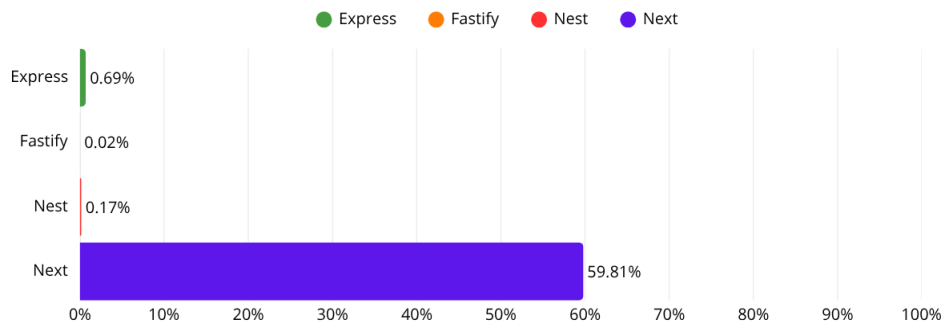
Expandindo a análise para 500 VUs, é natural observar um aumento nos tempos médios de resposta para todos os *frameworks*. Este fenômeno é inerente ao escalonamento de sistemas, onde o incremento no volume de requisições eleva a demanda por recursos computacionais (*CPU*, memória, rede), podendo levar a filas de processamento e, conseqüentemente, a um maior tempo para concluir cada operação.

No entanto, a capacidade de cada *framework* de absorver esse aumento de carga sem um declínio drástico no desempenho varia significativamente. Enquanto *Fastify*, *Express* e *Nest* demonstram um aumento gerenciável em seus tempos de resposta, o *Next.js*, por sua vez, exibe um salto exponencial. Seus tempos dispararam para patamares inviáveis nesses testes, atingindo aproximadamente 19 segundos por requisição, reforçando as limitações de sua arquitetura para lidar com concorrência elevada em comparação com os demais.

Visando clareza e concisão, não foram feitas formas de visualização adicionais para métricas de desempenho (tempo médio, p(95), *throughput*) referentes a 500 VUs. O aumento de 400% (100 VUs para 500 VUs) na carga é compatível com o incremento esperado nesses valores, e apresentá-los novamente em figuras separadas seria redundante.

No cenário de 500 VUs, o ponto de maior relevância para avaliar a resiliência dos *frameworks* sob estresse elevado é a taxa de falhas, que aponta diretamente para a capacidade do sistema de entregar respostas válidas de forma consistente. Sob 100 VUs, todos os *frameworks* apresentaram 0.00% de falhas. Contudo, ao escalar para 500 VUs, a estabilidade de cada *framework* é posta à prova de forma mais rigorosa.

Figura 8 – Gráfico de Porcentagem de falhas sobre o total das requisições



Fonte: Do Autor, 2025

- *Fastify* e *Nest* mantêm taxas de falhas extremamente baixas (0.02% e 0.17%, respectivamente), o que demonstra a eficiência na gestão de recursos mesmo sob maior estresse. Isso indica que conseguem processar um volume muito maior de requisições sem comprometer a integridade das operações.
- *Express* apresenta uma taxa de falhas de 0.69%. Embora superior a *Fastify* e *Nest*, ainda é uma porcentagem baixa e aceitável, demonstrando que o *framework* é capaz de lidar com a carga, mas com uma pequena desvantagem em comparação aos líderes.
- *Next*, por outro lado, registra uma alarmante taxa de falhas de quase 60% (59.81%). Uma taxa de falhas tão elevada sugere que a aplicação não consegue processar a vasta maioria das requisições, resultando em *timeouts*, erros internos e sobrecarga, tornando-o impraticável para cenários com essa demanda de usuários.

5.3 Abordagem Específica

Como foi detalhado na [subseção 4.1](#). Para assegurar a avaliação precisa da capacidade de processamento de exclusões individuais, os testes foram conduzidos com apenas 1 VU durante 30 segundos. Essa configuração permitiu que cada operação *DELETE* correspondesse a uma exclusão real de um dado previamente obtido, evitando requisições que não resultassem em uma remoção efetiva.

As métricas primárias focam na quantidade total de exclusões realizadas e na sua capacidade de chamadas por segundo (RPS). Os dados abaixo referem-se a média dos três testes feitos com cada tecnologia.

Tabela 3 – DELETE Com 1 VU durante 30 segundos

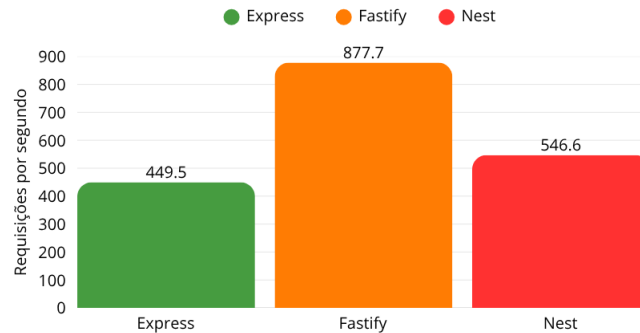
Frameworks	Exclusões	Exclusões por Segundo (RPS)
Express	13486	449.52
Fastify	26331	877.68
NestJS	16399	546.60
Next	101.17	3.35

Fonte: Do Autor, 2025

Considerando o desempenho inferior consistente do *Next* nas análises anteriores, e agora com sua limitação de aproximadamente 3 exclusões por segundo na rota *DELETE*, em nítido contraste com as centenas de requisições por segundo processadas pelos demais *frameworks*, sua inclusão nos gráficos desta rota poderia distorcer a visualização e dificultar a comparação clara entre *Express*, *Fastify* e *Nest*. Portanto, para otimizar a legibilidade e focar nas diferenças de desempenho mais relevantes, os gráficos subsequentes apresentarão apenas os resultados dessas três tecnologias.

A análise do Gráfico de Requisições por Segundo (RPS) na rota *DELETE* revela uma clara distinção na capacidade de vazão entre os *frameworks*. O *Fastify* se estabelece como líder incontestável em *throughput*, demonstrando uma notável eficiência na execução de operações de exclusão com uma média de 877.68 RPS, superando substancialmente *Nest* (546.60 RPS) e

Figura 9 – Gráfico de Throughput (RPS) na rota DELETE



Fonte: Do Autor, 2025

Express (449.52 RPS). Essa *performance* superior sinaliza a robustez do *Fastify* em cenários que demandam alta agilidade para a manipulação de dados individuais.

6 Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo principal realizar um *benchmark* de quatro *frameworks* do ecossistema *Node.js* — *Express*, *NestJS*, *Fastify* e *Next.js* — com foco no desempenho em operações *REST* típicas. Por meio de testes padronizados, foi possível extrair métricas claras e comparáveis sobre o tempo de resposta, taxa de requisições, percentis de latência e taxa de falhas, utilizando a ferramenta de testes de carga *k6*.

A metodologia adotada demonstrou-se eficaz para isolar o comportamento dos *frameworks* e oferecer uma visão precisa de seus pontos fortes e limitações sob diferentes níveis de carga. O uso direto de *SQL* e banco de dados local, sem intermediários como *ORMs*, permitiu avaliar o desempenho bruto das ferramentas.

Dentre os *frameworks* analisados, o *Fastify* se destacou de forma consistente em todos os testes, apresentando tempos de resposta mais baixos, maior *throughput* e estabilidade mesmo sob cargas mais elevadas. O *NestJS* também obteve bons resultados, equilibrando desempenho mesmo com sua arquitetura mais robusta, sendo uma opção sólida para projetos maiores e mais complexos. O *Express*, embora um pouco abaixo em alguns indicadores, manteve um desempenho aceitável e continua sendo uma escolha viável pela sua simplicidade.

O *Next.js*, por sua vez, apresentou desempenho significativamente inferior aos demais *frameworks* testados, especialmente em cenários de alta concorrência. Apesar disso, é importante ressaltar que o *Next* ainda está em processo de consolidação como ferramenta de *back-end*. Sua proposta de oferecer uma plataforma *full stack* integrada, unificando *front-end* e *back-end* em um único ambiente, é extremamente útil em projetos onde simplicidade e integração são prioridades, como *MVPs* (Arquitetura de *Model-View-Controller*) ou aplicações que não demandam muito volume. Com o avanço contínuo da plataforma, é esperado que melhorias de desempenho sejam implementadas ao longo do tempo, tornando-a ainda mais competitiva.

Assim, todos os *frameworks* têm seu espaço no desenvolvimento *web* moderno. A escolha entre eles deve levar em conta não apenas o desempenho, mas também fatores como experiência da equipe, complexidade do projeto, necessidade de organização arquitetural e velocidade de desenvolvimento. Este trabalho contribui para esse processo decisório, fornecendo dados objetivos que ajudam desenvolvedores e equipes técnicas a escolherem a tecnologia mais adequada às suas necessidades específicas.

Recomenda-se, em futuras pesquisas, aprofundar a análise considerando novos indicadores, como o consumo de memória e uso de *CPU*. Durante a realização dos testes, observou-se que o *Fastify*, embora tenha sido o *framework* com melhor desempenho, apresentou um consumo elevado de *CPU*, bem acima dos demais — o que merece ser investigado de forma mais detalhada. Além disso, seria interessante expandir os testes para ambientes mais amplos, como máquinas dedicadas ou plataformas em nuvem, para compreender o comportamento dos *frameworks* em cenários mais próximos da produção.

Benchmark of Node.js Frameworks for API Development: Performance Evaluation with Express, NestJS, Fastify, and Next.js

Pedro F. Poggia*

Prof. Me. Jorge Luis Boeira Bavaresco[†]

2025

Abstract

The popularization of the Node.js environment for REST API development in the software industry has led to the emergence of several frameworks, expanding — and at the same time complicating — the selection process for developers. Aiming to assist in this decision-making, this work presents a benchmark, that is, a performance-focused comparative analysis of four of the most popular frameworks on the market used for API development. More specifically, the study focuses on three well-established frameworks in this area: Express, Fastify, and NestJS. In addition, it also examines a technology originally consolidated in the front-end market that is gradually transitioning to API and back-end development, becoming a full stack solution: Next.js. The adopted methodology included the implementation of four REST APIs, one for each framework, and the execution of load and stress tests simulating real users using k6, a well-known testing tool. The results obtained were analyzed and revealed that, although all frameworks deliver satisfactory performance, there are significant differences among them. Finally, practical recommendations are provided for selecting the most suitable framework based on the type of project or specific requirements.

Key-words: Node.js. Next. Nest. Fastify. Express. benchmark.

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFRSul, Bacharelado em Ciência da Computação, Passo Fundo – RS, Brasil. E-mail: pedro.poggia@hotmail.com

[†]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – IFRSul E-mail: jorgebavaresco@ifsul.edu.br

Referências

- DAHL, R. *Ryan Dahl* - Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Dahl>. Acesso em: 27 Nov. 2024. 2009. Citado na página 2.
- FASTIFY. *Fastify - The Fast and Low Overhead Web Framework for Node.js* - Disponível em: <<https://fastify.dev/>>. Acesso em: 27 Nov. 2024. 2024. Citado na página 5.
- HAHN, E. M. *Express in Action: Writing, Building, and Testing Node.js Applications*. Shelter Island, NY: Manning Publications, 2016. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=czkzEAAAQBAJ>>. Acesso em: 29 Nov. 2024. Citado na página 5.
- KUFFEL, P.; WALTER, B. Performance of node.js backend application frameworks: An empirical evaluation. In: *Proceedings of the 32nd International Conference on Information Systems Development (ISD2024)*. Poznań University of Technology, 2024. Disponível em: <<https://aisel.aisnet.org/isd2014/proceedings2024/managingdevops/7>>. Acesso em: 29 Nov. 2024. Citado na página 2.
- LABS, G. *k6 - Load testing for engineering teams* - Disponível em: <<https://k6.io/>>. Acesso em: 24 Jun. 2025. 2025. Citado na página 7.
- MARDAN, A. *Pro express.js: Master express.js: The node.js framework for your web development*. [S.l.]: Springer, 2014. Citado na página 5.
- MDN, M. D. N. *JavaScript - MDN Web Docs* - Disponível em: <<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>>. Acesso em: 27 Nov. 2024. 2024. Citado na página 4.
- NESTJS, N. O. F. *NestJS - A progressive Node.js framework* - Disponível em: <<https://nestjs.com/>>. Acesso em: 27 Nov. 2024. 2024. Citado na página 6.
- NODE.JS, F. *Node.js* - Disponível em: <<https://nodejs.org/pt>>. Acesso em: 27 Nov. 2024. 2024. Citado na página 4.
- PEARCE, T. M.; NIKIFOROVA, M. N.; ROY, S. Interactive browser-based genomics data visualization tools for translational and clinical laboratory applications. *The Journal of Molecular Diagnostics*, v. 21, n. 6, p. 985–993, 2019. ISSN 1525-1578. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1525157819303484>>. Citado na página 4.
- V8, V. J. E. T. *V8 Documentation* - Disponível em: <<https://v8.dev/docs>>. Acesso em: 29 Nov. 2024. 2024. Citado na página 2.
- VERCEL, V. I. *Next.js - The React Framework* - Disponível em: <<https://nextjs.org/>>. Acesso em: 27 Nov. 2024. 2024. Citado na página 6.

Controle de Ponto Inteligente com Integração via Aplicativo Mobile

Camila Schmitt Soares¹, Jorge Luis Boeira Bavaresco²

¹Bacharelado de Ciência da Computação - Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Caixa Postal 150 – 99.064-440 – Passo Fundo – RS – Brazil

camilasoares.pf114@academico.ifsul.edu.br, jorgebavaresco@ifsul.edu.br

Abstract. *This work aimed to develop an intelligent electronic time clock system (REP), composed of a physical device and a mobile application, seeking to modernize traditional methods by providing greater usability, security, and efficiency. The solution integrates hardware (ESP32 with NFC and biometric authentication), backend (API and PostgreSQL database), and mobile application, ensuring secure and scalable integration. Principles of software architecture and engineering were applied from modeling to implementation, and tests confirmed the technical feasibility and communication between modules. As a future improvement, it is recommended to replace the NFC module MFRC522 with the PN532, which offers greater compatibility with smartphones and supports multiple operational modes. Nevertheless, the system proved to be functional and promising for corporate use, subject to the implementation of identified improvements.*

Resumo. *Este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema inteligente de controle de ponto eletrônico (REP), composto por um dispositivo físico e um aplicativo mobile, visando modernizar métodos tradicionais com maior usabilidade, segurança e eficiência. A solução integra hardware (ESP32 com NFC e autenticação biométrica), backend (API e banco de dados PostgreSQL) e aplicativo mobile, assegurando integração segura e escalável. Princípios de arquitetura e engenharia de software foram aplicados desde a modelagem até a implementação, e testes confirmaram a viabilidade técnica e a comunicação entre os módulos. Como melhoria futura, recomenda-se a substituição do módulo NFC MFRC522 pelo PN532, com maior compatibilidade com smartphones e suporte a múltiplos modos operacionais. Contudo, o sistema demonstrou-se funcional e promissor para aplicação corporativa, condicionado à implementação dos aprimoramentos identificados.*

1. Introdução

O avanço tecnológico tem impulsionado as empresas rumo à automação e à simplificação de ferramentas de uso diário, promovendo maior eficiência, precisão e segurança na gestão de informações. De acordo com [Neves 2024], ter uma gestão otimizada dos processos internos tornou-se uma questão estratégica para a fluidez dos negócios, evidenciando a importância de soluções tecnológicas que apoiem a rotina organizacional.

Nesse contexto, cresce a demanda por sistemas otimizados e baseados em tecnologias de ponta, capazes de atender às necessidades operacionais de forma prática e

confiável. Entre essas tecnologias, destaca-se o Relógio Eletrônico de Ponto (REP), dispositivo utilizado para registrar e gerenciar a jornada de trabalho dos colaboradores. Sua adoção tem se tornado cada vez mais comum, especialmente em instituições que buscam maior controle sobre o banco de horas, além de garantir conformidade com as exigências legais trabalhistas.

No entanto, muitos sistemas de ponto tradicionais ainda enfrentam desafios relacionados à flexibilidade, segurança e integração com outras plataformas. Diante disso, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema inteligente de controle de ponto, com integração a um aplicativo mobile, utilizando tecnologias como microcontrolador ESP32, leitura por Near Field Communication (NFC) e autenticação biométrica. A proposta visa oferecer uma alternativa moderna, segura e eficiente para a gestão de registros de ponto.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a Seção 3 aborda os trabalhos relacionados; a Seção 4 descreve os materiais e métodos adotados; a Seção 5 expõe os resultados obtidos; e, por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões e diretrizes para trabalhos futuros.

2. Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos necessários para a compreensão deste trabalho, abordando conceitos relacionados à automação empresarial, aos tipos de REP disponíveis no mercado e às suas principais funcionalidades, incluindo aspectos de segurança e legislação. Também são exploradas as tecnologias envolvidas, como o funcionamento do NFC e da biometria, além dos principais protocolos utilizados no sistema proposto.

2.1. Automação Empresarial

Atualmente, com a transformação digital, muitas instituições buscam maneiras de melhorar seu desempenho no mercado, seja otimizando custos, aprimorando fluxos de trabalho ou controlando suas operações de forma mais eficiente. Como resultado dessa busca, a automação tem se tornado cada vez mais reconhecida e desejada, pois pode ser aplicada em diversas áreas de uma empresa. A automação envolve a utilização de tecnologias, programas, robótica e processos para alcançar resultados com o mínimo de intervenção humana [IBM 2024].

A automação empresarial consiste na substituição de processos manuais por processos automáticos, fundamentados em recursos tecnológicos, com o objetivo de aprimorar a eficiência operacional nas atividades internas das organizações. Tais melhorias podem abranger desde tarefas simples, como o envio automatizado de e-mails, até sistemas de maior complexidade, como o controle inteligente de energia. Sua implementação caracteriza-se pela agilidade e pela facilidade de adaptação, uma vez que é orientada pela simplificação, pela aceleração e pela busca contínua por melhorias nos processos organizacionais.

2.2. Registrador Eletrônico de Ponto

O REP é amplamente utilizado em diversas instituições, pois é responsável por registrar a jornada de trabalho dos colaboradores, garantindo organização e controle preciso dos horários. Ele deve cumprir requisitos específicos estabelecidos pelo Ministério do Trabalho, visando garantir a integridade e autenticidade dos dados registrados, prevenindo fraudes ou manipulações.

2.2.1. Tipos de Registrador Eletrônico de Ponto

De acordo com o regulamento [Ministério do Trabalho e Previdência 2021] sobre a Portaria 671, publicado pelo Ministério do Trabalho e Previdência, que atualiza e estabelece normas relacionadas à jornada de trabalho nas empresas, existem três tipos de modelos de REP:

- REP-C: registro de ponto convencional;
- REP-A: modelo alternativo que utiliza *softwares* e equipamentos de *hardware*, e requer autorização via Convenção Coletiva de Trabalho (CCT) ou acordo coletivo;
- REP-P: *softwares* de ponto digital que não necessitam de vínculo com aparelhos físicos.

2.2.2. Funcionalidades do REP-C

O REP-C é o modelo mais tradicional de registrador eletrônico de ponto e costuma ser instalado em áreas de grande circulação na empresa. Sendo uma tecnologia mais antiga, porém amplamente utilizada, ele precisa de aprovação do INMETRO (órgão brasileiro responsável por estabelecer programas de avaliação de conformidade) e deve atender aos requisitos definidos na constituição [Ministério do Trabalho e Previdência 2022] referente a portaria 1486, que regulamenta aspectos legais relacionados à legislação trabalhista, à inspeção do trabalho, às políticas públicas e às relações de trabalho. Entre os requisitos exigidos estão:

- Relógio interno de tempo real;
- Mostrador não analógico;
- Bobina de papel;
- Meios de armazenamento permanente;
- Mecanismos de alteração de dados.

O modelo REP-C é o menos recomendado devido à sua maior suscetibilidade a falhas de execução e à necessidade de manutenções periódicas, o que pode comprometer sua eficiência e confiabilidade. Na figura 1, são apresentados mais detalhes sobre o funcionamento e as características do modelo REP-C.



Figura 1. Registrador eletrônico de ponto tradicional [MicroPoint 2018].

2.2.3. Funcionalidades do REP-A

O REP-A, conhecido como modelo alternativo, pode ser visto como híbrido, pois permite tanto o registro manual quanto o uso de sistemas e aplicativos. Esse modelo está descrito no art.77 da portaria 671 e assim como os demais, deve ser descrito no contrato de trabalho ou permitido pela CCT. Suas principais funcionalidades incluem:

- Permitir a identificação tanto do empregador quanto do empregado;
- Disponibilizar, seja no local do ponto ou de forma remota, uma maneira de realizar a extração das marcações feitas pelo colaborador para fins de fiscalização;

Considerando todo o contexto digital, existe a possibilidade da extração eletrônica. Assim, caso a empresa ou o profissional prefiram utilizar esse tipo de documento, a emissão do comprovante deve ser no formato PDF (*Portable Document Format*) e com assinatura digital [Cazeiro 2022]. A figura 2 ilustra o modelo REP-A.



Figura 2. Registrador eletrônico de ponto alternativo [Antirion 2024].

2.2.4. Funcionalidades do REP-P

O modelo REP-P é um registrador eletrônico de ponto baseado em *software*, sendo uma das opções mais recentes para controle de ponto. Esse tipo de sistema permite que o registro seja feito através de dispositivos conectados à internet, como celulares, tablets, computadores, entre outros. Este modelo exige que os sistemas estejam registrados no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), como também outras disposições descritas no anexo IX da portaria 1486 [Mesquita 2024]. O registrador eletrônico de ponto via programa apresenta algumas características que o distinguem dos demais modelos, como:

- Acesso rápido e facilitado para os colaboradores;
- Flexibilidade nos registros de ponto;
- Menor custo, devido à baixa necessidade de reparos e manutenções em comparação aos dispositivos físicos;
- Possibilidade de assinatura eletrônica.

Como todo o processo do REP-P é disponibilizado digitalmente, o sistema se torna mais otimizado. Isso permite a criação de interfaces que facilitam tanto a compreensão do colaborador sobre o funcionamento do registro de ponto quanto o acompanhamento pelo time de Recursos Humanos (RH), que pode monitorar e gerenciar o controle de ponto de maneira mais eficiente. A figura 3 apresenta o modelo REP-P, destacando suas principais características.

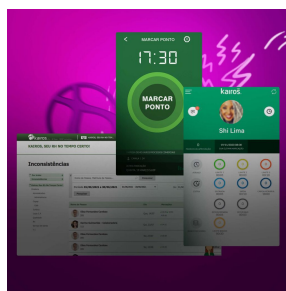


Figura 3. Registrador eletrônico de ponto baseado em software [Dimep 2023].

2.3. Microcontrolador

A placa de prototipagem ESP32 foi desenvolvida pela empresa Espressif Systems. Trata-se de um microcontrolador de alto desempenho, que se destaca pela sua versatilidade e ampla gama de funcionalidades. A ESP32 é composta por um processador dual-core de 32 bits, com frequência de operação de até 240 MHz, 520 KB de memória RAM, 4 MB de memória flash interna, além de conectividade integrada via Wi-Fi e Bluetooth. Dispõe, ainda, de 34 pinos GPIO, sendo 22 pinos digitais — configuráveis como entrada ou saída — e 12 pinos analógicos, destinados à leitura de sinais provenientes de sensores, como temperatura, tensão elétrica e pressão [Mello 2023]. Na Figura 4 é apresentada a placa de prototipagem Esp32.

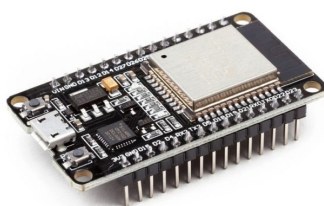


Figura 4. Microcontrolador Esp32.

2.4. NFC

A tecnologia *Near Field Communication* (NFC), em português "Comunicação por Campo de Proximidade", permite a transmissão de dados sem fio entre dispositivos próximos, oferecendo uma forma de comunicação rápida e segura. É amplamente utilizada em pagamentos por aproximação, facilitando transações apenas com a aproximação de um dispositivo compatível, como um smartphone, a um terminal de pagamento. O surgimento do NFC foi em 2004, quando Nokia, Philips e Sony criaram a NFC Forum [Alecrim and Marques 2023].

2.4.1. Funcionalidades do NFC

A tecnologia NFC é uma derivação do RFID (*Radio Frequency Identification*) e também utiliza comunicação sem fio por radiofrequência. No entanto, ao contrário do RFID, o NFC opera apenas em curtas distâncias. A comunicação é simples e intuitiva: basta aproximar os dispositivos com NFC para que se conectem, permitindo aos usuários realizar transações financeiras, acessar conteúdos digitais e conectar dispositivos de maneira

prática. Os chips NFC podem estar presentes em smartphones, outros eletrônicos e em etiquetas (tags NFC/RFID), possibilitando a integração com diversos objetos físicos, como crachás, chaveiros e cartões.

Na comunicação NFC, o dispositivo que inicia e controla a conexão é chamado de *initiator* (iniciador), enquanto o dispositivo que aceita a conexão e transmite os dados solicitados é denominado *target* (alvo). Os dispositivos compatíveis com a tecnologia NFC podem operar de forma ativa ou passiva:

- NFC ativo: o dispositivo pode enviar e receber dados, e tem fonte de alimentação própria, a exemplo de celulares, tablets e máquinas de cartão [Alecrim and Marques 2023];
- NFC passivo: o dispositivo não tem alimentação elétrica própria, mas conta com um chip que, quando aproximado de um dispositivo com NFC ativo, transmite dados. É o caso de cartões de crédito, cartões de transporte e tags NFC [Alecrim and Marques 2023].

2.4.2. Frequência e Alcance

O NFC opera em uma frequência base de 13,56 MHz, com uma taxa de transferência de dados que pode variar entre 424 Kb/s e 1,7 Mb/s [NFC Forum 2024]. Essa variação ocorre devido a fatores como o modo de operação e a distância física entre os dispositivos. É importante ressaltar que o alcance máximo do NFC é de 20 centímetros. No entanto, a maioria das aplicações com NFC suporta distâncias inferiores a 5 centímetros [Alecrim and Marques 2023].

Essa limitação de alcance é um diferencial importante em relação ao RFID, que pode alcançar distâncias de até 100 metros. Embora possa parecer uma desvantagem, o curto alcance do NFC é na verdade um benefício, pois proporciona conexões mais estáveis e seguras, reduzindo o risco de interceptação de dados.

2.4.3. Modos de Operação

O NFC é uma tecnologia versátil que permite a troca de dados entre dispositivos próximos, podendo ser aplicada em diferentes contextos e modos de operação. Em uma comunicação NFC, os dispositivos envolvidos podem ser configurados em três modos principais: ativo, passivo e de ponto a ponto (*Peer-to-Peer*), como mostra a Figura 5.

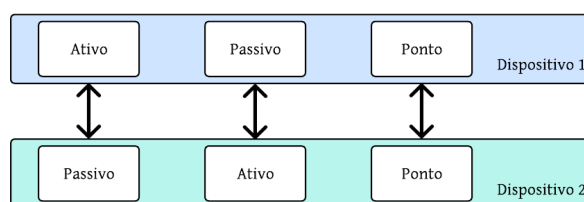


Figura 5. Dois dispositivos NFC e as suas possibilidades de configuração.
[Cunha 2016].

A combinação das configurações possíveis entre os dispositivos resulta em três principais modos de operação NFC, sendo eles:

- **Modo de Leitura e Escrita:** permite a leitura e gravação de dados em dispositivos NFC passivos, como tags. Esse modo é utilizado, por exemplo, para armazenar informações em etiquetas NFC que podem ser lidas posteriormente.
- **Modo de Emulação de Cartão:** possibilita que o dispositivo móvel funcione como um cartão inteligente. Isso significa que, em vez de usar um crachá físico para acessar sua empresa, você pode utilizar seu celular, simulando a função do crachá.
- **Modo *Peer-to-Peer*:** permite que dispositivos compatíveis troquem dados entre si, de forma rápida e instantânea. É o modo utilizado para parear seu celular com uma caixa de som Bluetooth, conectar-se a um roteador de internet, ou para receber dados de manutenção de eletrodomésticos como geladeiras e máquinas de lavar.

2.4.4. Módulo NFC MFRC522

O módulo leitor RFID/NFC MFRC522, desenvolvido pela empresa NXP, é amplamente utilizado em aplicações de comunicação sem contato na frequência de 13,56 MHz. Trata-se de um chip de baixo consumo e dimensões reduzidas, capaz de realizar operações de leitura e escrita em cartões e dispositivos compatíveis com o padrão MIFARE [Eletrogate 2025]. Na Figura 6, é possível visualizar o módulo NFC MFRC522.

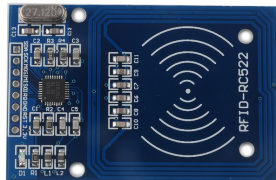


Figura 6. Módulo NFC MFRC522.

2.5. Biometria

A biometria, originada do termo em latim que significa "medição da vida", refere-se ao estudo estatístico de características físicas e comportamentais. Na área de Segurança da Informação, biometria envolve a aplicação de métricas a atributos biológicos para autenticar e identificar indivíduos, garantindo maior segurança e precisão [Gogoni 2019].

Esse método é amplamente usado para controle de acesso físico a áreas restritas, na identificação e localização de pessoas em investigações e, digitalmente, na proteção de dados sensíveis. Ao usar características únicas, como impressões digitais, reconhecimento facial ou de voz, a biometria dificulta o acesso a pessoas não autorizadas, oferecendo um nível adicional de segurança que sistemas convencionais, como senhas, muitas vezes não conseguem assegurar.

2.5.1. Impressão Digital

O reconhecimento biométrico por impressão digital é uma tecnologia antiga, amplamente adotada por seu baixo custo e alta confiabilidade. Baseia-se na baixa mutabilidade das

impressões digitais, que permanecem praticamente inalteradas ao longo da vida de uma pessoa. A tecnologia evoluiu de sistemas analógicos para digitais, garantindo precisão e acessibilidade. A única limitação ocorre se a pessoa perde suas digitais por algum motivo, mas, mesmo assim, o método é amplamente utilizado, isoladamente ou em conjunto com outras tecnologias biométricas [Gogoni 2019].

2.5.2. Leitor Biométrico AS608

O AS608, ilustrado na Figura 7, é um sensor óptico de impressão digital desenvolvido especialmente para aplicações em projetos de automação residencial. É capaz de realizar a leitura de impressões digitais por meio de um chip DSP (Digital Signal Processor) de alta performance, que oferece elevado nível de precisão. Além disso, destaca-se pela simplicidade de integração e utilização em sistemas embarcados. Possui memória flash interna com capacidade para armazenar até 120 impressões digitais [Straub 2016].



Figura 7. Leitor Biométrico AS608.

O sensor é composto por seis fios, dos quais apenas quatro são utilizados para seu funcionamento. As conexões e suas respectivas funções estão descritas na Tabela 1. Essa configuração facilita a comunicação serial entre o sensor e o microcontrolador, utilizando o protocolo UART.

Tabela 1. Descrição dos fios do sensor biométrico AS608.

Cor	Sinal	Descrição
Preto	GND	Terra
Vermelho	VCC	Alimentação (3.3V ou 5V)
Verde	TX	Transmissão de dados (UART)
Branco	RX	Recepção de dados (UART)

2.6. Hypertext Transfer Protocol (HTTP)

O HTTP (Hypertext Transfer Protocol) é um protocolo de comunicação utilizado para a transferência de informações na *World Wide Web* (WWW) e em outros sistemas de rede. É o protocolo mais utilizado para aplicações e APIs (*Application Programming Interface*) da web [Alice 2024].

Ele opera segundo o modelo cliente-servidor, no qual um cliente — geralmente um navegador web — realiza solicitações a um servidor para obter recursos, como páginas web, imagens ou arquivos [Alice 2024].

O fluxo de comunicação ocorre da seguinte forma:

1. O cliente estabelece contato com o servidor por meio do envio de uma requisição HTTP;
2. Nessa solicitação, são especificados o método HTTP (por exemplo, GET utilizado para obter informações) e o caminho do recurso desejado;
3. O servidor processa a requisição e responde com uma mensagem HTTP, contendo o recurso solicitado e informações adicionais no cabeçalho da resposta.

Toda a comunicação ocorre por meio do protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*), que garante uma comunicação confiável e orientada à conexão. É importante destacar que, no modelo tradicional do HTTP, cada requisição é tratada de forma independente, não sendo necessário manter informações sobre requisições anteriores para que as novas sejam processadas.

3. Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta itens e projetos com características similares ao projeto analisado neste trabalho. As obras foram selecionadas com base em critérios específicos, tais como:

1. Utilização de tecnologias relacionadas;
2. Similaridade com o escopo do projeto.

Essas iniciativas compartilham objetivos, funcionalidades ou tecnologias alinhadas ao presente estudo, servindo como referências relevantes para o desenvolvimento e análise do projeto. A tabela 2 resume as obras selecionadas e destaca como cada uma se relaciona com os requisitos considerados neste artigo.

Tabela 2. Resumo de obras e suas características

Autores	Título da Obra	1	2
Samuel King Opoku	Sistema Automatizado de Gestão de Presença Biométrica com Mecanismo de Autenticação Dupla Baseado em Tecnologias Bluetooth e NFC	Sim	Não
Ana Paula Muller Giancoli	Proposta de Sistema para Registro Eletrônico de Ponto com Gerenciamento Remoto	Não	Sim
Gabriel Ahlert e Tiago Rios da Rocha	Desenvolvimento de uma solução de controle de acesso de pessoas com uso da tecnologia NFC e smartphones Android para o Campus Ibirubá	Sim	Não
Igor Martins e Frank Oliveira	Desenvolvimento de Sistema Web e Desktop para Controle de Presença Utilizando a Biometria	Sim	Sim
Fernando Ota	Autenticação de Dispositivos Móveis usando NFC	Não	Sim

3.1. Sistema Automatizado de Gestão de Presença Biométrica com Mecanismo de Autenticação Dupla Baseado em Tecnologias Bluetooth e NFC

O artigo de [Opoku 2023] propõe um sistema automatizado de gestão de presença baseado em autenticação dupla por biometria e Bluetooth, com suporte à tecnologia NFC. A solução busca superar limitações de sistemas tradicionais — como fraudes em registros

manuais ou com cartões — oferecendo maior segurança e precisão. O sistema é composto por um aplicativo Java ME em dispositivos móveis e um software desktop, permitindo o monitoramento eficiente em ambientes multiusuário, com baixo consumo de recursos. A proposta destaca-se pela abordagem intuitiva e segura na validação da presença dos usuários.

3.2. Proposta de Sistema para Registro Eletrônico de Ponto com Gerenciamento Remoto

A dissertação de [Giancoli 2011] apresenta uma solução para registro eletrônico de ponto utilizando software livre, em conformidade com a Portaria 1510 do Ministério do Trabalho. A proposta visa garantir segurança, transparência e independência de fornecedores, utilizando tecnologias como Linux, Python, Plone e Zope. O sistema foi validado por meio de testes em um protótipo, que comprovaram sua viabilidade e aderência às normas. Ao adotar software livre, o trabalho promove autonomia organizacional e incentivo à colaboração entre desenvolvedores, contribuindo para a modernização da gestão de recursos humanos no país.

3.3. Desenvolvimento de uma solução de controle de acesso de pessoas com uso da tecnologia NFC e smartphones Android para o Campus Ibirubá

O trabalho de [Ahlert and da Rocha 2021] propõe a implementação de uma fechadura digital no Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá, utilizando smartphones Android e tecnologia NFC para controlar o acesso de bolsistas ao laboratório de informática. A solução substitui chaves físicas por autenticação via emulação de cartão, promovendo praticidade, segurança e registro de acessos.

O projeto é estruturado em cinco etapas, incluindo o desenvolvimento do software para Raspberry Pi com sensor NFC e módulo relé, comunicação com smartphones, autenticação via banco de dados em nuvem e criação de um aplicativo Android. A proposta representa um avanço na gestão de acesso em ambientes educacionais.

3.4. Desenvolvimento de Sistema Web e Desktop para Controle de Presença Utilizando a Biometria

O artigo de [de Oliveira et al. 2018] descreve o desenvolvimento do Sistema de Gestão de Presença com Biometria (SGPB), implementado no Instituto Federal do Paraná (IFPR) - campus Paranavaí, com o objetivo de automatizar o controle de presença em eventos por meio de autenticação via impressão digital. A solução é composta por um módulo desktop, que realiza a leitura biométrica, e um módulo web, responsável pela gestão e compartilhamento dos dados coletados.

O SGPB substitui métodos manuais, como listas de presença, aumentando a segurança, autenticidade e eficiência no processo. O sistema também se destaca por reduzir o uso de papel e integrar-se a outros sistemas acadêmicos, promovendo uma gestão moderna e sustentável. O levantamento de requisitos contou com a participação de docentes, garantindo aderência às necessidades institucionais e tornando o modelo aplicável a outras instituições de ensino.

3.5. Autenticação de Dispositivos Móveis usando NFC

O artigo de [Ota 2016] aborda a crescente necessidade de segurança em transações realizadas por dispositivos móveis, especialmente em um cenário onde fraudes e acessos não autorizados se tornaram comuns. O autor propõe um mecanismo inovador que utiliza a tecnologia NFC (Near Field Communication) como um meio de autenticação e criptografia para aplicativos móveis. A pesquisa destaca a vulnerabilidade dos métodos tradicionais de autenticação, como o envio de SMS, que podem ser comprometidos por malwares e outras ameaças. Assim, a utilização de etiquetas NFC como tokens de autenticação oferece uma camada adicional de segurança, exigindo que um potencial atacante possua dois dispositivos distintos para realizar um ataque bem-sucedido.

A dissertação apresenta os fundamentos do NFC, os protocolos de segurança desenvolvidos (Protecting Touch – PT) e sua implementação em protótipos. Os testes realizados demonstraram que a solução oferece maior proteção em comparação com métodos tradicionais, como o envio de SMS, sendo viável para ambientes restritos. O trabalho contribui para o avanço da segurança em dispositivos móveis, sugerindo novas possibilidades para autenticação segura.

4. Materiais e Métodos

Esta seção expõe os materiais e métodos adotados no desenvolvimento do protótipo, contemplando desde a concepção da arquitetura geral do sistema até a definição dos componentes eletrônicos utilizados. Para fins de sistematização, a apresentação do conteúdo está estruturada em três subseções: arquitetura física, *firmware* e arquitetura de *software*.

4.1. Arquitetura Física

A Figura 8 apresenta o fluxograma da arquitetura física do sistema desenvolvido, destacando seus principais componentes de *hardware*. A representação esquemática evidencia a disposição dos módulos de biometria e NFC, do microcontrolador e do banco de dados, bem como as interações entre esses elementos no contexto do funcionamento integrado da solução proposta.

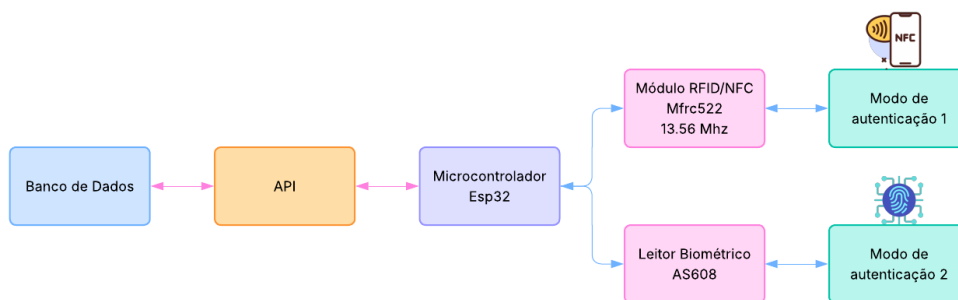


Figura 8. Diagrama de blocos da arquitetura física.

Neste trabalho, o microcontrolador ESP32 é responsável pelo gerenciamento das conexões com os módulos de biometria e NFC, operando no modelo cliente-servidor. Inicialmente, conecta-se à rede local, possibilitando a comunicação com o servidor principal para o envio e recebimento de dados. Ele atua como cliente ao realizar requisições do tipo

POST para a criação de registros, enviando os dados para a rota /registros da API principal, a qual processa a requisição e armazena as informações no banco de dados. Por outro lado, assume o papel de servidor HTTP ao receber requisições relacionadas ao cadastro de dados biométricos e de identificadores NFC. Nesse contexto, quando a API principal realiza uma requisição POST para a rota /dispositivos, é enviado, junto à requisição, um parâmetro que define o tipo de cadastro a ser realizado (biometria ou NFC). Com base nesse parâmetro, o microcontrolador direciona a execução para a rota interna correspondente — /cadastrar-digital para biometria ou /cadastrar-nfc para NFC —, ambas implementadas no firmware da ESP32. Essas rotas acionam, respectivamente, o leitor biométrico ou o leitor NFC, responsáveis pela captura e registro de uma nova digital ou de um novo identificador NFC.

O módulo NFC MFRC522 é responsável pelo cadastro de novos dispositivos NFC, sendo utilizado para emular e associar uma tag NDEF (*NFC Data Exchange Format*) ao smartphone do usuário. Essa emulação permite que o dispositivo seja reconhecido pelo sistema durante o processo de registro de ponto. Ao aproximar o smartphone do leitor, os dados da tag emulada são capturados e enviados à API principal, garantindo a correta identificação do usuário e a vinculação do registro ao seu perfil no sistema.

O leitor biométrico AS608, por sua vez, é utilizado para capturar e armazenar as impressões digitais dos colaboradores, associando cada biometria a um identificador único (ID) vinculado ao respectivo usuário no sistema. Durante o processo de registro de ponto, o dispositivo realiza a leitura da impressão digital, compara-a com os dados previamente armazenados em sua memória interna e, em caso de correspondência, retorna o ID associado. Esse ID permite a identificação do usuário e a vinculação correta do registro no sistema.

4.2. Firmware

O firmware desenvolvido para este projeto foi estruturado a partir da integração de bibliotecas previamente consolidadas na comunidade, escolhidas em função da ampla documentação disponível e da compatibilidade com os componentes selecionados. Para o módulo NFC, adotou-se a biblioteca MFRC522 [Arduino Docs 2025], responsável pela configuração e comunicação básica com o dispositivo. No caso do leitor biométrico, a biblioteca utilizada foi a Adafruit Fingerprint [Arduino Docs 2024], amplamente empregada em projetos com sensores AS608.

Durante o desenvolvimento, foi necessário realizar adaptações nos códigos de exemplo disponibilizados pelas bibliotecas, a fim de atender aos requisitos específicos do sistema. Uma das principais modificações consistiu na alteração da lógica de atribuição do identificador (ID) durante o cadastro de novas digitais ou dispositivos NFC. Na implementação original, esse ID era gerado localmente pelo próprio microcontrolador. Na versão adaptada, a responsabilidade pela geração e atribuição do identificador único (ID) foi delegada à API principal, assegurando o controle centralizado da associação entre dispositivos (NFC ou biometria) e usuários. Com essa abordagem, o mesmo (ID) utilizado para representar a digital no sensor biométrico é também atribuído ao dispositivo correspondente no banco de dados, promovendo a integridade referencial e facilitando a sincronização e o tratamento dos dados entre os sistemas embarcado e servidor.

Além disso, foi incorporada a biblioteca ESPmDNS [Espressif Systems 2025]

para habilitar o serviço Multicast DNS (mDNS) na ESP32. Esse recurso permite que o microcontrolador seja acessível por meio de um nome de domínio local, eliminando a dependência do endereço IP dinâmico atribuído pela rede. Essa configuração é essencial para assegurar que a API principal consiga localizar e se comunicar de forma consistente, sem a necessidade de descobrir o IP a cada nova conexão.

Adicionalmente, foram implementadas rotas HTTP no firmware, permitindo que a ESP32 também atue como servidor dentro da rede local. Para isso, foi utilizada a biblioteca WebServer [Codebender 2025], que oferece uma interface simplificada para a criação e o gerenciamento de servidores HTTP embarcados. As rotas desenvolvidas viabilizam a interação direta da API principal com os dispositivos físicos conectados à ESP32. Entre elas, destacam-se as rotas /cadastrar-digital, responsável por acionar o leitor biométrico para o cadastro de uma nova impressão digital, e /cadastrar-nfc, que ativa o módulo NFC para leitura e vinculação de um novo dispositivo. A implementação dessas rotas é fundamental para garantir a integração eficiente entre os módulos de hardware e o sistema, permitindo que operações como cadastro e configuração sejam realizadas remotamente, de forma robusta, segura e eficiente. A Figura 9 apresenta o fluxograma que descreve o funcionamento do *firmware* desenvolvido.

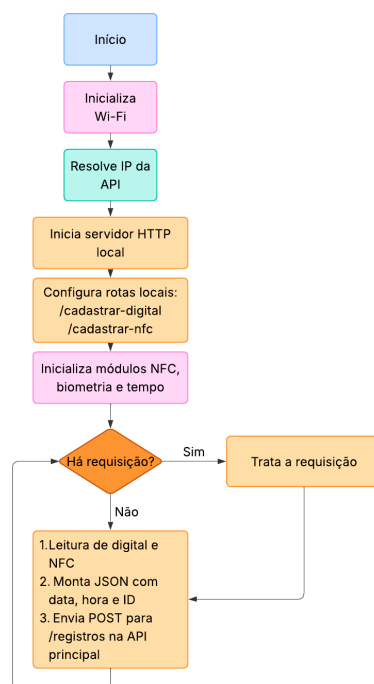


Figura 9. Fluxograma do firmware.

4.3. Arquitetura do Software

A Figura 10 apresenta o fluxograma da arquitetura de *software*, destacando seus principais componentes. O diagrama ilustra a integração entre os elementos que compõem a solução, incluindo o *hardware* do REP, o aplicativo *mobile* (nas versões padrão e administrativa), a API principal e o banco de dados. Essa representação permite visualizar de forma clara os fluxos de comunicação, a troca de dados e as interações entre os componentes, evidenciando o funcionamento integrado do sistema.

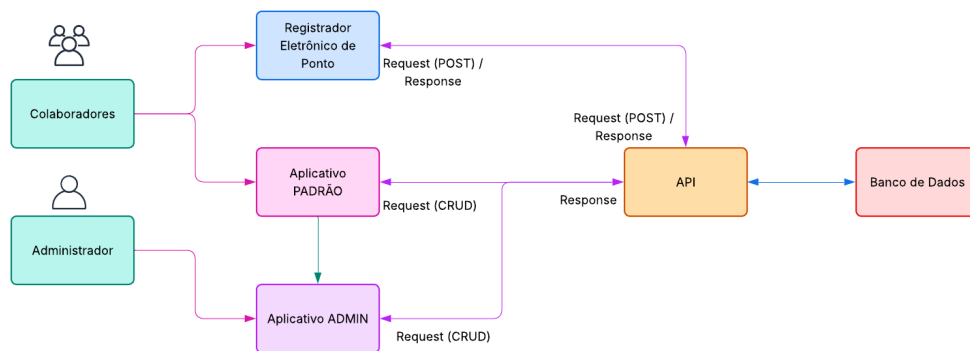


Figura 10. Diagrama de blocos da arquitetura do software.

4.3.1. Banco de Dados

A modelagem do banco de dados foi realizada utilizando a ferramenta BR Modelo Web. A partir desse modelo conceitual, foi criada a estrutura física no Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL, um sistema de banco de dados relacional orientado a objetos, de código aberto e amplamente utilizado no mercado [PostgreSQL 2025]. A Figura 11 apresenta o diagrama entidade-relacionamento (DER), que representa as tabelas e os relacionamentos do banco de dados desenvolvido. As principais entidades do sistema são: Usuário, Jornada, Departamento, Registro e Dispositivo.

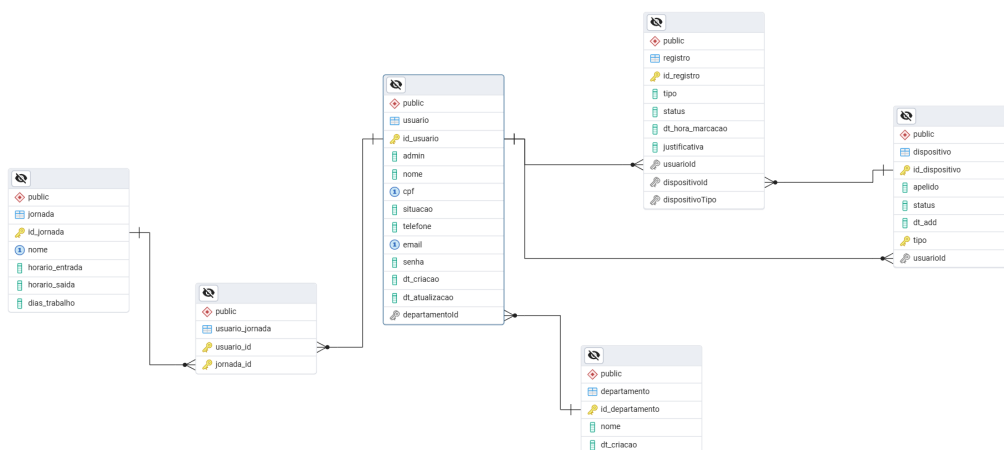


Figura 11. Diagrama entidade-relacionamento do Banco de Dados.

A tabela "Usuario" constitui a entidade central do banco de dados, responsável por armazenar as informações dos colaboradores cadastrados na aplicação. Os usuários são classificados em dois perfis: administradores e não administradores. Colaboradores com perfil de administrador possuem permissões para executar operações completas de CRUD (Create, Read, Update, Delete) em todas as funcionalidades do sistema. Já os usuários não administradores possuem acesso restrito, sendo impedidos de realizar determinadas ações, como o cadastro de novas jornadas ou departamentos.

A tabela "Jornada" armazena as jornadas de trabalho disponíveis no sistema, cada uma caracterizada por um nome, horário de entrada e horário de saída. Já a tabela "De-

partamento”tem como objetivo registrar os departamentos existentes na instituição onde o sistema de Registro Eletrônico de Ponto (REP) será implementado, possibilitando a organização hierárquica dos colaboradores por setor.

A tabela ”Dispositivo”registra os dispositivos funcionais associados aos usuários, permitindo que um mesmo colaborador possua múltiplos dispositivos cadastrados. Para garantir a integridade da associação entre o usuário e os dispositivos físicos, o identificador (ID) utilizado deve ser o mesmo armazenado nos leitores, tanto no sensor biométrico quanto no leitor NFC. Essa padronização assegura a consistência dos dados entre o sistema embarcado e o banco de dados central.

Por fim, a tabela ”Registro”é responsável por armazenar todos os registros de ponto, registrando os eventos de entrada e saída vinculados a cada usuário, conforme sua jornada de trabalho.

4.3.2. API

A API (Interface de Programação de Aplicações) representa o componente central da arquitetura do sistema, atuando como intermediadora entre o *hardware*, o *software* e o banco de dados. Foi desenvolvida utilizando a linguagem TypeScript, o framework Express para a construção dos serviços web e o TypeORM como ferramenta de mapeamento objeto-relacional (ORM), facilitando a comunicação com o banco de dados PostgreSQL. A API é responsável pela gestão das operações CRUD (*Create*, *Read*, *Update* e *Delete*) sobre as entidades, assegurando a persistência, integridade e consistência dos dados. Além disso, centraliza a lógica de negócio, executando validações, controle dos registros de jornada e a vinculação de dados biométricos e dispositivos NFC aos respectivos usuários. Também orquestra a comunicação entre todos os módulos da solução, proporcionando um fluxo de dados seguro, padronizado e eficiente. Nas Tabelas 3 e 4 estão descritas todas as rotas que compõem a API, contemplando tanto as operações relacionadas às entidades principais quanto às funcionalidades específicas do sistema.

Tabela 3. Rotas das entidades principais da API

Entidade	Rotas (GET, POST, PUT, DELETE)
Jornada	/jornadas, /jornadas/:id
Departamento	/departamentos, /departamentos/:id
Usuário	/usuarios, /usuarios/:id
Registro	/registros, /registros/:id
Dispositivo	/dispositivos, /dispositivos/:id

Tabela 4. Rotas específicas da aplicação

Módulo	Rotas (POST)
ESP32	/cadastrar-digital, /cadastrar-nfc
Autenticação	/login, /register, /logout

4.3.3. Aplicativo Mobile

O aplicativo mobile foi desenvolvido utilizando o framework React Native, que possibilita a criação de aplicações nativas para os sistemas operacionais Android e iOS a partir de uma única base de código, escrita em TypeScript. Para acelerar o desenvolvimento e facilitar a integração com funcionalidades nativas dos dispositivos móveis, adotou-se a plataforma Expo, que disponibiliza um conjunto abrangente de ferramentas, SDKs e bibliotecas. O aplicativo consome os serviços disponibilizados pela API, permitindo a visualização, consulta e gerenciamento dos dados armazenados no banco de dados. Além disso, oferece uma interface responsiva, de alto desempenho e multiplataforma, proporcionando aos usuários uma experiência de uso eficiente e intuitiva no acesso e na interação com os recursos do sistema.

A tela de login, ilustrada na Figura 12, corresponde à interface inicial do aplicativo, permitindo a autenticação do usuário por meio de e-mail e senha. O processo de autenticação utiliza o padrão JWT (JSON Web Token), garantindo segurança e integridade na validação das credenciais. O usuário administrador já estará previamente registrado no banco de dados, enquanto os demais usuários poderão ser cadastrados diretamente pelo aplicativo.

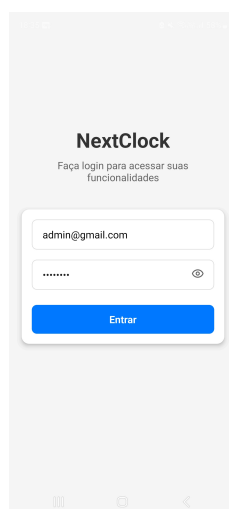
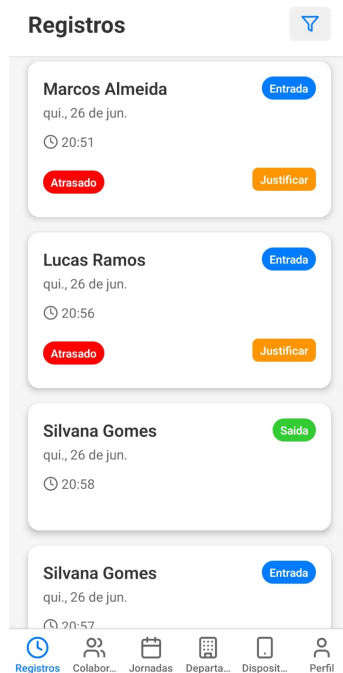
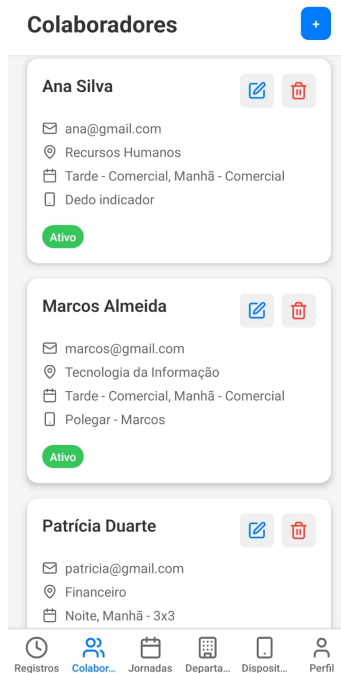


Figura 12. Tela de login.

A Figura 13 ilustra as principais interfaces do sistema. A primeira exibe a tela de registros, na qual são listadas as marcações de ponto realizadas pelos colaboradores. Essa interface inclui um mecanismo de filtragem por nome, que permite refinar a busca por registros específicos. As telas subsequentes correspondem aos módulos de gerenciamento de colaboradores, jornadas, departamentos e dispositivos, todos implementados com operações completas de CRUD e acessíveis exclusivamente a usuários com privilégios administrativos. Por fim, a interface de perfil possibilita a edição das informações do usuário autenticado, bem como o acesso às funcionalidades de encerramento de sessão (logout) e configuração de notificações do aplicativo.



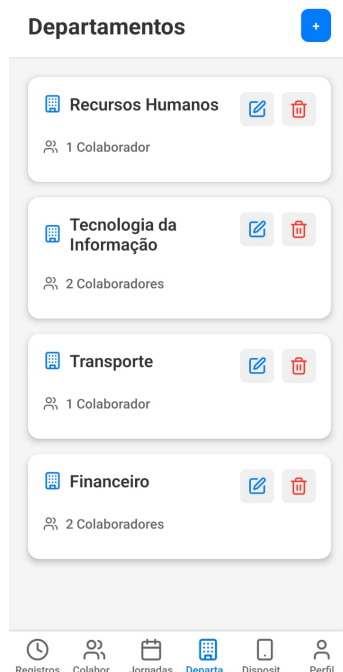
(a) Registros.



(b) Colaboradores.



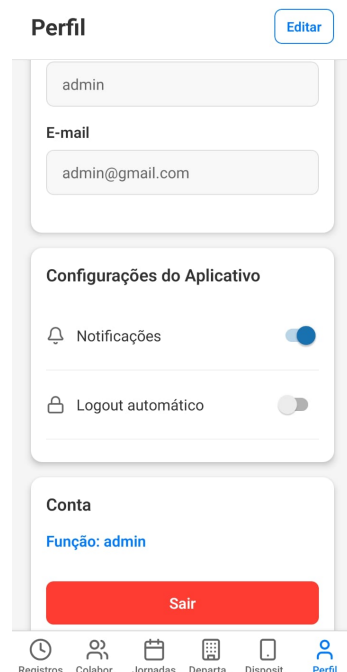
(c) Jornadas.



(d) Departamentos.



(e) Dispositivos.



(f) Perfil.

Figura 13. Principais telas do aplicativo.

4.3.4. Bancada de Teste

A Figura 14 apresenta a montagem final do sistema, destacando os principais componentes do protótipo. Estão identificados o microcontrolador ESP32, o leitor biométrico AS608, o módulo NFC MFRC522, os LEDs responsáveis pela sinalização visual e o buzzer, que, assim como os LEDs, atua na sinalização, porém de forma sonora. Esses componentes operam de maneira integrada, realizando a captura dos dados biométricos e dos identificadores NFC, além do gerenciamento dos sinais visuais e sonoros, que indicam o status das operações executadas pelo dispositivo.

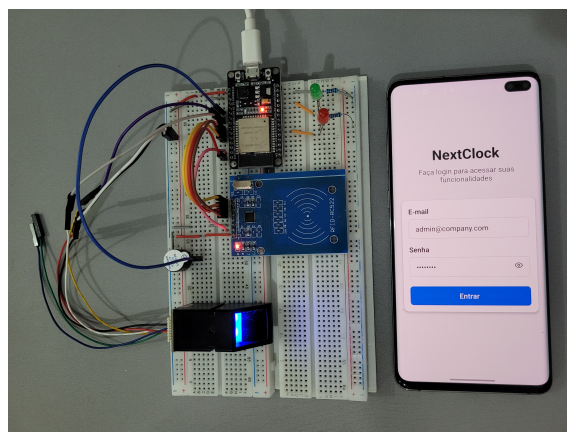


Figura 14. Protótipo e aplicativo mobile.

5. Resultados

Para a validação do sistema, foram realizados testes estruturados em etapas, com o objetivo de verificar a integridade da comunicação entre todos os componentes de *hardware* e *software*. A Tabela 5 apresenta a sequência dos testes realizados, bem como seus respectivos resultados, contemplando aspectos como conectividade, processamento de dados, persistência no banco de dados e interação entre os módulos do sistema.

Os testes de conectividade Wi-Fi e sincronização de horário via protocolo NTP foram executados com sucesso, assegurando a correta obtenção e atualização do tempo de sistema. A identificação e inicialização dos módulos periféricos também ocorreram sem falhas, evidenciando a compatibilidade e estabilidade da plataforma embarcada. A comunicação HTTP entre o microcontrolador e a API foi validada com êxito, tanto para requisições de envio (POST) quanto de recebimento (GET), garantindo a interoperabilidade entre os componentes. No lado cliente, o aplicativo mobile demonstrou funcionamento adequado no consumo dos dados fornecidos pela API, apresentando respostas consistentes.

A persistência de dados no banco de dados PostgreSQL foi verificada com sucesso, assegurando integridade transacional e consistência nas operações CRUD realizadas via backend. As interfaces do aplicativo também apresentaram desempenho satisfatório em termos de responsividade e usabilidade, cumprindo os requisitos funcionais previstos no projeto.

Adicionalmente, o leitor biométrico AS608 operou de forma plena durante os testes, atendendo a todos os requisitos definidos. O módulo foi capaz de capturar, processar e

armazenar impressões digitais com precisão, além de identificar corretamente os usuários cadastrados. Destaca-se ainda o correto recebimento e utilização do identificador único (ID) fornecido pela API principal no momento da adição de uma nova biometria, demonstrando a integração eficaz entre os sistemas embarcado e backend.

Contudo, os testes relacionados ao cadastro e leitura de dispositivos NFC apresentaram resultados parciais, pois a proposta inicial era utilizar o módulo MFRC522 para gerar tags no formato NFC *Data Exchange Format*, compatíveis com smartphones. No entanto, isso não foi possível, uma vez que, embora o MFRC522 utilize o protocolo ISO/IEC 14443-A — o mesmo adotado por algumas tags compatíveis com NDEF —, ele opera exclusivamente com tags MIFARE Classic, que possuem um esquema de memória proprietário e não atendem às especificações exigidas pelo padrão NDEF. O NDEF é um formato de dados definido pelo NFC Forum, amplamente utilizado em smartphones. Para que uma tag seja compatível com esse padrão, além do protocolo físico (como o ISO/IEC 14443-A), ela deve seguir um layout de memória específico, presente em modelos como NTAG e *Ultralight* — o que não ocorre com as MIFARE Classic.

Mesmo com o uso da ferramenta NFC Tools PRO para emular uma tag via smartphone, o MFRC522 não conseguiu interpretar os dados, o que reforça suas limitações. Por outro lado, os testes com tags físicas MIFARE Classic foram bem-sucedidos, demonstrando que o módulo funciona corretamente dentro do seu escopo. Para aplicações que envolvam smartphones ou gravação em NDEF, recomenda-se o uso do módulo PN532, que oferece suporte a múltiplos protocolos NFC e é compatível com tags modernas [Placas ESP 2025]..

Tabela 5. Validação dos componentes do sistema.

Componente	Descrição do Teste	Resultado
Hardware	Conexão Wi-Fi e sincronização de data/hora via NTP	Sucesso
	Deteção dos módulos AS608 (biometria) e MFRC522 (NFC)	Sucesso
	Comunicação HTTP com a API (envio e recebimento de dados)	Sucesso
	Cadastro de impressões digitais	Sucesso
	Leitura de impressões digitais	Sucesso
	Cadastro de dispositivos NFC	Parcial
	Leitura de dispositivos NFC	Parcial
API	Comunicação com hardware (processamento de requisições)	Sucesso
	Operações no banco de dados (inserção, consulta, atualização e remoção)	Sucesso
Aplicativo Mobile	Comunicação com a API (consumo de dados)	Sucesso
	Funcionamento da tela de login	Sucesso
	Funcionamento das demais telas	Sucesso

6. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a implementação de um sistema de registro eletrônico de ponto integrado a um aplicativo mobile, com o objetivo de modernizar os sistemas tradicionais, oferecendo maior usabilidade, segurança e eficiência. O sistema foi projetado, desenvolvido e validado por meio de testes unitários e de integração, contemplando os principais componentes: *hardware* (ESP32 com suporte a NFC e biometria), *backend* (API e banco de dados) e aplicativo *mobile*.

Os resultados obtidos demonstraram que as funcionalidades implementadas operam de forma satisfatória, validando o fluxo de comunicação e atendendo aos requisitos funcionais estabelecidos. Entretanto, foram identificadas oportunidades de aprimoramento, especialmente relacionadas ao desenvolvimento de uma placa de circuito impresso (PCB), que permitirá acomodar os componentes de maneira mais compacta e segura, eliminando problemas associados à utilização de protoboard. Da mesma forma, destaca-se a necessidade de uma *case* protetora, capaz de garantir a integridade dos componentes físicos e conferir maior robustez ao dispositivo.

Como proposta de trabalho futuro, destaca-se a substituição do módulo NFC MFRC522 pelo PN532, com maior compatibilidade e funcionalidades avançadas, além da inclusão de um módulo RTC (*Real-Time Clock*) para armazenamento local do horário em caso de queda da conexão à internet, garantindo a integridade temporal dos registros. No âmbito do software, recomenda-se a implementação de autenticação multifator ou, em contextos que demandem níveis elevados de proteção, a integração com o sistema de autenticação Gov.br. Adicionalmente, sugere-se a realização de testes em ambientes corporativos reais, etapa crucial para avaliar a aderência da solução às rotinas operacionais, validar fluxos de uso e garantir conformidade com requisitos normativos específicos, além de possibilitar a identificação de melhorias adicionais.

Diante dos resultados e análises realizadas, conclui-se que o sistema proposto é funcional e tecnicamente viável, representando uma alternativa moderna, escalável e sustentável aos modelos tradicionais de controle de jornada. No entanto, sua consolidação como solução definitiva para ambientes corporativos depende da implementação dos aprimoramentos identificados, tanto nos aspectos físicos quanto lógicos, de modo a garantir maior robustez, segurança e confiabilidade.

Referências

- Ahlert, G. and da Rocha, T. R. (2021). Desenvolvimento de uma solução de controle de acesso de pessoas com uso da tecnologia nfc e smartphones android para o campus ibirubá. In *6º Salão de Pesquisa, Extensão e Ensino do IFRS*.
- Alecrim, E. and Marques, A. (2023). O que é nfc? como funciona a tecnologia em celulares e cartões. [Acesso em: 16 nov. 2024].
- Alice, A. (2024). Http: um guia completo sobre o que é e como funciona o protocolo da web. [Acesso em: 08 jun. 2025].
- Antirion (2024). Ponto alternativo. [Acesso em: 11 dez. 2024].
- Arduino Docs (2024). Adafruit fingerprint sensor library. [Acesso em: 14 jun. 2025].
- Arduino Docs (2025). Mfrc522. [Acesso em: 14 jun. 2025].

- Cazeiro, L. (2022). Rep-a: saiba o que é registrador eletrônico de ponto alternativo. [Acesso em: 12 nov. 2024].
- Codebender (2025). Webserver. [Acesso em: 14 jun. 2025].
- Cunha, A. (2016). Nfc (near field communication) – aplicações e uso. [Acesso em: 18 nov. 2024].
- de Oliveira, F. W. C. et al. (2018). Desenvolvimento de sistema web e desktop para controle de presença utilizando a biometria. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão*, 3(4).
- Dimep (2023). Desvendando as funcionalidades de um software de gestão de ponto. [Acesso em: 11 dez. 2024].
- Eletrogate (2025). Kit módulo rfid mfrc522 13.56 mhz. [Acesso em: 14 jun. 2025].
- Espressif Systems (2025). Espmdns. [Acesso em: 14 jun. 2025].
- Giancoli, A. P. M. (2011). Proposta de sistema para registro eletrônico de ponto com gerenciamento remoto. *Universidade de Taubaté*.
- Gogoni, R. (2019). O que é biometria? os 6 tipos mais usados na tecnologia. [Acesso em: 18 nov. 2024].
- IBM (2024). O que é automação? [Acesso em: 11 nov. 2024].
- Mello, M. (2023). Placa esp32: Descubra o que é, para que serve e muito mais! [Acesso em: 14 jun. 2025].
- Mesquita, A. (2024). Portaria 671: tudo que você precisa saber sobre ela! [Acesso em: 15 nov. 2024].
- MicroPoint (2018). Relógio de ponto eletrônico. [Acesso em: 11 dez. 2024].
- Ministério do Trabalho e Previdência (2021). PORTARIA MTP Nº 671, DE 8 DE NOVEMBRO DE 2021. [Acesso em: 26 nov. 2024].
- Ministério do Trabalho e Previdência (2022). PORTARIA MTP Nº 1.486, DE 3 DE JUNHO DE 2022. [Acesso em: 26 nov. 2024].
- Neves, J. (2024). Ponto digital: como implantar um controle de ponto online? [Acesso em: 09 nov. 2024].
- NFC Forum (2024). Visão geral técnica. [Acesso em: 16 nov. 2024].
- Opoku, S. K. (2023). An automated biometric attendance management system with dual authentication mechanism based on bluetooth and nfc technologies. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2(3):18–25.
- Ota, F. K. C. (2016). Autenticação de dispositivos móveis usando nfc. *Universidade Estadual Paulista (Unesp)*.
- Placas ESP (2025). Módulo nfc esp32 pn532. [Acesso em: 25 jun. 2025].
- PostgreSQL (2025). PostgreSQL: The world's most advanced open source relational database. [Acesso em: 14 jun. 2025].
- Straub, M. G. (2016). Leitor biométrico arduino: Sistema de cadastramento e leitura de digitais. [Acesso em: 14 jun. 2025].

Desenvolvimento de sistema para reconhecimento de sinais em Libras utilizando Redes Neurais Artificiais

Bárbara S. Wehrmann¹, Luana F. Silveira²

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL)
Câmpus Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

{barbarawehrmann.pf003, luanasilveira.pf029}@academico.ifsul.edu.br

Resumo. *As Redes Neurais Artificiais (RNAs) são modelos computacionais inspirados no funcionamento do cérebro humano, capazes de reconhecer padrões e aprender a partir de exemplos. Este trabalho apresenta uma visão geral do funcionamento das RNAs, com foco nas Redes Neurais Convolucionais (CNNs) aplicadas ao reconhecimento de imagens da Língua Brasileira de Sinais (Libras). A pesquisa propõe a comparação entre dois modelos de CNN: um baseado na arquitetura LeNet, originalmente projetado para o reconhecimento dos números de 0 a 9 em Libras, e outro, com uma arquitetura adaptada, desenvolvido para abranger todo o alfabeto. Por fim, discutem-se os resultados obtidos, que indicaram uma acurácia de 83% e evidências de overfitting, demonstrando que o modelo apresentou tendência à memorização dos dados de treinamento, com baixa capacidade de generalização.*

1. Introdução

O cérebro humano é composto por bilhões de neurônios, que se comunicam por meio de sinais elétricos e químicos. Essa rede complexa e dinâmica permite a coordenação das funções do corpo e a realização de tarefas cognitivas avançadas. Conforme destaca [Haykin 2001] “o cérebro é um computador (sistema de processamento de informação) altamente complexo, não-linear e paralelo”.

Inspiradas nesse funcionamento, surgiram as Redes Neurais Artificiais — sistemas computacionais projetados para simular a comunicação entre neurônios biológicos. Segundo [Haykin 2001] uma rede neural é uma máquina capaz de modelar o funcionamento do cérebro humano ao realizar tarefas particulares ou alguma função de interesse, sendo implementada através de componentes eletrônicos ou simulada por programação.

Essas redes têm ampla aplicação em áreas como o reconhecimento de texto, voz, imagens e sons. Entre esses usos, destaca-se sua aplicação na área de acessibilidade, como no reconhecimento de símbolos da Língua Brasileira de Sinais (Libras). De acordo com [IBGE 2019], a Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) 2019, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), entre as pessoas de 5 a 40 anos de idade com deficiência auditiva – ou seja, aquelas que relataram muita dificuldade ou que não conseguiam ouvir de forma alguma – 22,4% sabiam usar Libras. Entre aquelas que não conseguiam ouvir de maneira alguma, o percentual foi ainda maior: 61,3%, o que representa aproximadamente 43 mil pessoas.

Com esse foco, as autoras propõem a adaptação de um algoritmo de Rede Neural Artificial Convolucional para identificar imagens representando o alfabeto de Libras. O

objetivo é implementar um novo conjunto de dados (dataset) e testar diferentes configurações da rede, a fim de comparar e analisar os resultados obtidos, contribuindo para o desenvolvimento de tecnologias assistivas mais precisas e inclusivas.

Este artigo está estruturado em seis seções, além desta introdução. Na Seção 2, apresenta uma breve introdução sobre Redes Neurais Convolucionais (CNNs). A Seção 3 descreve conceitos básicos para o entendimento da implementação da nova rede neural, realizando comparações entre os conjuntos de dados e arquiteturas usadas entre as duas redes neurais. A Seção 4 descreve as modificações realizadas no conjunto de dados utilizado e no próprio modelo da CNN. A Seção 5 apresenta a avaliação dos resultados e os testes realizados. Por fim, a Seção 6 traz o detalhamento da implementação e discussão dos resultados obtidos.

2. Redes Neurais Convolucionais (CNNs)

As Redes Neurais Artificiais (RNAs) são modelos computacionais que buscam simular o processo de sinapses do cérebro humano, compostos por camadas de neurônios artificiais interconectados, cada um com pesos ajustáveis que transformam as entradas em saídas por meio de uma função de ativação [Russell and Norvig 2010].

Uma Rede Neural Convolucional (CNN) é uma especialização de RNA projetada para processar dados estruturados em grades, como imagens, onde há correlações espaciais locais. A CNN introduz a camada convolucional 2D, na qual pequenos filtros (*kernels*) deslizam sobre a imagem de entrada destacando características como bordas e texturas, permitindo que a rede extraia padrões sem necessidade de atuação manual.

Após cada camada convolucional, é comum inserir uma camada de *pooling* (agrupamento), que reduz as dimensões espaciais dos mapas de ativação. Para este trabalho, dois tipos de pooling são considerados: o *average pooling*, que, como o nome sugere, obtém um valor médio dos elementos, e o *max pooling*, que obtém o maior valor dentre os existentes.

Ao final dos blocos convolucionais, utiliza-se uma camada *flatten* (achatamento) para converter o volume tridimensional em um vetor unidimensional, que é então processado por camadas densas, chamadas assim por todos os seus neurônios estarem conectados a todos os neurônios da camada anterior, e que aprendem combinações globais das características extraídas [TensorFlow 2024].

O treinamento de uma CNN envolve a aplicação do algoritmo de backpropagation, que calcula, em cada iteração de treinamento, gradientes de erros (que, segundo [Bergmann and Stryker 2024], são definidos por uma “derivada que descreve a taxa e a quantidade com que a mudança está ocorrendo em qualquer ponto”) em relação aos pesos, permitindo ajustes iterativos para minimizar o erro [Goodfellow et al. 2016]. Um otimizador emprega esses gradientes para atualizar os parâmetros do modelo seguindo uma regra de aprendizado [Kingma 2014].

Os dados de treinamento são divididos em *batches*, pequenos subconjuntos de amostras usados para calcular gradientes e atualizar parâmetros em cada iteração; o número de iterações necessárias para percorrer todo o conjunto de dados define uma época (epoch). Por exemplo, com 1.000 imagens e batch size de 100, cada época envolverá 10 iterações.

3. Materiais e métodos

Este trabalho tem como base o artigo “Rede Neural Artificial Convolutacional Aplicada ao Reconhecimento de Configuração de Mão nos Símbolos de 0 a 9 da Língua Brasileira de Sinais (Libras)” [Santos et al. 2019]. O presente trabalho tem como objetivo promover avanços em relação ao estudo de referência, por meio da implementação de uma nova CNN e da comparação de seus resultados com os obtidos originalmente. Além de aprofundar o conhecimento das autoras sobre CNNs, esta iniciativa busca demonstrar, de forma prática, como pequenas alterações em arquitetura e dados podem impactar o desempenho de modelos de detecção.

3.1. Conjunto de dados

Em primeiro lugar, alterou-se o dataset original, composto por apenas dígitos de 0 a 9, para imagens de símbolos do alfabeto em língua de sinais. Ainda, diferenciando-se do artigo de base, onde os autores desenvolveram seu próprio dataset, este foi obtido através da plataforma Kaggle [Kaggle 2025], um portal que disponibiliza diversos conjuntos de dados gratuitos para utilização.

O dataset utilizado é distribuído em múltiplas pastas, uma para cada letra disponível do alfabeto, onde cada uma possui, em média, 74 amostras de imagens do sinal da letra correspondente em diferentes ângulos e posições, garantindo variedade. Ao todo, o dataset conta com 1788 arquivos para utilização na rede neural. Apesar do nome dado ao dataset ser “American Sign Language Alphabet” [Viader 2025], os sinais do alfabeto em ASL são os mesmos de Libras, sem diferenças fundamentais para o propósito do presente projeto.

O dataset em questão foi escolhido por possuir uma quantidade razoável de imagens, pesando apenas 220 MB, garantindo rapidez no treinamento e viabilizando a execução em ambientes de recursos limitados, como o Google Colab [Google 2023]. Embora não inclua as letras J e Z, o dataset selecionado atende plenamente ao propósito, fornecendo uma quantidade expressiva de exemplos para o treinamento sem prejudicar o reconhecimento das demais classes.

3.2. Arquitetura do sistema proposto

Enquanto [Santos et al. 2019] implementaram a arquitetura LeNet, com dois blocos de convolução 2D seguidos por average pooling, a proposta aqui apresentada utiliza três blocos de convolução 2D com max pooling, seguidos por duas camadas densas.

A arquitetura proposta demonstrou ser mais adequada ao reconhecimento dos sinais do alfabeto de Libras ao incorporar maior profundidade, o que facilita a extração de hierarquias de características mais complexas dos gestos. Além disso, ao trabalhar com imagens coloridas em resoluções superiores, o modelo passa a capturar detalhes sutis — como contornos de dedos e articulações — essenciais para diferenciar sinais visualmente semelhantes, algo que não se faz tão necessário em tarefas de identificação de dígitos, cujos gestos são menos ambíguos. O uso de *Max Pooling* em cada bloco convolutacional realça as ativações mais pronunciadas, permitindo melhor discriminação dos gestos até mesmo em cenários com fundos variados. Finalmente, as camadas densas ampliadas conferem ao modelo uma maior capacidade de aprender padrões mais complexos, aumentando o potencial de discriminação entre diferentes classes. Na Tabela 1 é possível observar um resumo desta comparação entre as duas implementações de forma direta.

Tabela 1. Comparação entre a implementação de referência e a atual da CNN

Aspecto	LeNet	Modelo implementado	Melhoria/motivação
Entrada	32x32x1	64x64x3	Maior resolução e evolução de escala de cinza para imagens coloridas
Camadas convolucionais	2 blocos	3 blocos	Mais profundidade que aumenta a capacidade de extrair hierarquias de características
Pooling	average	max	Realça contornos de dedos para garantir melhor identificação

Para a implementação do código-base, utilizou-se a biblioteca TensorFlow [TensorFlow 2024], uma plataforma que facilita a criação, o treinamento e a implementação de modelos de aprendizado de máquina [TensorFlow 2024]. O desenvolvimento foi realizado no ambiente Google Colab [Google 2023], uma plataforma que permite escrever e executar código Python diretamente em um navegador. Para simplificar o acesso ao dataset escolhido, incorporou-se a biblioteca KaggleHub, possibilitando realizar o download de conjuntos de dados hospedados na plataforma Kaggle [Kaggle 2025].

Logo em seguida, realizou-se o download do dataset de sinais em Libras, organizados em subpastas por classe – uma para cada letra disponível do alfabeto. Foi necessário especificar o caminho correto dessas pastas para que o *pipeline* de treinamento pudesse identificá-las adequadamente. Todas as imagens foram então redimensionadas para 64x64, dimensões compatíveis com a arquitetura da rede, assegurando uniformidade de entrada. Em seguida, dividiu-se o conjunto em 80% dos arquivos para treinamento (1.431 imagens) e 20% para validação (357 imagens), de modo a avaliar o desempenho do modelo de forma imparcial.

O tamanho do batch foi fixado em 32 amostras, valor considerado o equilíbrio entre velocidade de treinamento e capacidade de generalização, conforme estudo comparativo disponível no website Weights and Biases [WEIGHTS AND BIASES 2025]. Na configuração da rede, adotou-se uma sequência de três blocos formados por camada de convolução 2D seguida de max pooling, finalizando com duas camadas densas. A configuração do modelo ficou definido da seguinte forma:

1. Camada de rescaling: normaliza os valores de pixel, garantindo uniformidade entre diferentes condições de iluminação [TensorFlow 2024];
2. Camada de convolução 2D: aplica 32 filtros à entrada, gerando 32 mapas de ativação para capturar características visuais dos gestos, como contorno dos dedos [TensorFlow 2024];
3. Camada de max pooling: reduz as dimensões espaciais dos mapas de ativação, mantendo somente o valor máximo, essencial para considerar variações de posição da mão, além da redução do custo computacional por redução de dados;

4. Segunda camada de convolução 2D: aplica com 64 filtros, refinando a extração de atributos visuais, detectando padrões intermediários, como articulações;
5. Segunda camada de max pooling: reduz novamente os dados, consolidando as características mais salientes;
6. Terceira camada de convolução 2D: aplica 128 filtros, aprendendo gestos complexos, essencial para distinguir sinais semelhantes (como as letras A e S, por exemplo);
7. Terceira camada de max pooling: reduz ainda mais as dimensões, mantendo um vetor compacto de características [TensorFlow 2024];
8. Camada de flatten: converte o tensor 3D em um vetor 1D sem alterar o tamanho do batch, linearizando a saída para alimentar as camadas densas subsequentes [Keras 2024];
9. Camada densa: totalmente conectada com os 128 neurônios da camada anterior, permitindo-a computar combinações das características e aprender relações entre os padrões detectados [TensorFlow 2024];
10. Camada densa de saída: totalmente conectada, que, dada a ativação softmax, produz um vetor de probabilidades, atribuindo a cada uma das classes (letras) uma probabilidade de ocorrência [Pinecone 2023].

A Tabela 2 é impressa após a definição das camadas da rede neural, com o comando `model.summary()`, mostrando os parâmetros e formatos utilizados:

Tabela 2. Resumo da configuração do modelo

Camada	Output Shape	Param #
rescaling	(None, 64, 64, 3)	0
conv2d	(None, 62, 62, 32)	896
max_pooling2d	(None, 31, 31, 32)	0
conv2d_1	(None, 29, 29, 64)	18,496
max_pooling2d_1	(None, 14, 14, 64)	0
conv2d_2	(None, 12, 12, 64)	73,856
max_pooling2d_2	(None, 6, 6, 128)	0
flatten	(None, 4608)	0
dense	(None, 128)	589,952
dense_1	(None, 24)	3,096

4. Resultados e Discussões

Ao longo da implementação do código, foram inseridas algumas funções de geração de gráficos para acompanhamento do desempenho do treinamento: dois gráficos de linhas,

um representando a variação da acurácia por época e outro representando a variação da perda por época e um gráfico matriz de confusão, representando a quantidade de previsões de cada classe atribuídas umas às outras.

Foram realizados dois testes: um treinamento com 10 épocas, mesma quantidade do treinamento da rede neural do artigo de referência, e 100 épocas, para comparação entre o primeiro e segundo resultados obtidos.

4.1. Treinamento com 10 épocas

No treinamento realizado por 10 épocas, o modelo alcançou uma acurácia aproximada de 89%, em contraste com os 98% reportados no estudo de referência. Essa diferença de desempenho deve-se principalmente pela diferença de tamanho e à complexidade dos datasets: enquanto o trabalho original contou com 4.000 imagens distribuídas em 10 classes (média de 400 imagens por classe), o presente projeto utilizou 1.788 imagens em 24 classes (média de 74 imagens por classe). A redução no número de amostras por classe dificulta o aprendizado de variações de pose, iluminação e contexto de cada sinal [Koshute et al. 2021], o que explica como o modelo do estudo original obteve acurácia elevada mesmo com arquitetura mais simples.

O gráfico de variação de acurácia por época, Figura 1 (a) mostra que a curva de treinamento inicia em aproximadamente 10% na primeira época (contagem iniciada em 0) e sobe continuamente até atingir os 89% na última época, mostrando que o modelo está efetivamente aprendendo os padrões do conjunto de treinamento a cada iteração. Contudo, a partir da época 3, nota-se um afastamento gradual entre as curvas: a acurácia de validação cresce em um ritmo mais lento que a de treinamento, indicando um início de *overfitting* (sobreajuste), ou seja, o modelo passa a memorizar características específicas dos exemplos vistos, em detrimento da capacidade de generalização.

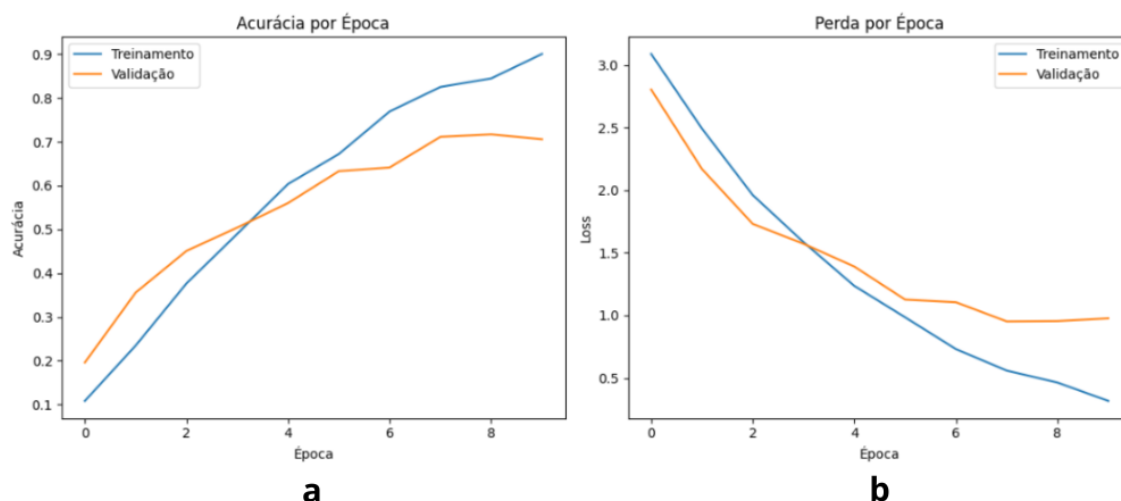


Figura 1. Gráficos de linha demonstrando variação da acurácia por época e perda por época

No gráfico da Figura 1 (b), que representa a variação da perda por época treinada, a linha do treinamento começa consideravelmente alta, em torno de 3.0, e decresce con-

sistentemente até aproximadamente 0.3 na última época, mostrando que o modelo está reduzindo o erro em relação aos rótulos reais de treino. A perda de validação também cai, chegando próximo de 1.4, mas então se estabiliza, mantendo-se em torno de 1.0. Esse desenho de gráfico também reforça o possível diagnóstico de overfitting, em que o modelo está “decorando” o conjunto de treino e não consegue reduzir mais o erro em dados novos.

A matriz de confusão (Figura 2) sintetiza as classificações corretas e incorretas por classe. A letra E obteve o maior número de acertos (32), seguida por P (20) e Y (13), possivelmente porque seus gestos são visualmente mais distintos. Já a letra D teve 9 acertos, com três amostras confundidas com F, e a letra F obteve 8 acertos, havendo cinco classificações incorretas como C – evidenciando que ângulo e perspectiva podem gerar ambiguidade mesmo entre sinais aparentemente distintos. Embora haja erros em diversas classes, a concentração das previsões na diagonal principal confirma a acurácia global de 89%.

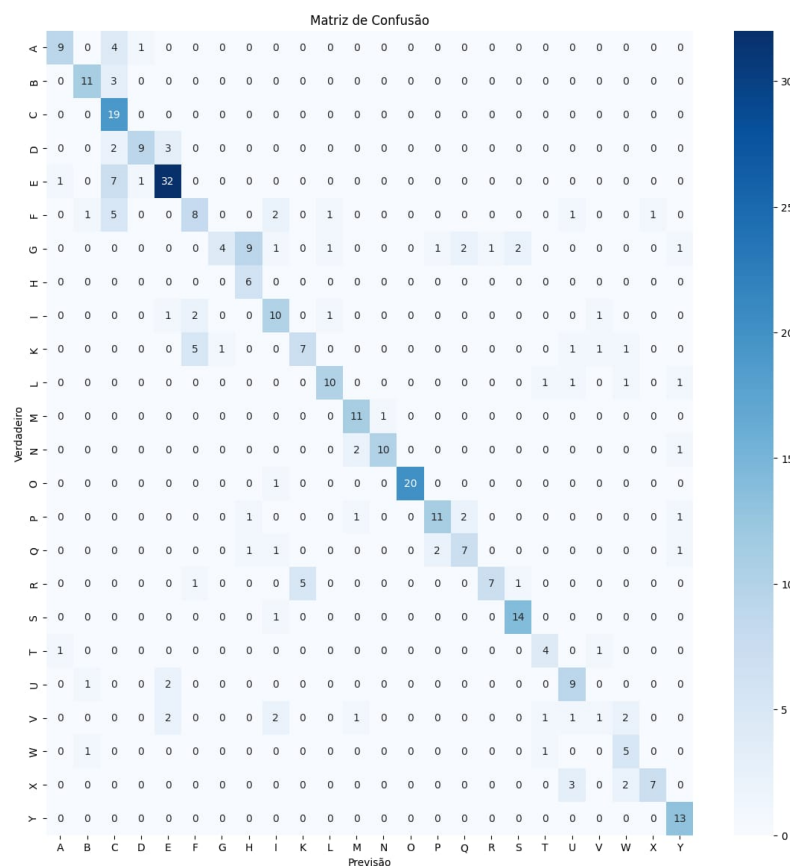


Figura 2. Matriz de confusão representando a quantidade de previsões dadas como “verdadeiro” para cada classe.

4.2. Treinamento com 100 épocas

No experimento de treinamento com 100 épocas, o modelo atingiu 100% de acurácia no conjunto de treinamento já na 22ª época, enquanto a acurácia de validação permaneceu estabilizada em torno de 83%. A perda de treinamento continuou a decair de forma

consistente, ao passo que a perda de validação, passou a aumentar gradualmente – exibindo até um pico isolado na época 69 –, encerrando o processo próxima a 1,15. Esses comportamentos sugerem mais uma vez uma situação de overfitting, uma vez que o modelo passou a memorizar os exemplos de treino, perdendo capacidade de generalizar para novos dados.

No da variação da acurácia por época treinada (Figura 3(a)), a curva de treinamento parte em torno de 10% na época 0 e cresce rapidamente até atingir 100% na época 22, demonstrando que o modelo aprende com muito êxito os padrões do conjunto de treino. Em contraste, a curva de validação sobe até cerca de 83% nas primeiras 20 épocas, mas depois se estabiliza. Esse descolamento progressivo mostra que, embora o modelo continue refinando seu ajuste ao treino, ele não traduz esse ganho em melhor generalização, caracterizando o overfitting a partir da época em que a distância entre as curvas passa a se manter constante.

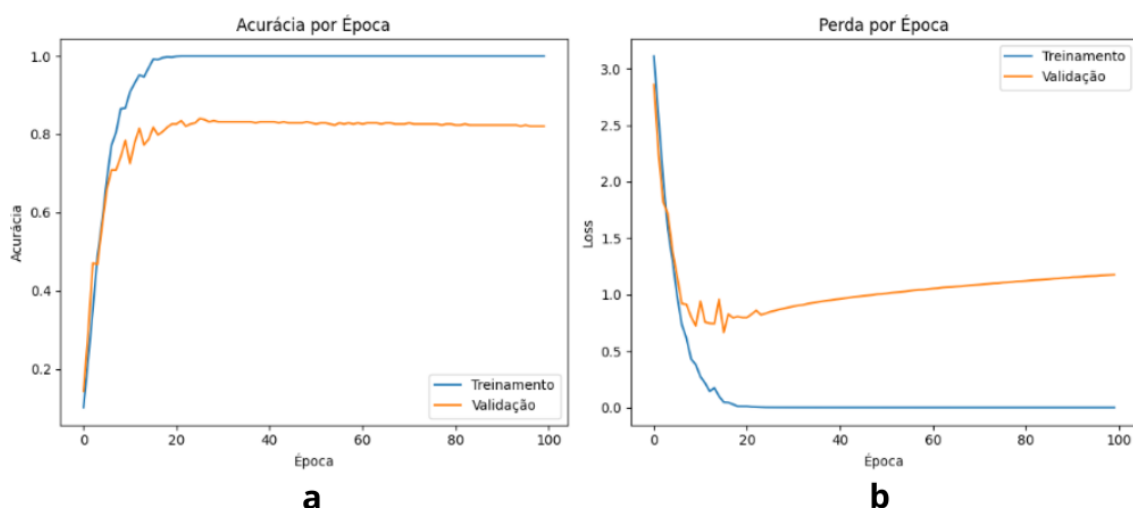


Figura 3. Gráficos de linha demonstrando variação da acurácia por época e perda por época.

No gráfico da Figura 3(b), que retrata a perda por época, a linha de treinamento inicia alta, em aproximadamente 3.0, e decai rapidamente até quase zero, confirmando que o modelo aumenta cada vez mais sua confiança nas predições sobre os dados de treino. Já a perda de validação também diminui até cerca de 0.8 na época 5, mas, a partir deste ponto, começa a subir gradualmente, alcançando valores em torno de 1.15 e exibindo um pico isolado na época 69, antes de retornar lentamente aos níveis anteriores. Essa divergência entre a perda de treinamento (em contínua queda) e a perda de validação (aumento súbito) reforça, mais uma vez, o diagnóstico de overfitting.

A matriz de confusão (Figura 4) evidencia o desempenho por classe: a letra E liderou com 38 acertos, seguida por C (19), P (18) e S (15), indicando que gestos mais definidos são melhor reconhecidos. A letra A apresentou 11 acertos, com confusões pontuais em B (1) e C (2), sugerindo similaridade na forma da mão. A letra F obteve 13 acertos, mas foi equivocadamente classificada como B (1), C (1) e I (3). A letra O, com 18 acertos, registrou duas confusões (N e P, uma cada), enquanto X alcançou 10 acertos,

sendo confundida uma vez com D e outra com I. Esses resultados refletem variações de pose, iluminação e perspectiva, mas a predominância de valores na diagonal principal confirma a robustez geral do modelo, mesmo diante de algumas trocas.

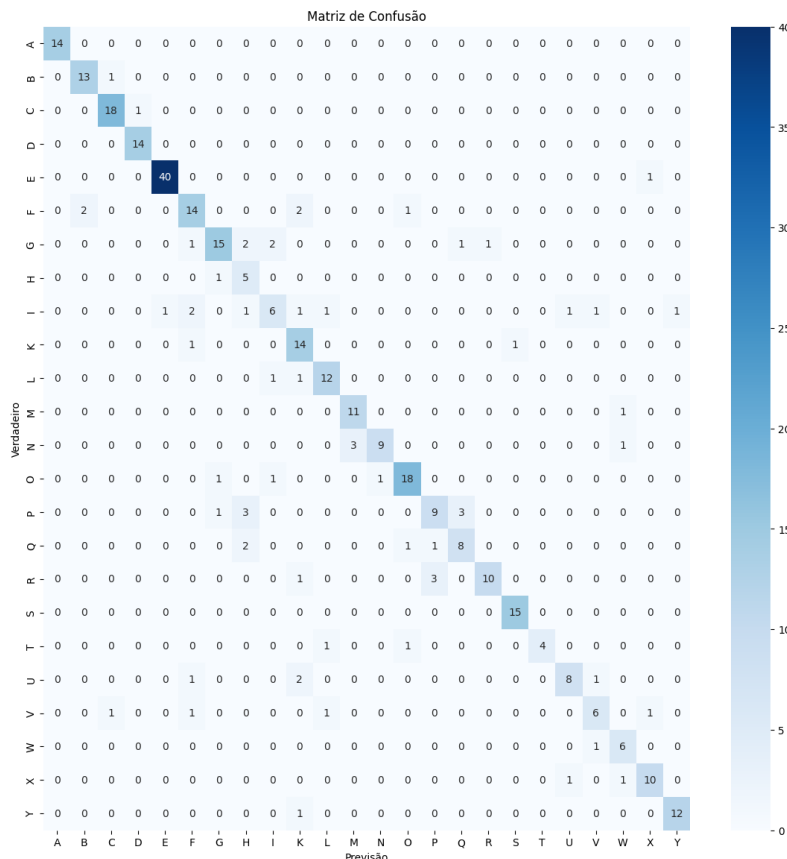


Figura 4. Matriz de confusão representando a quantidade de previsões dadas como “verdadeiro” para cada classe.

Como tentativa de mitigar o overfitting, foi implementado um critério de *early stopping*, ou seja, uma interrupção automática do treinamento assim que a métrica de validação deixe de melhorar consideravelmente por 3 épocas consecutivas. Essa implementação evita que o modelo continue refinando pesos para exemplos de treino em detrimento do desempenho em novos dados, gerando gráficos como os das figuras 4 e 5 acima. O resultado disso foi a parada do treinamento já na 12ª época, finalizando com uma acurácia de treinamento 90%, acurácia de validação de 0.6, perda de treinamento de 0.2 e perda de validação de 0.9.

5. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um modelo de reconhecimento de sinais do alfabeto da Língua Brasileira de Sinais (Libras) utilizando redes neurais convolucionais (CNNs). A metodologia adotada envolveu a coleta e pré-processamento de imagens representando diferentes sinais do alfabeto em Libras, seguidos pelo treinamento de uma CNN em duas configurações distintas: uma com 10 épocas e outra com 100 épocas. Os resultados obtidos permitiram uma análise comparativa detalhada do desempenho do

modelo em ambas as configurações. Na configuração com 10 épocas, o modelo demonstrou uma curva de aprendizado eficiente, alcançando uma acurácia de treinamento de aproximadamente 89% e uma acurácia de validação em torno de 80%. A perda de treinamento diminuiu consistentemente, enquanto a perda de validação apresentou uma redução inicial seguida de estabilização.

Ao estender o treinamento para 100 épocas, observou-se que a acurácia de treinamento atingiu 100% por volta da 22ª época, mantendo-se nesse nível até o final, e a acurácia de validação estabilizou-se em torno de 83%, sem melhorias significativas após a 20ª época. A perda de validação começou a aumentar gradualmente após a 20ª época, atingindo um pico anômalo na 69ª época antes de retornar a níveis anteriores. Esse comportamento indica que o modelo começou a memorizar os dados de treinamento, perdendo a capacidade de generalizar para novos dados, um claro sinal de overfitting. A análise da matriz de confusão reforçou essas observações, evidenciando que, apesar de uma boa performance geral, o modelo apresentou dificuldades em distinguir entre sinais com características visuais semelhantes. Essas confusões são atribuídas a variações na execução dos sinais, ângulos de captura e limitações do conjunto de dados utilizado.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação e diversificação do conjunto de dados, incorporando diferentes sinalizadores, variações de iluminação e ângulos de captura. Além disso, a implementação de técnicas de regularização como data augmentation (ampliação artificial do conjunto de dados de treinamento), dropout (desativar aleatoriamente uma fração dos neurônios, prevenindo que o modelo dependa de caminhos específicos), weight decay (penalização aos pesos no cálculo de perda, incentivando a rede a manter pesos menores e mais distribuídos) e learning rate scheduling (ajustar a taxa de aprendizado durante o treinamento), poderá contribuir significativamente para a mitigação do overfitting e melhoria do desempenho do modelo em ambientes reais.

Referências

- Bergmann, D. and Stryker, C. (2024). O que é uma função de perda (loss function)? Acesso em: 14 mai. 2025.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., and Bengio, Y. (2016). *Deep learning*, volume 1. MIT press Cambridge.
- Google (2023). Google colabatory. <https://colab.google/>. Acesso em: 15 maio 2025.
- Haykin, S. (2001). *Redes neurais: princípios e prática*. Bookman Editora.
- IBGE (2019). Pns 2019: País tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. Acesso em: 14 mai. 2025.
- Kaggle (2025). Kaggle: Your machine learning and data science community. <https://www.kaggle.com/>. Acesso em: 15 maio 2025.
- Keras (2024). Flatten layer - keras api. Acesso em: 14 mai. 2025.
- Kingma, D. P. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*.
- Koshute, P., Zook, J., and McCulloh, I. (2021). Recommending training set sizes for classification. *arXiv preprint arXiv:2102.09382*.

Pinecone (2023). Softmax activation. Acesso em: 14 mai. 2025.

Russell, S. and Norvig, P. (2010). Artificial intelligence: a modern approach. 3rd. *Upper Saddle River, EUA: Prentice-Hall*.

Santos, A. V., Bacurau, I. F., de Moraes Silva, J., Viana, T. B., and Feitosa, R. G. F. (2019). Rede neural artificial convolucional aplicada ao reconhecimento de configuração de mão nos símbolos de 0 a 9 da língua brasileira de sinais (libras). In *Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, pages 21–24. SBC.

TensorFlow (2024). Api documentação e tutoriais. Também disponível em: https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/Rescaling, https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/Conv2D, https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/MaxPool2D, https://www.tensorflow.org/api_docs/python/tf/keras/layers/Dense, <https://www.tensorflow.org/tutorials?hl=pt-br>. Acesso em: 14 mai. 2025.

Viader, J. (2025). American sign language alphabet static dataset. Kaggle. Acesso em: 14 mai. 2025.

WEIGHTS AND BIASES (2025). What's the optimal batch size to train a neural network?

[https://wandb.ai/ayush-thakur/dl-question-bank/reports/](https://wandb.ai/ayush-thakur/dl-question-bank/reports/What-s-the-Optimal-Batch-Size-to-Train-a-Neural-Network---VmlldzoyMDky)

[What-s-the-Optimal-Batch-Size-to-Train-a-Neural-Network---VmlldzoyMDky](https://wandb.ai/ayush-thakur/dl-question-bank/reports/What-s-the-Optimal-Batch-Size-to-Train-a-Neural-Network---VmlldzoyMDky)

Acesso em: 14 mai. 2025.

Meninas na Tecnologia: Ações para fomentar a participação feminina na área de tecnologia

Luana Figueredo Silveira¹, Gabrieli Granja Brandalise¹, Carmem Vera Scorsatto¹,
Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo,
Rio Grande do Sul, Brasil

Abstract. *This paper presents the experience of the extension project “Girls in Technology”, developed at IFSUL Passo Fundo Campus, with the aim of encouraging female participation in technological fields such as Computer Science, Civil Construction, and Mechanical Engineering. The initiative reached 20 students from the 8th and 9th grades of public schools in the city, offering hands-on workshops and practical experiences in the Institute’s laboratories. The project aimed to challenge gender stereotypes, broaden professional horizons, and foster the participants’ self-esteem. The results, assessed through reports and questionnaires, demonstrated a positive impact on the students’ motivation, expanding their interest in technological careers.*

Resumo. *Este artigo apresenta a experiência do projeto de extensão “Meninas na Tecnologia”, desenvolvido no IFSUL Câmpus Passo Fundo, com o objetivo de estimular a participação feminina nas áreas tecnológicas, como Informática, Construção Civil e Mecânica. A iniciativa atendeu 20 alunas do 8º e 9º ano do ensino fundamental de escolas públicas da cidade, oferecendo oficinas práticas e vivências nos laboratórios do Instituto. A proposta visou combater estereótipos de gênero, ampliar horizontes profissionais e fomentar a autoestima das participantes. Os resultados, avaliados por meio de relatos e questionários, demonstraram impacto positivo na motivação das alunas, ampliando seus interesses pelas carreiras tecnológicas.*

1. Introdução

A participação feminina em áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM, do inglês Science, Technology, Engineering, and Mathematics) tem sido historicamente baixa, um fenômeno global que se reflete de forma acentuada no Brasil. Apesar de as mulheres representarem a maioria da população brasileira [IBGE 2022], sua presença em cursos e profissões ligadas às ciências exatas e tecnologia é desproporcionalmente menor em comparação com a masculina. Dados da [UNESCO 2020] e do [IBGE 2022] corroboram essa realidade, evidenciando que, embora o percentual de pesquisadoras no Brasil seja relativamente alto (49%), a grande maioria se concentra em áreas não-tecnológicas. Essa disparidade é ainda mais acentuada quando se considera a questão racial, com a participação de mulheres negras em cursos superiores e programas de pós-graduação em tecnologia sendo ainda mais marginalizada [Lima and Oliveira 2021].

Essa sub-representação feminina em STEM não é apenas uma questão de equidade de gênero, mas também um desafio para o desenvolvimento socioeconômico e tecnológico

do país. A ausência de perspectivas femininas e a falta de diversidade de pensamento em setores cruciais para a inovação podem limitar a criatividade, a eficácia e a relevância das soluções desenvolvidas [da Costa Rodrigues et al. 2021]. Além disso, a desvalorização do trabalho feminino e a discriminação de gênero contribuem para que muitas mulheres se afastem dessas áreas ou enfrentem barreiras significativas para ascender profissionalmente.

Esse cenário de desigualdade se reflete diretamente nos dados de acesso e permanência das mulheres nos cursos de graduação do Câmpus Passo Fundo. Os gráficos apresentados na Figura 1 ilustram o ingresso de meninas e meninos nos cursos superiores (Ciência da Computação, Eng. Civil e Eng. Mecânica) do IFSUL Câmpus Passo Fundo, nos anos letivos de 2022 e 2023. No curso de Ciência da Computação, observa-se um crescimento gradual no número de meninas ingressantes ao longo dos semestres, ainda que os meninos continuem sendo maioria. Na Eng. Civil, os números sinalizam maior equilíbrio de gênero. Já no curso de Eng. Mecânica, os dados mostram uma predominância marcante de meninos nos dois semestres analisados, com número reduzido de meninas ingressantes, o que evidencia um desafio ainda persistente em termos de equidade de gênero nessa área.

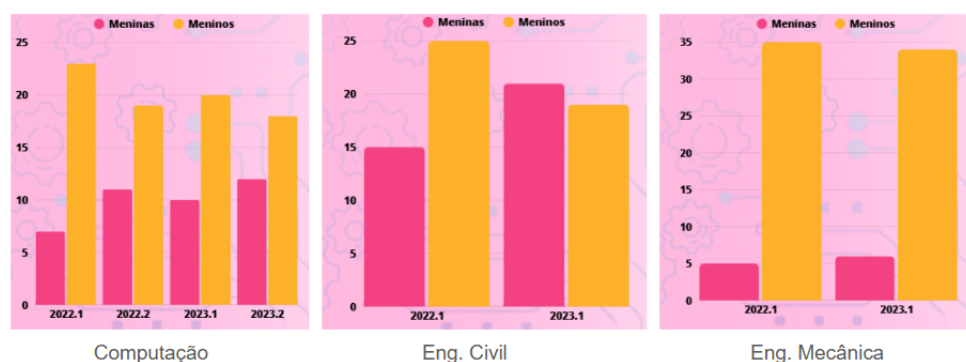


Figura 1. Ingresso de estudantes por gênero nos cursos superiores do IFSUL Câmpus Passo Fundo

Diante desse cenário, torna-se imperativa a implementação de ações que visem fomentar o interesse e a participação de meninas e jovens mulheres em áreas tecnológicas desde cedo. O Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) Câmpus Passo Fundo, reconhecendo essa necessidade e em consonância com a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável da UNESCO [ONU 2023], idealizou o projeto de extensão “Meninas na Tecnologia”. Este projeto busca aproximar estudantes do ensino fundamental do universo da ciência e tecnologia, especificamente nas áreas de informática, construção civil e engenharia mecânica, que são cursos oferecidos pelo câmpus.

O “Meninas na Tecnologia” não se limita a palestras ou apresentações teóricas; ele propõe uma abordagem prática e imersiva, com a realização de oficinas e atividades que estimulem o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a curiosidade científica. Ao proporcionar um contato direto com os laboratórios e equipamentos do IFSUL, o projeto visa desmistificar a tecnologia e mostrar às participantes que elas possuem aptidão e talento para essas áreas, independentemente de estereótipos de gênero. Além disso, o projeto busca elevar a autoestima e a autoconfiança das participantes, conscientizando-as

sobre seus direitos e a importância de sua contribuição para a sociedade.

Este artigo tem como objetivo apresentar o projeto “Meninas na Tecnologia” do IFSUL Câmpus Passo Fundo, detalhando sua metodologia e os principais resultados alcançados nesta primeira edição. Busca-se, assim, contribuir para a discussão sobre a importância de iniciativas de fomento à participação feminina em STEM e compartilhar uma experiência prática que tem demonstrado resultados positivos na formação de futuras profissionais da tecnologia.

2. Projetos que Inspiram: Ações pelo Protagonismo Feminino em STEM

Diversas iniciativas vêm sendo desenvolvidas para fomentar a participação feminina nas áreas de ciência e Tecnologia. A seguir, apresentamos alguns trabalhos relevantes que dialogam diretamente com os objetivos do projeto “Meninas na Tecnologia” do IFSUL Câmpus Passo Fundo.

A iniciativa apresentada no artigo “Negras in tech” tem origem no projeto Preta-Lab, da organização Olabi, e visa mapear e fortalecer a presença de mulheres negras e indígenas nas áreas de tecnologia [Lima and Oliveira 2021]. Com base em um levantamento realizado em 2018, a pesquisa identifica como essas mulheres vêm se apropriando das TICs como forma de resistência e produção de conhecimento. A ação valoriza tanto a formação formal quanto práticas autônomas e coletivas, revelando uma rede ativa de projetos que desafiam a exclusão no campo tecnológico e reafirmam identidades e estratégias de transformação social.

O projeto DAMA [Milson et al. 2021], desenvolvido no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), tem como objetivo estimular e apoiar a participação feminina nas áreas de ciência e tecnologia, especialmente nas STEM. Diante da sub-representação de mulheres nessas áreas, o projeto realizou diversas ações remotas, como criação de jogos educativos, concursos de redação, produção de vídeos, publicações no Instagram e uma mesa-redonda com estudantes. As atividades buscaram combater estereótipos, ampliar a representatividade e fortalecer o protagonismo feminino, com destaque para a valorização das experiências de mulheres negras. Os resultados demonstram impactos positivos tanto na formação das participantes quanto na sensibilização da comunidade. O projeto ainda contribuiu para a permanência das alunas nos cursos técnicos e propõe continuar com novas ações futuras de incentivo e empoderamento.

O trabalho de [de Lima et al. 2023] traz o relato de experiência do projeto “Meninas na Ciência”, realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – Campus Montes Claros, com o objetivo de despertar o interesse de alunas do ensino fundamental pelas áreas de ciência e tecnologia. A iniciativa promoveu oficinas, visitas técnicas e atividades interativas com enfoque na experimentação científica, buscando combater estereótipos de gênero e ampliar a presença feminina nas áreas científicas. Os resultados demonstram que as ações contribuíram para a valorização das meninas como protagonistas no campo da ciência, reforçando a importância de projetos que promovam a equidade de gênero desde as etapas iniciais da formação escolar.

O artigo de [Junges et al. 2022] discute a importância de iniciativas que incentivem a participação de meninas nas áreas de ciência e tecnologia, com foco no projeto de extensão “Meninas na Ciência” desenvolvido no Instituto Federal do Rio Grande do

Sul – Campus Osório. A proposta buscou aproximar alunas do ensino fundamental e médio das práticas científicas por meio de oficinas, palestras e atividades lúdicas, promovendo o protagonismo feminino e desmistificando a ideia de que a ciência é um campo predominantemente masculino. Os resultados apontam que as ações contribuíram para o fortalecimento da autoestima das participantes, ampliaram seus horizontes profissionais e estimularam o interesse pela ciência, destacando a relevância de projetos voltados à equidade de gênero no ambiente escolar.

O trabalho de [Araújo and Moro 2022] analisa o programa “Meninas Cientistas” da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que visa incentivar a participação de meninas do ensino básico em atividades científicas, com foco na equidade de gênero e na democratização do acesso ao conhecimento científico. Por meio de uma abordagem qualitativa, baseada em questionários e relatos das participantes, o estudo revela que o programa contribuiu significativamente para o fortalecimento da autoestima, o interesse pelas ciências e a percepção crítica das desigualdades de gênero. A pesquisa destaca a importância de projetos que promovam espaços de escuta, valorizem o protagonismo feminino e ampliem as possibilidades de escolha profissional para meninas, sobretudo em áreas historicamente masculinizadas.

Esses trabalhos demonstram a força e a diversidade de iniciativas que vêm sendo implementadas em diferentes regiões do país para estimular o protagonismo feminino nas áreas de ciência e tecnologia. Em comum, destacam-se estratégias de acolhimento, valorização da identidade, incentivo à experimentação e combate aos estereótipos de gênero. As ações relatadas fortalecem o propósito do projeto “Meninas na Tecnologia” do IFSUL Câmpus Passo Fundo, ao evidenciar que a promoção da equidade de gênero no campo científico requer o investimento contínuo em práticas educativas que inspirem, empoderem e ampliem as possibilidades de atuação das meninas nesses espaços.

3. Da Ideia à Ação: Organização e Desenvolvimento do Projeto

A metodologia empregada no projeto “Meninas na Tecnologia” foi concebida para ser prática e engajadora, visando estimular o interesse de jovens estudantes do ensino fundamental, especialmente do oitavo e nono ano pelas áreas de tecnologia. O projeto foi estruturado em etapas bem definidas, com foco na interação direta das participantes com o ambiente tecnológico do IFSUL Câmpus Passo Fundo e na desconstrução de estereótipos de gênero. A execução do projeto ocorreu no segundo semestre de 2023, de agosto a dezembro, e atendeu a 20 meninas, divididas em dois grupos (manhã e tarde), de duas escolas estaduais de Passo Fundo (Escola Municipal de Ensino Fundamental Etelvina Rocha Duro e Escola Estadual General Prestes Guimarães). O projeto contou com quatro meninas bolsistas, alunas de graduação dos cursos de Ciência da Computação, Engenharia Civil e Engenharia Mecânica.

A execução do projeto foi dividida em seis etapas principais:

- **Preparação da Equipe Executora:** Esta fase inicial envolveu reuniões com a equipe multidisciplinar do projeto, composta por docentes e estudantes bolsistas das áreas de informática, engenharia civil e engenharia mecânica. As atividades incluíram a elaboração de materiais didáticos, a organização do cronograma de oficinas e o contato inicial com as escolas para agendamento das visitas. Foram preparados

materiais de divulgação para as redes sociais, visando atrair e informar as potenciais participantes;

- **Visitas às Escolas para Divulgação e Inscrição:** A equipe do projeto realizou visitas às escolas parceiras para apresentar o projeto às alunas do 8º e 9º ano do ensino fundamental. Essas apresentações ocorreram no turno inverso ao de estudo das meninas e tiveram como objetivo motivá-las a participar das atividades. Durante as visitas, foram apresentados os cursos oferecidos pelo IFSUL, sua abrangência e áreas de atuação, além de histórias de mulheres de sucesso em tecnologia, como Ada Augusta Lovelace, Emily Roebling e Gwynne Shotwell. Após a apresentação, as meninas interessadas puderam realizar suas inscrições para as oficinas;
- **Realização de Encontros com as Meninas nas Escolas:** Nesta etapa, foram realizados encontros nas próprias escolas participantes. O foco foi em aspectos conceituais das áreas de informática, construção civil e mecânica, servindo como base para as oficinas práticas subsequentes. O objetivo foi familiarizar as participantes com os fundamentos teóricos e despertar a curiosidade para as aplicações práticas da tecnologia;
- **Realização de Oficinas Tecnológicas nas Dependências do IFSUL:** Esta foi a etapa central do projeto, onde as participantes tiveram contato direto com a infraestrutura e os laboratórios do IFSUL Câmpus Passo Fundo. Foram realizadas seis oficinas para cada grupo de meninas, abrangendo atividades práticas de montagem e programação de robôs LEGO, bem como atividades relacionadas à construção civil. As oficinas foram desenhadas para estimular o pensamento científico, o desenvolvimento do raciocínio lógico e a habilidade de resolução de problemas, utilizando materiais e equipamentos reais. O objetivo foi proporcionar uma experiência imersiva que permitisse às alunas reconhecer sua aptidão e talento para as profissões tecnológicas;
- **Consolidação do Projeto:** Ao final das oficinas, foi realizado um momento de avaliação do projeto com as meninas participantes e posteriormente entre a equipe executora do projeto. Este momento foi crucial para consolidar os aprendizados, compartilhar experiências e reforçar a importância da participação feminina em STEM;
- **Elaboração do Relatório de Atividades:** Esta etapa envolveu a documentação de todo o processo, incluindo os resultados alcançados e sugestões de melhorias para futuras edições do projeto. O relatório final, que serve como base para este artigo, sintetiza as ações desenvolvidas e os impactos gerados.

Para a execução das oficinas, o projeto contou com um aporte financeiro para custear as bolsas das alunas de graduação e para aquisição de alguns materiais para as oficinas. A infraestrutura do IFSUL Câmpus Passo Fundo, incluindo laboratórios de informática, construção civil e engenharia mecânica, foi amplamente utilizada, proporcionando um ambiente de aprendizado rico e diversificado. A Figura 2 mostra um mosaico de fotos das atividades realizadas durante as oficinas no IFSUL Câmpus Passo Fundo.

A avaliação do projeto foi realizada por meio de formulários aplicados às participantes, buscando coletar feedback sobre o impacto das atividades em seu interesse pelas áreas tecnológicas e em sua percepção sobre o papel da mulher na tecnologia. Os resultados dessa avaliação serão detalhados na seção de Resultados. Além disso, reuniões

de avaliação com bolsistas e colaboradores do projeto foram realizadas para analisar os aspectos positivos e negativos da execução e identificar pontos de melhoria para futuras edições.



Figura 2. Registros das oficinas realizadas no Câmpus Passo Fundo

4. Resultados Obtidos com a Implementação do Projeto

A primeira edição do projeto “Meninas na Tecnologia” no IFSUL Câmpus Passo Fundo, realizada entre agosto e dezembro de 2023, proporcionou uma rica experiência de aprendizado e engajamento para as 20 meninas participantes, oriundas da EMEF Etelvina Rocha Duro e da Escola Estadual General Prestes Guimarães. A avaliação do projeto, realizada por meio de formulários e reuniões com a equipe, revelou resultados significativos que corroboram a eficácia da iniciativa em fomentar o interesse feminino em áreas tecnológicas e em promover o empoderamento das participantes.

Um dos principais objetivos do projeto era estimular o interesse das meninas pelas áreas de informática, construção civil e engenharia mecânica. As respostas aos questionários de avaliação indicaram um impacto positivo e notável nesse aspecto.

Para avaliar o impacto do projeto Meninas na Tecnologia, foram aplicadas quatro perguntas fechadas. A primeira pergunta — “Como você avalia as atividades que foram desenvolvidas no âmbito do projeto Meninas na Tecnologia?” — obteve como resposta majoritária a opção “Superou as expectativas”, assinalada por 83,3% das participantes. Apenas uma estudante (16,7%) respondeu que as atividades “Atenderam às expectativas”, e nenhuma avaliou negativamente as ações.

Na questão “Quanto você considera que a participação no projeto influenciou no teu nível de interesse pelas áreas da informática, construção civil e mecânica?”, a opção “Grande influência” foi apontada por 83,3% das participantes. A alternativa “Razoável influência” foi marcada por 16,7%, e nenhuma estudante indicou que o projeto teve pouca ou nenhuma influência.

Em relação ao nível de interesse atual pelas áreas tecnológicas mencionadas, 83,3% das alunas declararam possuir grande interesse, enquanto 16,7% relataram baixo interesse, o que indica uma elevação na atratividade das áreas abordadas.

Por fim, ao serem questionadas sobre quais áreas despertaram interesse após a participação no projeto, todas as estudantes (100%) mencionaram a Informática, sendo que algumas ainda indicaram interesse adicional por Construção Civil e Mecânica. Isso demonstra o potencial da abordagem prática e contextualizada do projeto em ampliar os horizontes profissionais das participantes, sobretudo em áreas com baixa representação feminina.

Com base nas respostas as perguntas abertas, é possível aprofundar a análise do impacto qualitativo do projeto, especialmente em aspectos subjetivos, como autoestima, visão de futuro, percepção de pertencimento e valorização do conhecimento.

Muitas participantes, que inicialmente não demonstravam grande interesse ou conhecimento sobre essas áreas, relataram um aumento significativo de sua curiosidade e desejo de aprender mais. Comentários como *“Eu já gostava e tinha um pequeno interesse sobre as áreas da mecânica, da informática e da engenharia civil, mas depois de ter participado das atividades realizadas pelo projeto, esse interesse cresceu bastante, junto com a curiosidade de conhecer mais sobre cada área”* e *“Na área da informática, na parte em que nós programamos os robôs”* ilustram o sucesso das oficinas práticas em despertar essa paixão. A abordagem “mão na massa”, com a montagem e programação de robôs LEGO e atividades de construção civil, foi fundamental para tornar o aprendizado mais concreto e divertido, desmistificando a complexidade percebida dessas áreas.

Além do fomento ao interesse pelas áreas tecnológicas, o projeto também teve um impacto profundo na vida acadêmica e pessoal das participantes. As meninas relataram que a experiência lhes proporcionou uma nova visão sobre as profissões em tecnologia, ampliando suas perspectivas de futuro. Um depoimento marcante foi: *“Além de todas estas aprendizagens acrescentadas em minha vida, este projeto me deu uma nova visão sobre estas áreas, uma visão mais ampla, onde percebi que posso ser ou fazer qualquer coisa, independentemente por eu ser mulher. Este projeto também me proporcionou uma perspectiva mais sonhadora, pensando no futuro, quais serão os planos para o ensino médio e posteriormente uma faculdade”*. Essa fala ressalta o empoderamento e a quebra de barreiras de gênero que o projeto conseguiu promover, incentivando as participantes a sonharem mais alto e a considerarem carreiras que antes poderiam parecer inatingíveis.

Outros comentários, como *“Elas me mostraram q da pra fazer de tudo com os materiais e medidas certas”* e *“Me influenciou muito em querer aprender mais sobre os assuntos de várias profissões e etc”*, demonstram o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e a ampliação do conhecimento sobre diversas profissões. A experiência de programar robôs e de participar de atividades de construção civil não apenas desenvolveu o raciocínio lógico, mas também fortaleceu a autoconfiança das meninas em suas capacidades.

A avaliação realizada com a equipe do projeto também destacou diversos pontos positivos, incluindo o comprometimento das alunas bolsistas, a motivação das meninas participantes, a receptividade das direções das escolas visitadas e o apoio da gestão do câmpus. O retorno positivo da avaliação realizada com as participantes foi um dos resul-

tados mais encorajadores, confirmando que as atividades despertaram um maior interesse pelas áreas da informática, construção civil e mecânica.

No entanto, alguns desafios também foram identificados, como dificuldades de agenda do transporte do câmpus em relação aos dias previstos no cronograma de encontros e a participação reduzida de meninas em alguns encontros. Essas observações são cruciais para o planejamento de futuras edições, com sugestões de adequação do número de encontros por grupo, previsão de transporte terceirizado e recurso financeiro para o lanche das meninas, visando otimizar a logística e a participação.

Além dos impactos diretos nas participantes, o projeto alcançou outros resultados relevantes como a criação de um logotipo e um perfil no Instagram (@meninas.na.tecnologia) para o projeto, com produção de material para publicação. A Figura 3 apresenta o perfil do Instagram do projeto, destacando a diversidade de publicações que evidenciam as ações desenvolvidas. Além disso, o projeto foi apresentado na Mostra de Extensão do IFSUL. Outro ponto forte foi a aproximação com as escolas do município e do estado, fortalecendo a relação entre o IFSUL e a comunidade. Os desdobramentos possíveis incluem a continuidade do projeto em próximas edições, buscando ampliar o intercâmbio entre o câmpus e as escolas, e melhorar a procura de meninas nos cursos oferecidos.

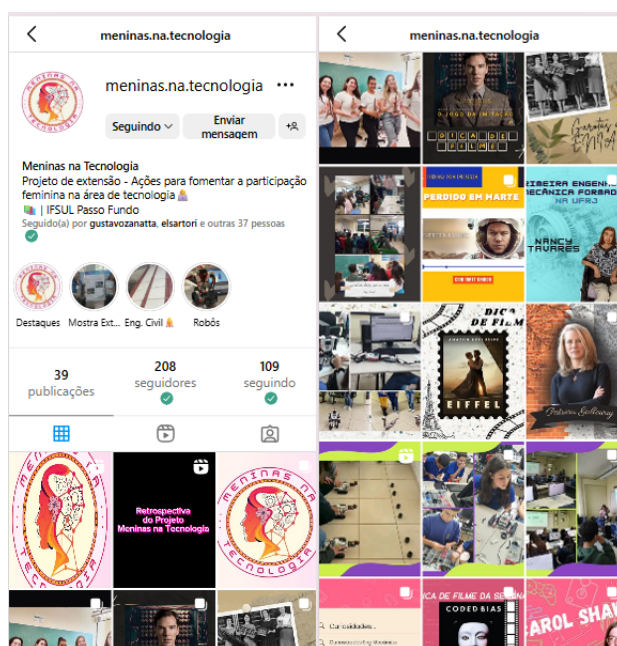


Figura 3. Instagram do projeto (@meninas.na.tecnologia)

5. Considerações Finais

O projeto “Meninas na Tecnologia” evidenciou a importância de iniciativas educativas voltadas à promoção da equidade de gênero no acesso à ciência e à tecnologia. Por meio de oficinas práticas, um ambiente acolhedor e a presença de referências femininas inspiradoras, foi possível despertar o interesse de alunas por áreas historicamente marcadas pela predominância masculina.

As ações desenvolvidas também fortaleceram o vínculo entre o Campus IFSUL Câmpus Passo Fundo e as escolas parceiras, proporcionando às estudantes uma rica variedade de experiências de aprendizagem que contribuíram para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais. Além disso, acredita-se que o projeto tenha desempenhado um papel significativo no fortalecimento da autoestima e da autoconfiança das alunas, ao promover reflexões sobre seus direitos como mulheres em qualquer ambiente profissional e ressaltar a importância de sua presença e contribuição na sociedade.

Os resultados demonstram não apenas o impacto positivo na motivação das participantes, mas também a relevância da continuidade e ampliação do projeto para outras escolas e níveis de ensino, como estratégia para garantir um futuro mais justo e inclusivo no campo tecnológico.

Referências

- Araújo, A. and Moro, M. M. (2022). Mulheres digitais: Desafios (a serem) vencidos na academia para equidade de fato. *Revista de Educação Pública*, 31.
- da Costa Rodrigues, L. L. G., do Nascimento, E. L. M., Márquez, L. A. M., and Aguilar, T. P. L. (2021). Do presente ao futuro: a mulher na ciência brasileira. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, 7(21):36–52.
- de Lima, W. G., Maciano, G. D., dos Santos, A. F., Pereira, L. R. R., Magalhães, H. C. D., Sassi, S. B., Maciel, C., and dos Santos Nunes, E. P. (2023). Por mais mulheres na ciência e na tecnologia: ação formativa com abordagem steam na educação básica. In *Women in Information Technology (WIT)*, pages 239–250. SBC.
- IBGE (2022). Quantidade de homens e mulheres. Página no portal Educa – Jovens. Acesso em: 04 abr. 2023.
- Junges, D. d. L. V., da Rosa, L. P., and Grocinotti, V. G. (2022). Projetos de incentivo e permanência de mulheres em áreas da stem. *Revista de Estudos em Educação e Diversidade-REED*, 3(9):1–18.
- Lima, D. C. and Oliveira, T. (2021). Negras in tech: Apropriação de tecnologias por mulheres negras como estratégias de resistência. *Cadernos pagu*, page e205906.
- Milson, A. L. S., Laboissiere, L. M., Ferreira, M. D., Cardoso, R., and Brandao, M. A. (2021). Relato de projeto para disseminação e apoio à participação de mulheres em áreas da ciência. In *Women in Information Technology (WIT)*, pages 350–354. SBC.
- ONU (2023). Objetivos de desenvolvimento sustentável. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- UNESCO (2020). Relatório de monitoramento global da educação 2020: Uma nova geração: 25 anos de esforços pela igualdade de gênero na educação. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375599/PDF/375599por.pdf.multi>. Acesso em: 04 abr. 2023.

Promovendo o Interesse e a Permanência de Mulheres na TI

Jéssica Regina Di Domênico*

Anubis Graciela de Moraes Rossetto†

Abstract

Women currently represent approximately 15% of enrollments in undergraduate Information Technology (IT) courses. This low participation rate, both in academic training and in the labor market, underscores the urgent need for coordinated actions among governmental, academic, and corporate sectors to address gender imbalance in the field. If current trends persist, a scenario of progressive exclusion of women from technology-related areas is likely. This article aims to investigate the causes of low female representation in IT and to propose strategies to encourage women's training in the field, particularly in higher education. To achieve this, the study employed a methodology that includes a literature review and a descriptive quantitative-qualitative approach, supported by data collection instruments. The development of the proposed activities and the analysis of participants' perceptions revealed the potential of such actions to attract women to the field. Nevertheless, initiatives focused on promoting gender equality and empowering women and girls in technology remain scarce.

Key-words: Women in IT. Gender Equality in IT. Low Female Participation in IT.

Resumo

Atualmente, as mulheres representam aproximadamente 15% das matrículas nos cursos de graduação na área de Tecnologia da Informação (TI). Esse índice reduzido, tanto na formação acadêmica quanto na inserção no mercado de trabalho, evidencia a necessidade urgente de ações articuladas entre os setores governamental, acadêmico e corporativo para enfrentar o desequilíbrio de gênero nesse campo. Caso os atuais níveis de participação se mantenham, projeta-se um cenário de exclusão progressiva das mulheres nas áreas tecnológicas. Este artigo tem como objetivo investigar as causas da baixa representatividade feminina na TI e propor estratégias que estimulem a formação de mulheres na área, especialmente no ensino superior. Para isso, adotou-se uma metodologia composta por revisão bibliográfica e pesquisa quanti-qualitativa

*Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo - jessica.dido@hotmail.com

†Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo - anubisrossetto@ifsul.edu.br

com abordagem descritiva, por meio da aplicação de instrumentos de coleta de dados. A partir do desenvolvimento das atividades propostas e da análise das percepções das alunas participantes, constatou-se o potencial das ações para atrair mulheres à área. Ainda assim, as iniciativas voltadas à promoção da igualdade de gênero e ao empoderamento de mulheres e meninas no campo da tecnologia continuam escassas.

Palavras-chave: Mulheres na TI. Igualdade de gênero na TI. Baixa participação feminina na TI.

Introdução

Desde a década de 1980, diversos estudos têm se dedicado à relação entre gênero, tecnologia e trabalho, com o objetivo de compreender as causas da baixa participação feminina nas áreas tecnológicas. Essas pesquisas geralmente se fundamentam em três eixos principais: as discussões sobre a divisão sexual do trabalho e o patriarcado; o debate sobre a socialização infantil, que reforça papéis de gênero a partir dos modelos observados na sociedade; e a exclusão histórica das mulheres do acesso à ciência e à tecnologia. Através desses estudos foi possível demonstrar que a identidade entre tecnologia e masculinidade é histórica e socialmente construída. Além disso, ela também possui um mecanismo de continuação dessa relação, demonstrado na pesquisa de [Castro \(2012\)](#), visto que os homens entrevistados diziam possuir inclinação natural à TI, devido à preferência às ciências exatas e jogos de videogame, enquanto as mulheres justificavam a escolha devido a influência de pais ou irmãos, ou fugindo do universo feminino como justificativa.

Em pesquisa realizada por [Pereira et al. \(2020\)](#), no Instituto Federal de Minas Gerais, de 2007 até o primeiro semestre de 2020 percebeu-se que desde o início do curso o número de mulheres matriculadas era inferior ao de homens. No período analisado pelo autor o número de ingressantes mulheres nos cursos da área de tecnologia foi de 14,25%. No quesito desistência do curso o número é de 47,13%, resultando numa média de 17 alunos evadidos, destes 51,38% são mulheres. Ainda referente ao período analisado pelo autor, 16 alunas colaram grau (29,36%) e 32 (59,26%) desistiram do curso. Em 2020, o total de mulheres ingressantes no curso foi de 11,73%.

No Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) Câmpus Passo Fundo, também se observa uma participação significativamente menor de mulheres nos cursos da área de tecnologia, tanto no nível técnico quanto na graduação. De acordo com dados fornecidos pela Coordenação de Registros Acadêmicos (CORAC), no período de 2020 ao primeiro semestre de 2022, o percentual de ingressantes do sexo feminino no curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática (TMSI) foi de 19,44% em 2020 e 27,27% em 2021. Já no curso de Ciência da Computação (CC), os índices foram de 28,33% em 2020 e 25,49% em 2021, evidenciando a persistência da desigualdade de gênero também no contexto local.

Em relação às desistências no curso de CC, no ano de 2020 foram registrados 18 casos, dos quais seis foram de mulheres, representando 33,33%. Já em 2021, o número total de evasões foi de 20, sendo cinco delas de alunas, o que corresponde a 25%. Considerando o total de 30 mulheres ingressantes nos anos de 2020 e 2021, observa-se que 36,66% já abandonaram o curso. No curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática (TMSI), em 2020 houve 26 desistências, das quais cinco foram de mulheres (19,26%). Nesse mesmo ano, apenas três estudantes concluíram o curso, sendo duas delas mulheres. Em 2021, o índice de evasão foi ainda mais elevado, atingindo 77,27%, e, entre esses casos, 35,29% referem-se a alunas. Destaca-se, ainda, que nesse ano todas as mulheres ingressantes no

curso de TMSI desistiram.

Ainda nesse contexto, segundo [Mochetti et al. \(2016\)](#) em pesquisa realizada no Instituto de Computação (IC) da Universidade Federal Fluminense, percebeu-se uma queda, no número que já era pequeno, de mulheres ingressas do curso. Dos mais de 3000 (três mil) alunos do IC nos períodos de 1985 a 2015, apenas 16% eram mulheres, tendo tido o menor número em 2008 com apenas uma mulher ingressando no curso. Em outra pesquisa realizada por [Amaral et al. \(2017\)](#), constatou-se que no curso de Bacharel em Sistemas de Informação de uma universidade pública, desde seu início em 2009 até 2014, o ingresso de mulheres representa em média apenas 15,71% do total de ingressantes.

Segundo dados do [IBGE \(2021\)](#), em 2019 mulheres representavam 13,3% das matrículas presenciais em cursos na área de Computação e Tecnologias da Informação e Comunicação. Sendo que a média de 2008 a 2018 desse número era 15% ([INEP, 2019](#)), demonstrando, assim, a queda da porcentagem que repercute também no mercado de trabalho. Além do fato de mulheres serem minoria no mercado de trabalho da área, representando apenas 33,4% em atividades dos serviços de TI, dados mostram que elas recebem, em média, um salário 40% menor em posições semelhantes aos homens ([Pires et al., 2021](#)).

Com relação ao mercado de trabalho, segundo levantamento da Softex a presença feminina em cargos operacionais e cargos de chefia na área da tecnologia vem diminuindo desde o ano de 2007. Além disso, o mesmo levantamento informou que em todas as ocupações nessa área, mulheres recebem salários inferiores aos homens, chegando a uma diferença de 11,05% em 2017 ([Softex, 2022](#)).

Empresas como Meta, Amazon e Apple vem implementando medidas para contratar mais mulheres e minorias, mas ainda assim estas representam apenas 23%, 23% e 27% dos cargos técnicos, respectivamente, nessas empresas. O ingresso de novos talentos na área não tem sido suficiente para reverter a segregação ocupacional de gênero; ao contrário, tende a perpetuar esse cenário. De acordo com o [World Economic Forum \(2021\)](#), estima-se que serão necessários 135 anos para que a lacuna de gênero seja totalmente superada em âmbito global. Além disso, startups relacionadas a ciência e tecnologia lideradas por mulheres tem menos probabilidade de acessar financiamentos. As mulheres na academia também receberam menos financiamentos, mesmo sendo duas vezes mais produtivas ([Softex, 2022](#)).

Devido a esses baixos números de mulheres tanto em cursos de graduação na área das ciências e tecnologia, quanto no mercado de trabalho, faz-se necessário o incentivo de mulheres e meninas na ciência para conseguir alcançar a equidade entre os gêneros em campos científicos e, para isso, o incentivo deve acontecer desde o ensino básico ([Silva, 2022](#)).

Diante desse cenário, surge a seguinte problemática: por que o número de mulheres matriculadas em cursos de graduação na área de Tecnologia da Informação é significativamente inferior ao de homens? Parte-se da hipótese de que a escassez de incentivo adequado contribui para esse desequilíbrio e que, com ações efetivas de estímulo, é possível ampliar a participação feminina nesses cursos. Assim, o objetivo geral deste trabalho é investigar os fatores que contribuem para a baixa procura por parte das mulheres nos cursos da área de tecnologia e propor estratégias que promovam sua formação e permanência na graduação em TI.

Neste trabalho, foi realizada uma investigação sobre a baixa representatividade feminina na área da Tecnologia da Informação (TI), com foco especial na formação em

nível superior. Para isso, foram desenvolvidas ações com dois públicos distintos: meninas do 9º ano do ensino fundamental de uma escola pública e alunas do curso de Ciência da Computação do IFSUL Câmpus Passo Fundo. No primeiro grupo, buscaram-se estratégias para despertar o interesse pela área, por meio de oficinas práticas com robótica educacional. No segundo, as ações visaram à permanência das estudantes na graduação, por meio de questionários e rodas de conversa que abordaram dificuldades enfrentadas, motivos de possível evasão e sugestões de acolhimento. A partir da aplicação dos instrumentos de coleta de dados e da análise das percepções das participantes, foi possível avaliar o impacto das ações propostas e discutir caminhos para a promoção da equidade de gênero na TI.

Este documento está organizado da seguinte forma: a [seção 1](#) apresenta o contexto das mulheres na TI; a [seção 2](#) detalha outros projetos de incentivo para atrair mais mulheres para a área. Na [seção 3](#) aborda-se a metodologia de pesquisa implementada, a [seção 4](#) apresenta as atividades desenvolvidas e a [seção 5](#) contém os resultados obtidos. Por fim, estão as considerações finais.

1 Contexto das mulheres na área de TI

Historicamente mulheres estão presentes no mercado de trabalho com dificuldades, em condições precárias e com baixos salários. Através da educação foi possível notar uma emancipação das mulheres, possibilitando que estas conquistassem mais espaços e funções que antes eram apenas masculinas. Contudo, mesmo estando mais presentes nesses ambientes as mulheres ainda sofrem com diferenciação salarial, intimidação física, desqualificação intelectual, e, até mesmo, assédio sexual ([Pereira et al., 2020](#)).

Na pesquisa realizada por [Castro \(2012\)](#), percebeu-se que o distanciamento das mulheres com a área de TI nem sempre foi assim, visto que quatro entrevistadas da década de 1970 declararam ser a maioria nas salas de aula. A autora menciona que o acionamento do gênero em relação à tecnologia é construído e, no caso das mulheres, usado para afastá-las de uma associação com o universo masculino traduzido pelo uso ou domínio daqueles artefatos. Ainda, a autora enfatiza em sua tese que através dos depoimentos foi possível notar como as mulheres foram se apartando da área da computação conforme ela foi se tornando central para a dinâmica da economia.

[Castro \(2012\)](#) ainda argumenta que existem uma série de processos e elementos que confluem para que se possa explicar a grande diferença numérica existentes entre homens e mulheres no setor. Sendo estas, a associação da tecnologia com o universo masculino, que se trata de um processo histórico e socialmente construído que vem sendo reproduzido e incorporado pelos indivíduos nos processos de socialização escolar e familiar. E, também, o reconhecimento da TI como área dinamizadora da economia mundial a fez ser vista com prestígio e poder, atraindo os antes desinteressados homens a um campo profissional de reconhecida relevância e excluindo as mulheres.

Outro ponto apontado na pesquisa de [Castro \(2012\)](#) diz respeito às características femininas: mulheres apagam o que são consideradas *características femininas* para poderem provar sua capacidade técnica. O apagamento da imagem feminina tem a finalidade de impor respeito ao trabalho por ela realizado sem lembrar aos demais colegas, o tempo todo, a qual gênero ela pertence. Por fim, a pesquisa ainda relata que o medo da discriminação foi um dos fatores mais citado pelas entrevistadas, devido a associação socialmente construída entre masculinidade e tecnologia. Outro fator ressaltado foi o fato de colegas de equipe e clientes, duvidarem constantemente de suas capacidades técnicas. Esses fatores levaram

muitas das mulheres a construir estratégias para justificar seu interesse e presença no setor de TI: desde o apagamento do gênero, como maneira de se tornarem “apenas mais um entre os caras” e evitar o assédio; até o uso de elementos associados ao universo feminino como maneira de se empoderarem.

A inserção da mulher nas áreas da tecnologia deve ser observada desde o processo escolar em todas as suas fases, até a inserção no mercado de trabalho. Existem diversas pesquisas sobre a inserção de mulheres nas áreas da tecnologia e, também, sobre maneiras de incentivar meninas a ingressarem em cursos dessa área. As pesquisas analisadas no presente trabalho ocorreram desde a trajetória escolar até o ingresso no mercado de trabalho e demonstraram diferentes perspectivas, como barreiras que impedem meninas a continuarem nas áreas exatas (Aires et al., 2018), divulgação da área da Computação (Mochetti et al., 2016) e mapear o trajeto de alunas ingressantes no curso de Sistemas de Informação, investigando questões de gênero (Amaral et al., 2017).

O primeiro aspecto analisado nas pesquisas foi com relação ao desempenho escolar das mulheres. Na pesquisa de Pereira et al. (2020) foram verificados os índices de aprovação em determinadas matérias, tais como Álgebra Linear e Física, Estruturas de Dados, Orientação a Objetos e outras. Foram analisados os históricos de 15 mulheres e 114 homens, foi analisada a aprovação na disciplina e a média IRA (rendimento final obtido pelo aluno em relação às matérias concluídas). Assim, percebe-se que a média do rendimento acadêmico das alunas é superior ao dos alunos, sendo, respectivamente, 65,3% e 57,2%. Além disso, as alunas conseguiram maior aprovação ao realizar a matéria uma única vez em cinco das sete matérias analisadas. Esses dados também foram obtidos em pesquisa realizada por Amaral et al. (2017) onde demonstrou que das cinco alunas da turma que foi pesquisada, todas se formaram com coeficiente de rendimento superior a média e que, dos sete maiores coeficientes da turma, cinco pertencem às alunas. Através da análise dessas duas pesquisas supracitadas pode-se notar que as mulheres obtiveram excelentes coeficientes de rendimento e mostraram-se capazes, inclusive, obtiveram rendimentos acadêmicos superiores ao dos homens.

Outro aspecto analisado nas pesquisas foi quanto a motivação da escolha do curso, o autor Pereira et al. (2020) aplicou um questionário respondido por 37 das 42 alunas matriculadas em 2020 nos cursos Técnico em Informática e Ciência da Computação, sobre o principal motivo para escolha do curso notou-se que 82,35% responderam possuir interesse na área e 29,41% foram influenciadas por conhecidos que trabalham ou estudam na área. Já sobre experiências anteriores na área, 35,3% relataram nenhuma experiência anterior e 23,5% realizam cursos de informática básica, porém a grande maioria, 45,2%, já haviam realizado cursos técnicos. Observações semelhantes podem ser notadas em pesquisa realizada por Amaral et al. (2017), nenhuma das participantes havia tido contato com conceitos de Computação na escola, mas foram influenciadas por exemplos de pessoas próximas que atuam na área de Informática, sendo a principal motivação o amplo mercado de trabalho.

Na análise de pesquisas realizadas sobre afinidade/facilidade nas matérias 82,35% responderam possuir facilidade em Cálculo, 35,30% em Física e 82,35% em Programação. Com relação a gostar de jogos eletrônicos 58,82% responderam que sim, este último tópico muitas vezes é indicativo, para o sexo masculino, em relação ao interesse em realizar cursos na área da tecnologia (Pereira et al., 2020). Quanto a pesquisa de Amaral et al. (2017) as alunas relataram que as disciplinas de programação estão entre as favoritas. Nas respostas livres, notou-se que as alunas gostam do curso, algumas responderam que não tinham noção

do tipo de conteúdo do curso, se surpreenderam com a possibilidade de aplicar a computação em qualquer outra área do conhecimento, a dificuldade em determinadas matérias e o sentimento de isolamento no meio de tantos homens, foram citados como motivos para desistência, mas no geral consideraram o curso mais acolhedor do que pensavam ([Amaral et al., 2017](#)).

Com relação a ter passado por situações de discriminação, todas as alunas entrevistadas confirmaram já ter vivenciado situações discriminatórias, tanto pelo corpo docente masculino quanto por profissionais de recrutamento. Pelo relato das alunas, ainda notou-se que comentários indiretos causaram falta de autoconfiança, mesmo elas possuindo um melhor desempenho no curso ([Amaral et al., 2017](#)). Esta conclusão também foi obtida por [Pereira et al. \(2020\)](#) relatando que as meninas se cobram demais para manter as médias altas, que a desestabilidade emocional e a timidez contribuem para a desistência, principalmente em cursos técnicos, que o baixo número de mulheres na área não está relacionado pela falta de conhecimento ou dificuldades nas disciplinas, mas sim pela falta de incentivo, tanto no âmbito familiar como no social, também devido ao machismo enfrentado, visto que é um ambiente majoritariamente masculino, e a falta de conhecimento acerca de figuras femininas atuantes ou que já atuaram na área.

2 Iniciativas de Incentivo

O baixo índice de mulheres na área de STEM (Science, Technology, Engineering and Math - Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) é uma preocupação mundial, visto que existem diversos projetos para mudar essa realidade. Na sequência descrevem-se alguns desses projetos, tanto nacionais como internacionais. Um deles é o “IF(meninas){nas exatas}”. Esse é um projeto do Instituto Federal de São Paulo do Câmpus Bragança Paulista, iniciado em 2017, com muitas ações, sendo uma delas a oferta de cursos de Computação criativa para o Ensino Fundamental em modalidade EAD. Outra frente do projeto é a mentoria para o desafio Technovation Girls, que será melhor detalhado na sequência. Em 2021 o projeto conseguiu quatro equipes semifinalistas no desafio ([IFSP, 2021](#)).

O Technovation Girls também se classifica como uma iniciativa de incentivo a trazer mais mulheres para área da tecnologia, visto que desafia times de garotas ao redor do mundo a resolver problemas reais por meio da tecnologia. Alguns dos temas propostos foram auxílio para pacientes com alzheimer, violência doméstica, mudanças climáticas, impacto da COVID-19, entre outros. Um ponto importante do projeto é que muitos times se inscrevem mesmo sem ter experiência prévia na área de tecnologia, pois eles ensinam a desenvolver aplicativos móveis para a resolução dos problemas ([Technovation, 2022](#)).

O projeto também anunciou uma nova modalidade de desafio para meninas de oito anos e uma nova opção de tecnologia, os times podem optar por desenvolver soluções com inteligência artificial ou aplicativos móveis. Segundo dados do projeto, desde 2010 mais de 34.000 garotas de mais de 100 países já participaram, tendo criado aplicativos para resolver problemas comunitários. Ainda, após a participação no projeto 58% dos participantes se matriculam em cursos de Ciência da Computação, e 76% buscam uma graduação na área de STEM ([Technovation, 2022](#)).

Outro projeto em nível nacional é o “Meninas na Ciência: ampliando espaços e abrindo caminhos para as mulheres” do Instituto Federal de São Paulo do Câmpus São Miguel Paulista. Esse projeto visa apresentar às meninas as áreas de Ciência e Tecnologia

como possibilidade de carreira. Assim, realizam encontros com estudantes do ensino médio de escolas públicas, aproximando-as da ciência, construindo espaços e mostrando a graduação como uma possibilidade dentro do espaço escolar (IFSP, 2021).

Já no Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Votuporanga existe o projeto “<Meninas>@{Code Clube Votuporanga}==> Computação, Games, Programação e Robótica para Meninas //e Meninos” visando promover uma maior presença feminina na área de exatas através da introdução de conceitos de lógica de programação e raciocínio lógico por meio de cursos para crianças do ensino fundamental e médio (IFSP, 2021).

Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) existe o projeto “Meninas na Ciência”, visando incentivar mulheres a ingressarem nos cursos de exatas e tecnológicas e, também, motiva aquelas que já estão em graduações na área a persistirem na carreira. O projeto forma alunos de graduação para difundirem ciência e tecnologia por meio da astronomia, física e robótica para meninas de escolas públicas de Porto Alegre. São realizadas palestras, visitas às dependências da universidade, entre outras atividades. Além disso, conforme a Coordenadora do curso, buscam mostrar o papel das mulheres que é historicamente apagado, como exemplo tem-se Emmy Noether que desenvolveu o teorema de Noether, base das simetrias em física, e as pessoas acreditam que Noether foi um homem (Kunze, 2019).

Heroic Journeys, é um projeto internacional que envolve dois laboratórios brasileiros (Ludes e o Laboratório do Futuro) e o Departamento de matemática do Instituto Superior Técnico de Portugal, e é parte do FOSTWOM (2022) (projeto financiado pela Comissão Europeia que visa promover o acesso de mulheres na STEM). Visa promover um acesso total e igualitário de mulheres na STEM, aumentando o número de mulheres em graduações nas áreas de ciência e tecnologia. O objetivo não é apenas abordar o tema, mas desenvolver uma proposta prática que consiste num Toolkit e desenvolvimento de MOOCS (Massive Open Online Courses) livres de estereótipos de habilidades de gênero (Costa et al., 2022).

3 Metodologia

Nesta seção são abordados os procedimentos e métodos implantados com o objetivo de fomentar uma maior participação feminina na área de TI, tanto em nível de ingresso nos cursos de graduação da área, como na permanência nesses cursos. Portanto, a metodologia que será descrita na sequência refere-se a uma pesquisa quantitativa, visto que preocupa-se com a representatividade numérica, com a medição objetiva e quantificação dos resultados. Mas também, refere-se a uma pesquisa qualitativa, visto que importa-se com a opinião e realidade dos sujeitos envolvidos na pesquisa. Configurando, assim, uma pesquisa quantiquali com método descritivo. Foram utilizadas, também, técnicas de coleta de dados, como o questionário e rodas de conversa (Zanella, 2013).

Foram desenvolvidas atividades com dois grupos de meninas, sendo o Grupo 1 composto pelas meninas do nono ano do ensino fundamental da Escola Municipal Zeferino Demetrio Costi, e o Grupo 2 pelas meninas da graduação do curso de Ciência da Computação do IFSUL Câmpus Passo Fundo. As abordagens do Grupo 1 tiveram como objetivo o desenvolvimento do interesse pela área e, a abordagem do Grupo 2 teve como objetivo a permanência destas no curso.

Assim, com relação as atividades do Grupo 1, foram planejados três encontros com o objetivo de apresentar informações sobre a área, tanto do meio acadêmico, como do mercado de trabalho, além de possíveis áreas de atuação. Dentre esses encontros, foram

planejadas as atividades a serem desenvolvidas de forma prática com a utilização dos Robôs de Lego disponíveis no IFSUL Câmpus Passo Fundo. Além disso, foi elaborado um questionário para aplicação após o término da primeira oficina, com perguntas baseadas nas pesquisas analisadas no referencial teórico.

Com relação ao Grupo 2, foi realizado um encontro virtual, buscando despertar um maior pertencimento a área, com relatos de casos de mulheres que se destacam na sua atuação profissional ou acadêmica. Foi elaborado um questionário com o objetivo de averiguar eventuais dificuldades que elas passam, motivos que podem levar a desistência do curso e sugestões de atividades que gostariam de ter vivenciado para aumentar o interesse de permanecer no curso. Assim, na metodologia considerou-se a aplicação de um questionário e posteriormente uma roda de conversa com as meninas.

4 Desenvolvimento das Atividades

Primeiramente serão relatadas as atividades desenvolvidas com o Grupo 1, de nível fundamental. No primeiro encontro foi realizada uma visita à Escola Municipal Zeferino Demetrio Costi pelo turno da tarde, e uma conversa com todos os alunos e as alunas do 9º ano. Nessa conversa, foi explicado sobre a área de TI em geral, cursos disponíveis, mercado de trabalho e oportunidades, bem como informações sobre o Ensino Médio Integrado do IFSUL Câmpus Passo Fundo. Por fim, foi feito um convite às meninas da turma para participarem de oficinas de programação em blocos.

O segundo encontro ocorreu no IFSUL Câmpus Passo Fundo. Nesse encontro participaram todas as meninas da turma (dez) que aceitaram o convite no encontro anterior. Na primeira oficina foi realizada a montagem e programação dos Robôs Lego utilizando programação em blocos, através da plataforma *LEGO MINDSTORMS Education EV3 Classroom - 1.5.3*. Foram realizadas três lições dessa plataforma: “Olá Mundo - Criando seu Primeiro Programa”, “Motores e Sensores - Controlando Entrada e Saídas” e “Mova-se - Construindo uma Base Motriz” com algumas adaptações.

Figura 1 – Bloco EV3

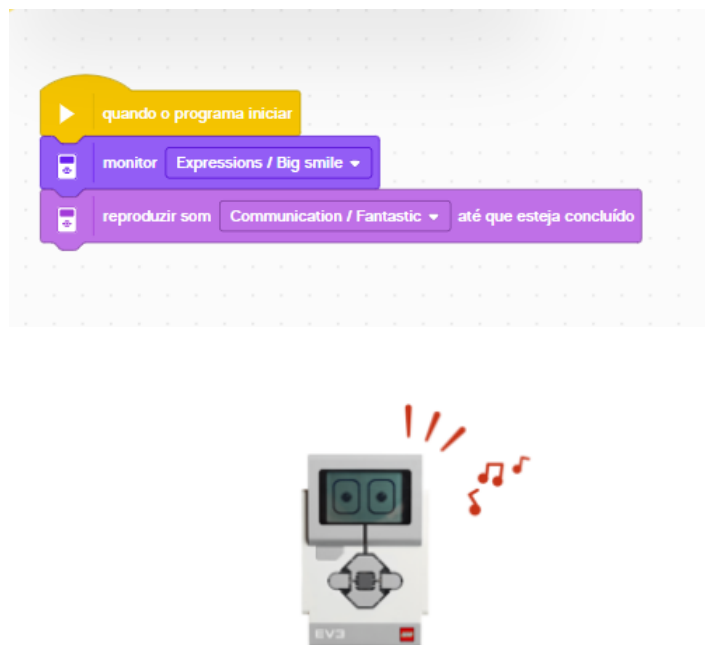


Fonte: (LEGO, 2022a)

Para trabalhar com os Robôs Lego as meninas formaram duplas devido ao limite de kits disponíveis no IFSUL Câmpus Passo Fundo. Na primeira lição foi realizada a configuração inicial do Bloco EV3, [Figura 1](#), onde são baixados os programas e executados os comandos do Robô Lego. Nessa primeira configuração é realizada uma programação em blocos para quando o programa iniciar aparecer uma expressão no monitor do Bloco EV3

e, por fim, ser reproduzido um som, conforme [Figura 2](#). Tanto as expressões como os sons e o nome do Bloco EV3 foram escolhidos por cada dupla.

Figura 2 – Exemplo de programação em bloco e o resultado no Bloco EV3



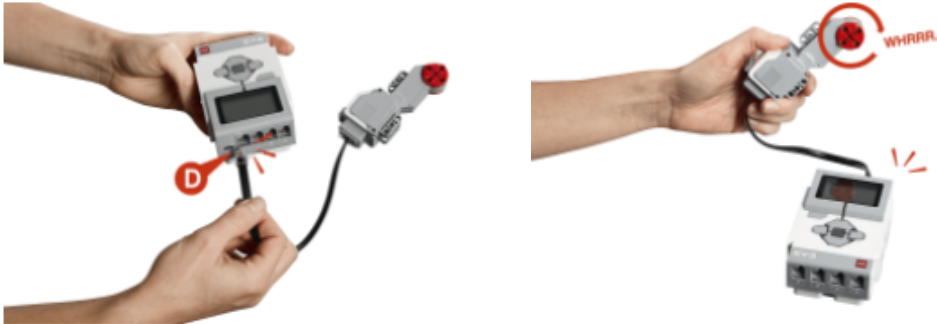
Fonte: ([LEGO, 2022a](#))

A segunda lição é para descobrir as possíveis entradas e saídas. Para tanto, são conectados no Bloco EV3 um *Motor Grande*, um *Sensor de Toque* e um *Sensor de Cor*, cada um desses é ligado no Bloco EV3 em uma entrada rotulada com as letras A, B, C ou D. Na primeira etapa desta lição foi utilizado o Motor Grande e executou-se um programa que ao iniciar pegou a entrada selecionada (D) e executou no sentido horário por cinco rotações, conforme [Figura 3](#). Após, mudou-se o bloco final da programação para sentido anti-horário por três segundos, no intuito de visualizar na prática as modificações do código.

Na sequência foi conectado o Sensor de Toque na Porta 1, mantendo-se o Motor Grande na Porta D. O programa executado foi: quando o Sensor conectado na Porta 1 fosse pressionado, o motor da Porta D executaria uma rotação em sentido horário, conforme [Figura 4](#). Por fim, foi conectado o Sensor de Cor à Porta 4 e mantido o Motor Grande na Porta D. O programa executado foi o seguinte: quando o Sensor da Porta 4 detectasse a cor preta o Motor da Porta D executaria rotações em sentido anti-horário por três segundos, conforme exemplo demonstrado pela [Figura 5](#).

Através dessas atividades as meninas puderam aprender como uma programação em blocos funciona, bem como perceber na prática como o código que elas modificavam afetava o comportamento dos Sensores e Motor e, também, como o Bloco EV3 obedecia ao que elas escreviam via programação em blocos e executavam nele. Resumidamente, puderam compreender na prática e visualizando através dos Sensores como a programação funciona. Após esse momento inicial de descobrir o Robô, a programação em blocos e suas

Figura 3 – Conexão e Funcionamento do Motor Grande



Fonte: (LEGO, 2022a)

Figura 4 – Programação em blocos e Funcionamento do Sensor de Toque



Fonte: (LEGO, 2022a)

funcionalidades, foi realizada a montagem do Robô *Base Motriz*, [Figura 6](#), com algumas adaptações.

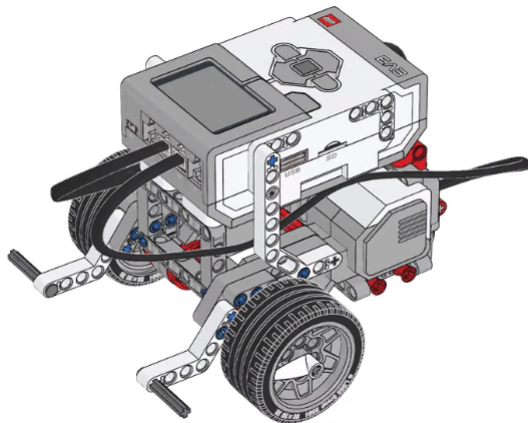
Por fim, após a montagem do Robô Base Motriz, as meninas puderam colocar em prática as lições aprendidas nas etapas anteriores, conforme [Figura 7](#). Assim, elas realizaram a programação do Robô para que através dos Motores Grandes pudesse se locomover. Foi criado um circuito em forma de retângulo, onde o Robô deveria iniciar em um determinado ponto, realizar uma volta e terminar nesse mesmo ponto. Ficando livre para que elas escolhessem expressões e sons de início e fim do programa, concluindo-se, assim, o segundo encontro de atividades. Por fim, elas responderam um questionário com

Figura 5 – Funcionamento do Sensor de Cor



Fonte: (LEGO, 2022a)

Figura 6 – Robô Base Motriz



Fonte: (LEGO, 2022a)

perguntas sobre a experiência vivida na oficina, bem como, sobre as informações recebidas no primeiro encontro.

No terceiro e último encontro com o Grupo 1 foi utilizada a ferramenta *LEGO MINDSTORMS Home - 1.5.0*. Foi montado e programado o Robô *TRACK3R*. Esse robô possui um Sensor Detector de Objetos, por isso na primeira parte do encontro foram programados códigos para que o Robô quando estivesse a menos de 15 cm de um objeto emitisse um som. Depois, foi montado o *TRACK3R 01* que possui uma hélice giratória na frente, [Figura 8](#), e nas mesmas circunstâncias do Robô anterior, além de emitir um som ele deveria girar as hélices. Após, quando ele detectasse um objeto, deveria usar as hélices da frente e remover esse obstáculo do caminho. Por fim, foi montado o *TRACK3R 02* modificando apenas a frente do robô que ao invés de hélices possui um arremessador

Figura 7 – Foto de uma das duplas programando o Robô Base Motriz



Fonte: (LEGO, 2022a)

de bolinhas, conforme Figura 9. Com isso, foi programado para que o robô arremessasse bolinhas em pneus no meio da pista. E, assim, foram concluídas as atividades do Grupo 1.

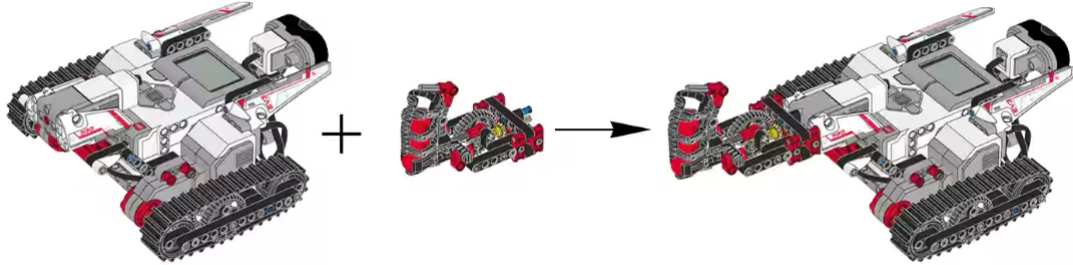
Figura 8 – Robô Track3r 01



Fonte: (LEGO, 2022b)

Com relação ao Grupo 2, das meninas graduandas do Curso Ciência da Computação do IFSUL Câmpus Passo Fundo, foi disponibilizado um link de um Google Forms no servidor do Discord do IFSUL para que quem quisesse participar respondesse com o seu nome e um número de telefone. Foram obtidas 17 respostas e criado um grupo no Whatsapp onde foi enviado o link do questionário do Google Forms com perguntas baseadas nas pesquisas analisadas no referencial teórico, tais como, motivos que podem levar a desistência

Figura 9 – Robô Track3r 02



Fonte: (LEGO, 2022b)

do curso, dificuldades da faculdade, motivo da escolha do curso, mulheres importantes da área, entre outras perguntas. Por fim, aconteceu uma roda de conversa com as meninas que haviam respondido o questionário e três professoras do curso da Ciência da Computação do IFSUL Câmpus Passo Fundo. Nessa roda de conversa, cada professora trouxe um relato de sua carreira acadêmica e dificuldades enfrentadas e as alunas também compartilharam dificuldades, angústias e demais sentimentos sobre o curso e a área de TI em geral.

5 Resultados

Com relação aos resultados obtidos com o Grupo 1, as dez meninas que participaram das oficinas responderam o questionário que continha cinco perguntas, sendo três optativas e duas descritivas. A primeira era sobre o contato com jogos e todas responderam possuir o costume de jogar algum tipo de jogo eletrônico, seja em videogames, computador ou celular. A segunda pergunta era se elas já haviam tido contato com a área de informática e 60% responderam que sim. Quanto ao interesse em realizar uma graduação ou curso técnico na área de Informática 80% responderam sim.

Quanto às questões descritivas a primeira era se elas consideravam que os dois primeiros encontros tinham afetado a opinião delas sobre a área de TI, e todas responderam que sim. Algumas justificativas foram as seguintes: “Sim, fez eu ter curiosidade sobre o conteúdo e como montar os robôs.”, “Sim. Quando discutimos sobre algo que não temos o costume de dialogar no dia a dia, passamos a nos interessarmos mais, e o foi o que aconteceu. Descobri algumas curiosidades que me trouxeram mais interesse na área da informática, além da participação no projeto que foi extremamente legal.”, “Acredito que sim, antes eu não via como uma opção de trabalho/estudo. Mas agora percebo que essa área é muito mais ampla, e oferece várias oportunidades.” e “Sim, acho que mudou a forma que eu via a informática e que não precisa ser super bom, pois é normal errar”.

Por fim, a última pergunta descritiva era um espaço para deixar comentários ou sugestões, essa pergunta foi respondida por cinco meninas e todas elas usaram o espaço para dizer que gostaram muito da oficina. Algumas respostas foram: “gostei muito de aprender um pouco sobre programação foi muito divertido e espero aprender mais” e

“Achei a aula bem divertida e educativa, me ensinou bastante coisa que eu não sabia sobre informática”. Além disso, das meninas que participaram das oficinas, 60% se inscreveram no processo de seleção do IFSUL Câmpus Passo Fundo, no ensino médio integrado - Técnico em Informática.

Quanto aos resultados obtidos pelo Grupo 2, o questionário teve um total de 11 respostas de todos os semestres com exceção do segundo, eram dez perguntas e um espaço livre para comentários e sugestões. A primeira pergunta era sobre o motivo da escolha do curso Ciência da Computação e as respostas foram diversas, dentre elas a afinidade por jogos eletrônicos (18,18%), o crescimento do mercado de trabalho (36,36%), o contato anterior com a área ou com programação através de cursos técnicos (27,27%) e outros (18,18%) como curiosidade, cultura nerd ou inteligência artificial.

Em relação a possuir contato anterior com a área da informática 54,5% respondeu não. Perguntou-se, também, se elas conheciam alguma mulher importante da área, 18,18% respondeu não, a grande maioria (45,45%) respondeu nomes históricos e aprendidos no decorrer da faculdade como Ada Lovelace e Katherine Johnson, tendo apenas uma resposta em que a mulher importante da área era chefe de uma empresa de departamento brasileira.

Com relação a desistência do curso, a grande maioria (72,72%) respondeu já ter pensado em desistir e os motivos relatados foram: a dificuldade do curso agravada por não possuir conhecimentos anteriores na área, sensação de não pertencimento na área e machismo. Já no que diz respeito à maior dificuldade do curso ou da área, as principais respostas foram novamente referentes à falta de pertencimento na área e à necessidade de validação masculina dos seus conhecimentos, bem como a dificuldade de inserção no mercado de trabalho e, ainda, algumas relataram matérias como Cálculo e Algoritmo.

Perguntou-se se elas acreditariam que caso fossem homens teriam mais oportunidades na área e 81,2% respondeu sim. Perguntou-se, também, sobre situações discriminatórias e 54,5% responderam já ter passado por alguma situação discriminatória, tanto na faculdade quanto no mercado de trabalho na área de TI. Por fim, questionou-se se caso houvesse mais colegas mulheres nas turmas elas se sentiriam mais confortáveis no curso e 81,2% respondeu sim.

Por fim, quanto ao espaço para sugestões e comentários, algumas das respostas foram: “Estou em turmas agora em que a maioria é mulher, e vejo muita diferença.”, “Ultimamente por não conseguir estágio, e muitas vezes nem ser respondida, fiquei pensando na possibilidade de estar sendo “deixada de lado” por conta de eu ser uma mulher. Sei que existem muitos preconceitos nessa área e acredito que compartilhar um incômodo atual e ter uma pesquisa voltada para o público feminino é de extrema importância!” e “incentivar mais mulheres a entrar nesse curso seria bom”.

A última atividade realizada com o Grupo 2, foi a roda de conversa. Nesse dia, com a participação das professoras do curso de Ciência da Computação, foi disponibilizado um espaço para conversa sobre os temas que já haviam sido respondidos no questionário e também para discutir necessidades e críticas à área. Os principais problemas relatados na roda de conversa foram que, devido a sociedade machista e por serem minoria no curso, as meninas acabam se cobrando muito com relação a notas, requisitos de vagas de emprego e desempenho em geral. Além disso, todas relataram possuir o sentimento de síndrome do impostor, tanto na faculdade quanto no ambiente de trabalho, relatando que não sentem pertencimento à área; mesmo gostando de TI, acham que estão no lugar errado, não se consideram boas o suficiente ou merecedoras.

A síndrome do Impostor é um transtorno que se caracteriza pela insegurança na própria capacidade, na crença de ser uma fraude e sempre estar prestes a ser descoberta. Isso desencadeia outros sintomas, como ansiedade e angústia (Manzini, 2022). Assim, o transtorno faz com que pessoas capacitadas vejam a si mesmas com uma inferioridade ilusória, percebendo-se como desqualificadas e subestimando as próprias habilidades (Bueno, 2019).

A grande maioria das meninas também relatou não possuir incentivo familiar para ingressar no curso e, ainda, que foram desmotivadas pela família por não considerarem uma área feminina. Outro problema relatado foi a dificuldade de entrosamento com as demais pessoas do curso, visto que, por característica, são pessoas mais introspectivas, menos comunicativas e com poucas amigas.

Devido à esses problemas anteriormente relatados, as meninas disseram que esses foram os principais motivos de terem cogitado desistir do curso, visto que tudo isso gera uma frustração enorme, desencadeando um desânimo com relação ao curso e ao mercado de trabalho. Sobre o tema mercado de trabalho, houve diversos relatos das meninas que não conseguem empregos/estágios na área mesmo enviando diversos currículos e acreditam que isto ocorre pelo fato de serem mulheres. Também teve relatos de meninas que já atuam em empresas e que não recebem nenhuma oferta de emprego, enquanto seus colegas homens, que possuem o mesmo nível que elas, recebem diversas ofertas de emprego diariamente.

Com relação a participação na roda de conversa, todas relataram que gostaram de participar principalmente pelo fato de que puderam perceber não estarem sozinhas, visto que o sentimento das demais meninas participantes era o mesmo. Assim, a fim de minimizar alguns dos problemas citados, chegou-se a conclusão de criar um grupo com essas meninas para divulgação de vagas, para que pudessem se ajudar de uma maneira geral, tanto no curso, quanto em demais questões e, também foram compartilhados perfis de mulheres que atuam na área e são profissionais reconhecidas, para incentivar o pensamento de que é possível o pertencimento de mulheres na área de TI.

6 Considerações Finais

Conforme relatado ao decorrer do presente trabalho, mulheres representam em torno de 15% dos ingressantes em cursos da área de TI e 33,4% do mercado de trabalho na mesma área. Através das pesquisas analisadas nota-se que mulheres possuem excelentes coeficientes de rendimento, possuem afinidade com matérias consideradas como “difíceis” e uma relação prévia com jogos e videogames. Contudo, isso não é o suficiente para que se sintam pertencentes a área de TI, causando, inclusive, que elas se sintam como impostoras, tanto na faculdade, quanto no mercado de trabalho.

Assim, conforme visto anteriormente a inserção da mulher nas áreas da tecnologia deve ser observada desde o processo escolar em todas as suas fases, até a inserção no mercado de trabalho. Pode-se perceber através dos resultados obtidos com o Grupo 1 que o incentivo de meninas em nível fundamental é capaz de gerar o interesse delas pela área, e, inclusive, surtindo efeito, visto que 60% delas se inscreveram no processo seletivo do ensino médio integrado com Informática do IFSUL Câmpus Passo Fundo.

É possível notar, também, o quanto a associação da tecnologia ao masculino, processo histórico e socialmente construído que continua sendo perpetuado, afeta as mulheres que tentam fazer graduação na área de TI, conforme visto nos resultados obtidos pelo Grupo 2. É possível notar a resistência familiar a área, por considerar uma área

masculina, bem como a dificuldade das meninas em se sentirem parte do curso, sendo que estes aspectos influenciam em considerar a desistência do curso. Além disso, desencadeiam transtornos como a síndrome do impostor, relatada por todas e, o fato de que mais mulheres no curso o tornaria mais confortável para as entrevistadas.

Sendo assim, não bastam medidas de incentivo ao ingresso de meninas nos cursos de TI. Também são latentes medidas para a manutenção das meninas nas graduações, promovendo ambientes amigáveis e acolhedores à todas, bem como a promoção da consciência em homens a fim de que estes percebam a posição de opressor que exercem por serem maioria na área.

Com isso, nota-se que o incentivo desde o nível escolar das meninas à área de TI pode trazer bons resultados para diminuir a desigualdade de gênero na área de TI, com mais meninas buscando cursos e conseqüentemente, maior participação no mercado de trabalho. Porém, ainda é necessário celebrar as diferenças das mulheres e priorizar o bem-estar delas, além de sua progressão na carreira, focando não apenas no crescimento e desenvolvimento profissional, mas também nas oportunidades para que elas tenham sucesso fora do local de trabalho e por fim, promover mais mulheres a cargos de liderança sênior e manter essas mulheres como modelos inspiradores para a próxima geração de líderes femininas e estudantes de STEM.

Por fim, devido a inviabilidade de tempo, alguns assuntos não puderam ser abordados neste trabalho, como a realização de pesquisa com as meninas do curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática e do ensino médio integrado - Técnico em Informática, e uma maior abordagem sobre a desistência da graduação em Ciência da Computação pelas meninas. Assim, tais assuntos e um maior aprofundamento sobre o tema ficarão para estudos futuros.

Como proposta para trabalhos futuros, destaca-se a realização de uma pesquisa com as estudantes do curso Técnico em Manutenção e Suporte em Informática e do Ensino Médio Integrado – Técnico em Informática. Além disso, recomenda-se um aprofundamento na análise dos fatores que contribuem para a desistência da graduação em Ciência da Computação por parte das alunas. Tais abordagens podem ampliar a compreensão sobre os desafios enfrentados pelas meninas na área da computação, contribuindo para ações mais eficazes de permanência e equidade de gênero.

Referências

AIRES, J. et al. Barreiras que impedem a opção das meninas pelas ciências exatas e computação: Percepção de alunas do ensino médio. In: *Anais do XII Women in Information Technology*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018. ISSN 2763-8626. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wit/article/view/3378>>. Citado na página 5.

AMARAL, M. A. et al. Investigando questões de gênero em um curso da área de computação. In: *Revista Estudos Feministas*. SciELO, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ref/a/N7394YhXM6C7LJK7QqmZVsR/?lang=pt>>. Citado 3 vezes nas páginas 3, 5 e 6.

BUENO, A. 2019. Disponível em: <<https://www.medicina.ufmg.br/sera-que-sou-uma-fraude-conheca-a-sindrome-do-impostor/>>. Acesso em: 21

nov 2022. Citado na página 15.

CASTRO, B. *Afogados em contratos: o impacto da flexibilização do trabalho nas trajetórias dos profissionais de TI*. Campinas, SP, Brazil: [s.n.], 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/313164534_Afogados_em_contratos_o_impacto_da_flexibilizacao_do_trabalho_nas_trajetorias_dos_profissionais_de_TI?channel=doi&linkId=5891c7ccaca272f9a5580f91&showFulltext=true>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 4.

COSTA, L. F. C. et al. *Heroic Journeys*. 2022. Disponível em: <<https://heroicjourneys.life/about/>>. Acesso em: 31 may 2022. Citado na página 7.

FOSTWOM. *Connecting Women & STEM*. 2022. Disponível em: <<https://fostwom.eu>>. Acesso em: 31 may 2022. Citado na página 7.

IBGE. *Estatísticas de gênero: Indicadores sociais das mulheres no Brasil*. 2021. 5 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101784_informativo.pdf>. Citado na página 3.

IFSP. *Projetos incentivam protagonismo feminino nas Exatas*. 2021. Disponível em: <<https://www.ifsp.edu.br/noticias/2282-as-exatas-tambem-sao-delas-conheca-projetos-do-ifsp-que-incentivam-o-protagonismo-feminino>>. Acesso em: 30 may 2022. Citado 2 vezes nas páginas 6 e 7.

INEP. *Censo da educação Superior: Sinopse estatística*. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>>. Citado na página 3.

KUNZE, J. *Meninas na Ciência: Projeto da UFRGS incentiva a participação feminina nas ciências exatas e tecnológicas*. 2019. Disponível em: <<https://querobolsa.com.br/revista/meninas-na-ciencia-projeto-da-ufrgs>>. Acesso em: 06 jun 2022. Citado na página 7.

LEGO. *LEGO MINDSTORMS Education EV3 Classroom*. 2022. Disponível em: <<https://education.lego.com/pt-br/downloads/mindstorms-ev3>>. Acesso em: 28 sep 2022. Citado 5 vezes nas páginas 8, 9, 10, 11 e 12.

LEGO. *LEGO MINDSTORMS Home*. 2022. Disponível em: <<https://apps.microsoft.com/store/detail/lego-mindstorms-ev3-home/9N7GN3KC2GK6?hl=en-gb&gl=gb>>. Acesso em: 05 oct 2022. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.

MANZINI, I. *SÍNDROME DO IMPOSTOR: QUEM PODE DESENVOLVER, SINTOMAS E TRATAMENTO*. 2022. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/psiquiatria/sindrome-do-impostor-quem-pode-desenvolver-sintomas-e-tratamento/>>. Acesso em: 21 nov 2022. Citado na página 15.

MOCHETTI, K. et al. Ciência da computação também é coisa de menina! In: *Anais do X Women in Information Technology*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2016. p. 11–15. ISSN 2763-8626. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wit/article/view/9691>>. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 5.

PEREIRA, J. S. et al. *Uma análise da participação das mulheres nos cursos Técnico em Informática e Ciência da Computação do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais*.

2020. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wit/article/view/11284/11147>>. Acesso em: 11 may 2022. Citado 4 vezes nas páginas 2, 4, 5 e 6.

PIRES, Y. P. et al. *Diagnóstico da Presença Feminina nos Cursos Superiores e no Mercado de Trabalho em Tecnologia da Informação no Estado do Pará*. SC, Brasil: [s.n.], 2021. Citado na página 3.

SILVA, J. B. D. da. *DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES COM BASE NO PENSAMENTO COMPUTACIONAL PARA O PROJETO MENINAS NA CIÊNCIA*. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/232508/Desenvolvimento_de_atividades_com_base_no_pensamento_computacional_para_o_projeto_Meninas_na_Ci%C3%94ncia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 06 jun 2022. Citado na página 3.

SOFTEX. *W-TECH: UMA PERSPECTIVA DESAFIADORA SOBRE A PARTICIPAÇÃO FEMININA NA ECONOMIA DA INFORMAÇÃO*. 2022. Disponível em: <<https://softex.br/inteligencia/>>. Acesso em: 31 may 2022. Citado na página 3.

TECHNOVATION. *Technovation Girls*. 2022. Disponível em: <<https://technovationchallenge.org/>>. Acesso em: 31 may 2022. Citado na página 6.

World Economic Forum. *Global Gender Gap Report*. 2021. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2021.pdf>. Acesso em: 21 nov 2022. Citado na página 3.

ZANELLA, L. C. H. Metodologia de pesquisa. In: *Metodologia de pesquisa*. Florianópolis, SC, Brazil: Departamento de Ciências da Administração / UFSC, 2013. Citado na página 7.

Realidade Aumentada no Ensino de Física: Desenvolvimento de uma Aplicação Interativa para o Experimento do Plano Inclinado

**Luana Figueredo Silveira¹, Nicolas Pelizari Scopel¹, Anubis G. M. Rossetto¹,
Alexsander Furtado Carneiro¹, Jucelino Cortez¹**

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo,
Rio Grande do Sul, Brasil

Abstract. *This work presents the development of an interactive application using augmented reality (AR) for teaching dynamics in physics, focusing on the inclined plane. The proposal integrates 3D modeling, simulations, and interactive elements in a digital platform, aiming to make the teaching and learning process more engaging and meaningful for basic education students. The work is grounded in Vygotsky's socioconstructivist theory and active methodologies based on experimentation, highlighting the importance of incorporating Information and Communication Technologies (ICTs) into science education. The article discusses the development stages, the challenges faced, and the prospects for expanding the platform with new experiments.*

Resumo. *Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma aplicação interativa com uso de realidade aumentada (RA) para o ensino de dinâmica na disciplina de física, utilizando um plano inclinado. A proposta integra modelagem 3D, simulações e elementos interativos em uma plataforma digital, com o objetivo de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais envolvente e significativo para os estudantes da educação básica. O trabalho fundamenta-se na teoria socioconstrutivista de Vygotsky e em metodologias ativas baseadas na experimentação, destacando a relevância de incorporar Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) ao ensino de Ciências. São discutidas as etapas de desenvolvimento, os desafios enfrentados e as perspectivas de expansão da plataforma com novos experimentos.*

1. Introdução

O ensino de física na educação básica ainda pode ser caracterizado, em muitas escolas, como um processo memorístico, fragmentado, distante dos contextos e dos avanços tecnológicos presentes na sociedade contemporânea [Moreira 2017]. Visando alterar esta realidade, diversos autores, como [Costa and de Souza 2017] e [de França Dourado et al. 2014], sugerem o uso de metodologias ligadas às Tecnologias da informação e comunicação (TICs) na educação e a aplicação dos recursos computacionais junto aos processos de ensino aprendizagem. Também, por entender a necessidade de promovermos alterações no atual perfil memorístico do ensino de física, [Moreira 2017] recomenda a valorização do protagonismo do educando, por meio do incentivo ao questionamento e da interação social do estudante, ampliando o uso de recursos didáticos para além do quadro e da sala de aula.

Uma forma de superar esse quadro, segundo [Gaspar and de Castro Monteiro 2005], concentra-se no uso das atividades experimentais como recurso didático. Conforme esses autores, as atividades experimentais ajudam o educando a entender a realidade dos eventos, contribuindo para formulação de conceitos, muitas vezes abstratos, capacitando esses educandos para os desafios da sociedade contemporânea. Tanto o uso da TICs na educação quanto o uso das atividades experimentais podem ser fundamentadas nas teorias socioconstrutivistas de Lev S. Vygotsky [Vygotsky 1999] Para esse autor, existe uma relação pautada pela interação social, com destaque à linguagem, que aproxima o sujeito do seu processo de aquisição do conhecimento [Carvalho 2022] Tal aproximação é destacada por [Moran 2000] ao reforçar a necessidade de considerarmos nossa imersão na chamada sociedade da informação, onde todos estamos aprendendo novas formas de comunicação, integrando o humano e o tecnológico no mesmo contexto social.

No contexto educacional, uma possibilidade de aplicação das TICs está no uso da RA. Esta ferramenta tem demonstrado potencial para promover a aprendizagem ativa e significativa, especialmente em áreas que lidam com abstrações complexas, como a Física [Radu and Schneider 2019] [Faridi et al. 2021]. Aplicações em RA permitem, por exemplo, que estudantes visualizem linhas de campo elétrico, experimentem simulações de forças vetoriais ou compreendam interações energéticas a partir de manipulações visuais no próprio ambiente físico [Beck 2019]. Essas possibilidades transformam o conteúdo tradicionalmente abstrato em experiências tangíveis e visualmente ricas [Radu and Schneider 2019] .

Com base nesta fundamentação, encontra-se em desenvolvimento o projeto de pesquisa intitulado "A experimentação e as tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física", que tem como um de seus objetivos o desenvolvimento de uma aplicação de realidade aumentada (RA) para simulação do experimento de física dinâmica conhecido como plano inclinado. O projeto prevê, ainda, a elaboração de kits de materiais didáticos para a realização de atividades práticas nas aulas de física, bem como a construção de uma plataforma virtual que funcione como repositório de experimentos baseados em realidade aumentada. O foco deste artigo é apresentar o relato do processo de desenvolvimento da aplicação de RA para o experimento do plano inclinado, descrevendo suas etapas, desafios e perspectivas.

O experimento do plano inclinado constitui um recurso amplamente utilizado no ensino de Física para abordar o comportamento de corpos em superfícies inclinadas em relação ao plano horizontal. Trata-se de uma situação fundamental para o estudo da decomposição de forças, especialmente da força peso, permitindo a análise de componentes paralela e perpendicular ao plano. Essa abordagem possibilita compreender como diferentes fatores, como o ângulo de inclinação, o atrito entre as superfícies e a massa do objeto, influenciam na força resultante e na aceleração do corpo [Bonjorno and Ramos]. Além de sua importância conceitual para a compreensão das Leis de Newton, o estudo do plano inclinado tem ampla aplicação prática em áreas como engenharia civil, logística, acessibilidade, robótica e segurança viária, constituindo uma base essencial para a resolução de problemas do cotidiano e para o desenvolvimento de soluções tecnológicas que envolvam o deslocamento de objetos em superfícies inclinadas.

Diante da relevância deste experimento, este trabalho se debruça sobre o desenvol-

vimento de uma aplicação de realidade aumentada (RA) destinada à simulação interativa do plano inclinado clássico da Física. O artigo apresenta em detalhes as ferramentas tecnológicas escolhidas, como o Blender para modelagem 3D e o Unity para implementação da aplicação, bem como descreve as etapas metodológicas seguidas no processo de desenvolvimento. Também são relatados os desafios enfrentados durante as fases de modelagem, animação e integração dos recursos na plataforma de RA, além dos resultados preliminares alcançados, que evidenciam o potencial da tecnologia para tornar o ensino mais dinâmico, interativo e significativo para os estudantes.

Este artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. Na Seção 2, apresenta-se a fundamentação teórica que sustenta o trabalho, abordando o uso de atividades práticas no ensino de Física e as contribuições das tecnologias imersivas, com ênfase na realidade aumentada. A Seção 3 traz os trabalhos relacionados. A Seção 4 descreve a metodologia adotada para o desenvolvimento da aplicação, detalhando as etapas do processo. Na Seção 5, é realizada a apresentação da aplicação desenvolvida, destacando suas funcionalidades, recursos interativos e desafios enfrentados. A Seção 6 traz as considerações finais, apontando as limitações identificadas e as perspectivas de continuidade do projeto.

2. Fundamentação Teórica

Para subsidiar o desenvolvimento da aplicação proposta, esta seção apresenta os aportes teóricos que sustentam a pesquisa, abordando inicialmente as contribuições das atividades práticas no ensino de Física e, em seguida, explorando o potencial das tecnologias imersivas, com foco na realidade aumentada, no contexto educacional.

2.1. O uso das atividades práticas no ensino de física

O uso de atividades práticas e experimentais como metodologia no ensino de física são recomendadas por diversos autores como [Delizoicov and Angotti 1990], [Carvalho 2022], [Moreira 1991], [Galiazzi et al. 2001] e [Zanon and De Freitas 2007]. Para todos esses pesquisadores, o uso dessa metodologia incentiva o protagonismo do aluno, por meio da curiosidade e da postura investigativa, possibilitando a esse a interação entre os pares e a construção de novos saberes. Para [Carvalho 2022], a metodologia voltada para o uso das atividades experimentais impõe ao professor uma mudança de papel, passando de transmissor de conhecimento para um mediador e articulador de novos processos de aprendizagem. As atividades experimentais ainda proporcionam para o ensino de física, segundo [Zanon and De Freitas 2007], a possibilidade de interpretar os fenômenos de forma transdisciplinar e contextualizada, criando modelos passíveis de questionamento e de refutação, deixando-os dessa forma, mais próximos do que é verdadeiramente a ciência. Ainda para esse autor, a experimentação permite o entendimento da história da ciência e da sua epistemologia, na medida em que permite a evolução do conhecimento por meio da tentativa e do erro, superando a visão simplista da forma com que se faz ciência e de como ocorrem os avanços científicos.

Conforme [Gaspar and de Castro Monteiro 2005], as atividades experimentais encontram suporte nas teorias cognitivistas de aprendizagem, pois permitem ao educando o entendimento de situações reais que contribuirão para o entendimento de conceitos e teorias que irão possibilitar a construção de novos saberes. É importante destacar ainda

que as atividades experimentais não devem ser vistas como uma forma de comprovar teorias científicas e nem precisam necessariamente ser realizadas em um laboratório específico. Para [Carvalho 2022], qualquer ambiente pode ser utilizado como laboratório e a experimentação na educação deve ser vista como forma de contextualização, de imersão no mundo real e de incentivo à investigação, tornando o ensino mais atrativo e próximo da realidade do educando.

2.2. Tecnologias Imersivas na Educação: Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que combina o mundo real com elementos virtuais gerados por computador, proporcionando uma experiência interativa e simultânea com o ambiente físico. Sua origem remonta a pesquisas iniciadas na década de 1960, mas foi a partir dos anos 1990 que ganhou maior visibilidade com o avanço da computação gráfica e dos dispositivos móveis [Kirner and Kirner 2011]). Diferente da Realidade Virtual (RV), que cria um ambiente totalmente simulado, a RA insere objetos digitais no espaço físico, mantendo a percepção do usuário ancorada ao mundo real [Pedrosa and Zappala-Guimarães 2019].

Estudos demonstram uma crescente adoção da RA no contexto educacional, especialmente em áreas de ciências e engenharia, em virtude de sua capacidade de sobrepor objetos digitais ao ambiente físico, promovendo experiências imersivas e interativas [Garzón 2021] [Dargan et al. 2023]. O funcionamento da Realidade Aumentada em dispositivos móveis depende da integração de diversos componentes tecnológicos, como câmera de alta resolução, sensores de movimento (acelerômetro e giroscópio), GPS, além de unidades de processamento gráfico (GPU) e central (CPU). Esses elementos são responsáveis por capturar o ambiente, processar dados e posicionar objetos virtuais com precisão, tornando possível a experiência aumentada [Liberatore and Wagner 2021] [Dargan et al. 2023]. O uso dessas tecnologias se intensificou com a ampla disponibilidade de smartphones e tablets entre estudantes, o que ampliou o potencial da RA em ambientes educacionais.

As aplicações educacionais de RA podem ser classificadas em diferentes tipos, de acordo com sua tecnologia subjacente: RA baseada em marcadores (imagens ou QR codes), RA baseada em localização (com GPS e sensores), RA sem marcadores (com detecção de superfícies via SLAM – Simultaneous Localization and Mapping), e RA por reconhecimento de objetos (com modelos 3D reais) [Pedrosa and Zappala-Guimarães 2019]. Na sequência, são apresentados os detalhes de cada tipo, com exemplos de aplicação:

RA baseada em marcadores

Essa abordagem requer o uso de um marcador físico padronizado, que pode ser uma imagem, um código QR ou outro padrão gráfico que funcione como gatilho para a exibição de conteúdos virtuais. A partir da detecção desse marcador por meio da câmera de um dispositivo móvel, o sistema de RA é capaz de sobrepor elementos digitais no espaço real. Sobre o marcador podem ser projetadas imagens, animações, objetos tridimensionais, vídeos, entre outros tipos de mídia interativa.

RA sem marcadores

Nesta abordagem, a identificação do ambiente é realizada sem a necessidade de

um marcador físico. Utilizando a câmera de um dispositivo móvel, o sistema realiza uma varredura do espaço ao redor por meio de técnicas de SLAM. Essa tecnologia permite a análise em tempo real das superfícies e estruturas do ambiente, possibilitando a sobreposição precisa de objetos virtuais tridimensionais. Mesmo que a câmera perca temporariamente a visualização do objeto, sua posição permanece registrada, permitindo que ele seja exibido novamente no local correto assim que reenquadrado.

RA baseada em localização

Nesse caso a RA utiliza dados de geolocalização fornecidos pelos sensores do dispositivo móvel, como GPS, para posicionar objetos virtuais em locais específicos do mundo real. Dessa forma, os elementos digitais são ancorados em coordenadas geográficas reais, podendo ser acessados por diferentes usuários ao se aproximarem desses pontos. Essa abordagem funciona independentemente das condições climáticas, iluminação ambiente, ou hora do dia.

RA baseada em superposição

Aqui a visualização do ambiente real é parcial ou totalmente substituída por elementos virtuais, criando uma nova representação aumentada da realidade. Para que essa substituição ocorra de forma precisa, é necessário que o sistema reconheça corretamente os objetos ou superfícies do mundo real. Sem esse reconhecimento, a sobreposição adequada dos elementos digitais torna-se inviável.

RA baseada em projeção

Essa abordagem utiliza a projeção de luz sintética diretamente sobre superfícies físicas para exibir conteúdos virtuais, dispensando a necessidade de telas ou dispositivos móveis. Essa técnica é especialmente útil em ambientes colaborativos ou expositivos, como sistemas de apoio industrial e empresas.

3. Trabalhos Relacionados

Diversos estudos têm explorado o uso de tecnologias digitais, especialmente a realidade aumentada (RA), como ferramentas de inovação no ensino de ciências e física, em diferentes níveis educacionais. A seguir, destacam-se quatro trabalhos que dialogam com esta proposta.

O trabalho de [Neto et al. 2024] explora o uso da Realidade Aumentada (RA) como recurso didático para superar as limitações do ensino tradicional de Física. Os autores utilizaram o software Zappar e o repositório RA-Escolas da UFSC para apresentar conceitos físicos de maneira interativa a estudantes de Sistemas de Informação. Por meio de uma mini-aula e aplicação de questionários, constatou-se que a RA facilitou a compreensão de conteúdos e aumentou o engajamento dos alunos. O estudo evidencia o potencial da RA para tornar o ensino mais atrativo, concreto e eficaz, mesmo diante de desafios como infraestrutura tecnológica e formação docente.

Já o estudo de [ARAUJO and ALVES 2024] propôs uma abordagem pedagógica inovadora com o uso das tecnologias SkyView Lite e Merge Cube. Através da criação de um catálogo digital interativo em português sobre os planetas, os alunos vivenciam experiências de aprendizagem colaborativa e imersiva em realidade aumentada. O estudo reforça os benefícios das metodologias ativas e da aprendizagem significativa, destacando

o protagonismo estudantil. A proposta foi aplicada com alunos do ensino médio, promovendo engajamento, interdisciplinaridade e formação crítica. O trabalho enfatiza ainda a importância da capacitação docente para uso eficaz das TDICs.

Outro trabalho, de [Lima et al. 2020], relatou a experiência de aplicação da realidade aumentada (RA) como recurso pedagógico para o ensino de Física no ensino superior. A atividade envolveu estudantes de uma disciplina de licenciatura em Física, que utilizaram dispositivos móveis e o aplicativo HP Reveal para visualizar conteúdos relacionados às Leis de Newton. A proposta buscou tornar o ensino mais atrativo e contextualizado, promovendo maior aproximação entre teoria e prática. Os resultados indicam que a RA despertou o interesse dos alunos, favoreceu a aprendizagem significativa e fortaleceu o uso de metodologias inovadoras na formação docente. O trabalho destaca ainda os desafios técnicos e pedagógicos enfrentados durante a implementação.

Por fim, o artigo de [de Souza Ribeiro et al. 2020] apresentou uma proposta didática para o ensino do conceito de campo magnético com o uso de Realidade Aumentada (RA). Foram desenvolvidos dois objetos de aprendizagem — um ímã cilíndrico e um condutor retilíneo — que permitiram aos alunos visualizar as linhas de campo magnético em três dimensões. A atividade foi aplicada a estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola particular. Os resultados indicaram que a RA contribuiu para a construção de modelos mentais mais elaborados e favoreceu uma aprendizagem significativa. A maioria dos alunos considerou a tecnologia útil, interativa e aplicável a outros conteúdos. O estudo reforça a importância de recursos tecnológicos para o ensino de Física.

Os estudos analisados confirmam o potencial da RA como recurso pedagógico no ensino de Física, favorecendo a compreensão de conceitos e o engajamento dos estudantes. Em comum, destacam o protagonismo discente, a aprendizagem ativa e a visualização interativa como estratégias eficazes.

4. Metodologia

Este trabalho integra as ações do projeto de pesquisa “A experimentação e as tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física”, cujo foco principal é o desenvolvimento de uma aplicação interativa baseada em realidade aumentada (RA) para simulação do experimento do plano inclinado. A proposta busca potencializar o ensino de conceitos de dinâmica por meio de recursos imersivos e interativos, visando superar as limitações das abordagens tradicionais e promover uma aprendizagem mais significativa.

Para o desenvolvimento da aplicação, foi estruturado um percurso metodológico dividido em sete etapas sequenciais, conforme mostra a Figura 1 e que estão detalhadas na sequência.

A Figura 1 ilustra de forma sequencial as etapas planejadas para o desenvolvimento do projeto, iniciando com a introdução ao Unity [Unity 2025] e avançando até a publicação do aplicativo. As seis primeiras etapas — desde o estudo da ferramenta até a implementação dos vetores — já foram concluídas. A última etapa, destacada graficamente, refere-se à publicação do aplicativo (etapa 7), ainda está sendo desenvolvida.

Para viabilizar essa proposta, os bolsistas envolvidos no projeto de pesquisa em andamento participaram, na etapa inicial, de um curso introdutório sobre a ferramenta Unity. Essa capacitação proporcionou conhecimentos fundamentais para a criação de



Figura 1. Etapas do percurso metodológico

cenas interativas, implementação de botões, uso de marcadores e demais funcionalidades essenciais ao desenvolvimento da plataforma.

Após a conclusão do curso introdutório, os discentes realizaram uma pesquisa para identificar formatos de arquivos 3D compatíveis com a plataforma Unity. Dentre os formatos analisados, destacaram-se o `.fbx`, `.3ds` e `.dxf`, amplamente utilizados na modelagem tridimensional e com boa integração ao ambiente de desenvolvimento utilizado. A partir dessas informações, tornou-se necessário identificar uma ferramenta adequada para a criação dos modelos tridimensionais.

Inicialmente, foi avaliada a utilização do software SolidWorks [SolidWorks 2025], conhecido por suas funcionalidades voltadas à simulação e ao design de produtos, especialmente na criação de modelos mecânicos de alta precisão. No entanto, após análise dos formatos de exportação oferecidos pelo SolidWorks, verificou-se que os mesmos não atendiam aos requisitos de compatibilidade com a Unity, o que levou à exclusão dessa ferramenta como opção viável.

Na sequência, foi analisada a ferramenta Blender [Blender 2025], amplamente utilizada nas áreas de animação, efeitos visuais e desenvolvimento de jogos digitais. Diferentemente da anterior, o Blender demonstrou-se compatível com os requisitos do projeto, oferecendo suporte ao formato `.fbx`, um dos principais formatos aceitos pela Unity. Diante dessa compatibilidade, o Blender 3.6.1 foi escolhido como ferramenta principal para a modelagem tridimensional dos objetos utilizados na plataforma.

Com a ferramenta definida, iniciou-se o processo de modelagem do plano inclinado. Considerando que os bolsistas ainda não possuíam familiaridade com o software Blender, foi necessário realizar pesquisas complementares, especialmente por meio de tutoriais disponíveis no YouTube, com o objetivo de adquirir conhecimentos básicos sobre a ferramenta e adaptá-los às demandas específicas do projeto.

A etapa de modelagem que apresentou maior grau de dificuldade foi a criação

de uma corda, elemento responsável por conectar o carrinho ao cubo na simulação do experimento. Diversas tentativas sem sucesso foram realizadas até que, por meio de um tutorial específico, foi verificada a técnica baseada em *bones* — estrutura esquelética comumente empregada na criação e animação de personagens e objetos. Essa abordagem não apenas possibilitou a modelagem da corda de forma eficaz, como também facilitou a implementação de animações associadas a ela nas etapas subsequentes do projeto.

Concluída a etapa de modelagem 3D, se passou a investigar formas de implementar animações em realidade aumentada diretamente na plataforma Unity. No entanto, as tentativas iniciais enfrentaram diversas dificuldades técnicas, cujas soluções exigiam um conhecimento mais avançado da ferramenta, o que inviabilizou a continuidade dessa abordagem. Diante deste cenário, optou-se por realizar as animações no próprio software Blender, que oferecia maior familiaridade e controle sobre os elementos animados. Cada animação precisou ser construída quadro a quadro, a fim de garantir uma visualização mais realista e fluida quando executada por meio da realidade aumentada. As animações geradas foram, posteriormente, exportadas e integradas ao ambiente da Unity para viabilizar sua utilização na aplicação de realidade aumentada.

Após a finalização das animações, iniciou-se a etapa de organização dos vetores. Para isso, foram realizados cálculos com o objetivo de posicioná-los de forma coerente no plano inclinado, garantindo que sua visualização estivesse alinhada com os princípios do ensino de Física. Essa etapa foi essencial para representar, de maneira didática, as forças envolvidas no movimento, contribuindo para uma melhor compreensão dos conceitos físicos por parte do usuário. A etapa final do projeto, que ainda está em andamento, consiste na publicação do aplicativo em uma plataforma apropriada para sua disponibilização ao público.

Este percurso metodológico foi planejado de forma a contemplar não apenas os aspectos técnicos do desenvolvimento da aplicação, mas também a formação dos bolsistas envolvidos, estimulando a aprendizagem prática e colaborativa por meio do enfrentamento de desafios reais de criação de soluções educacionais baseadas em tecnologias imersivas.

5. Descrição da Aplicação Desenvolvida

A aplicação de realidade aumentada desenvolvida tem como objetivo central possibilitar a simulação interativa do experimento do plano inclinado, oferecendo aos estudantes uma experiência imersiva de visualização dos conceitos físicos envolvidos, como decomposição de forças, influência da massa e do ângulo de inclinação. A seguir, são detalhadas as funcionalidades implementadas, o fluxo de interação do usuário, os recursos pedagógicos integrados, bem como as limitações identificadas e as perspectivas de aprimoramento.

Ao iniciar o aplicativo, o usuário é apresentado a uma tela inicial composta por uma imagem de fundo representando o plano inclinado, acompanhada do título do projeto e de um botão de início, conforme ilustrado na Figura 2 (a). Ao acionar esse botão, o usuário é direcionado para uma segunda tela, Figura 2 (b), na qual são disponibilizadas três opções de ângulos — 30° , 40° e 60° — permitindo que o plano inclinado seja visualizado de acordo com a inclinação escolhida.

A cada seleção realizada pelo usuário, uma nova tela é exibida, conforme ilustrado

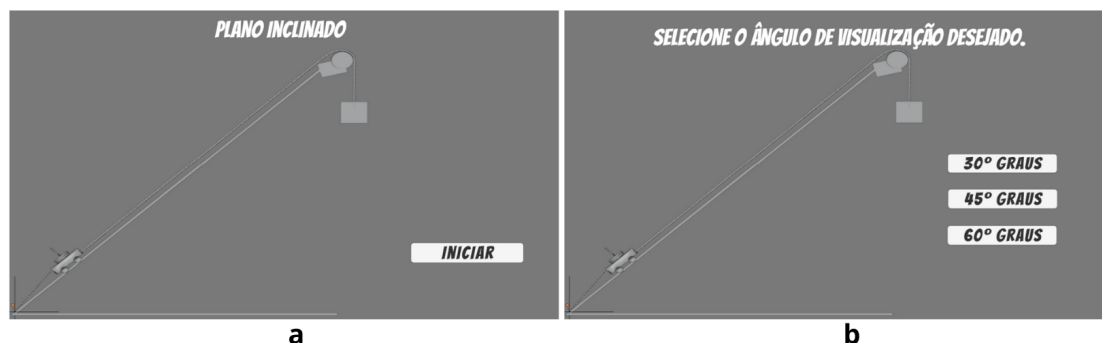


Figura 2. Tela inicial e Tela seleção de ângulos

na Figura 3 (a). Essa tela apresenta a imagem de um plano inclinado correspondente ao ângulo previamente escolhido, acompanhada de seis botões organizados em duas colunas: uma destinada à escolha da massa do carrinho e outra à massa do cubo. Para prosseguir, o usuário deve selecionar uma massa em cada coluna. Após essa seleção, o aplicativo redireciona automaticamente para a interface da câmera do dispositivo móvel, como mostrado na Figura 3 (b). Nessa etapa, o usuário deve apontar a câmera para um marcador específico, possibilitando a visualização do plano inclinado em realidade aumentada. Além disso, os vetores são exibidos na tela, posicionados de forma coerente aos cálculos realizados em cada plano inclinado.

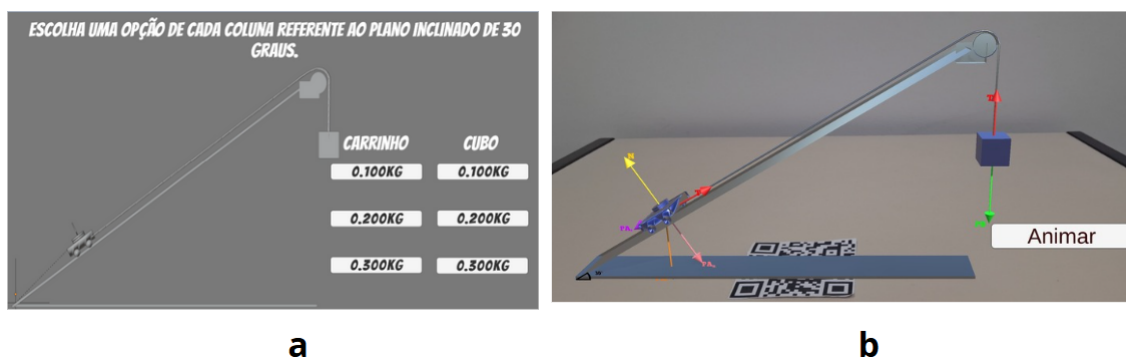


Figura 3. Menu de opções para o ângulo de 30º e Tela com RA

Durante a visualização do plano inclinado em realidade aumentada, o usuário tem a opção de ativar uma animação que demonstra o comportamento do sistema de acordo com as massas selecionadas. A Figura 4 apresenta a tela de exibição da animação, a qual é ativada exclusivamente quando a câmera do dispositivo está direcionada ao marcador correspondente. Nessa interface, dois botões adicionais estão disponíveis: um para pausar a animação, retornando o usuário à tela anterior, Figura 3 (b), e outro para retornar ao menu principal, redirecionando-o à tela de escolha dos ângulos, conforme ilustrado anteriormente na Figura 2 (b).

Entre as melhorias previstas para as próximas versões da aplicação, destacam-se a expansão do aplicativo para outros experimentos de física dinâmica — com o objetivo de ampliar sua aplicabilidade educacional — e a realização de testes de usabilidade com alunos e professores, visando ajustes pedagógicos e tecnológicos. Tais aprimoramentos

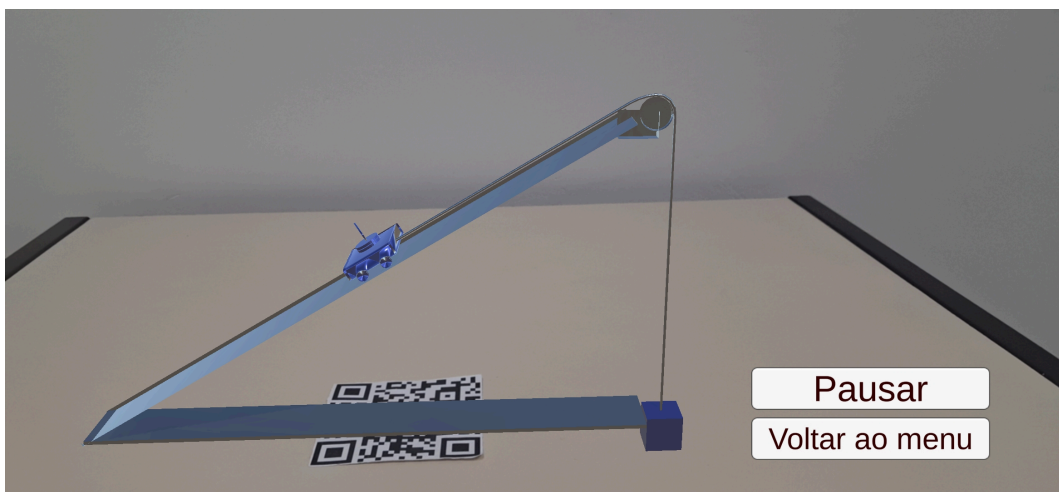


Figura 4. Tela com a animação da RA

visam tornar a aplicação uma ferramenta mais robusta, interativa e alinhada às necessidades do ensino de Física oferecendo suporte à utilização dos experimentos no contexto educacional. Dessa forma, a aplicação busca contribuir para uma prática pedagógica mais conectada com a realidade dos estudantes, fortalecendo o vínculo entre teoria e prática e estimulando a construção do conhecimento de forma mais significativa e contextualizada.

6. Considerações Finais

No âmbito do ensino, a Realidade Aumentada (RA) vem se consolidando como uma ferramenta promissora para favorecer aprendizagens mais dinâmicas e contextualizadas, especialmente em disciplinas que exigem a compreensão de conceitos abstratos, como é o caso da Física [Radu and Schneider 2019] [Faridi et al. 2021]. Por meio da RA, os estudantes podem interagir com representações digitais integradas ao ambiente físico, possibilitando a exploração de fenômenos como as forças vetoriais. Tais recursos contribuem para que conteúdos tradicionalmente distantes do cotidiano dos alunos sejam apresentados de forma mais concreta e acessível, favorecendo experiências visuais enriquecedoras e facilitando o entendimento de tópicos complexos.

Entretanto, como destacam Pedrosa e [Pedrosa and Zappala-Guimarães 2019], o uso da RA na educação requer mais do que infraestrutura tecnológica: exige reflexão crítica sobre seu papel pedagógico. A simples inserção da tecnologia, sem planejamento didático, pode resultar em usos superficiais ou meramente ilustrativos. Assim, a integração da RA ao processo de ensino-aprendizagem deve considerar as teorias educacionais envolvidas, o protagonismo discente e a mediação qualificada do professor para que seus benefícios sejam plenamente alcançados.

Para projetos futuros, pretende-se continuar o desenvolvimento de novos aplicativos, com base nas ferramentas utilizadas neste projeto, voltados ao ensino de Física, especialmente em temas que envolvem experimentos não visíveis a olho nu, os quais podem ser explorados com maior clareza por meio da RA.

Referências

- ARAUJO, I. O. and ALVES, A. L. (2024). Inovação no ensino de física: Tecnologias digitais aplicadas à astronomia e cosmologia no ensino médio. *Anais da Semana da Pedagogia*, 1(9).
- Beck, D. (2019). Augmented and virtual reality in education: Immersive learning research. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7):1619–1625.
- Blender (2025). Software livre de modelagem, animação e renderização 3d. <https://www.blender.org>. Acesso em: 14 mai. 2025.
- Bonjorno, J. and Ramos, C. *Física - Historia E Cotidiano: VOLUME UNICO*. FTD - DIDÁTICOS.
- Carvalho, A. M. P. d. (2022). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.
- Costa, M. C. and de Souza, M. A. S. (2017). O uso das tics no processo ensino e aprendizagem na escola alternativa “lago dos cisnes”. *Revista Valore*, 2(2):220–235.
- Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., and Kumar, K. (2023). Augmented reality: A comprehensive review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(2):1057–1080.
- de França Dourado, I., de Souza, K. L., Carbo, L., Mello, G. J., and Azevedo, L. F. (2014). Uso das tic no ensino de ciências na educação básica: uma experiência didática. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 15.
- de Souza Ribeiro, A. A., Caldas, R. L., and da Hora Macedo, S. (2020). Aplicação da realidade aumentada ao ensino e aprendizagem do campo magnético de um ímã em forma cilíndrica e em condutor retilíneo. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 18(2):428–438.
- Delizoicov, D. and Angotti, J. A. (1990). *Metodologia do ensino de ciências*.
- Faridi, H., Tuli, N., Mantri, A., Singh, G., and Gargrish, S. (2021). A framework utilizing augmented reality to improve critical thinking ability and learning gain of the students in physics. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1):258–273.
- Galiazzi, M. d. C., Rocha, J. M. d. B., Schmitz, L. C., Souza, M. L. d., Giesta, S., and Gonçalves, F. P. (2001). Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 7(02):249–263.
- Garzón, J. (2021). An overview of twenty-five years of augmented reality in education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7).
- Gaspar, A. and de Castro Monteiro, I. C. (2005). Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de vygotsky. *Investigações em ensino de ciências*, 10(2):227–254.
- Kirner, C. and Kirner, T. G. (2011). Evolução e tendências da realidade virtual e da realidade aumentada. *Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências*. Cap, 1:10–25.

- Liberatore, M. J. and Wagner, W. P. (2021). Virtual, mixed, and augmented reality: a systematic review for immersive systems research. *Virtual Real.*, 25(3):773–799.
- Lima, W. V. C., Nunes, F. B., Lobo, C. d. O., and Tarouco, L. M. R. (2020). Atividade educacional utilizando realidade aumentada para o ensino de física no ensino superior. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación (TE&ET)*. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Vol. 25 (2020), p. 68-77.
- Moran, J. M. (2000). Mudar a forma de ensinar e aprender com tecnologias. *Interações*, (9):57–72.
- Moreira, M. A. (1991). *Tópicos em ensino de ciências*. Sagra.
- Moreira, M. A. (2017). Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do professor de física*, 1(1):1–13.
- Neto, M. G. B. C., de Carvalho Costa, M., Corrêa, I. S. S., Mota, L. B., and de Moraes, J. M. B. (2024). Aplicabilidade da realidade aumentada no ensino de física. *Brazilian Journal of Development*, 10(1):470–483.
- Pedrosa, S. M. P. d. A. and Zappala-Guimarães, M. A. (2019). Realidade virtual e realidade aumentada: refletindo sobre usos e benefícios na educação. *Revista Educação e Cultura Contemporânea*, 16(43):123–146.
- Radu, I. and Schneider, B. (2019). What can we learn from augmented reality (ar)? benefits and drawbacks of ar for inquiry-based learning of physics. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*, pages 1–12.
- SolidWorks (2025). Software de modelagem cad 3d solidworks. <https://www.solidworks.com>. Acesso em: 14 mai. 2025.
- Unity (2025). Plataforma de desenvolvimento em tempo real do unity — 3d, 2d, engine vr e ar. <https://unity.com/>. Acesso em: 13 mai. 2025.
- Vygotsky, L. S. (1999). *O desenvolvimento psicológico na infância*. Martins Fontes.
- Zanon, D. A. V. and De Freitas, D. (2007). A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. *Ciências & Cognição*, 10.

Sistema para monitoramento e detecção de anomalias no comportamento de gatos domésticos

Gabrielle Brambilla, Prof. Me. José Antônio Oliveira de Figueiredo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul)
99064-440 – Passo Fundo – RS – Brazil

gabriellebrambilla.pf190@academico.ifsul.edu.br,

josefigueiredo@ifsul.edu.br

Resumo. Este artigo apresenta um protótipo para coleta e análise de dados comportamentais de gatos domésticos, com o objetivo de obter um modelo do comportamento para identificação de anomalias, as quais podem estar relacionadas com o seu estado de saúde e bem-estar. Para isso, foram utilizados componentes de IoT para o monitoramento da frequência de alimentação, hidratação e excreção do felino. O processamento e armazenamento dessas informações foi realizado na nuvem AWS, onde o algoritmo Isolation Forest foi implantado para detecção de anomalias comportamentais. Os resultados obtidos demonstraram que o sistema proposto possui o potencial de auxiliar os tutores nesse acompanhamento cotidiano, contribuindo para manter a qualidade de vida do animal.

Abstract. This article presents a prototype for collecting and analyzing behavioral data of domestic cats, aiming to model their behavior and identify anomalies that may be related to their health and well-being. To achieve this, IoT components were used to monitor the frequency of feeding, hydration, and excretion activities. The processing and storage of this information were performed in the AWS cloud, where the Isolation Forest algorithm was implemented to detect behavioral anomalies. The results demonstrated that the proposed system has the potential to assist cat owners in daily monitoring, contributing to maintaining the animal's quality of life.

1. Introdução

A saúde, qualidade de vida e longevidade dos *pets* é uma preocupação que vem crescendo ao decorrer dos anos, por conta do aumento na importância do relacionamento emocional entre seres humanos e seus animais de estimação [COMAC 2023]. Em relação aos gatos, apesar de também seguirem essa tendência e serem uma das espécies mais populares para adoção, ainda há um desconhecimento sobre as razões e consequências dos seus comportamentos. O conhecimento desses padrões comportamentais, entretanto, é um meio pelo qual os tutores teriam para detectar mudanças e poder associá-las com o estado atual de saúde do felino, além de ser uma ferramenta a mais para diagnósticos e tratamento contra muitas doenças [Scholten 2017].

Nesse cenário, o problema proposto para esta pesquisa é a obtenção de um modelo padrão de comportamento para um gato doméstico, de modo que anormalidades que possam impactar na saúde e bem-estar do animal sejam identificadas. Sendo assim, esse desafio é particularmente importante para que as mudanças nos hábitos diários sejam percebidas antes de impactarem na saúde do *pet*, ou antes que as complicações relacionadas com esses sintomas se agravem sem a procura por ajuda profissional.

A partir disso, foram propostos como objetivo do trabalho a implementação de um protótipo para automatização de coleta de dados e análise de ações cotidianas. Para tanto, o monitoramento do comportamento do gato teve como foco a frequência de três atividades que possuem uma forte relação com diversas doenças e possíveis complicações no quadro de bem-estar do felino: alimentação, hidratação e uso da caixa de areia. O sistema foi integrado com a AWS, de modo a realizar o armazenamento e processamento utilizando serviços da nuvem, para que, então, seja realizada uma análise das informações comportamentais obtidas, e, posteriormente, a notificação em caso de detecção de anomalias.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o embasamento teórico para o trabalho. Em seguida, a seção 3 demonstra os procedimentos metodológicos planejados para desenvolvimento do protótipo. A seção 4 expõe os resultados obtidos em relação ao protótipo e aos testes executados, com base na metodologia apresentada. Por fim, a última seção aborda as conclusões finais, com a discussão sobre os aspectos percebidos com o desenvolvimento desse projeto.

2. Referencial Teórico

Nesta seção será apresentado o embasamento teórico para os principais conceitos e tecnologias aplicadas no desenvolvimento deste projeto, assim como os resultados de um mapeamento sistemático sobre trabalhos relacionados com o problema de pesquisa proposto neste trabalho.

2.1. Comportamento e Saúde dos Gatos Domésticos

Segundo Atkinson (2018), o padrão de comportamento de um gato tem uma notável ligação com vários aspectos da sua saúde e bem-estar. Ainda conforme o autor, esses efeitos comportamentais, frequentemente associados a doenças felinas, manifestam-se através do aumento ou diminuição em atividades como a alimentação, hidratação ou excreção¹. Ainda assim, apesar dessa forte relação, os sinais demonstrados pelos felinos podem passar despercebidos pelos seus tutores, ocasionando o agravamento de patologias, estresse ou desconforto [Gesthich-Frank 2021].

Conforme aponta Borin-Crivellenti e Malta (2015), por exemplo, os sintomas de poliúria e polidipsia² são os principais indicativos de doenças relacionadas com o sistema endócrino de um animal de pequeno porte, como o diabetes. Além disso, outro fator que pode ser indicado por meio de modificações nas ações diárias do gato é o estresse. De acordo com Atkinson (2018), essa reação a mudanças ambientais ou de rotina do felino pode causar o crescimento de tentativas de micção, em consequência da dificuldade de urinar, utilização de lugares não adequados para eliminação (fora da caixa de areia), diminuição de apetite e consumo de água, entre outros. Desse modo, o reconhecimento precoce desses indícios pode ser imprescindível para a procura de ajuda profissional e tratamento eficaz em estágios iniciais [Calhau et al. 2024].

Adicionalmente, esses aspectos físicos e comportamentais devem ser conhecidos e monitorados pelos tutores, de forma a não propiciar o desenvolvimento de distúrbios

¹ Refere-se à eliminação de resíduos do organismo, como urina e fezes.

² Respectivamente, são os nomes técnicos para o aumento de produção de urina e para a sede em excesso.

em consequência da ausência de cuidado com a rotina do animal. A Doença Renal Crônica (DRC), segundo Calhau et al. (2024), é uma das doenças mais comuns nos gatos, por consequência da propensão natural à baixa ingestão hídrica que a espécie tem como característica. Outro caso são as alterações alimentares, que podem resultar em obesidade ou anorexia, por conta da desregulação na ingestão de alimentos ou no “Efeito Monotonia”, no qual o animal deixa de se alimentar devido à saturação de um único tipo de alimento [Scholten 2017].

2.2. Internet of Things (IoT)

O termo *Internet of Things* (IoT) é definido por Atzori et al. (2010) como um conjunto de dispositivos capazes de se comunicar entre si através da Internet, trabalhando em um ou mais objetivos em comum. Esses componentes, chamados de *smart* (inteligentes), utilizam tecnologias embarcadas, sensores e atuadores para a transformação de efeitos físicos em digitais, ou digitais em físicos [Marwedel 2021]. Esse paradigma possui uma crescente demanda, tanto na vida doméstica quanto em diversos ramos de negócios, potencializada pela grande gama de aplicações e pelo uso de tecnologias complementares, como a conexão sem fio [Atzori et al. 2010].

Segundo Hunkeler et al. (2008), em um cenário com uma heterogeneidade de dispositivos, além de uma grande quantidade de dados trafegando pela rede, o *Message Queuing Telemetry Protocol* (MQTT) é um protocolo simples e, por conta disso, particularmente próprio para a utilização na comunicação de componentes com baixos recursos no IoT. Como característica, o protocolo faz o uso de um *broker*, o qual funciona como um mecanismo de desacoplar objetos publicadores e assinantes, sendo, respectivamente, os responsáveis pela produção/envio de dados e os que consomem essas informações [Hunkeler et al. 2008]. O serviço Mosquitto, de código aberto, é um modo de implementação de um *broker* de mensagens com MQTT [Mosquitto 2024].

2.2.1. Sistemas Embarcados e Microcontroladores

Os microcontroladores correspondem a um Circuito Integrado (CI), com todos os componentes de uma arquitetura computacional, sendo, por conta disso, são amplamente utilizados em projetos de sistemas embarcados e, consequentemente, de IoT [Berger 2002]. As instruções para um conjunto específico de tarefas executadas por esse *chip* são programadas em computadores de propósito geral, utilizando plataformas como o Arduino IDE, e posteriormente carregadas na memória *flash* do microcontrolador [Barret e Pack 2006]. Além disso, através de um módulo chamado *General-Purpose Input/Output* (GPIO), esses equipamentos também possuem a capacidade de controlar sensores e atuadores para coleta de medidas ou realizar ações no mundo real [Monk, 2012].

Uma das implementação de microcontroladores mais popular e utilizada para projetos e prototipação é o Arduino, que é um Hardware e Software de código aberto, multiplataforma com uma linguagem de programação baseada em C/C++ e que pode ser expandida com bibliotecas compatíveis [Arduino 2022]. De modo geral, as placas Arduino são constituídas por alguns componentes básicos como Porta USB, para a comunicação e programação através de um computador, pinos digitais e analógicos para

controles de funções e outros pinos para a criação de circuitos e alimentação de partes externas [Arduino, 2024].

2.2.2. Sensores

Os sensores, anteriormente destacados como dispositivos que podem atuar em um sistema de IoT, são componentes que podem gerar dados sobre o mundo real, servindo como uma ponte entre o mundo analógico e o digital [Atzori 2010]. Para isso, utilizam medidas de quantidades físicas, podendo ser aplicados para registro de velocidade, posição, temperatura, luz, entre outras possibilidades, aplicadas em diferentes casos de uso [Lee e Seshia 2017]. Em um sistema embarcado, os sensores, como outros periféricos, são conectados aos pinos GPIO do microcontrolador.

Um sensor ultrassônico, de acordo com Warren et al (2019), é capaz de medir distâncias a partir de ondas sonoras, calculando a medida do espaço até um objeto próximo através da reflexão do som. Desse modo, a distância é calculada a partir da velocidade dessa grandeza, equivalente a 340 m/s em relação ao tempo em que a onda demorou para retornar para o sensor [Dunn 2006]. Um exemplo desse tipo de sensor é o HC-SR04, que pode ser utilizado para medir com precisão distâncias pequenas, entre 2 centímetros e até 4 metros [Eletrogate 2024]. Para cálculo do espaço entre o sensor e uma superfície próxima, esse sensor contém um pino de *TRIGGER*, o qual emite a onda, e um de *ECHO*, o qual recebe a reflexão.

Diferente do modelo HC-SR04, alguns outros sensores podem ser produzidos de forma integrada com microcontroladores, microprocessadores ou apenas com um interface de rede, para, respectivamente, permitir o processamento e o envio de dados através da Internet [Lee e Seshia 2017]. Encaixa-se nessa categoria o ESP32-CAM, que incorpora uma câmera com uma placa ESP32, a qual, além de poder ser programada de forma similar a um Arduino, também possui o recurso de conexão WiFi e Bluetooth [MakerHero 2024] e pode utilizar de bibliotecas para processamento de imagens, como a Eloquent ESP32-CAM, que possui funções e códigos prontos para utilização desse dispositivo [Eloquent Arduino 2024].

2.2.3. Edge Impulse

Edge Impulse é uma ferramenta para a implementação de aprendizado de máquina em diversos tipos e modelos de sensores, placas e dispositivos embarcados [Edge Impulse 2024a]. Para isso, aplica os conceitos de TinyML para execução de modelos de aprendizado de máquina em componentes com restrições de recursos, como os microcontroladores. Por conta dessas limitações tanto de recursos computacionais quanto de armazenamento, as etapas para criação do modelo são realizadas antes da implantação do modelo no dispositivo, com os processos de coleta de dados e treinamento sendo executadas localmente ou na nuvem [Edge Impulse 2020].

Um dos tipos de modelos que podem ser explorados através de sensores de câmeras, como o ESP32-CAM, disponibilizado pela ferramenta é o *Faster Objects, More Objects* (FOMO), para detecção de objetos [Edge Impulse 2024b]. Segundo Zou (2019), a detecção de objetos é uma categoria de visão computacional com o objetivo de identificar uma ou mais classes de itens dentro de uma imagem, resultando em

informações sobre a presença e localização do alvo dentro de um quadro. As etapas de criação de um projeto desse tipo adiciona a necessidade de um passo de classificação (*labeling*) dos objetos nas imagens inseridas no conjunto de treinamento, utilizando uma *bounding box*.

2.3. Computação em Nuvem com AWS

A computação em nuvem é definida pela *Amazon Web Services* (2024a), conhecida pela sigla AWS, como a “entrega de recursos de TI sob demanda por meio da Internet com definição de preço de pagamento conforme o uso”. Dessa forma, a nuvem é a disponibilização de serviços como computação e armazenamento por um provedor, como a AWS, podendo ser provisionados de qualquer lugar ou em qualquer momento. A AWS também dá suporte para diferentes formas de acesso aos serviços providos, que podem ser criados, alterados, utilizados ou deletados através do console, interface de linha de comando ou usando um *Software Development Kit* (SDK), como a biblioteca da linguagem de programação Python chamada Boto3 [AWS, 2024b].

Os serviços abordados no presente estudo, responsáveis pela integração e envio de mensagens entre sistemas e/ou usuários finais, processamento e armazenamento serão detalhados a seguir.

2.3.1. Serviços de Integração

O *Amazon Simple Queue Service* (SQS) é um serviço da AWS para criação de filas de mensagens totalmente gerenciadas pelo provedor, ou seja, sem a necessidade de provisionamento de recursos [AWS, 2024c]. Os produtores, sendo quaisquer componentes ou sistemas distribuídos, enviam uma mensagem para a fila, com um consumidor buscando-a, processando-a e em seguida deletando essa comunicação da fila.

De forma similar ao SQS, o *Amazon Simple Notification Service* (SNS) provê recursos para a criação de tópicos e assinaturas para que mensagens possam ser enviadas por publicadores/produtores, e sejam recebidas por assinantes/consumidores, não sendo focado em N:1 como o serviço de filas [AWS 2024d]. Os assinantes, que podem ser usuários reais ou outros serviços de dentro ou fora da nuvem, podem receber as mensagens através de diversos meios, como HTTP, e-mail, SMS, notificações push, entre outros.

2.3.2. AWS Lambda

O AWS Lambda permite a execução de códigos sem provisionamento de servidores e executando apenas quando receber um gatilho, ou seja, direcionado à eventos [AWS 2024e]. Esse código é organizado em uma função, a qual disponibiliza recursos como variáveis de ambiente, controle de versões de código e compatibilidade com diferentes linguagens de programação para *runtime*. Para aplicações com bibliotecas mais robustas, como de aprendizado de máquina, há também a opção de utilizar imagens containerizadas da aplicação com todas as suas dependências, armazenadas, por exemplo, no *Elastic Container Registry* (ECR).

2.3.3. Serviços de Armazenamento

O *Simple Storage Service* (S3) é uma solução de armazenamento de arquivos de objetos, os quais correspondem a arquivos de diferentes tipos e formatos, em conjunto com os seus metadados [AWS 2024f]. Esses objetos, que têm a sua alta disponibilidade garantida pela AWS, são organizados em containers lógicos chamados *buckets*, os quais podem ser acessados (ou os objetos contidos neles) através da Internet.

O banco de dados DynamoDB é uma opção não-relacional (NoSQL) e totalmente gerenciada, no qual o espaço necessário para armazenamento de dados, ou recursos para transações também provisionadas pelo provedor [AWS, 2024g]. Fornece suporte para a criação de tabelas, com cada registro contendo chaves primárias para busca e, opcionalmente secundárias, para mais opções de indexação.

2.4. Detecção de Anomalias

A detecção de anomalias é um conceito dentro da área de aprendizado de máquina que possui como objetivo determinar se uma nova observação ou instância está em um mesmo conjunto do que observações obtidas anteriormente [Scikit-Learn 2024]. Citando Liu (2008), esses dados que possuem características diferentes do padrão são chamados de anomalias, ou *outliers*. De acordo com essa natureza, as anomalias, classificadas por alguma dimensão de valor, geralmente se apresentam em uma menor quantidade dentro de um grupo de dados.

O *Isolation Forest* é uma implementação dessa ideia, utilizando uma estrutura de árvore para a representação de uma sequência de divisões realizadas para isolamento de uma instância dentro de um conjunto de dados [Scikit-Learn 2024]. Em relação a esse algoritmo, portanto, dados que são mais fáceis de serem isolados (ou que percorrem uma altura menor entre a raiz e as folhas da árvore) são classificados como anomalia [Liu 2008]. Do contrário, um dado que faz necessário uma quantidade dentro ou maior do que a média é considerado normal. Geralmente, um valor anômalo e um valor padrão são representados, respectivamente, pelos valores -1 e 1.

2.5. Trabalhos Relacionados

Para estudo dos trabalhos relacionados com o projeto apresentado neste artigo, um mapeamento sistemático foi realizado com foco em analisar implementações de monitoramento e coleta de dados de gatos domésticos, considerando os mesmos parâmetros de alimentação, hidratação e excreção. Além disso, alguns pontos foram destacados em cada um dos trabalhos relacionados, para entender quais equipamentos e tecnologias foram utilizadas para essa coleta, se esses dados foram processados/analísados e os resultados alcançados.

Desse modo, o mapeamento foi realizado baseado no método apresentado por Petersen et al. (2015). Para a pesquisa dos artigos, foi utilizado um protocolo baseado em trabalhos tanto em língua portuguesa quanto em inglesa, indexados entre o período de 2013 até março de 2024 no Google Acadêmico. Durante o planejamento do mapeamento, foram definidas as seguintes perguntas para servirem como guia da revisão:

- a) RQ1: Quais foram os dados coletados considerados relevantes para monitoramento dos animais?
- b) RQ2: Quais foram os equipamentos e ferramentas utilizadas para a coleta desses dados?
- c) RQ3: Se foi realizado algum tipo de processamento ou análise dos dados coletados, que tecnologia foi utilizada para isso?
- d) RQ4: Quais foram os resultados obtidos com o monitoramento proposto?

Foram considerados dentro do escopo da pesquisa trabalhos que tratassem de monitoramento de pelo menos um dos comportamentos definidos no primeiro objetivo específico do projeto: alimentação, hidratação e/ou excreção. Para isso, foram utilizados os termos de pesquisa “monitoramento de comportamento de gatos” ou “*monitoring feline behaviour*”, “monitoramento automatizado de comportamento de gatos” ou “*automated monitoring of cats behavior*” e “monitoramento de animais de estimação” ou “*pet monitoring system*”.

Own e Teng (2013) implementaram uma coleira utilizando uma tag para monitorar a atividade de alimentação, através de um sensor no comedouro, e a sua localização, por meio do posicionamento de sensores nas portas dentro da residência. Por conta da utilização dessa tecnologia, os autores puderam ter a oportunidade de criar um sistema com a capacidade de identificar mais do que um felino em uma mesma casa, utilizando identificadores diferentes nas tags de cada um dos animais. Ademais, o sistema também faz uma análise das informações colhidas, gerando estatísticas sobre o comportamento do gato.

Já tanto Kim (2016) quanto Kumar et al. (2020) e Silva et al. (2008) adicionaram o monitoramento como um complemento para alimentadores automatizados propostos no projeto, com destaque à Kim, que também propôs o uso de um *pooping pad*³ automatizado. Tanto Kim e Kumar et al. realizaram o monitoramento da alimentação através de um sensor de carga integrado com o comedouro, com o intuito de controlar a quantidade de alimento disponível. Já Silva et al. abordaram esse monitoramento usando um sensor infravermelho, além de ser o único entre os cinco que utilizam um serviço de nuvem. Os três trabalhos também têm em comum a utilização de câmeras para o acompanhamento remoto para uso do tutor, mas nenhum realiza algum tipo de análise nos dados coletados.

Por sua vez, Chen et al. (2021) equipa uma câmera para observação de comportamento do animal, diferente dos autores anteriormente citados. Dentro do projeto, esse sensor tem como objetivo monitorar atividades como alimentação, sono, movimento e uso de caixa de areia em tempo real. Para identificação dessas ações, a aplicação utiliza o modelo *You Only Look Once* (YOLO), executado em um Raspberry Pi. Isso permite com que realize análises durante a ocorrência de algum comportamento considerado indesejado, como utilização da caixa de areia por mais do que 30 segundos, por exemplo.

³ Não muito comum no Brasil, o *pooping pad* é um tapete em que os *pets*, principalmente cães, são treinados para utilizar para fazer as suas necessidades.

3. Procedimentos Metodológicos

Este segmento tem como foco demonstrar os métodos utilizados para desenvolvimento desta pesquisa, que teve um caráter aplicado e abordagem quantitativa, adotando procedimentos experimentais para desenvolvimento de um protótipo. Dessa maneira, para a prototipação de um sistema para monitoramento e análise do comportamento de gatos domésticos, visando a identificação de anomalias, foi criada a arquitetura apresentada na Figura 1, a qual será explorada nas seções subsequentes.

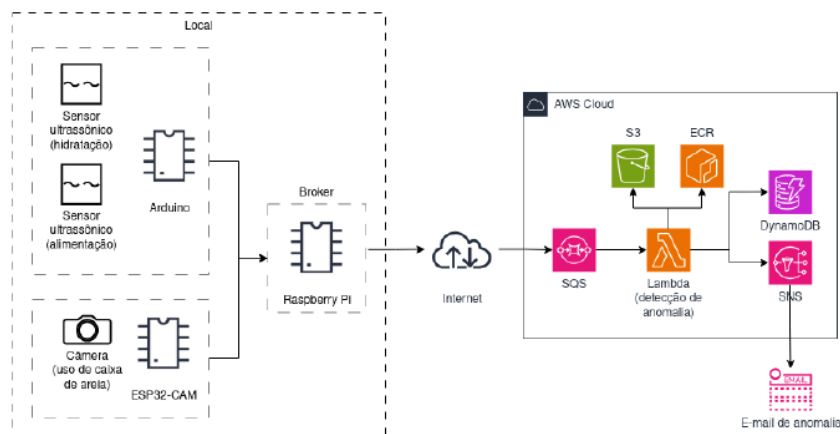


Figura 1. Representação da arquitetura local e nuvem do protótipo.

3.1. Módulos Locais

O módulo de alimentação e hidratação teve como objetivo coletar a informação da quantidade de vezes em que o gato realizou cada uma dessas atividades, para serem posteriormente analisadas e armazenadas na nuvem. Para esse fim, foram utilizados dois sensores ultrassônicos controlados por um Arduino UNO, com o propósito de enviar um sinal, classificado de acordo com o tipo de dado, para o broker registrar o horário da ocorrência percebida pelos sensores. Os sensores ultrassônicos foram fixados acima da posição onde o gato fica para se alimentar ou hidratar.

O algoritmo executado pelo Arduino para a coleta das medidas funciona com a lógica mostrada na Figura 2, em que o sistema mede a distância entre o sensor até o piso e quando um gato se aproxima do comedouro ou bebedouro, esta distância fica menor, indicando que o gato está dentro dessa área, iniciando um evento para ser enviado para análise. Além disso, para evitar que muitos eventos sejam iniciados repetidamente, seja por conta do comportamento do gato durante a alimentação ou por outros fatores externos, foi implementada uma contagem de tempo mínimo entre as ocorrências, de 5 minutos.

3.1.2. Módulo de Uso da Caixa de Areia

O módulo de uso da caixa de areia valeu-se de uma lógica de reconhecimento de eventos similar ao módulo descrito na seção anterior. Adicionalmente, no entanto, utilizou de uma câmera integrada com um microcontrolador, a ESP32-CAM, para coleta de imagens em tempo real e localização do gato.

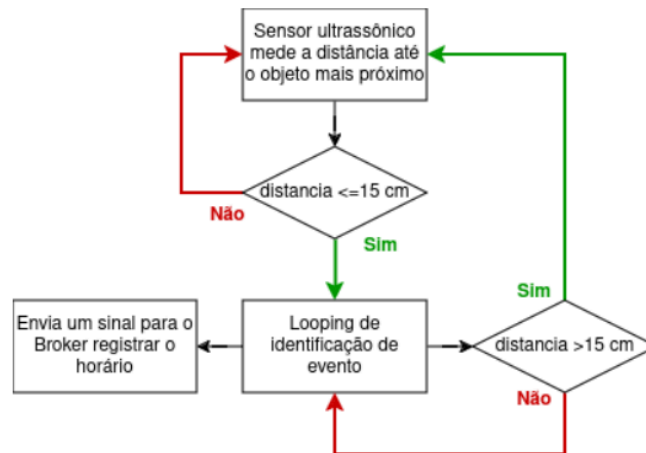


Figura 2. Lógica do módulo de alimentação e hidratação.

A detecção do uso da caixa de areia pelo animal foi realizada através de um modelo de detecção de objetos gerada com a ferramenta Edge Impulse, importada para o ESP32-CAM. O processo de criação do modelo teve como início a coleta de imagens para treinamento, utilizando um código da biblioteca Eloquent ESP32, que em seguida foram importadas para o Edge Impulse, usando uma abordagem de 80% de imagens para treinamento e 20% para testes. As imagens definidas para treinamento, então, passaram pelo processo de categorização, para adição do label indicando o felino na imagem. Finalmente, o modelo pôde ser treinado e exportado para ser carregado no ESP32-CAM.

3.1.3. Broker

Por fim, o último membro dos componentes locais é o *broker*, que têm a função de receber os dados dos demais módulos, registrar horários e armazenar localmente, até que seja enviado para análise e armazenamento definitivo na AWS. O *broker* foi implementado utilizando um Raspberry Pi, com o Mosquitto instalado para recebimento de mensagens enviadas pelos microcontroladores para o tópico criado para cada módulo, através do protocolo MQTT. Como citado anteriormente, neste projeto os módulos irão enviar sinais para indicar quando uma das categorias de evento foi identificada, sendo registrado pelo broker o horário em que a sinalização foi recebida. Esse registro é acrescentado em um arquivo JSON, registrando uma data, relativa ao dia das coletas, e horas e minutos separados por atividade.

Esse armazenamento temporário local acaba quando um agendamento via o utilitário *crontab* chama um outro script Python para envio dos dados JSON para a AWS, usando um cliente do SQS que envia uma mensagem para o serviço configurado na AWS (detalhado na seção 3.2). Esse procedimento, que ocorre a cada 24 horas, irá finalizar após confirmação do recebimento da mensagem pela fila, apagando o conteúdo do arquivo JSON armazenado localmente, de modo a permitir a gravação de um novo conjunto de dados relativos ao próximo dia. A formatação padrão do arquivo, com os horários para cada uma das categorias de dados, junto com a indicação do dia relacionado com a coleta, é mostrado no Quadro 1.

3.1.3. Broker

O algoritmo de detecção de anomalias Isolation Forest foi implementado no protótipo através da biblioteca Scikit-Learn, utilizando também a linguagem Python. Inicialmente, para obter os modelos que permitem a análise das coletas, foi necessário um treinamento com um volume considerável de dados. Com isso, o treinamento foi executado levando em consideração a quantidade de horários (frequência) em que cada um dos tipos de dados avaliados ocorreu no registro de cada um dos dias presentes no arquivo JSON inserido, utilizando a função *fit* da biblioteca. Esse processo resultou em três modelos: um modelo para alimentação, outro para hidratação e um terceiro para excreção.

Quadro 1. Formatação do registro da frequência identificada para cada atividade.

```
1 {  
2   "timestamp": "2024-01-17",  
3   "alimentacao": {  
4     "horarios": [  
5       "06:00",  
6       "09:00"  
7     ]  
8   },  
9   "hidratacao": {  
10    "horarios": []  
11  },  
12  "caixa_areia": {  
13    "horarios": [  
14      "10:00"  
15    ]  
16  }  
17 }
```

Após essa etapa, esses modelos treinados puderam ser utilizados para análise de novas instâncias de dados, através da função *predict*. Dessa maneira, cada uma das categorias de eventos passaram pela predição com base no seu respectivo padrão, retornando um valor igual a 1 caso nada tenha sido encontrado fora do padrão ou -1 caso uma anomalia tenha sido constatada. Por conta da natureza dos dados tratados e de como foi arquitetado o treinamento, portanto, as anomalias estão ligadas com casos em que a frequência de alguma das atividades for menor, maior ou igual a zero, se apresentando como diferente da norma de comportamento diário do gato.

3.3. Solução da Nuvem AWS

O fluxo de comunicação entre os serviços criados na nuvem AWS para o protótipo foi representado no diagrama da Figura 3. Inicialmente, para integração dos módulos locais com a nuvem AWS, como citado anteriormente na seção 3.1.3, uma fila SQS foi configurada, para recebimento das mensagens do *broker*. Para dar continuidade nessa esteira de processamento, essa fila foi configurada como gatilho para a função Lambda, que realiza propriamente a análise dos dados. Essa configuração de gatilho faz com que a função seja acionada sempre que um evento ocorra, o qual, nesse caso, é igual uma nova mensagem na fila, contendo os dados de 24 horas coletados no ambiente local.

A função do Lambda foi configurada para fazer uso de uma imagem de container Docker em um repositório do ECR. Isso foi necessário por conta da utilização da biblioteca Scikit-Learn, que tornou essa aplicação muito maior do que o limite de tamanho que o serviço permite, equivalente a um código e suas dependências somando,

no máximo, 250 megabytes (descompactado). Para execução da análise, a função também fez uso de um bucket do S3 como repositório para os modelos treinados do Isolation Forest, recuperando esses arquivos a cada execução.

Após finalização da predição, a função também está programada para realizar a escrita dos dados recebidos mais resultado dentro de uma tabela do DynamoDB, permitindo consultas futuras. Essa tabela foi criada com a data dos dados como chave primária do tipo string, uma coluna para os dados de cada tipo (alimentação, hidratação e uso da caixa) e a coluna adicional indicando se o dia resultou ou não em uma anomalia. Caso tenha resultado em uma anomalia, o Lambda também causa o envio de uma notificação do SNS, no qual foi criado um tópico e um e-mail assinante deste tópico, para recebimento de uma mensagem detalhando o dia, horários e indicando quais foram as anormalidades encontradas.

4. Resultados

Nesta seção serão mostrados os resultados obtidos através dos procedimentos metodológicos descritos na seção anterior. Os frutos do trabalho consistem no protótipo explicado, sendo validado a partir de uma prova de conceito, utilizando testes com dados sintéticos⁴. Ambos serão expostos nos próximos tópicos.

4.1. Protótipo

Em relação ao módulo de monitoramento de alimentação e hidratação, a utilização dos sensores ultrassônicos controlados pelo Arduino Uno foi executada de acordo com a Figura 4. Ambos os sensores foram conectados à suas respectivas *protoboards*, sendo que o sensor à esquerda corresponde ao responsável pela coleta da atividade de hidratação e o sensor à direita, próximo ao Arduino, ao da alimentação. Essa foi uma abordagem diferente das usadas para coleta desses tipos de dados por trabalhos como Own e Teng (2013), que utilizou *tags* para identificar quando o felino estivesse realizando essas ações; Silva et al. (2008), que mediu a quantidade de comida ingerida através de sensores infravermelhos e Kim (2016) e Kumar et al. (2020), que fizeram uso de sensores de carga.

Esse módulo, em conjunto com a lógica utilizada para o programa executado pelo microcontrolador, mostrou-se satisfatória para o caso de uso. Conforme mostrado na Figura 5, quando a distância detectada por um dos sensores for menor do que a distância para o alimentador/bebedouro, um novo evento será detectado (1). Esse evento, então, é sinalizado para o *broker* e só irá ser considerado finalizado quando essa distância voltar a aumentar acima da quantidade estimada (2). Para evitar os falsos positivos que poderiam ser ocasionados pelo movimento do gato durante um evento, a contagem de tempo também se mostrou apropriada para limitar o intervalo de tempo entre os eventos que podem ser detectados (3).

⁴ Dados criados com algoritmos e simulações para imitar o mundo real.

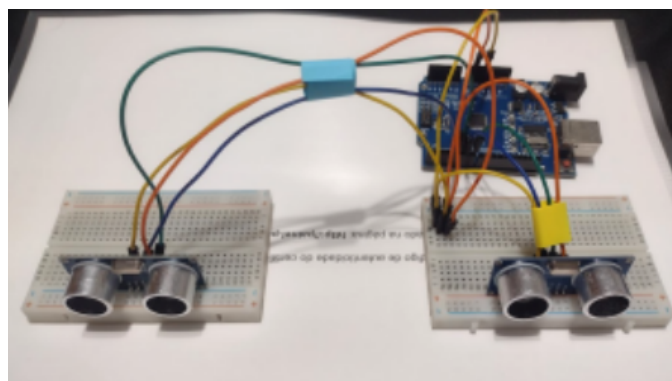


Figura 4. Resultados da montagem do módulo de alimentação/hidratação.

```

Distância (cm) medida é igual a: 51.77
Distância (cm) medida é igual a: 53.45
Distância (cm) medida é igual a: 6.22
Evento detectado!
Distância (cm) medida é igual a: 6.09
Evento continua...
Distância (cm) medida é igual a: 6.63
Evento continua...
Distância (cm) medida é igual a: 6.53
Evento continua...
Distância (cm) medida é igual a: 53.04
Evento finalizou (distância > 15cm), voltando a medir!
Distância (cm) medida é igual a: 53.45
Distância (cm) medida é igual a: 171.92
Distância (cm) medida é igual a: 54.74
Distância (cm) medida é igual a: 6.32
A distância diminuiu, mas ainda não passou o intervalo entre eventos: 7183
Distância (cm) medida é igual a: 6.04
A distância diminuiu, mas ainda não passou o intervalo entre eventos: 8242
Distância (cm) medida é igual a: 53.45
Distância (cm) medida é igual a: 53.04

```

Figura 5. Demonstração da lógica de coleta do módulo de alimentação/hidratação.

Já o módulo de uso da caixa de areia, como citado anteriormente, utiliza de um ESP32-CAM, com uma câmera integrada, mostrado na Figura 6. O Arduino também contido na figura foi necessário para alimentação. Assim como o trabalho de Chen et al. (2021), o microcontrolador da câmera também é utilizado como “olhos” para o sistema, utilizando um modelo de detecção de objetos para identificação do gato no quadro. O presente protótipo e o sistema apresentado por Chen se diferem, no entanto, pelo modelo e Hardware utilizados, pois enquanto aquele utilizou o YOLO junto com o Raspberry Pi, que possui um poder de processamento maior, enquanto este usou o modelo FOMO, próprio para o ESP32 e outros componentes com menores recursos para esse tipo de carga de trabalho.

A eficácia do processamento de imagens para detecção de objetos que foi implantado nesse módulo pôde ser medida a partir dos resultados da criação e treinamento do modelo com a ferramenta Edge Impulse, a qual gerou a biblioteca para detecção de objetos utilizada no ESP32-CAM. O Quadro 2 mostra os resultados dos treinamentos realizados para obtenção do modelo, que apresentou, em três iterações de treinamento, uma acurácia de, respectivamente, 94,1%, 96,55% e 100%, em relação às métricas de precisão, *recall* e pontuação do F1. Esse resultado positivo foi obtido graças à utilização de imagens consistentes em relação ao ângulo e iluminação para treinamento e testes.

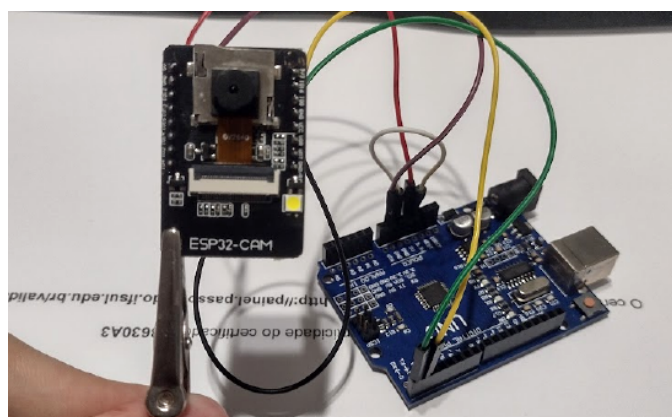


Figura 6. Resultados da montagem do módulo de uso da caixa de areia.

Quadro 2. Comparação entre resultados esperados e obtidos dos testes sintéticos.

<i>N.º Treinamento</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1 Score</i>	<i>Accuracy</i>
1	0,89	1	0,94	94,10%
2	0,97	0,97	0,97	96,55%
3	1	1	1	100%

4.2. Prova de Conceito

Devido a dificuldade em obter o volume de dados reais (coletados pelos sensores) necessários para a modelagem do comportamento do *pet*, optou-se por validar o protótipo usando uma prova de conceito, utilizando dados sintéticos para simulação do comportamento de um gato doméstico. Essa abordagem, além de permitir coletar dados suficientes para treinamento do modelo em um curto espaço de tempo, não contaminando os resultados com falsos positivos por variáveis não controláveis, também tornou possível os testes de diversos cenários de comportamento.

Esses dados sintéticos foram gerados utilizando um *script* para produção de horários, gerando um arquivo JSON com o registro de 90 dias de um comportamento simulado do animal. De forma a obter uma precisão maior no processo de análise, os dados para treinamento foram gerados seguindo os seguintes parâmetros: 5% de chance de não haver nenhum registro de horário (comportamento não ocorreu); 10% de chance de haver mais registros do que o padrão; 10% de chance de haver menos registros do que o padrão; do contrário, a quantidade de registros gerada está dentro dos limites definidos para cada uma das variáveis. Para traçar o limite do padrão para cada comportamento, por sua vez, foram utilizados os seguintes valores:

- a) Alimentação: 2 eventos mínimos e 5 eventos máximos;
- b) Hidratação: 4 eventos mínimo e 7 eventos máximos;
- c) Uso da caixa de areia: 3 eventos mínimos e 6 eventos máximos.

O treinamento não supervisionado com os dados sintéticos utilizando o Isolation Forest apresentou resultados positivos, visto que os padrões definidos durante a geração dos dados sintéticos foram identificados nos modelos produzidos. Conforme mostrado

na Figura 7, as categorias alimentação (a), hidratação (b) e uso da caixa de areia (c) reconheceram as quantidades de frequência menor e maior do que o padrão definido como anomalias, representadas pelos pontos com a cor vermelha. Do mesmo modo, os valores encontrados dentro do padrão, de acordo com os menos limites, foram classificados corretamente, representados pelos pontos de cor azul nos gráficos gerados.

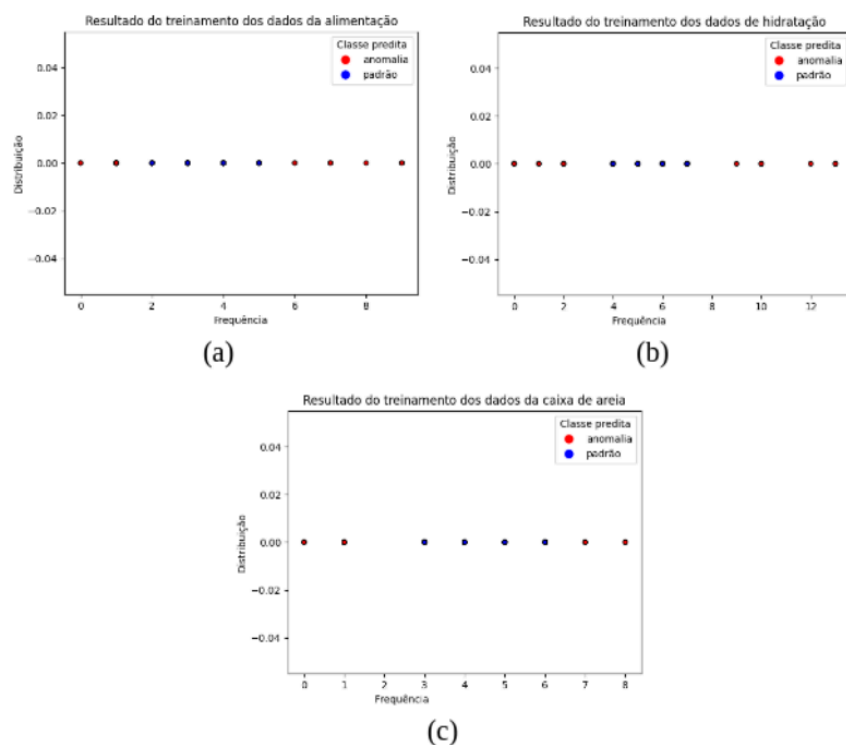


Figura 7. Representação dos resultados obtidos com o treinamento sintético.

A partir disso, os testes foram esquematizados de acordo com as descrições mostradas na Tabela 2, testando um comportamento normal, um comportamento totalmente anômalo e outras combinações de normalidade e anomalia para cada um dos tipos de eventos analisados relativos à unidade de 24 horas. Os resultados esperados (hipóteses) foram escritos antes da realização dos testes, utilizando a nomenclatura padrão mostrada na seção 2.4, com -1 para divergências do padrão comportamental (fora dos limites definidos na geração dos dados sintéticos) e 1 para uma frequência de eventos dentro do padrão delimitado. Como observável, os resultados obtidos tiveram uma ótima acurácia em comparação com os resultados esperados.

O sucesso do treinamento também foi comprovado ao realizar os testes através da AWS, enviando os dados através da fila SQS para serem processadas pela função Lambda, armazenadas no DynamoDB e, caso identificada uma anomalia, enviar uma notificação via SNS. Como mostrado na Figura 8, os *logs* de saída da execução da função Lambda para um dos testes sintéticos aponta o recebimento dos dados do SQS, gravação dos dados e a menção ao envio da mensagem pelo SNS, visto que dois resultados foram identificados como anômalos: a hidratação e uso da caixa de areia. Essa mensagem enviada, junto com a análise realizada da causa da anomalia (ambas as

ações ocorreram em uma frequência maior do que o comum para o comportamento padrão), é mostrada na figura Figura 9.

Quadro 3. Comparação entre resultados esperados e obtidos dos testes sintéticos.

Nº	Descrição dos Dados	Resultados Esperados			Resultados Obtidos		
		Alimentação	Hidratação	Caixa de Areia	Alimentação	Hidratação	Caixa de Areia
1	<i>Alimentação = 0</i>	-1	1	1	-1	1	1
2	<i>Hidratação = 0</i>	1	-1	1	1	-1	1
3	<i>Uso da caixa de areia = 0</i>	1	1	-1	1	1	-1
4	<i>Alimentação < padrão</i>	-1	1	1	-1	1	1
5	<i>Hidratação < padrão</i>	1	-1	1	1	-1	1
6	<i>Uso da caixa de areia < padrão</i>	1	1	-1	1	1	-1
7	<i>Alimentação > padrão</i>	-1	1	1	-1	1	1
8	<i>Hidratação > padrão</i>	1	-1	1	1	-1	1
9	<i>Uso da caixa de areia > padrão</i>	1	1	-1	1	1	-1
10	<i>Apenas alimentação dentro do padrão</i>	1	-1	-1	1	-1	-1
11	<i>Apenas hidratação dentro do padrão</i>	-1	1	-1	-1	1	-1
12	<i>Apenas uso da caixa de areia dentro do padrão</i>	-1	-1	1	-1	-1	1
13	<i>Todas as variáveis dentro do padrão</i>	1	1	1	1	1	1
14	<i>Todas as variáveis fora do padrão</i>	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Portanto, através desses resultados, é notável o sucesso do sistema na realização do seu objetivo de identificação de anomalias, além da integração com a AWS, que ocorreu de forma a agregar mais recursos para o protótipo sem causar maior complexidade no provisionamento. A análise dos dados utilizando aprendizado de máquina para encontrar padrões diferiu-se, por exemplo, da abordagem de Own e Teng (2013), que teve como resultados as estatísticas dos comportamentos do felino. O emprego da nuvem no protótipo também foi diferente do usado por Silva et al. (2008), em que uma nuvem foi utilizada somente para armazenamento das coletas.

```
START RequestId: 7fdf60d7-b34e-5970-8c68-3f116fe3c955 Version: $LATEST

Modelo de alimentacao precisa ser atualizado

Modelo de hidratacao precisa ser atualizado

Modelo de caixa_areia precisa ser atualizado

Dados recebidos do SQS: "{\n  {\n    \"timestamp\": \"2024-01-17\", \n    \"alimentacao\": {\n      \"horarios\": [{\"06:10\", \"12:00\", \"19:40\"}], \n    \"hidratacao\": {\n      \"horarios\": [{\"07:00\", \"09:40\", \"10:12\", \"13:36\", \"14:00\", \"15:51\", \"16:13\", \"19:05\", \"20:00\", \"21:00\"}], \n    \"caixa_areia\": {\n      \"horarios\": [{\"07:49\", \"10:02\", \"11:42\", \"14:05\", \"15:11\", \"15:53\", \"16:20\", \"19:22\"}] \n    } \n  } \n}"

Resultados: alimentacao=1, hidratacao=-1, caixa de areia=-1

Dados e resultado gravados no banco do DynamoDB

Anomalia encontrada. Enviando notificação ao tutor com o SNS...

END RequestId: 7fdf60d7-b34e-5970-8c68-3f116fe3c955
```

Figura 8. Logs de saída de uma execução do Lambda com resultados anômalos.



Figura 9. Envio de notificação com informações sobre as anomalias identificadas.

5. Considerações Finais

Em conclusão, o trabalho apresentou como resultado um protótipo capaz de realizar a coleta de dados sobre alimentação, hidratação e excreção realizados por um gato doméstico, através da utilização de sensores IoT para monitoramento de forma automatizada. Também foi possível integrar a computação em nuvem com a AWS para processamento e armazenamento das coletas, agrupadas em períodos de 24 horas. De forma a analisar o comportamento e identificar ações fora do padrão, foi implementado o Isolation Forest, para detecção de anomalias na frequência da realização dessas atividades cotidianas, notificadas ao tutor. Com isso, pôde-se concluir que o sistema proposto é eficaz para resolver o problema da pesquisa, pois tem potencial para realizar a análise do comportamento padrão e identificar anormalidades, as quais podem estar relacionadas com o estado de saúde e bem-estar do *pet*.

Um ponto de dificuldade encontrado durante a implementação e testes do sistema foi o tempo necessário para coleta do volume de dados para treinamento do modelo de detecção de anomalias. Tal aspecto foi solucionado neste trabalho através do uso de dados sintéticos. É previsto para os trabalhos futuros o desenvolvimento dessa fase de coleta em um intervalo de tempo maior, contando com um tempo para acostumar o felino com os objetos novos perto dos seus locais rotineiros. Outra abordagem possível é realizar a fase de coleta em paralelo ao treinamento, tendo um modo de medir ou estimar quando a acurácia aumentasse o suficiente para gerar um modelo definitivo. No entanto, caso ainda adotasse a nuvem como plataforma, poderia vir a gerar um alto custo de utilização.

Ademais, outro aspecto que será explorado no futuro é que mais tipos e dimensões dos dados sejam considerados para a análise do comportamento do animal, além da frequência que foi considerada neste trabalho. Apesar de ser um fator que poderia ajudar a identificar mudanças comportamentais como a poliúria e polidipsia, ainda assim não poderia medir, respectivamente, qual foi o tipo da excreção que ocorreu durante o uso da caixa de areia ou a quantidade de água que foi bebida durante o dia, em mililitros. Para tanto, é necessário o emprego de diferentes tipos de sensores, como sensor de carga e de nível de água. Uma pesquisa futura, além de outros dados, também poderia prever com um ambiente domiciliar com mais de um gato, que foi implementada com a utilização de tags do trabalho de Own e Teng (2013).

Referências

- Arduino (2022). “What is Arduino?”
<https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/whats-arduino/>. Acesso em: 26 abr 2024.
- Arduino (2024). “Getting Started with Arduino”.
<https://docs.arduino.cc/learn/starting-guide/getting-started-arduino/>. Acesso em: 26 abr 2024.
- Atkinson, T. (2018). “Practical feline behaviour: Understanding cat behaviour and improving welfare”. Oxfordshire, UK ; Boston, MA: CABI.
- Atzori, L. et al (2010). “The Internet of Things: A survey”. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389128610001568>. Acesso em: 18 abr 2024.
- AWS (2024a). “O que é a computação em nuvem?”
<https://aws.amazon.com/pt/what-is-cloud-computing/>. Acesso em: 16 mai 2024.
- AWS (2024b). “AWS SDK para Python (Boto3).”
<https://aws.amazon.com/pt/sdk-for-python/>. Acesso em: 17 out 2024.
- AWS (2024c). “SQS Developer Guide”.
<https://docs.aws.amazon.com/lambda/latest/dg/>. Acesso em: 16 mai 2024.
- AWS (2024d). “SNS Developer Guide”.
<https://docs.aws.amazon.com/sns/latest/dg/welcome.html>. Acesso em: 10 out 2024.
- AWS (2024e). “Lambda Developer Guide”.
<https://docs.aws.amazon.com/lambda/latest/dg/>. Acesso em: 16 mai 2024.
- AWS (2024f). “S3 Developer Guide”.
<https://docs.aws.amazon.com/AmazonS3/latest/userguide/Welcome.html>. Acesso em: 07 out 2024.
- AWS (2024g). “DynamoDB Developer Guide”.
<https://docs.aws.amazon.com/amazondynamodb/latest/developerguide/>. Acesso em: 07 out 2024.
- Barrett, S. F. e Pack, D. J. (2006). “Microcontrollers Fundamentals for Engineers and Scientists”. 1. ed. [S.l.]: Morgan & Claypool.
- Berger, A. S. (2002). “Embedded Systems Design: An introduction to processes, tools, and techniques”. Berkeley, CA: CMP Books.
- Borin-Crivellenti, S. e Malta, C. A. S. (2015). “A endocrinologia da Poliúria e da Polidipsia”. *Investigação*, 14 (6): 22-25. ISSN 21774080.
- Calhau, D. S. et al (2024). “Doença renal crônica em gatos”. *Pubvet*, [S. l.], v. 18, n. 02, p. e1551. <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/3493>. Acesso em: 14 mar 2024.

- Chen, R. C. et al (2021). “Monitoring the behaviours of pet cat based on yolo model and raspberry pi”. *International Journal of Applied Science and Engineering*. v. 18, p. 1–12, 01.
https://www.researchgate.net/publication/354535148_Monitoring_the_behaviours_of_pet_cat_based_on_YOLO_model_and_raspberry_Pi. Acesso em: 27 mar 2024.
- COMAC (2023). “Radar Pet 2023: O salto emocional na relação tutor-pet”.
https://sindan.org.br/wp-content/uploads/2023/12/PET-Talks_Apresentacao-Radar-Pet-2023.pdf. Acesso em: 4 mar 2024.
- Dunn, W. C. (2006). “Introduction to Instrumentation, Sensors, and Process Control”. Norwood: Artech House.
- Edge Impulse (2020). “Edge Impulse Brings TinyML to Millions of Arduino Developers”.
<https://www.edgeimpulse.com/blog/edge-impulse-brings-ml-to-arduino>. Acesso em: 20 nov 2024.
- Edge Impulse (2024a). “Edge Impulse: For beginners”.
<https://docs.edgeimpulse.com/docs/readme/for-beginners>. Acesso em: 28 set 2024.
- Edge Impulse (2024b). “Detect objects with FOMO”.
<https://docs.edgeimpulse.com/docs/tutorials/end-to-end-tutorials/object-detection/detect-objects-using-fomo>. Acesso em: 28 set 2024.
- Eletrogate (2024). “Módulo Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04”.
<https://www.eletrogate.com/modulo-sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04>. Acesso em: 09 out 2024.
- Eloquent Arduino (2024). “ESP32 cam Quickstart”.
<https://eloquentarduino.com/posts/esp32-cam-quickstart>. Acesso em: 26 set 2024.
- Gestrich-Frank, M. I. (2020). “Impacto dos transtornos comportamentais na saúde física e bem-estar dos felinos domésticos”. UFRGS.
<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/271381>. Acesso em: 14 mar 2024.
- Hunkeler, U. et al (2008). “MQTT-S: A publish/subscribe protocol for wireless sensor networks”. UCSB.
<https://sites.cs.ucsb.edu/~rich/class/cs293b-cloud/papers/mqtt-s.pdf>. Acesso em: 22 abr 2024.
- Kim, S. (2013). “Smart pet care system using internet of things”. *International Journal of Smart Home*. v. 10, p. 211–21.
https://www.researchgate.net/publication/301727610_Smart_Pet_Care_System_using_Internet_of_Things. Acesso em: 27 mar 2024.
- Kumar, K. et al (2020). “Development of smart pet monitoring system”. *International Journal of Advanced Science and Technology*. v. 29, p. 4253–4260.
<http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/22928>. Acesso em: 27 mar 2024.

- Lee, E. A. e Seshia, S. A. (2017). "Introduction to Embedded Systems: A cyber-physical systems approach". 2. ed. MIT Press.
<https://ptolemy.berkeley.edu/books/leeseshia/>. Acesso em: 10 abr 2024.
- Liu, F. T. et al (2008). "Isolation Forest". IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/4781136>. Acesso em: 06 jun 2024.
- MakerHero (2024). "Placa ESP32 CAM com Câmera OV2640 2MP".
<https://www.makerhero.com/produto/modulo-esp32-cam-com-camera-ov2640-2-mp>. Acesso em: 24 set 2024.
- Marwedel, P. (2021). "Embedded System Design: Embedded systems foundations of cyber-physical systems, and the internet of things". 4. ed. Cham, SW: Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-60910-8>. Acesso em: 10 abr 2024.
- Monk, S. (2012). "Programming Arduino: Getting started with sketches". 1. ed. [S.l.]: McGraw-Hill.
- Mosquitto (2024). "Eclipse Mosquitto: Documentation".
<https://mosquitto.org/documentation/>. Acesso em: 26 out 2024.
- Own, C. e Tang, C. (2013). "The study and application of the iot in pet systems". Advances in Internet of Things. v. 03, p. 1–8, 01.
https://www.researchgate.net/publication/270850816_The_Study_and_Application_of_the_IoT_in_Pet_Systems. Acesso em: 27 mar 2024.
- Scikit-Learn (2024). "2.7.3.2. Isolation Forest".
https://scikit-learn.org/1.5/modules/outlier_detection.html. Acesso em: 12 out 2024.
- Scholten, A. D. (2017). "Particularidades comportamentais do gato doméstico". UFRGS. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/170364>. Acesso em: 18 mar 2024.
- Silva, B. G. T. B. et al (2018). "PetFeeder: Sistema remoto de alimentação e monitoramento de animais".
http://silverio.net.br/heitor/disciplinas/oficina3/relatorios/EEX23_RT_PetFeeder.pdf. Acesso em: 27 mar 2024.
- Warren, J. D. et al (2019). "Arduino para Robótica". São Paulo: Blucher.
- Zou, Z. et al (2019). "Object Detection in 20 Years: A Survey".
https://www.researchgate.net/publication/333077580_Object_Detection_in_20_Years_A_Survey. Acesso em: 21 nov 2024.

SYPHON.IO: UMA HUB WEB PARA GATEWAYS IPFS VOLTADA AO ARMAZENAMENTO PESSOAL

João Luiz Daré Pinto¹, Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo
Rio Grande do Sul, Brasil

joaopinto.pf014@academico.ifsul.edu.br, anubisrossetto@ifsul.edu.br

Abstract. *The advance of Web 3.0, with its focus on decentralized technologies, represents a significant evolution in relation to the centralized services of the Web 2.0, specially in relation to data storage and user autonomy. This work presents the development of Syphon.io, a web application which utilizes IPFS (InterPlanetary File System), to offer a decentralizes alternative to cloud storage. The platform allows users to store and access their data in a secure and private fashion, combining the typical organization in centralized services with the freedom and user control provided by decentralization. Besides, Syphon.io places itself as an intermediary solution, exploring the benefits of distributed governance and censorship resistance, typical characteristics of IPFS.*

Resumo. *O advento da Web 3.0, com foco em tecnologias descentralizadas, representa uma evolução significativa frente aos serviços centralizados da Web 2.0, especialmente no que tange ao armazenamento de dados e à autonomia dos usuários. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do Syphon.io, uma aplicação web que utiliza o IPFS (InterPlanetary File System) para oferecer uma alternativa descentralizada ao armazenamento em nuvem. A plataforma permite que os usuários armazenem e acessem seus dados de forma segura e privada, combinando a organização típica de serviços centralizados com a liberdade e o controle aos usuários proporcionados pela descentralização. Além disso, o Syphon.io se posiciona como uma solução intermediária, explorando os benefícios da governança distribuída e da resistência à censura, características inerentes ao IPFS.*

Introdução

A Internet surgiu como uma rede de compartilhamento de informações, com conteúdo disponibilizado por provedores que o regiam conforme as limitações da época, em páginas com pouca customização, onde o usuário possuía o papel de observante. Pelas últimas décadas, a Internet adquiriu um significado novo, prezando a prestação de serviços aos usuários. O'Reilly descreve essa geração, a Web 2.0, como “software como serviço continuamente atualizado, consumindo dados de múltiplas fontes, incluindo usuários individuais, e criando efeitos de rede por uma ‘arquitetura de participação’, indo além da metáfora de páginas da Web 1.0, e entregando ricas experiências de usuários” [O'reilly 2010].

Um dos principais aspectos da tecnologia é o armazenamento, e dentre os serviços focados na experiência do usuário trazidos pela Web 2.0, está o armazenamento em nuvem. Segundo [Pedrosa and Nogueira 2011], “Dentre as vantagens da computação em

nuvem está a possibilidade de acesso aos dados e aplicações de qualquer lugar, desde que haja conexão de qualidade com a internet, trazendo assim mobilidade e flexibilidade aos usuários”. Porém, existem aspectos da computação em nuvem que, para muitos, podem transformá-la em algo pouco atraente e que merecem ser discutidos. [Daniel and Tschorsch 2022] apontam que, embora sejam mais economicamente viáveis, a governança centralizada desses serviços pode levar a problemas de acessibilidade e avaliabilidade, assim como potenciais falhas de confidencialidade e até censura. Como colocado por [Hu et al. 2010], “De forma geral, fica claro que os direitos legais dos dados do usuário armazenados em nuvem são substancialmente diferentes que os direitos de dados armazenados em suas próprias instalações”.

Logo, alguns usuários são atraídos pelas perspectivas de serviços administrados pelos próprios usuários, como por exemplo, aplicações *peer-to-peer* (parceiro a parceiro), ou simplesmente P2P. No início, essas tecnologias se focavam no compartilhamento de arquivos singulares em uma rede de máquinas interconectadas, como exemplificado pelo BitTorrent, um dos protocolos baseados em P2P mais populares. Essas tecnologias estiveram em constante evolução nos últimos 20 anos, lidando com problemas de segurança, lentidão e baixa fidelidade para se tornarem alguns dos melhores exemplos de tecnologias abertas.

Hoje em dia, tecnologias descentralizadas são um aspecto central da nova geração de plataformas baseadas na Internet, a Web 3.0. Fuchs et al. colocam que, enquanto a Web 1.0 foi uma ferramenta cognitiva e a Web 2.0, um meio para a comunicação humana, a Web 3.0 são redes de tecnologias que suportam cooperação humana [Fuchs et al. 2010].

Uma das tecnologias mais notórias da Web 3.0 é o IPFS (*InterPlanetary File System*, sistema interplanetário de arquivos), que possui a intenção de permitir armazenamento a longo prazo e indexação por conteúdo, garantindo a imutabilidade dos dados armazenados e, conseqüentemente, resistência a formas de censura e limitação de conteúdo [Daniel and Tschorsch 2022]. Este trabalho busca a experimentação de recursos do IPFS para o desenvolvimento de uma aplicação web com o intuito de explorar como poderiam ser implementados no cenário tecnológico moderno.

Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento e implementação do Syphon.io, uma aplicação web que utiliza o IPFS para oferecer uma alternativa descentralizada aos serviços de armazenamento em nuvem. A proposta é proporcionar aos usuários um meio de armazenar e acessar seus dados de forma segura e privada, explorando as vantagens das tecnologias distribuídas da Web 3.0, que promovem a autonomia do usuário.

A Seção 1 explora a importância das tecnologias distribuídas, e a evolução de seus conceitos e presença na sociedade tecnológica, a Seção 2 descreve aspectos relevantes da tecnologia IPFS, a Seção 3 demonstra a aplicação desenvolvida a partir da plataforma; a Seção 4 contém uma análise da aplicação desenvolvida e do contexto web atual do IPFS analisado ao longo de seu desenvolvimento; a Seção 5 apresenta as considerações finais.

1. Tecnologias Distribuídas

A Web 3.0 foi inicialmente definida em 2001 por Tim Berners-Lee, James Hendler e Ora Lassila [Berners-Lee et al. 2001]. Originalmente denominada “Web Semântica” e sendo conceitualizada como uma Internet com “significado”, onde seu conteúdo seria

baseado em suas relações ontológicas, permitindo uma interface máquina/humano mais homogênea. A evolução da Web 1.0 para a Web 2.0 projetou a internet fora do isolamento humano, onde pessoas compartilhavam conteúdo “às cegas”, sem o conhecimento daqueles que o leem ou daqueles que o produzem. A Internet se tornou um meio socialmente impactante, onde pessoas podem interagir umas com as outras e compartilhar o que desejarem por meio de blogs e plataformas sociais [Oliveira et al. 2018].

A crescente presença da Web 2.0 é exponencial, devido à sua forte integração na vida do humano moderno. Allan ([Allan 2011]) coloca a Web 2.0 como a base para quase tudo: informações online, compras, trocas, comunicação em voz, publicação, compartilhamento de dados e colaboração completa, definindo também a presença de serviços em nuvem neste cenário, trazendo como a nuvem nunca foi uma tecnologia nova, e sim um meio de trazer tecnologias já existentes para o ambiente web. Com uma sociedade fortemente ligada a esses serviços, a Web 3.0 possui um papel importante para cumprir: certificar que suas novas plataformas enalteçam a autoridade dos usuários.

Segundo Korpala e Scott ([Korpala and Scott 2022]), a Web 3.0 fortemente se baseia em tecnologias de *blockchain*, como Ethereum, e criptomoedas, como o Bitcoin. Para alguns, essas integrações fogem das ideias de abertura e transparência da Web 3.0. Entendendo os altos custos de armazenamento e processamento por trás de *blockchains*, muitos denunciam a “*blockchainificação*” da Web 3.0, com a adição de camadas desnecessariamente complexas ao ecossistema já existente, justificando a existência de criptomoedas e NFTs¹ ao invés de utilizá-los como complemento, beneficiando aqueles com maiores recursos financeiros e computacionais e fomentando a “centralização da descentralização”.

É importante que para o desenvolvimento de uma aplicação buscando participar da Web 3.0, não sejam sacrificadas as ideias de distribuição e transparência, e que sejam garantidas a autoridade e disponibilização de informação e participação do usuário, tratando-os não só como apêndices à rede, mas órgãos vitais, os produtores e mantenedores de conteúdo.

1.1. A Evolução das Plataformas P2P

Graças à escalabilidade e qualidade de serviço, plataformas P2P vêm ganhando popularidade nas últimas décadas. Elas apresentam uma rede onde todos os nodos possuem, normalmente, papel semelhante uns aos outros, esses nodos são conhecidos como “peers” ou “parceiros”, e oferecem sua computação e conexão para garantir qualidade e administração de serviço, podendo livremente entrar e sair da rede sem consequências. Por sua natureza, redes P2P são normalmente utilizadas para troca de mensagens, conferência por vídeo, compartilhamento de arquivos e trabalho colaborativo [Fazea et al. 2021].

Embora seu propósito tenha se mantido, redes P2P passaram por evoluções que melhoraram sua usabilidade e funcionalidade, conforme observado na Figura 1. Napster foi um serviço de compartilhamento de música, e é reconhecido como o popularizador de tecnologias P2P. BitTorrent apresentou o conceito de repartição de arquivos dentro da rede, permitindo um compartilhamento mais dinâmico, e Kademlia, uma tabela hash distribuída (*Distributed Hash Table* ou DHT), revolucionou o descobrimento

¹*Non-Fungible Token* é uma certificação em blockchain de propriedade sobre uma mídia digital. Possui muito debate acerca da natureza de propriedade sobre algo não tangível e facilmente reproduzível.

de peers, e é utilizada até hoje por plataformas P2P modernas. Bitcoin popularizou a *blockchain* como forma segura de armazenamento distribuído de informações, e junto com endereçamento por conteúdo, ou a requisição de conteúdo diretamente por sua identificação, sem informar sua localização exata, permitiram o próximo passo na evolução de sistemas distribuídos, sendo utilizados por plataformas como IPFS e Storj [Daniel and Tschorsch 2022], que representam implementações de tecnologias P2P mais abrangentes do que as gerações anteriores, mais seguras e confiáveis, com casos de uso mais diversos e em maior escala.

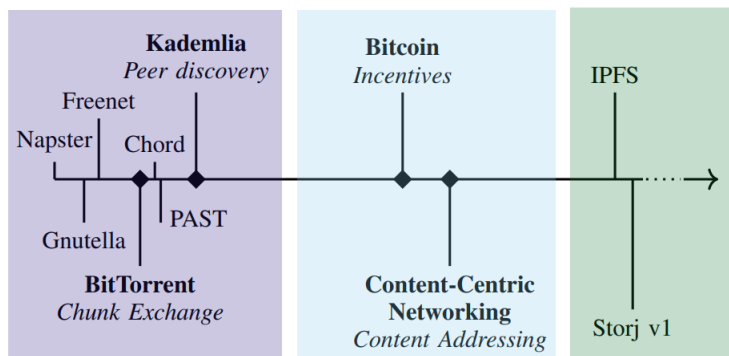


Figura 1. Tecnologias Precursoras à Nova Geração de Redes P2P.

2. IPFS

Desenvolvido pela empresa Protocol Labs, IPFS não é uma aplicação em si. IPFS pode se referir à uma implementação do protocolo IPFS conforme as especificações do Protocol Labs, uma rede descentralizada de nodos instanciando esta implementação, ou um conjunto de protocolos e padrões para organização e transferência de dados [IPFS 2024]. Em outras palavras, a partir dos padrões e especificações definidas pela Protocol Labs, qualquer ambiente pode se conectar com o IPFS e contribuir internamente, fornecendo armazenamento e disponibilidade de serviço para busca e roteamento de conteúdo, como também acessar dados externamente, requisitando-o através de protocolos padrões, como HTTP, UDP, TCP, entre outros. O propósito do IPFS é reduzir os problemas providos do armazenamento centralizado, como mostrado na Figura 2, o conteúdo armazenado via IPFS é armazenado de forma descentralizada, sendo replicado por múltiplos peers que podem fazer a sua validação e disponibilização de acesso.

Um nodo pode se conectar instanciando um *daemon*² IPFS localmente em sua máquina, que tratará as comunicações do nodo dentro da rede. Existem diversas implementações do IPFS, em linguagens como Python, JavaScript e Go, permitindo sua integração a plataformas desenvolvidas nessas tecnologias, assim como as aplicações do Protocol Labs IPFS Desktop e IPFS CLI³, facilitando a instância do *daemon* IPFS para o nodo conectar-se à rede. Uma vez conectado, o *daemon* IPFS utiliza padrões de protocolos, especificações, e subsistemas modulares para realizar comunicações com outros

²Processo em execução ativa em segundo plano. No contexto do IPFS, um *daemon* é um cliente IPFS rodando e ouvindo requisições.

³*Command Line Interface* (CLI), ou interface de linha de comando, é uma aplicação sem recursos visuais, podendo ser manuseada através de linhas de comando no sistema operacional.

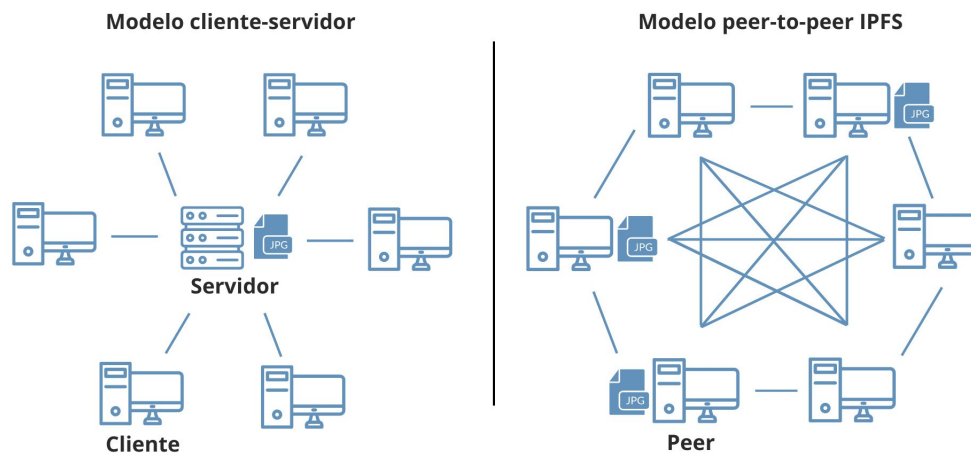


Figura 2. Diferença entre armazenamento centralizado e IPFS.

nodos, busca e transferência de dados, dentre outras funções. A Figura 3 lista alguns desses subsistemas, e a seguir, são descritos os mais relevantes a este trabalho.

Propósito	Subsistema
Representação e organização de arquivos	CIDs, IPLD, UnixFS, MFS, DAG-CBOR, DAG-JSON, CAR files
Roteamento de conteúdo, conexão entre CID e endereços IP	Kademlia DHT, roteamento via HTTP, Bitswap, mDNS
Transferência de dados	Bitswap, HTTP Gateways, Sneakernet, Graphsync
Endereçamento de dados e peers	Multiformats
Ponte entre IPFS e HTTP	IPFS Gateways, APIs de Pinning
Conectividade peer-to-peer	libp2p (TCP, QUIC, WebRTC, WebTransport)
Mutabilidade e nomeamento dinâmico	IPNS (Interplanetary Naming System), DNSLink

Figura 3. Subsistemas modulares do IPFS.

2.1. CID - Identificador de Conteúdo

Uma das principais características do IPFS é a sua particular forma de indexação de conteúdo. Cada registro armazenado na rede possui um identificador de conteúdo (CID) na forma de um hash gerado a partir do conteúdo em si, garantindo que cada registro seja único e imutável. Entretanto, dados armazenados através de serviços remotos precisam ser dinâmicos tanto na sua acessibilidade quanto na sua modificação, para isso o ambiente do IPFS dispõe de um sistema paralelo, o IPNS (*Interplanetary Naming System*, ou sistema de nomeamento interplanetário), que permite a existência de uma chave imutável apontando para um conteúdo mutável armazenado no IPFS, e através de uma assinatura no próprio identificador do IPNS, ele se torna auto-verificável, permitindo que apenas o dono de uma chave privada possa assinar o conteúdo, verificando sua autenticidade [IPFS 2024].

2.2. APIs de Pinning

Quando algum conteúdo é persistido no IPFS, é calculado o seu CID, e com ele, o conteúdo pode ser buscado na rede. Porém, para um conteúdo se manter armazenado a longo prazo, é necessário que pelo menos um nodo esteja fazendo seu “*pin*”, ou seja, certificando que irá armazenar essa informação, excluindo-a das rotinas de limpeza de lixo do daemon do IPFS. Serviços de *pinning* podem ser locais ou remotos, e podem ser criados e mantidos pelo próprio usuário do IPFS, ou podem ser de algum serviço de terceiros, como Pinata e Filebase, que possuem preços para uso ilimitado, como também planos gratuitos com limitações. Esses serviços podem ser acessados por qualquer nodo no IPFS através de seu endpoint e de uma chave de API, garantindo que apenas o usuário possa acessar esse serviço [IPFS 2024].

Quando o usuário deseja realizar a exclusão de algum dado armazenado no IPFS, ele deve realizar o “*unpin*” dele, ou seja, informar a seu serviço de pinning para parar de guardar esse registro e deixá-lo ser removido automaticamente na próxima limpeza de lixo. Logo, a remoção de conteúdo do IPFS não é imediata, mesmo após sua “exclusão”, ele se mantém disponível por um tempo. Alternativamente, se o usuário estiver persistindo o conteúdo em sua própria máquina, ele pode manualmente realizar a limpeza de lixo [IPFS 2024].

2.3. Kademlia DHT

O IPFS utiliza sua própria versão do Kademlia, popular método de descoberta de conteúdo em redes P2P, utilizado desde as primeiras gerações dessas tecnologias, como observado anteriormente na Figura 1. O algoritmo Kademlia utiliza três parâmetros: um endereço único para cada um dos peers, uma métrica para facilmente ordenar os peers, e uma projeção, que a partir da chave de um registro irá calcular o endereço da vizinhança onde os peers responsáveis por armazená-lo estão.

Por meio do endereço e da métrica de ordenação, peers podem ser buscados na tabela facilmente, como uma lista ordenada, permitindo a busca na lista com um tempo de procura de até $O(\log(N))$, onde N é o tamanho da rede. Para garantir que todos os endereços estejam armazenados distribuidamente, sem a ocorrência de erros caso peers entrem ou saiam da rede, cada nodo mantém até 20 conexões com peers indexados na DHT. Este valor de 20 conexões foi calculado particularmente para o IPFS a partir da análise quanto à frequência de atualização da rede, certificando que a latência de conexão permaneça constante [IPFS 2024].

2.4. IPFS Gateways

Um *gateway* IPFS é um serviço web que disponibiliza a busca e o retorno do conteúdo armazenado na rede, permitindo que ferramentas que ainda não suportam o protocolo IPFS nativamente possam acessar seus dados. Dessa forma, navegadores e ambientes mais antigos ainda podem acessar os dados armazenados via IPFS [IPFS 2024].

Quando recebe uma requisição de conteúdo, o nodo responsável pelo *gateway* verifica se o possui em *cache*, e em caso afirmativo, retorna o conteúdo para o requisitante. Caso contrário, o nodo precisa descobrir onde o conteúdo está armazenado, perguntando aos peers com os quais se conecta se o possuem e verificando a DHT. Ao encontrar a localização do conteúdo, o nodo provedor do *gateway* realiza a requisição desses dados

ao nodo que realiza seu *pinning*, podendo realizar o roteamento de dados de volta ao requisitante inicial [IPFS 2024].

2.5. Filecoin, PoRep e PoST

O IPFS também dispõe de uma criptomoeda própria, o Filecoin, que serve como um token de incentivo para nodos participantes no armazenamento de dados. Diferente de outras criptomoedas baseadas em *blockchains* que funcionam com base na *Proof-of-Work* (PoW), ou prova de trabalho, que os participantes devem oferecer, provando que utilizaram seu processamento para gerar uma hash para o bloco de dados, Filecoin utiliza *Proof-of-Replication* (PoRep, prova de replicação) e *Proof-of-Space-Time* (PoST, prova de espaço-tempo). PoRep certifica que o nodo replicou dados já armazenados, garantindo que continuam existindo na rede de forma inalterada, enquanto PoST certifica que os dados são mantidos no armazenamento ao longo do tempo e disponíveis para acesso [Daniel and Tschorsch 2022]. Dessa forma, um peer pode comprovar que está participando ativamente no armazenamento de dados do IPFS.

PoW é uma das principais razões que *blockchains* sofrem tantas críticas, apresentando grandes problemas de sustentabilidade graças a seu grande uso de energia, tanto para realizar o processamento em si quanto para seus obrigatórios sistemas de resfriamento, que remediaram o calor excessivo gerado pelo processamento. Outro fator negativo de PoW é seu alto custo de entrada e manutenção, com a pessoa comum sendo incapaz de arcar com os custos do hardware e energia necessários para manter sua cota de PoW, criando uma “privatização” de redes que deveriam, em teoria, ser abertas a todos [Wolfskehl 2018].

PoRep e PoST são duas soluções para esses problemas, seu custo de mantimento e consumo de energia é muito menor do que PoW, assim como seu custo de entrada, não havendo vantagens em usar máquinas paralelas, apenas precisando de maior armazenamento e processamento suficiente para realizar o processo de seleção de qual minerador (participante de uma *blockchain*) receberá os dados [Stokmans and Schilham 2023]. Por utilizar alternativas mais sustentáveis em sua *blockchain*, IPFS demonstra sua viabilidade como plataforma para o desenvolvimento de aplicações para a Web 3.0.

3. Syphon.io

Para aprofundar o estudo da tecnologia IPFS e explorar sua implementação no cenário atual, foi desenvolvida uma aplicação, denominada Syphon.io. O nome faz referência à ordem dos sifonóforos, animais aquáticos que vivem em colônias compostas de vários indivíduos, cada um com sua função especializada, funcionando de maneira integrada como se fosse um único organismo, uma analogia à natureza distribuída do IPFS. Para a aplicação atingir seu objetivo de proporcionar um meio de acesso web a uma plataforma descentralizada, mantendo o interesse, segurança e privacidade do usuário em mente, foram definidos os seguintes requisitos funcionais:

- Autenticação: Os usuários deverão se cadastrar e realizar login para poder acessar a aplicação e suas funcionalidades, de forma que seus dados possam se manter facilmente acessíveis;
- Armazenamento de Arquivos no IPFS: Os usuários poderão armazenar e acessar seus arquivos na rede descentralizada IPFS, assim como cadastrar diretórios e subdiretórios para organizá-los;

- Cadastro de Serviços de Pinning: Para que os dados possam ser armazenados no IPFS, os usuários deverão cadastrar seus próprios serviços de pinning, os quais realizarão a persistência de conteúdo de forma descentralizada.

Com os conhecimentos adquiridos quanto ao IPFS, foram definidos os seguintes requisitos não-funcionais:

- Disponibilidade Web: Para a aplicação ter ampla disponibilidade, deve ser criada em um ambiente web acessível através do navegador;
- Segurança e Privacidade: Os arquivos deverão ser armazenados na plataforma IPFS a fim de evitar o máximo possível a centralização dos serviços. Também deverão ser criptografados, para manter seu conteúdo acessível apenas ao usuário;
- Front-end: Para a criação de um front-end moderno, facilmente acessível, e que permita a implementação leve de criptografia no lado do cliente, deve-se utilizar um framework moderno e bem documentado. Por esse motivo, o React, um dos frameworks web mais populares, foi escolhido;
- Back-end: Auxiliando a aplicação web, é necessário ter um lado centralizado, responsável pela autenticação dos usuários e organização de seus dados, o que será realizado por meio de um servidor Node.js com um banco de dados PostgreSQL.

A aplicação possui a estrutura ilustrada na Figura 4. Ela se comunica com o componente centralizado, um servidor Node.js conectado a um banco de dados PostgreSQL. Um usuário autenticado pode realizar *download* e *upload* de conteúdo diretamente através de *gateways* e serviços de pinning disponíveis por APIs HTTP, permitindo que a aplicação se comunique com diversos provedores e possa retornar o conteúdo ao usuário, como uma hub de serviços. A criptografia de conteúdo é completamente feita na máquina do usuário, ou seja, *client-side*, garantindo a privacidade dos dados tanto em relação ao componente centralizado da aplicação, quanto à rede IPFS.

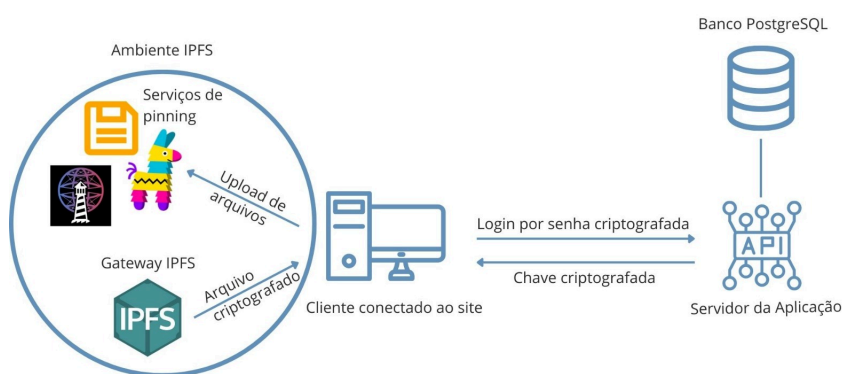
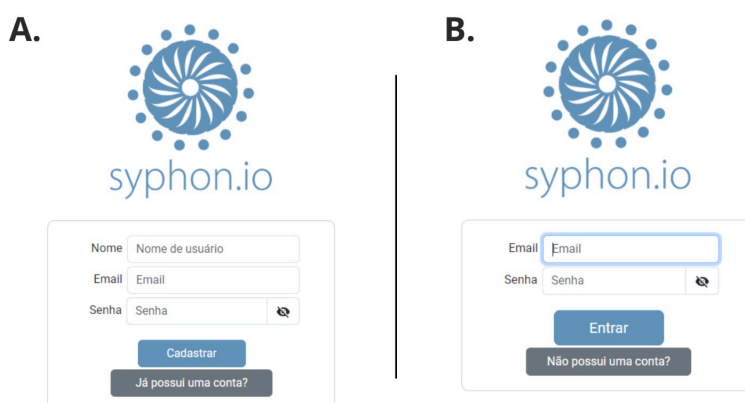


Figura 4. Arquitetura da aplicação.

3.1. Login e Cadastro

O usuário deve, primeiramente, criar uma conta utilizando um nome, e-mail e senha no formulário de cadastro exibido na Figura 5.A, com os quais poderá realizar login na plataforma por meio do formulário de login, ilustrado na Figura 5.B. Ao se cadastrar, é gerada

uma chave aleatória, que será utilizada para criptografar e descriptografar seus arquivos. Mais sobre essa chave e como ela é mantida secreta mesmo para o provedor do serviço será descrito na seção Criptografia. Quando autenticado, a sessão do usuário é mantida por um token JWT⁴ armazenado no navegador com validade de uma hora, após isso, a sessão se encerra e o usuário deve realizar o login novamente.



The figure displays two side-by-side screenshots of the syphon.io web interface, separated by a vertical line. Both screenshots feature the syphon.io logo at the top, which consists of a blue circular icon with radiating lines and the text 'syphon.io' below it. Screenshot A, labeled 'A.', shows the registration form. It contains three input fields: 'Nome' (Name) with placeholder text 'Nome de usuário', 'Email' with placeholder text 'Email', and 'Senha' (Password) with placeholder text 'Senha' and a toggle icon. Below these fields are two buttons: a blue 'Cadastrar' button and a grey 'Já possui uma conta?' button. Screenshot B, labeled 'B.', shows the login form. It contains two input fields: 'Email' with placeholder text 'Email' and 'Senha' (Password) with placeholder text 'Senha' and a toggle icon. Below these fields are two buttons: a blue 'Entrar' button and a grey 'Não possui uma conta?' button.

Figura 5. Formulários de cadastro e login.

3.2. Tela de Informações da Aplicação

Uma vez autenticado usuário pode visualizar uma tela descritiva quanto ao propósito e uso da aplicação, como mostra a Figura 6.



Figura 6. Tela de Informações.

3.3. Configurações de Conta

Nesta página, como mostra a Figura 7, o usuário poderá visualizar o e-mail vinculado à sua conta e sua chave secreta, assim como modificar sua senha e nome de usuário, e

⁴JWT (JSON Web Token) é um padrão aberto para comunicação de informações de forma segura e autenticada entre partes utilizando o formato JSON. Ele é consistido de três partes: cabeçalho, carga útil e assinatura, permitindo a troca de dados confiável entre sistemas. É um padrão amplamente usado para autenticação em aplicações web.

manualmente encerrar sua sessão. Para alterar qualquer dado, é obrigatório que o usuário informe sua senha atual.

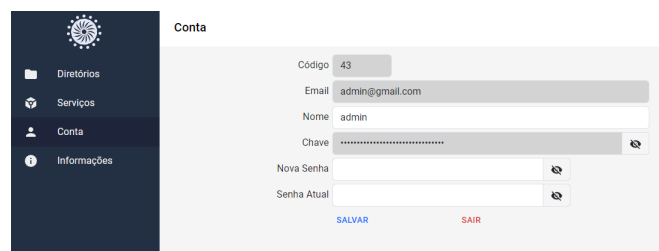
A interface de usuário para a configuração da conta. No lado esquerdo, há um menu lateral com ícones e o texto: 'Diretórios', 'Serviços', 'Conta' (destacado), e 'Informações'. O painel principal, intitulado 'Conta', contém campos de formulário: 'Código' (valor 43), 'Email' (admin@gmail.com), 'Nome' (admin), 'Chave' (campo com caracteres ocultos por pontos), 'Nova Senha' e 'Senha Atual' (ambos com ícones de olho para alternar visibilidade). Na base do formulário, há dois botões: 'SALVAR' em azul e 'SAIR' em vermelho.

Figura 7. Tela de configurações de conta.

3.4. Diretórios

Nessa página, o usuário pode cadastrar e editar uma árvore de diretórios pessoal pelo formulário mostrado na Figura 8, assim como realizar o upload e download de arquivos através dos serviços cadastrados pelo formulário mostrado na Figura 9. Informando um nome e, opcionalmente, um diretório pai, pode-se realizar o cadastro de diretórios e subdiretórios, facilitando a organização dos arquivos, como mostra a Figura 10.

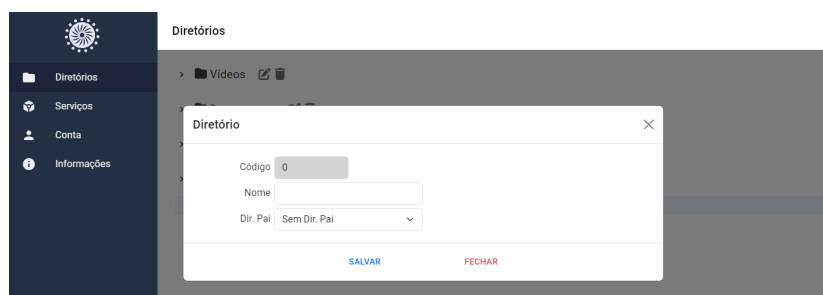
A interface de usuário para o cadastro de um diretório. O menu lateral à esquerda permanece o mesmo. O painel principal, intitulado 'Diretórios', mostra uma lista com um ícone de pasta e o texto 'Vídeos'. Sobreposto a esta lista é um formulário modal intitulado 'Diretório'. O formulário possui campos para 'Código' (valor 0), 'Nome' e um menu suspenso para 'Dir. Pai' com a opção 'Sem Dir. Pai' selecionada. Na base do modal, há os botões 'SALVAR' em azul e 'FECHAR' em vermelho.

Figura 8. Formulário de cadastro de diretório.

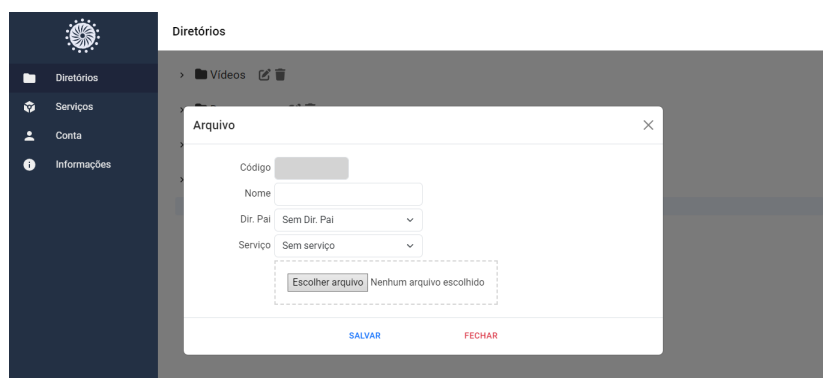
A interface de usuário para o cadastro de um arquivo. O menu lateral à esquerda permanece o mesmo. O painel principal, intitulado 'Diretórios', mostra a mesma lista com 'Vídeos'. Sobreposto é um formulário modal intitulado 'Arquivo'. Este formulário inclui campos para 'Código', 'Nome', 'Dir. Pai' (menu suspenso com 'Sem Dir. Pai' selecionado) e 'Serviço' (menu suspenso com 'Sem serviço' selecionado). Abaixo desses campos, há uma área de seleção de arquivos com o botão 'Escolher arquivo' e o texto 'Nenhum arquivo escolhido'. Na base do modal, há os botões 'SALVAR' em azul e 'FECHAR' em vermelho.

Figura 9. Formulário de cadastro de arquivo.

Para cadastrar um novo arquivo, o usuário deverá escolher um arquivo de qualquer tipo, podendo escolher o nome com o qual ficará armazenado na aplicação, o diretório pai contendo o arquivo, e o serviço será responsável por sua persistência, podendo este ser de livre escolha do usuário a partir dos serviços cadastrados pelo mesmo. O arquivo será,

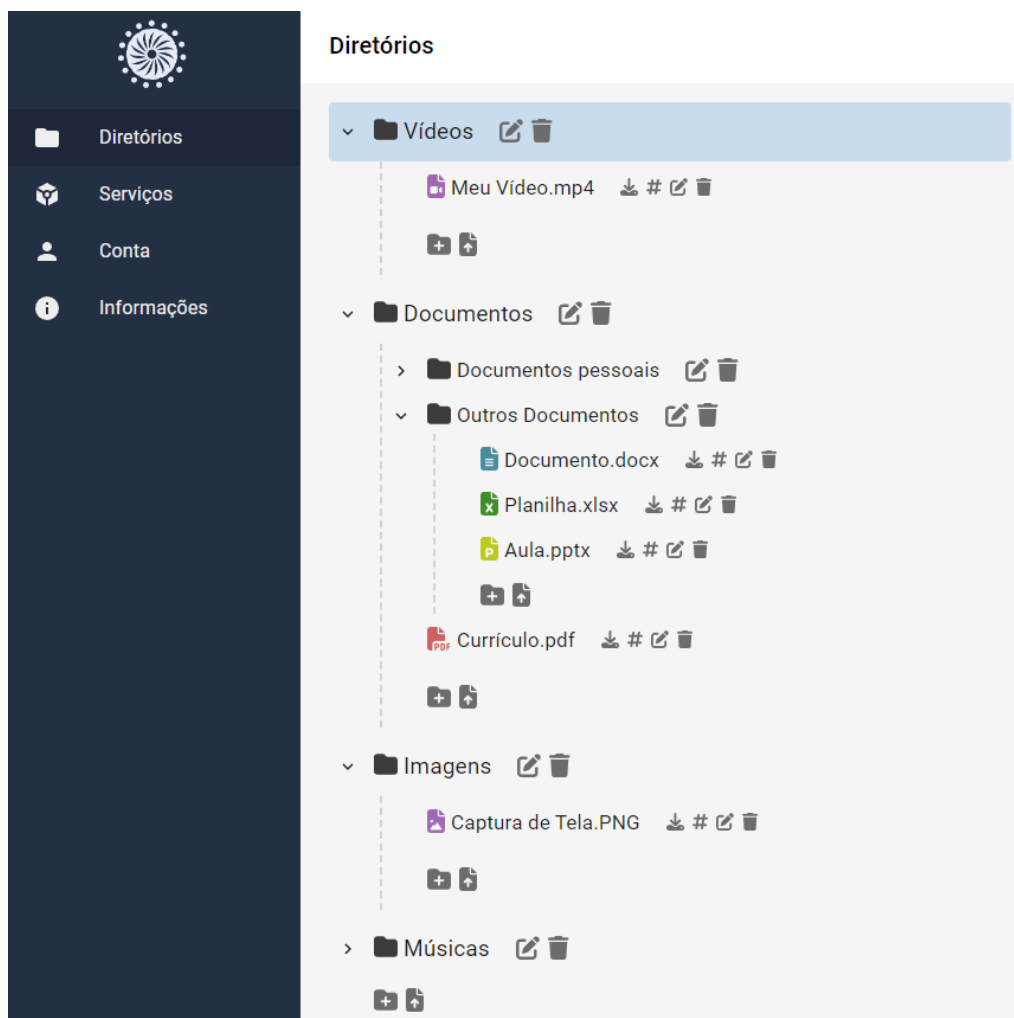


Figura 10. Diretórios com arquivos do usuário.

então, criptografado com a chave secreta do usuário e persistido no IPFS através da API do provedor selecionado, comunicação realizada diretamente no navegador que retornará um CID a ser armazenado no registro do arquivo na aplicação, podendo ser copiado pelo usuário ao clicar no botão de copiar.

Para buscar o conteúdo armazenado na rede descentralizada IPFS, o Syphon.io realiza requisições para *gateways*. Por padrão, o *gateway* do próprio Protocol Labs é utilizado, sendo que por ser desenvolvedor do IPFS, também fornece múltiplos serviços auxiliares para a plataforma. Porém, para alguns provedores, como é o caso do Lighthouse [Lighthouse 2024], o conteúdo pode ser encontrado com mais rapidez em seus próprios *gateways* dedicados. Por isso, ao clicar no botão de download, a aplicação verificará qual provedor está sendo utilizado para a persistência do arquivo, e irá utilizar o seu respectivo *gateway* para realizar o download.

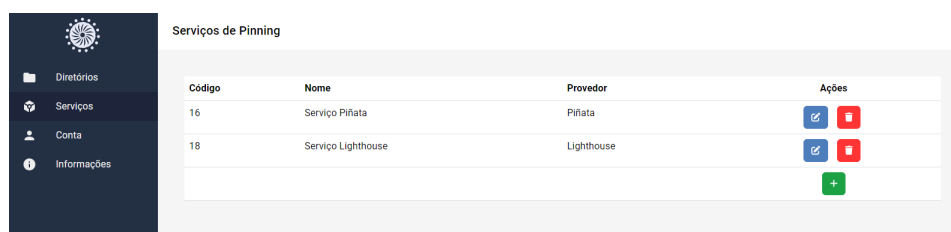
O usuário pode também realizar a exclusão de diretórios e arquivos. Ao clicar no botão deletar, a aplicação verifica o provedor da persistência do arquivo e realiza uma chamada para sua API de unpin, liberando o arquivo para exclusão na rede. Vale ressaltar que pode demorar até o conteúdo ser totalmente removido do IPFS, sendo que sua exclusão

é feita de forma assíncrona, dependendo da rotina de limpeza de *cache* dos peers que armazenam suas cópias, não havendo forma de averiguar quando os dados são efetivamente removidos do armazenamento.

Devido à necessidade de realizar requisições individuais para deleção de arquivos, a deleção de um diretório contendo subdiretórios e/ou arquivos acarretará na movimentação dos mesmos para o seu nível superior, ou seja, o nível do diretório excluído, e não a deleção dos subdiretórios e arquivos.

3.5. Serviços

Por meio dos serviços cadastrados pelo usuário, que podem ser individualmente configurados em seus respectivos websites, o usuário pode realizar a persistência de seus arquivos por meio de suas APIs de pinning, assim como realizar o unpin desses arquivos, liberando-os para serem removidos pela rotina de limpeza do serviço de persistência. A Figura 11 mostra a listagem de serviços cadastrados.

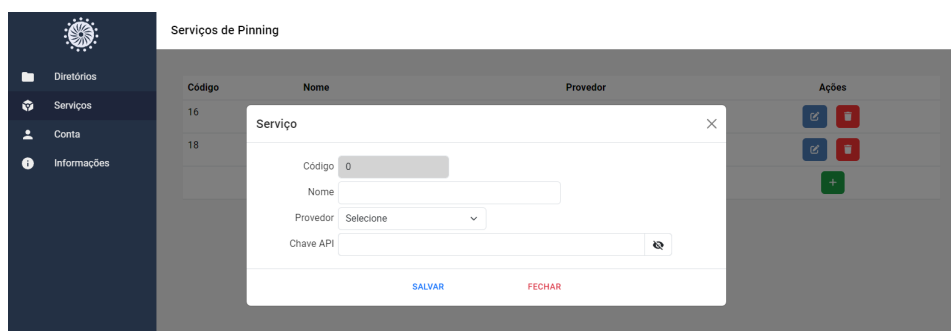


The screenshot shows a web interface titled 'Serviços de Pinning'. On the left is a dark sidebar with a menu containing 'Diretórios', 'Serviços', 'Conta', and 'Informações'. The main area displays a table with the following data:

Código	Nome	Provedor	Ações
16	Serviço Piñata	Piñata	[Link icon] [Red square icon]
18	Serviço Lighthouse	Lighthouse	[Link icon] [Red square icon]
			[Green plus icon]

Figura 11. Listagem de serviços.

No formulário de serviços, exibido na Figura 12, o usuário deve informar um nome para o serviço, o provedor de escolha e a chave da API desse serviço, que pode ser cadastrada na plataforma do provedor. Nas respectivas plataformas dos provedores, o usuário poderá configurar seus serviços, cadastrar novas chaves de API ou contratar mais espaço de armazenamento.



The screenshot shows the same 'Serviços de Pinning' interface as Figure 11, but with a modal window open for adding a new service. The modal has the following fields:

- Código: 0
- Nome: [Text input field]
- Provedor: Seleccione (dropdown menu)
- Chave API: [Text input field with a copy icon]

At the bottom of the modal are two buttons: 'SALVAR' (blue) and 'FECHAR' (red).

Figura 12. Formulário de cadastro de serviço.

No Syphon.io, foram implementados dois provedores de serviços de IPFS. Esses provedores disponibilizam seus serviços através de APIs próprias, permitindo acesso a funcionalidades do IPFS sem a necessidade de conexão ou contribuição direta à rede:

- Piñata: Piñata é uma startup baseada em Omaha, no estado americano de Nebraska, cujo negócio é a disponibilização de serviços e APIs atrelados ao IPFS.

É um nome conhecido e confiável no mercado de IPFS, Piñata oferece diversas opções de planos, incluindo as possibilidades de criação de uma área de trabalho compartilhada com outras pessoas e compra de espaço de armazenamento e gateways dedicados de serviço adicionais [Piñata 2024];

- Lighthouse: Baseada em Singapura, Lighthouse busca oferecer funcionalidades de pinning sobre o IPFS com o mínimo investimento possível. Utilizando o token de incentivo Filecoin para manter o conteúdo persistido, Lighthouse pode oferecer uma API armazenamento permanente no IPFS com um gateway de acesso dedicado e funcionalidades de criptografia e otimização de dados para economia de banda [Lighthouse 2024].

3.6. Back-End

O back-end da aplicação foi desenvolvido em Node.js com o banco de dados em PostgreSQL. Além do próprio website, ele é o único componente centralizado da aplicação, porém, serve apenas para realizar a indexação de informações e tratar a segurança de acesso do website, com a parte do armazenamento sendo feita de forma descentralizada através do IPFS.

A Figura 13 ilustra o diagrama de classes relativo a persistência de dados. O usuário terá um nome, assim como um e-mail e senha, armazenada como um hash, para realizar o login, assim como o token secreto gerado aleatoriamente `sc_key`, criptografado com a senha como chave.

Um usuário pode ter múltiplos serviços, que possuem um nome e tipo, indicando seu provedor, assim como a chave de API cadastrada pelo usuário, criptografada com a sua chave secreta.

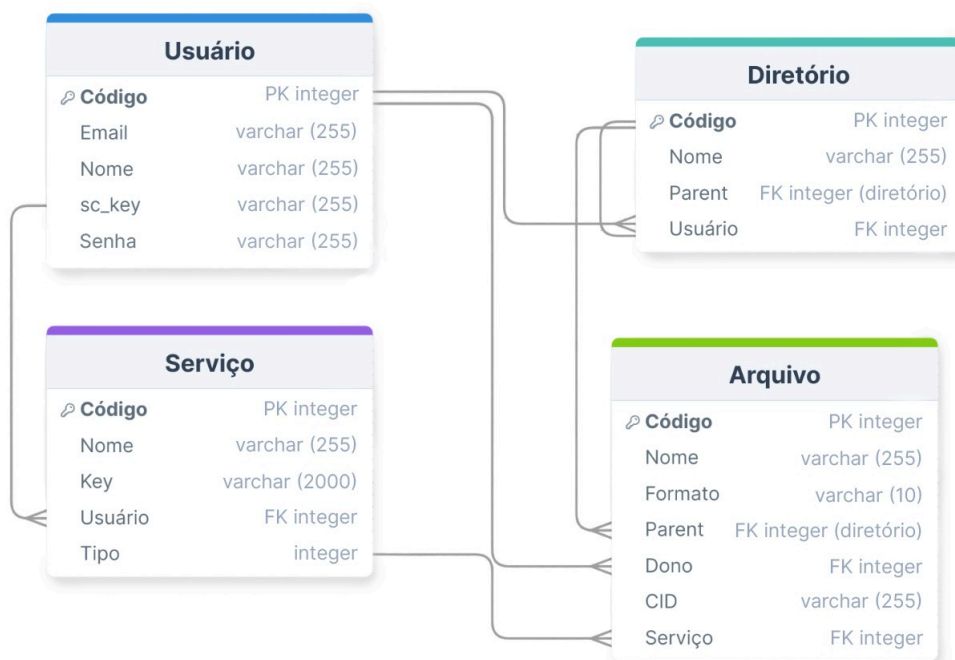


Figura 13. Diagrama de classes da aplicação.

3.7. Criptografia

O conteúdo armazenado em IPFS é publicamente acessível, por isso, é necessário que exista uma camada protetora para manter os dados dos usuários privados. Dessa forma, os arquivos são criptografados antes de serem persistidos no IPFS, e descriptografados ao serem baixados pelo usuário.

O algoritmo de escolha para essa camada de segurança foi o AES (Advanced Encryption Standard), devido a alguns fatores-chaves. Primeiramente, por ser um algoritmo simétrico, a mesma chave pode ser utilizada para criptografar e descriptografar os arquivos, simplificando o processo de upload e download e removendo qualquer necessidade de envolvimento de um componente centralizado que haveria em uma alternativa assimétrica. AES também possui boa performance, segundo [Richards 2001], “Rijndael (nome original do AES) oferece uma boa combinação de simplicidade, performance e implementação eficiente”, o que o torna ideal para uma implementação de criptografia no lado do cliente, onde eficiência e leveza são essenciais.

Ao realizar o cadastro, é gerada uma chave secreta de 32 bits através da função PBKDF2 (Password-Based Key Derivation Function 2), que recebe a senha do usuário como parâmetro. Essa chave sempre será utilizada para a criptografia dos arquivos e das chaves dos serviços, enquanto a própria chave é criptografada utilizando a senha atual do usuário, sendo atualizada quando a senha é modificada. A criptografia das chaves de serviço, arquivos e chave secreta é feita com o algoritmo AES, enquanto a senha do usuário passa pela função de hash SHA3 (Secure Hash Algorithm version 3) antes de ser armazenada no banco de dados.

A Figura 14 ilustra o fluxo de criptografia da aplicação, pode-se perceber como nenhuma informação é armazenada sem antes passar por alguma criptografia, com todos os fluxos dependendo da chave secreta, e a criptografia da chave secreta dependendo da senha do usuário, armazenada em formato hash no banco para autenticação do usuário. Dessa forma, junto ao fato que toda criptografia é feita no lado do cliente, nenhum componente centralizado tem acesso ao conteúdo do usuário ou às suas chaves de serviço, que podem ter custos atrelados ao seu uso, e a aplicação pode armazenar o CID de forma não criptografada no banco, sendo que é utilizado para indexação no IPFS de forma pública.

4. Análise da Aplicação Desenvolvida

Durante o desenvolvimento da aplicação, diversas bibliotecas, frameworks e provedores foram testados. Através dessas experiências, pôde-se observar que seus indivíduos e organizações responsáveis, exatamente por serem desenvolvedores amadores ou pequenas startups, muitas vezes não mantêm suas tecnologias devidamente atualizadas, seja por falta de incentivo ou interesse, ou enfoque em uma nova estratégia de negócio. Como colocado na própria documentação do IPFS: “Não há garantia que essas empresas terceiras continuarão hospedando seu serviço de pinning. É recomendado que pesquise um serviço antes de utilizá-lo para hospedar seus dados” [IPFS 2024].

Foi o caso do provedor NFT.storage, que fornecia persistência de dados sob o IPFS, utilizando o token Filecoin para incentivar os peers a manter o conteúdo, ofertando longevidade de armazenamento em escala indefinida, assim como uma boa disponibilidade de serviço. Porém, a partir de 30 de Junho de 2024, suas funcionalidades de upload,

Go.

O Helia, a implementação em TypeScript do IPFS [Helia 2024], apresentou melhor estabilidade quando instanciado em contexto Node.js do que em contexto web, onde produzia erros de conexão com os outros peers do IPFS, mesmo quando configurado para não receber requisições, apenas realizá-las. A biblioteca remote-pinning do Helia, que permitiria o usuário realizar o pin de dados em serviços dinamicamente selecionados, também apresentou problemas quando instanciada em navegador, o que fez surgir a necessidade do uso de serviços terceirizados de pinning e abandono da implementação do Helia na aplicação.

Tal divergência entre implementações em navegador e servidor Node.js foi observada em outras bibliotecas e ferramentas. Embora seja um dos mais populares provedores de serviços sob o IPFS, a biblioteca do provedor Firebase atualmente apresenta problemas em sua implementação JavaScript quando instanciado em contexto web, mesmo com a documentação explicitamente apontando funcionar em navegador ou em Node.js [Firebase 2024b], com os desenvolvedores apontando estarem dando foco em uma nova biblioteca, a qual, na escrita deste trabalho, está em beta [Firebase 2024a].

Em geral, para o desenvolvimento de uma aplicação que solucione os problemas encontrados em armazenamento centralizado, seriam necessários mais recursos e mais profundo aprendizado quanto à instanciação e mantimento do *libp2p*, pilha de tecnologias sob o qual o IPFS é construído, em plataformas web. Os serviços provedores de pinning também hão de ser atentamente implementados, sendo que não existe padronização das funcionalidades por eles oferecidas, porém podem possuir APIs para IPNS, permitindo o usuário a atualização de seu conteúdo armazenado, ou o compartilhamento do mesmo com outros usuários, ambas questões que devem ser cautelosamente exploradas, devido à criptografia sob a qual a privacidade de dados do usuário se mantém.

5. Considerações Finais

Nesse trabalho, foi analisado o contexto de armazenamento de dados pessoais em serviços de nuvem e como suas políticas de uso, muitas vezes questionáveis, podem fazer usuários buscarem alternativas em tecnologias P2P. Foi analisada a evolução dessas tecnologias, e como vieram a se tornar alternativas para o usuário comum, e de alta importância para o cenário tecnológico atual e futuro, com o avanço de conceitos de Web3.0.

A aplicação desenvolvida para a análise dessa tecnologia busca explorar como o IPFS poderia ser utilizado como plataforma alternativa a serviços centralizados. Foi considerada a natureza pública do conteúdo armazenado, sendo necessária a implementação de criptografia no conteúdo armazenado.

O Syphon.io oferece aos usuários a possibilidade de criação de uma árvore de diretórios, onde podem organizar seus arquivos pessoais em qualquer formato, com o acesso a essa estrutura, assim como à chave para descriptografar seus dados, sendo permitida apenas após autenticar-se, permitindo que o usuário possa acessar seus dados remotamente, sem fornecê-los a instituições potencialmente mal-intencionadas, e podendo regar seu armazenamento, cadastrando e selecionando dinamicamente o serviço de pinning responsável por persistir o conteúdo de forma descentralizada. Graças a seu uso dinâmico e modular do IPFS, a aplicação pode garantir que o usuário tenha uma organização e

facilidade de acesso e uso de uma plataforma centralizada, assim como a autoridade e transparência de uma plataforma descentralizada.

Na sociedade atual, fortemente conectada à Internet e precisando de serviços que colocam as necessidades do usuário em primeiro lugar. O IPFS demonstrou-se viável para a criação de tais plataformas, oferecendo uma valiosa possibilidade de governança e controle de dados aos usuários aos quais pertencem.

Como toda tecnologia nova, pode vir a carecer de documentações e possuir um crescimento lento em várias de suas partes, porém esses fatores não diminuem o seu possível impacto, e sim servem como demonstração de como uma tecnologia assim depende da comunidade por trás dela, munida de novas ideias e habilidades, que mesmo quando não atende à grandiosidade com a qual se motiva a seguir adiante, ainda encontra, ao longo do caminho, inegável importância em seu trabalho e nas mudanças que ele traz ao mundo.

Referências

- Allan, R. (2011). Clouds and web 2.0 services supporting research. *Daresbury Laboratory. Retrieved*, 1.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific American*, 284(5):34–43. Acesso em: 6 out 2023.
- Daniel, E. and Tschorsch, F. (2022). Ipfs and friends: A qualitative comparison of next generation peer-to-peer data networks. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 24(1):31–52.
- Fazea, Y., Attarbash, Z. S., Mohammed, F., and Abdullahi, I. (2021). Review on unstructured peer-to-peer overlay network applications. In *2021 International Conference of Technology, Science and Administration (ICTSA)*, pages 1–7.
- Filebase (2024a). Filebase github issue 10. <https://github.com/filebase/filebase-js/issues/10>. Acesso em: 6 out 2023.
- Filebase (2024b). Página do github do filebase-js. <https://github.com/filebase/filebase-js>. Acesso em: 6 out 2023.
- Fuchs, C., Hofkirchner, W., Schafranek, M., Raffl, C., Sandoval, M., and Bichler, R. (2010). Theoretical foundations of the web: cognition, communication, and co-operation. towards an understanding of web 1.0, 2.0, 3.0. *Future internet*, 2(1):41–59.
- Helia (2024). Helia. <https://helio.io/>. Acesso em: 3 nov 2023.
- Hu, W., Yang, T., and Matthews, J. N. (2010). The good, the bad and the ugly of consumer cloud storage. *SIGOPS Oper. Syst. Rev.*, 44(3):110–115. Acesso em: 6 out 2023.
- IPFS (2024). Ipfs docs. <https://docs.ipfs.tech>. Acesso em: 03 out 2023.
- Korpai, G. and Scott, D. (2022). Decentralization and web3 technologies. *Authorea Preprints*.
- Lighthouse (2024). Lighthouse documentation. <https://docs.lighthouse.storage/lighthouse-1/>. Acesso em: 16 out 2023.

- NFT.Storage (2024). Nft.storage classic. <https://nft.storage/nft-storage-classic>. Acesso em: 20 out 2023.
- Oliveira, F. R., Maziero, R. C., and de Araújo, L. S. (2018). Um estudo sobre a web 3.0: evolução, conceitos, princípios, benefícios e impactos. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2):60–71.
- O'reilly, T. (2010). What is web 2.0. *Online communication and collaboration: A reader*, pages 226–235.
- Pedrosa, P. H. and Nogueira, T. (2011). Computação em nuvem. <https://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2011/T2/Artigos/G04-095352-120531-t2.pdf>. Acesso em: 16 mar 2023.
- Piñata (2024). Piñata documentation. <https://docs.pinata.cloud/introduction>. Acesso em: 12 out 2023.
- Richards, M. C. (2001). Aes: The making of a new encryption standard. *SANS Institute InfoSec*.
- Stokmans, B. and Schilham, C. (2023). Proof of useful work. <https://eprint.iacr.org/2017/203.pdf>. Acesso em: 6 out 2023.
- Wolfskehl, M. (2018). Why and how blockchain? *The Journal of The British Blockchain Association*, 1(1).

Uma Ferramenta Educacional Gamificada para o Ensino de Lógica e Algoritmos no Contexto da Computação

Eliel Alves da Silva* Adilso Nunes de Souza[†]
Anubis Graciela de Moraes Rossetto[‡]

Abstract

The high rate of evasion or failure in the first semesters of computer courses is characterized as an international problem that affects the social, academic and economic spheres. Among the various reasons, the difficulties encountered in the first subjects and the lack of motivation are the main barriers described by the students. Therefore, a multiplatform tool was developed that allows the study of algorithms and programming logic using concepts inherent to gamification. To validate the application, a qualitative research was carried out using students from the Computer Science course at IFSul campus step Fundo. The research results show that although each student has a learning history and a totally different context, the application can help new students in the teaching and learning process using elements of the gamification strategy that focus and stimulate student motivation.

Key-words: Educational Application. Multiplatform Development. Gamification.

Resumo

Os elevados índices de evasão e reprovação nos primeiros semestres dos cursos de computação se caracterizam como um problema a nível internacional que atinge as esferas social, acadêmica e econômica. Dentre os diversos motivos, as dificuldades encontradas nas primeiras disciplinas e a falta de motivação são as principais barreiras descritas pelos alunos. Diante disso, desenvolveu-se uma ferramenta multiplataforma que possibilita o estudo de algoritmos e lógica de programação utilizando conceitos inerentes a gamificação. Para validação da aplicação, foi realizada uma pesquisa qualitativa utilizando estudantes do curso de Ciência da Computação do IFSul - Campus Passo Fundo. Os resultados da pesquisa demonstram que, apesar de cada aluno possuir um histórico de aprendizagem e um contexto totalmente diferente, o aplicativo pode auxiliar alunos ingressantes no processo de ensino e de aprendizagem, utilizando elementos da estratégia de gamificação que foquem e estimulem a motivação do aluno.

Palavras-chaves: Aplicativo Educacional. Desenvolvimento Multiplataforma. Gamificação.

* <elielsilva.pf140@academico.ifsul.edu.br>

[†] <adilosouza@ifsul.edu.br>

[‡] <anubisrossetto@ifsul.edu.br>

Introdução

A evasão de acadêmicos nos primeiros anos de estudo em cursos de computação não é um fato recente. Pelo contrário, observa-se em vários casos uma alta taxa de evasão e reprovação nas disciplinas de algoritmos e lógica de programação desde o primeiro semestre nos mais diversos níveis de ensino (Deters et al., 2008). Dados presentes na Tabela 1 apontam que no ano de 2021 a taxa de evasão dos cursos de Ciência da Computação, Engenharia de Software e Sistemas de Informação juntos correspondem à 57,33%, enquanto a taxa de conclusão do mesmo ciclo corresponde à 9,5%.

Tabela 1 – Eficiência Acadêmica

Ano Base	Índice de Eficiência Acadêmica	Conclusão Ciclo	Evasão Ciclo	Retenção Ciclo
2018	17,2%	268 (13,39%)	1.287 (64,32%)	446 (22,29%)
2019	19,9%	328 (14,83%)	1.320 (59,67%)	564 (25,50%)
2020	18,1%	278 (12,41%)	1.255 (56%)	708 (31,59%)
2021	9,50%	234 (9,50%)	1.412 (57,33%)	817 (33,17%)

Fonte: (MEC, 2021)

Filho et al. (2007) afirmam que a evasão é um dos problemas que afligem as instituições de ensino a nível internacional e que, no ensino superior, se trata de desperdícios sociais, acadêmicos e econômicos. No setor público, são recursos públicos investidos sem o devido retorno. Já no setor privado, é uma importante perda de receita. Independente do tipo de setor, a evasão pode ser tomada como fonte de ociosidade de professores, funcionários, equipamentos e até mesmo de espaço físico.

Gomes, Henriques e Mendes (2008) explicam que parte do índice de desistência dos cursos de computação é resultante das dificuldades encontradas pelos alunos em relação a conteúdos e habilidades que são necessárias na disciplina de Algoritmos, uma vez que esta estimula e trabalha com o raciocínio lógico do aluno que, muitas vezes chega ao ensino superior com uma formação básica deficitária no que tange a habilidades matemáticas e de interpretação de textos e enunciados, graças ao ensino recebido nos anos iniciais e a metodologia utilizada pelos professores (Carneiro, 2018).

Ao verificar os dados do Câmpus Passo Fundo, é possível observar, através da Tabela 2, que a média de todas as turmas das disciplinas de Algoritmos I (A1) e Algoritmos II (A2), antes do período pandêmico é inferior a seis, com destaque ao semestre 2018/2 que possui média 2,3 em A1. Ademais, a taxa de reprovação na disciplina de A1 é superior à 50% em praticamente todos os anos, com exceção dos semestres 2020/1 e 2021/1.

Tabela 2 – Desempenho acadêmico nas disciplinas de Algoritmos I e Algoritmos II do IFSul Câmpus Passo Fundo

Semestre	Disciplina	Matriculados	Aprovados	Reprovados	Média
2018/1	Algoritmos I	36	12 (33,3%)	24 (66,6%)	4,0
	Algoritmos II	23	14 (60,9%)	9 (39,1%)	4,4
2018/2	Algoritmos I	35	12 (34,3%)	23 (65,7%)	2,3
	Algoritmos II	18	6 (33,3%)	12 (66,7%)	4,0
2019/1	Algoritmos I	46	21 (45,7%)	25 (54,3%)	3,7
	Algoritmos II	23	15 (65,2%)	8 (34,8%)	4,5
2019/2	Algoritmos I	33	14 (42,4%)	19 (57,6%)	3,3
	Algoritmos II	26	18 (69,2%)	8 (30,8%)	5,4
2020/1	Algoritmos I	29	18 (62,1%)	11 (37,9%)	5,3
	Algoritmos II	18	15 (83,3%)	3 (16,7%)	5,2
2020/2	Algoritmos I	28	10 (35,7%)	18 (64,3%)	3,6
	Algoritmos II	19	18 (94,7%)	1 (5,3%)	8,0
2021/1	Algoritmos I	35	22 (62,9%)	13 (37,1%)	6,7
	Algoritmos II	12	11 (91,7%)	1 (8,3%)	7,3
2021/2	Algoritmos I	28	13 (46,4%)	15 (53,6%)	3,3
	Algoritmos II	19	15 (78,9%)	4 (21,1%)	6,4

Fonte: (IFSul, 2022)

Considerando o cenário apresentado, e a ausência de ferramentas gratuitas e em português com o propósito de auxiliar alunos ingressantes na Computação, foi desenvolvida uma aplicação que busca contribuir com o estudo de lógica e programação dos alunos ingressantes no curso de Ciência da Computação do IFSul Câmpus Passo Fundo. Para validar tal contribuição, foi avaliada a experiência dos estudantes das disciplinas de Algoritmos I e Algoritmos II do Câmpus Passo Fundo durante o uso da aplicação proposta.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção 1 apresenta o referencial teórico com os conceitos, dados pertinentes e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do trabalho, bem como os trabalhos relacionados. Na seção 2 é descrita a metodologia empregada para o trabalho, bem como os passos realizados para a construção do mesmo. Na seção 3 são descritos detalhes do desenvolvimento da aplicação proposta. Na seção 4 são expostos os resultados obtidos através da experiência dos estudantes na utilização do aplicativo. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

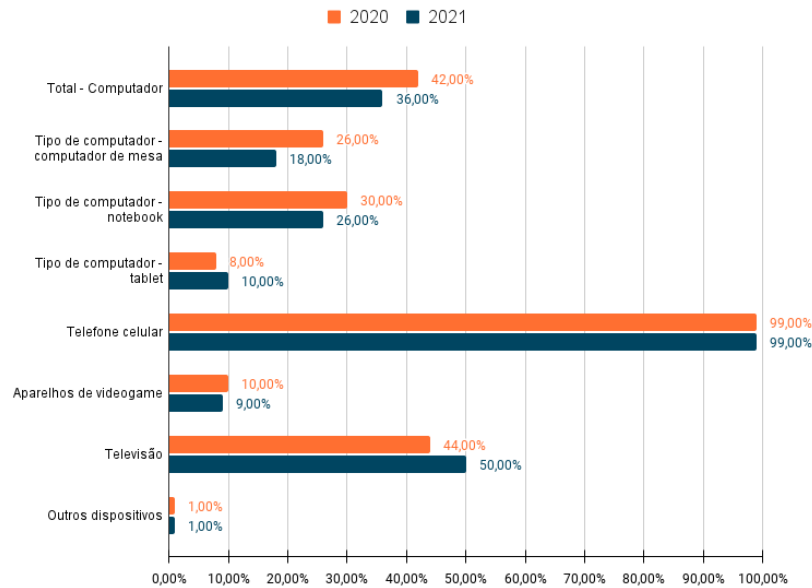
1 Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta a fundamentação teórica utilizada para a implementação do presente trabalho, percorrendo conceitos, ferramentas e tecnologias que estão relacionadas com o desenvolvimento do aplicativo.

1.1 Uso de Smartphones

Segundo dados do Cetic.br (2021), no Brasil o celular é o equipamento mais utilizado para acessar a Internet. A Figura 1 demonstra que no ano de 2021 a porcentagem das pessoas que acessam à Internet por meio de *smartphones* continuou em 99%, enquanto o uso de televisão aumentou em 6%, por outro lado, a porcentagem das pessoas que acessam à Internet por meio de microcomputadores ou *tablets* diminuiu (Cetic.br, 2021).

Figura 1 – Usuários de Internet, por dispositivo utilizado



Fonte: ([Cetic.br](https://cetic.br), 2021)

Já se tratando do sistema operacional utilizado por esses aparelhos, dentre todos os sistemas operacionais de *smartphones* observa-se dois que possuem destaque no mercado: o Android e iOS, que no ano de 2021 possuem 86,05% e 13,65% do mercado brasileiro respectivamente ([StatCounter](https://statcounter.com), 2021). Por outro lado, os demais sistemas operacionais de dispositivos *mobile* contemplam outros 0,3%.

1.2 Tipos de Aplicativos

Os aplicativos multiplataformas são aqueles que são construídos para que funcionem em mais de um sistema operacional ou plataforma, ou seja, são aplicativos que permitem serem utilizados tanto em um celular (Android ou iOS) quanto em um computador. Além do mais, é possível através do mesmo código fonte realizar mudanças em ambos aplicativos (Android, iOS ou *Web*) ([Fray](https://fray.com), 2021).

Além dos *apps* multiplataformas, podemos classificar os aplicativos em: a) aplicativos nativos; b) aplicativos híbridos e c) PWAs.

- Aplicativos nativos: segundo [MadeinWeb](https://madeinweb.com) (2020), os aplicativos nativos são aqueles desenvolvidos especificamente para um sistema operacional, um exemplo são aplicativos que funcionam apenas em dispositivos iOS, ou seja, são exclusivos para o uso em iPhones;
- Aplicativos híbridos: diferente dos aplicativos nativos, os aplicativos híbridos são desenvolvidos para mais de um sistema operacional, dessa forma é possível que o mesmo aplicativo seja executado em um dispositivo Android e em um iPhone ([MadeinWeb](https://madeinweb.com), 2020);
- PWA (Progressive Web Apps): essa categoria de aplicativos é a que mais se difere das demais, pois se trata de uma aplicação que foi construída para ser executada em um navegador e que funciona exatamente como um aplicativo nativo, [MadeinWeb](https://madeinweb.com) (2020) explica que nesse tipo de aplicativo, além do usuário conseguir utilizar a aplicação através de uma *url*, é possível também adicioná-la na tela inicial do *smartphone* como se fosse um aplicativo baixado diretamente da loja.

1.3 Aplicativos Multiplataformas

O desenvolvimento de aplicativos multiplataformas permite a construção de *apps* que funcionarão independente do sistema operacional ou plataforma utilizada, através dessa característica é possível obter um alcance de mercado de 6,64 bilhões de usuários de *smartphones* em todo o mundo (Atha, 2022).

Além do grande alcance de número de usuários, Maharana (2017) destaca outras vantagens de desenvolver um aplicativo multiplataforma:

- Velocidade de desenvolvimento: Maharana (2017) explica que como o mesmo código pode ser utilizado para mais de uma plataforma, o tempo de desenvolvimento de *apps* multiplataformas é menor;
- Custo menor: como o desenvolvimento desse tipo de aplicativo necessita de menos tempo, o custo é consequentemente reduzido (Maharana, 2017);
- Alcance significativo: Maharana (2017) se refere ao fato de aplicativos multiplataforma poder alcançar usuários independente da plataforma ou sistema operacional utilizado, o que aumenta a possibilidade de utilização por usuários de qualquer tipo de dispositivo.

Por outro lado, aplicativos multiplataformas podem apresentar alguns problemas. Fray (2021) explica que eles podem não funcionar tão bem em todas as plataformas e sistemas desejados pois utilizam interfaces próprias, portanto, é possível que a experiência do usuário possa variar de acordo com o tamanho da tela ou da plataforma ou sistema operacional utilizado. Ademais, por não ser um *app* nativo, é de se esperar, por exemplo, que não seja possível utilizar todos os recursos disponíveis de um dispositivo *mobile*.

1.4 Flutter

Graças as vantagens já descritas sobre o desenvolvimento de *apps* multiplataforma, surgem diversos *frameworks* para auxiliar no desenvolvimento desse tipo de aplicação, Atha (2022) destaca o *framework* Flutter.

O Flutter é um SDK desenvolvido e sustentado pelo Google que permite o desenvolvimento de aplicações multiplataformas a partir de uma única base de código. Seu principal objetivo é permitir aos desenvolvedores a criação de *apps* de alta performance com experiência nativa independente da plataforma, dessa forma o usuário se sente exatamente como em um aplicativo nativo (Google, 2022a).

Atha (2022) afirma que somente no ano de 2021, mais de 40.000 aplicativos novos foram disponibilizados na Google Play Store se comparado ao ano anterior (2020). Além disso, Protalinski (2022) mostra que 42% dos desenvolvedores usam o Flutter para o desenvolvimento de aplicativos.

Alguns dos recursos que tornam o Flutter "perfeito para o desenvolvimento de aplicativos multiplataforma" (Atha, 2022) são:

- Menos código: o Flutter utiliza uma linguagem de programação orientada a objetos que possui o seu estilo de digitação declarativa e reativa, portanto não necessita de uma "ponte JavaScript", ajudando dessa forma os desenvolvedores a escreverem seus códigos em um tempo relativamente menor (Atha, 2022);
- Alto desempenho: Atha (2022) explica que como a UI (interface do usuário) foi projetada para aquela plataforma, o usuário possui uma experiência totalmente imersiva como se estivesse utilizando um aplicativo nativo;

- Hot Reload: é considerada uma das funcionalidades mais atrativas do *framework*, é um recurso que permite que todas as alterações feitas no código-fonte possam ser visualizadas em tempo real para o desenvolvedor (Atha, 2022).

1.5 Gamificação

Dentre os diversos fatores que influenciam no processo de ensino e aprendizagem no atual cenário brasileiro, há um destaque no que se refere a motivação (Fernandes, 2020), uma vez que é perceptível que diversos autores, dentre eles Júnior e Boniati (2015), Zacarias e Mello (2019) e Coelho e Vega (2018), possuem preocupação quanto ao fator motivacional durante o processo de ensino e aprendizagem.

Diante disso, Tolomei (2017) propõe o uso de gamificação como estratégia de motivação nos ambientes de aprendizagem. O termo gamificação diz respeito a utilização de conceitos presentes em jogos que possuem um mecanismo de resolução de problemas práticos ou que despertam algum tipo de engajamento a algum público (Vianna et al., 2013). Essa metodologia possui alta atratividade, pois ela alia a diversão com desafios que impulsionam a resolução de problemas por parte dos alunos.

É importante destacar que a ideia de utilizar a gamificação é algo relativamente novo, segundo Tolomei (2017) a utilização desses conceitos é uma consequência da proporção da popularidade de jogos, além das possibilidades de resolução de problemas que os *games* trazem para o aprendizado.

Dentre os elementos que devem estar presentes para que essa estratégia seja implementada de forma bem-sucedida, Tolomei (2017) destaca:

- Desafios, conquistas e missões: é considerado por Tolomei (2017) como um dos elementos mais importantes, pois é completando estes desafios e missões que fará com que o jogador se esforce cada vez mais;
- Recompensa: segundo Tolomei (2017), é preciso recompensar o jogador a cada ação positiva, uma das formas de estimular o usuário é dando a ele um *feedback* positivo;
- Progressão: ao contrário da estagnação, a progressão busca evidenciar ao jogador que ele está indo na direção certa e que está adquirindo aprendizado, criando uma lógica de evolução e um sentimento de motivação;
- Feedback instantâneo: Tolomei (2017) explica que a cada fase do jogo, é necessário dar um *feedback*, a fim de que os participantes tenham pleno conhecimento sobre seu rendimento, dessa forma é possível saber onde estão errando e assim identificar os pontos que precisam ser melhorados;
- Competição: segundo Tolomei (2017), a competitividade é inerente à natureza do ser humano, e através de uma disputa saudável em busca da vitória de um desafio, é possível gerar motivação e, conseqüentemente, um melhor desempenho.

Com o objetivo de tornar o aplicativo desenvolvido mais atrativo, optou-se por utilizar das mecânicas dessa metodologia citada acima para ensinar lógica de programação, possibilitando utilizar conceitos de jogos para ensinar alunos através da diversão.

1.6 Armazenamento de Dados

1.6.1 Banco de Dados NoSQL

Foi-se necessário definir como armazenar os dados do aplicativo proposto. Como o *framework* definido para o desenvolvimento foi o Flutter, optou-se por um banco de dados NoSQL pela facilidade de integração com o *framework* selecionado. Segundo Fowler e Sadalage (2012) existem dois principais motivos que levam os desenvolvedores a utilizar um banco de dados NoSQL: a) a produtividade e b) dados em grande escala.

Uma vez que se utiliza muito esforço no gasto de mapeamento dos dados em um banco de dados relacional (Corazza, 2018), é recomendado utilizar um banco de dados NoSQL, uma vez que este fornece um modelo de dados que melhor atenda às necessidades do *app* proposto, resultando em menos código para escrever.

Aplicações desenvolvidas para um número incerto de usuários e com informações que não podem ser deletadas com frequência necessitam de um poder maior de captura e processamento de dados. Graças a essas características, é comum que as empresas e organizações optem por utilizar bancos de dados não relacionais, uma vez que estes são projetados para operarem através de *clusters*, o que os torna mais adaptados para estes cenários (Corazza, 2018).

Através do cenário da aplicação proposta, definiu-se por utilizar um banco de dados NoSQL para guardar todas as informações da ferramenta.

1.6.2 Google Cloud Firestore

Os bancos de dados do tipo NoSQL possuem quatro classificações principais quanto ao seu modelo de dados: a) chave-valor; b) documentos; c) família de colunas e d) grafo (Corazza, 2018). Pretende-se utilizar o Firebase Cloud Firestore como solução para armazenamento em nuvem dos dados da aplicação proposta, que utiliza documentos como modelo de dados.

O Cloud Firestore permite realizar consultas para recuperar documentos individuais ou todos os documentos de uma coleção, além de permitir incluir filtros e combiná-los com classificação (Google, 2021).

Através de listeners é possível manter dados sincronizados da aplicação em tempo real. Dessa forma, é possível atualizar qualquer dado instantaneamente no aplicativo sem que seja necessário recuperar todo o banco de dados, ou seja, sempre que houver mudanças é possível recuperar somente as alterações (Google, 2021).

Por fim, o Cloud Firestore ainda armazena os dados em cache, permitindo que o aplicativo leia, escreva e consulte dados mesmo que esteja *offline*. E, assim que o dispositivo conseguir se conectar a Internet, irá sincronizar os dados novamente no Cloud Firestore (Google, 2021).

1.7 Trabalhos Relacionados

Esta seção contempla alguns *apps* relacionados que já existem no mercado e que foram analisados e utilizados como referência para elencar as principais funcionalidades da solução proposta.

O primeiro aplicativo analisado foi o Grasshopper, se trata de um projeto criado por uma equipe de programadores do Google para produtos experimentais, denominado Area 120 (Grasshopper, 2022). É um *app* totalmente gratuito de aprendizado de programação que possui o foco em JavaScript e o seu intuito é ajudar pessoas a entrar no mundo da programação de maneira fácil e divertida (Grasshopper, 2022).

O *app* possui suporte ao idioma Português do Brasil e está disponível para download apenas para dispositivos Android, contando atualmente com mais de 5.000.000 de instalações do

aplicativo na Play Store.

Também tem-se o Mimo, que é um *app* multiplataforma (Android e iOS) gratuito desenvolvido pela equipe Mimohello GmbH que oferece diferentes formas de aprendizado e possui uma interface simples e amigável (Mimo, 2022). Este aplicativo possui mais de 13.000 exercícios completos das mais variadas linguagens de programação com código real e feedback imediato, além de possibilitar escrever e executar códigos, salvar projetos e possuir um sistema de gamificação que incentiva o usuário a manter uma sequência para criar o hábito de programar (Mimo, 2022).

Diferente de outras propostas, o Mimo propõe lições mais objetivas e focadas em projetos que o usuário pode desenvolver para serem utilizadas no mundo real (Mimo, 2022). O *app* também oferece uma versão paga podendo variar o preço dependendo das funcionalidades optadas pelo usuário. Atualmente, possui suporte somente para o idioma Inglês e conta com mais de 10.000.000 de instalações somando os números da Play Store e App Store.

Por fim, o Encode é um *app* gratuito desenvolvido pela empresa Upskew Pty. Ltd. que ensina programação com lições divertidas e interativas e desafios práticos (Encode, 2021). Além de sua versão oficial lançada inicialmente para dispositivos Android, a empresa disponibilizou no ano de 2022 a sua versão para dispositivos iOS.

Segundo Werneck (2022), o *app* possui base em JavaScript e é muito interessante para iniciantes. Sua interface é fácil de usar e ainda oferece vários tutoriais que são bem explicados e que possuem passo a passo com observações essenciais para começar, dessa forma se torna simples voltar algumas lições para recordar sempre que o usuário desejar (Encode, 2021).

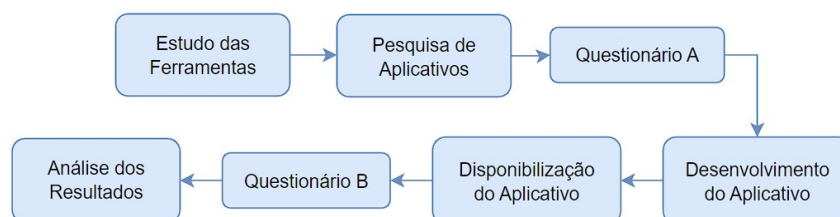
O usuário do aplicativo ainda pode optar por uma versão paga que contém lições e recursos adicionais. Atualmente, possui suporte somente para o idioma Inglês e conta com mais de 500.000 instalações somando os números da Play Store e App Store.

2 Metodologia

Esta seção apresenta a metodologia que foi empregada e suas respectivas etapas utilizadas para o desenvolvimento do presente trabalho.

Seguindo o fluxograma da Figura 2, teve-se como primeiro passo o estudo das ferramentas necessárias para o desenvolvimento da aplicação. Para tal etapa, foi-se necessário o acesso a documentação do Flutter e também do Firebase, o objetivo foi compreender como funciona cada uma das ferramentas, quais as suas funcionalidades e como cada uma delas impactariam ou seriam utilizadas no aplicativo. Além do mais, buscou-se tutoriais e minicursos para que auxilhassem durante o processo de desenvolvimento.

Figura 2 – Fluxograma do desenvolvimento do trabalho



Fonte: Do autor, 2022

Como segundo passo, teve-se a realização de uma pesquisa de aplicativos presentes no mercado com objetivos similares ao da aplicação proposta. Essa pesquisa teve como objetivo

identificar quais são os elementos e funcionalidades presentes nos aplicativos que propõem o ensino de algoritmos ou linguagem de programação. Também buscou-se encontrar características ou falhas existentes nos aplicativos encontrados que pudessem ser exploradas na aplicação desenvolvida, buscando desta forma, criar um diferencial das demais aplicações.

Foi-se necessário realizar uma curadoria nos resultados da pesquisa, uma vez que a quantidade de aplicativos encontrados foi elevada para o propósito inicial. O resultado da pesquisa dos aplicativos pode ser encontrada na seção 1.7.

Em seguida, foi criado um questionário utilizando a ferramenta Google Forms ([Google Forms, 2022](#)). Esse questionário foi disponibilizado durante a primeira semana do mês de setembro de 2022 para os estudantes ingressantes do curso de Ciência da Computação do câmpus Passo Fundo pelos professores das disciplinas de Algoritmos I e II e também através do servidor do curso na plataforma Discord. Os alunos tiveram o período de duas semanas para responder o questionário e seu objetivo foi identificar o cenário e o contexto dos estudantes antes do ingresso ao curso.

Com as informações adquiridas no primeiro questionário foi possível detectar as deficiências dos alunos no que tange ao conhecimento matemático ou raciocínio lógico, portanto, foi possível alimentar o conteúdo do *app* de forma mais assertiva.

O próximo passo consistiu na união das informações obtidas na pesquisa dos aplicativos e no primeiro questionário respondido pelos acadêmicos para desenvolver o aplicativo, os detalhes do desenvolvimento da aplicação estão descritos na seção 3.2.

Após o desenvolvimento da aplicação, a mesma foi disponibilizada via navegador para ser testada pelos mesmos alunos que responderam o primeiro questionário. O aplicativo foi disponibilizado pelos próprios professores das disciplinas de Algoritmos I e II e também através do servidor do curso na plataforma Discord.

Também foi criado um segundo questionário utilizando a ferramenta Google Forms ([Google Forms, 2022](#)). O intuito desse questionário foi de descobrir como foi a experiência dos estudantes com o uso do *app*, além de verificar sua contribuição para o aprendizado das necessidades apontadas inicialmente por eles. O questionário foi disponibilizado juntamente com a aplicação na segunda semana do mês de outubro de 2022, os alunos tiveram o período de três semanas para respondê-lo.

Por fim, foram analisadas as respostas dos questionários disponibilizados. Essa etapa teve como objetivo utilizar dos dados obtidos através da pesquisa para compreender o que eles representam, bem como identificar a contribuição do aplicativo desenvolvido no contexto em que foi disponibilizado e visualizar os pontos positivos e negativos do mesmo. Os resultados estão descritos na seção 4.

3 Aplicação Proposta

Esta seção apresenta as tecnologias que foram utilizadas durante o desenvolvimento, a proposta da aplicação e o seu resultado final.

3.1 Tecnologias utilizadas

Para desenvolver o aplicativo foi necessário a utilização de diversas tecnologias que serão descritas a seguir.

3.1.1 IntelliJ IDEA Ultimate

O IntelliJ IDEA é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) desenvolvido e mantido pela [JetBrains \(2022\)](#). Ele permite desenvolver em linguagens como Java, Kotlin, Groovy e Dart com facilidade.

A IDE possui diversas funcionalidades que auxiliam no desenvolvimento de uma aplicação, dentre elas: a) assistência de codificação: análise, refatoração, depuração e completamento de código; b) compiladores e ferramentas integradas: integração com versionamento de código (Git), bancos de dados, compiladores Gradle e c) ecossistema de *plugins*: suporte a *plugins* que permitem adicionar funcionalidades adicionais ao IDE, como é o caso do desenvolvimento com Dart e Flutter.

3.1.2 Flutter

Como já citado anteriormente neste artigo, optou-se por utilizar o Flutter como tecnologia para desenvolver o aplicativo, dado os conhecimentos prévios por parte do desenvolvedor e também as vantagens e funcionalidades do *framework*.

Por se tratar de uma tecnologia desenvolvida e mantida pelo [Google \(2022a\)](#), o Flutter possui uma documentação oficial vasta e completa contendo exemplos práticos de todos os *widgets* disponíveis para utilização, além de tutoriais em vídeo. Aliado a isso, o Flutter utiliza a linguagem Dart, que por sua vez possui um repositório de pacotes exclusivo para aplicativos desenvolvidos em Flutter e Dart, que também é mantido pelo Google. Nesse repositório é possível encontrar pacotes e bibliotecas de código tanto dos desenvolvedores oficiais do Flutter quanto da comunidade, que facilitaram o desenvolvimento do aplicativo.

3.1.3 Firebase

O Firebase, é uma plataforma em nuvem que contém um conjunto de serviços que facilitam o desenvolvimento de aplicativos *web* ou móveis de maneira rápida, simples e efetiva ([Google, 2022b](#)). Através dela, foi possível criar toda a infraestrutura do *back-end* necessária de forma totalmente gerenciável.

Dentre os serviços disponibilizados pela plataforma, foram utilizados: a) Cloud Firestore: como visto na seção [1.6.2](#), o Firestore é um banco de dados NoSQL que permite armazenar, sincronizar e consultar dados facilmente em escala global, permitindo também sincronizar os dados de forma *online* e *offline*; b) Authentication: é uma solução de identidade completa, além de ser seguro, ele possui autenticação compatível com e-mail e senha, telefone, além de vários outros provedores como Google, Facebook, Twitter, Github e outros, também com ele é possível gerenciar os usuários da aplicação de maneira simples e visual e c) Hosting: é um serviço de hospedagem e implantação de sites com segurança, CDN (rede de distribuição de conteúdo), escalabilidade e certificado SSL, foi utilizada na versão *web* do aplicativo.

Assim como o Flutter, o Firebase possui uma documentação completa e detalhada para cada serviço, além do mais, por se tratar de ser uma plataforma amplamente conhecida no mercado, encontra-se facilmente tutoriais e materiais em fóruns e *blogs*.

3.2 O Aplicativo

O *app* desenvolvido foi denominado "Logif", seu principal objetivo é auxiliar no processo de aprendizagem de lógica de programação e conceitos de algoritmos de forma simples, didática e divertida. O aplicativo é organizado em "categorias", que representam os temas e conceitos estudados nas primeiras disciplinas dos cursos que possuem programação como componente curricular. As categorias são trabalhadas por meios de *cards* e *quizzes* da seguinte maneira:

- Card: os *cards* são telas que contêm informações apresentadas de forma sequencial e progressiva, ou seja, cada categoria tem um número variado de *cards*. Cada *card* apresenta um conceito diferente referente a categoria ao qual ele pertence e só é disponibilizado para leitura após a exibição do *card* anterior (com exceção do primeiro);
- Quiz: os *quizzes* são questões que envolvem conceitos e assuntos tratados nos *cards*, contendo apenas uma opção correta. Eles são responsáveis por recompensar o usuário pelo aprendizado, além de criarem um sentimento de desafio e serem o meio pelo qual é verificada a compreensão de uma categoria de estudo. Por este motivo, eles são disponibilizados para serem respondidos apenas ao final da exibição de todos os *cards* de uma categoria de estudo escolhida.

A Tabela 3 apresenta as categorias de estudos que foram disponibilizadas dentro do aplicativo em sua primeira versão.

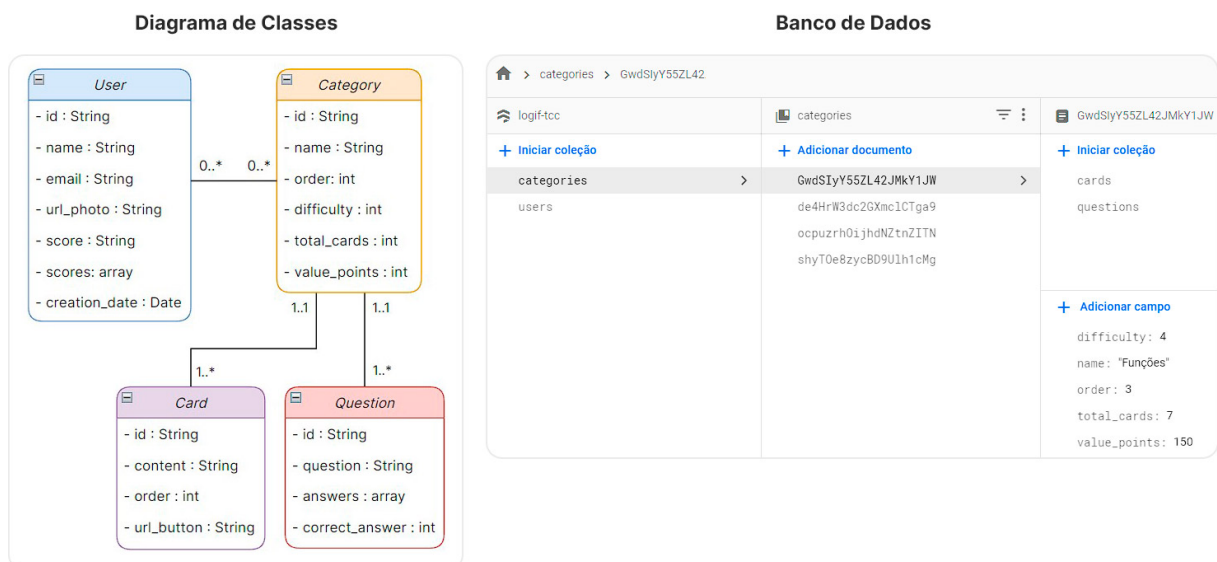
Tabela 3 – Categorias dos conteúdos do aplicativo

Nome	Classificação	Pontos
Proposições Lógicas	Iniciante	50
Operadores Lógicos	Iniciante	50
Condições	Intermediário	100
Funções	Avançado	150

Fonte: Do autor, 2022

Quanto aos dados, a Figura 3 ilustra ao lado esquerdo o diagrama de classes elaborado para representar a sua estruturação dentro do banco de dados, já do lado direito é possível visualizar como os mesmos ficaram estruturados dentro do Cloud Firestore.

Figura 3 – Estrutura do banco de dados do aplicativo



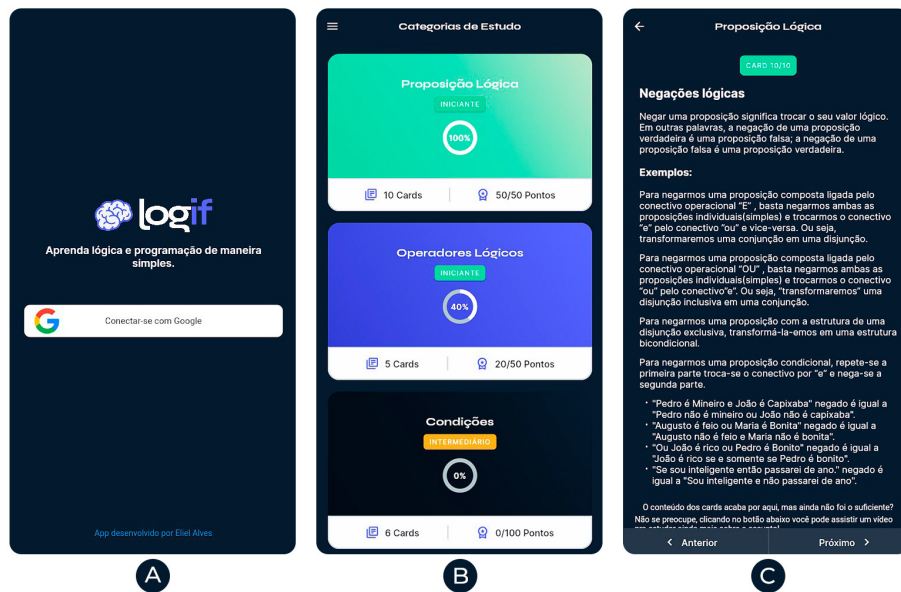
Fonte: Do autor, 2022

A Figura 4 apresenta três telas desenvolvidas, a tela A representa a tela de login e é somente por meio dela que o usuário conseguirá ter acesso as funcionalidades do aplicativo. A tela B representa as categorias descritas anteriormente, para que o usuário estude alguma categoria basta clicar em cima de uma das opções disponibilizadas, também é exibido em cada

categoria o seu nível de dificuldade, o progresso do usuário, a quantidade de *cards* disponíveis para estudo e a pontuação máxima alcançável naquela categoria. A tela C representa um dos *cards* da categoria que foi selecionada, é possível observar que nela é exibida a quantidade de *cards* disponíveis naquela categoria, o conteúdo do *card* em si, bem como os botões de avançar e retroceder, permitindo que o usuário navegue entre os *cards* sempre que desejar.

Cada categoria possui um nível de dificuldade que influenciará diretamente na recompensa que será obtida por cada usuário, dependendo de seu desempenho. Essa recompensa será contabilizada e exibida ao usuário apenas ao finalizar um *quiz*. Buscando explorar a competitividade dentro do aplicativo, foi desenvolvido um *ranking* contendo a pontuação de todos os usuários em ordem decrescente, estimulando uma disputa saudável entre os jogadores em busca da vitória.

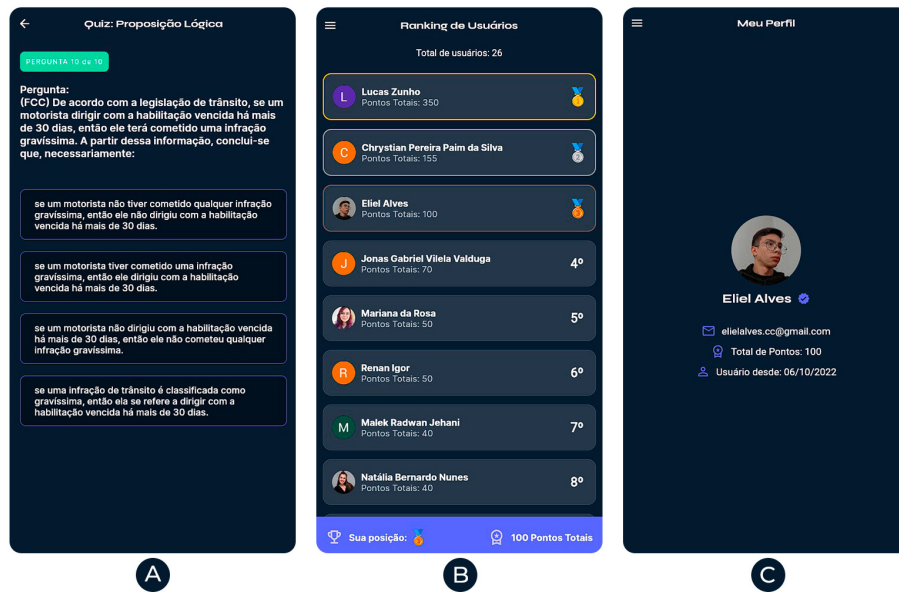
Figura 4 – Telas: login, categorias e cards



Fonte: Do autor, 2022

A Figura 5 apresenta outras três telas desenvolvidas, a tela A representa o *quiz*, nota-se que o usuário poderá visualizar quantas questões já foram respondidas e quantas ainda faltam, entretanto é impossível que o usuário retroceda em questões que já foram respondidas. Já a tela B representa o *ranking* do aplicativo, através dele é possível saber a pontuação e posição atual do usuário, bem como visualizar a pontuação de outros jogadores e suas medalhas. A tela C representa o perfil do usuário, onde são exibidas suas informações. Além destas, a última tela disponível para o usuário é a de informações sobre o aplicativo, nela contêm a descrição da aplicação e alguns *links* úteis para os usuários, como por exemplo *feedback* e reporte de *bugs*.

Figura 5 – Telas: quiz, ranking e perfil



Fonte: Do autor, 2022

4 Análise dos Resultados

Para realizar a análise dos resultados, foram comparados os problemas identificados por parte dos estudantes durante a primeira fase da pesquisa e o *feedback* disponibilizado por eles após a utilização do aplicativo. Buscou identificar os benefícios da utilização do *app*, bem como a contribuição no que tange ao conhecimento dos acadêmicos. Também buscou-se destacar os elementos da estratégia de gamificação que foram utilizados no aplicativo e como estes influenciaram no *feedback* dos alunos. Por fim, a análise da aplicação buscou encontrar diferenciais e pontos fortes da implementação que difere dos trabalhos relacionados descritos na seção 1.7.

O aplicativo foi avaliado através de uma pesquisa qualitativa realizada em duas etapas com os acadêmicos do curso de Ciência da Computação do câmpus Passo Fundo. Na primeira etapa, os alunos ainda não tinham contato com o aplicativo e responderam um questionário contendo perguntas intencionalmente focadas na opinião dos participantes em relação ao curso e disciplinas que envolviam algoritmos.

Nessa etapa da pesquisa, 35 alunos responderam o questionário que foi disponibilizado, observou-se que a maioria dos alunos (74,3%) não possuía nenhum conhecimento prévio em algoritmos antes de ingressar no curso, e que um pouco mais da metade deles (51,4%) avaliam os conhecimentos prévios obtidos no ensino médio como regular (37,1%) ou ruim (14,3%). Esses dados indicam que há fatores que não podem ser controlados por parte da instituição acadêmica, visto que cada aluno possui um histórico diferente e, por esta causa, deve ser levado em conta uma forma de ensino que independa do nível de conhecimento do aluno ao ingressar no curso.

Quanto ao fator tempo, foi possível observar que a maioria dos alunos (68,6%) trabalham, sendo sua maior parte com carga horária superior a vinte e inferior a quarenta horas semanais (40%). As respostas também demonstram que quase metade dos estudantes (45,7%) dedicam apenas de duas a cinco horas semanalmente para os estudos fora do período acadêmico, seguido de 22,9% de estudantes que dedicam menos de duas horas ou nenhuma. Além do mais, nota-se que a maioria dos acadêmicos (65,7%) sente que há falta de tempo para estudar.

Dentre os principais fatores apontados pelos alunos que influenciariam diretamente na evasão do curso, são destacados: a) ausência nas aulas (65,7%); b) falta de tempo para estudar (57,1%); c) pouca compreensão das aulas ou do conteúdo (57,1%); d) dificuldade na compreensão dos enunciados dos exercícios (42,8%) e e) não fazer os exercícios sugeridos pelo professor (40%).

Ao analisar os dados da primeira etapa da pesquisa foi possível observar a dificuldade por parte dos alunos na interpretação dos exercícios que são propostos no ambiente de aula e a preocupação quanto ao tempo disponível para estudo. Esses fatores foram levados em conta no desenvolvimento do aplicativo e, por esta causa, optou-se por utilizar a estratégia de apresentar conteúdos através de *cards* interativos, visando facilitar a compreensão e a progressão em um tempo que é determinado pelo aluno. Além do mais, os mesmos *cards* foram pensados para serem divididos contendo o mínimo conteúdo útil possível, otimizando o tempo do usuário e dando-lhe a sensação de progresso mais rapidamente.

O questionário final da pesquisa foi respondido por 26 alunos, correspondente a 69,4% dos participantes da primeira etapa. Nesta fase da pesquisa, o foco das perguntas foi a experiência dos usuários durante a utilização do aplicativo. As respostas apresentaram que 46,2% dos alunos utilizaram o aplicativo de duas à quatro horas antes de responderem o questionário, seguido de 42,3% que utilizaram aproximadamente uma hora. As respostas das demais perguntas objetivas estão representadas na Tabela 4.

Em comparação ao primeiro questionário, observou-se que a maioria dos alunos utilizam de duas à cinco horas semanais para estudo, que correspondeu ao tempo utilizado no aplicativo pela maioria dos estudantes.

Tabela 4 – Experiência dos usuários utilizando o aplicativo

Afirmações	Respostas
Utilizaria o aplicativo com frequência	Concordo totalmente: 53,8% Concordo: 26,9% Neutro: 19,2%
Achei o aplicativo desnecessariamente complexo	Discordo totalmente: 84,6% Discordo: 15,4%
Achei o aplicativo fácil de usar	Concordo totalmente: 88,5% Concordo: 11,5%
Achei o aplicativo muito inconsistente	Discordo totalmente: 88,5% Discordo: 11,5%
Achei o aplicativo fluído e bem otimizado	Concordo totalmente: 61,5% Concordo: 34,6% Neutro: 3,8%
Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a usar o aplicativo rapidamente	Concordo totalmente: 73,1% Concordo: 26,9%
A interface do sistema é agradável e atrativa	Concordo totalmente: 80,8% Concordo: 19,2%
A organização de informações na tela do sistema é clara	Concordo totalmente: 65,4% Concordo: 34,6%
O aplicativo explica o conteúdo de forma didática e sequencial	Concordo totalmente: 65,4% Concordo: 34,6%
O aplicativo me motivou a estudar mais sobre Algoritmos	Concordo totalmente: 46,2% Concordo: 38,5% Neutro: 15,4%
Consegui compreender melhor certos conteúdos através do aplicativo	Concordo totalmente: 76,9% Concordo: 19,2% Neutro: 3,8%
Creio que meu desempenho em Algoritmos I teria sido melhor se conhecesse o aplicativo antes	Concordo totalmente: 61,5% Concordo: 34,6% Neutro: 3,8%
Recomendaria o aplicativo facilmente para meus colegas	Concordo totalmente: 73,1% Concordo: 23,1% Neutro: 3,8%

Fonte: Do autor, 2022

Ao analisar os dados apresentados na tabela acima, percebe-se que a maioria dos alunos (53,8%) concordaram totalmente com a afirmação de que utilizaria o aplicativo com frequência, enquanto 26,9% apenas concordaram e outros 19,2% ficaram neutros, ou seja, nem concordaram e nem discordaram da afirmação. Já quanto a complexidade do aplicativo, pode-se dizer que todos os usuários concordaram que o aplicativo é fácil de usar.

A ideia de utilizar o *quiz* como forma de validação do estudo foi um dos pontos destacados pelos alunos, pois é um elemento que possui *feedback* instantâneo, além de ser um desafio pro usuário que resulta em uma recompensa, ambas são características da estratégia de gamificação.

Apesar de otimização não ser um dos pontos fortes do Flutter, no que diz respeito ao desempenho, a maioria dos usuários (96,1%) concordaram que o aplicativo é fluído e bem otimizado, outros 3,8% responderam neutro. Também é possível perceber que todos os usuários concordaram que a interface do *app* é agradável e atrativa e que as informações estão expostas de maneira simples e clara. Portanto, observou-se que o Flutter é uma ótima opção para quem deseja desenvolver aplicativos menores e menos complexos, e ao mesmo tempo obter um bom desempenho em aplicativos multiplataformas.

Dentre os principais problemas apontados na primeira etapa da pesquisa, observou-se que um deles é a não compreensão dos conteúdos e dos exercícios disponibilizados pelos professores. Olhando pela perspectiva do ensino e aprendizagem, 100% dos alunos disseram que o aplicativo

explica o conteúdo de forma didática e sequencial. Apesar do aplicativo utilizar de elementos da gamificação e outras estratégias para incentivar o aprendizado, percebe-se que ainda há uma parcela dos alunos (15,4%) que respondeu neutro quanto a afirmação de que o aplicativo o motivou a estudar mais sobre algoritmos, mesmo que 38,5% concordaram e 46,2% concordaram totalmente. Observa-se portanto, que há ainda outros fatores que influenciam na motivação do aluno.

Já sobre o desempenho dos alunos na disciplina de Algoritmos I, a maioria das respostas (96,1%) demonstram que os acadêmicos conseguiram compreender melhor certos conteúdos e conceitos através do aplicativo, além de acreditarem que o desempenho na disciplina de Algoritmos I poderia ter sido melhor caso os mesmos conhecessem o *app* previamente. Com esse dado, é possível afirmar que as estratégias empregadas de utilizar *cards* e *quizzes* são uma ótima opção de ensino gradual e sequencial, o que facilita na compreensão do conteúdo por parte do aluno.

O aplicativo também utilizou da competitividade - que também é um elemento da estratégia de gamificação - para criar uma disputa saudável entre os usuários. Como resultado teve-se o *ranking*, os alunos responderam que gostaram da sensação de competição e das premiações das medalhas de destaque para os primeiros colocados. Por fim, 73,1% dos usuários concordaram totalmente com a afirmação de que recomendaria o aplicativo para outros colegas, enquanto 23,1% apenas concordaram e outros 3,8% responderam neutro, ou seja, nem concordaram e nem discordaram da afirmação.

Com base nos resultados da pesquisa, pode-se confirmar que os alunos possuem interesse na utilização de outras ferramentas que sirvam como auxílio no ensino de lógica de programação e algoritmos. Entretanto, é necessário que esta seja atrativa e que possua mecanismos que motivem a progressão do aluno durante o processo de aprendizagem. Ademais, percebeu-se que a gamificação é uma ótima estratégia e que pode ser utilizada em ambientes acadêmicos, e que através dela é possível apresentar conceitos e conteúdos de forma diferente e atrativa permitindo a evolução dos alunos de forma prática na resolução de problemas.

Com o desenvolvimento do aplicativo utilizando o *framework* Flutter, percebeu-se que é possível desenvolver um *app* que execute em várias plataformas e sistemas operacionais utilizando apenas um código-fonte, facilitando a manutenção da aplicação por parte do desenvolvedor. Por outro lado, foi apontado por um usuário que o *app* não funcionou corretamente no navegador Firefox, ou seja, é possível que a aplicação possua algumas incompatibilidades ou problemas em plataformas específicas. Ainda sim, o desenvolvimento multiplataforma é uma ótima opção para quem quer desenvolver um aplicativo em pouco tempo e busque um maior alcance de usuários.

Graças a documentação fornecida pelos desenvolvedores e aos vídeos tutoriais disponíveis pela Internet afora foi possível resolver todos os empecilhos que surgiram durante o desenvolvimento. Apesar de encontrar algumas complicações durante a integração entre as plataformas, não foram encontradas dificuldades maiores durante o estudo do Flutter e do Firebase. Portanto, pode-se dizer que qualquer pessoa conseguirá rapidamente aprender o suficiente sobre o Flutter para construir qualquer aplicação.

Considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo multiplataforma utilizando estratégias de gamificação para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de algoritmos e lógica de programação. Através do aplicativo desenvolvido, foi possível apresentar conceitos e definições de temas que são essenciais para o processo de aprendizagem de algoritmos. Para desenvolver o aplicativo, foram pesquisadas outras aplicações com objetivos similares ou parecidos e também ferramentas e tecnologias necessárias.

Apesar de já haver um conhecimento prévio por parte do desenvolvedor em relação as

tecnologias utilizadas, foi necessário estudá-las para desenvolver a aplicação. Mesmo com o estudo da tecnologia, durante o desenvolvimento do *app* foram encontradas dificuldades de integrações entre as plataformas utilizadas, entretanto foi possível saná-las e concluir o desenvolvimento como esperado.

Através dos questionários foi possível compreender o contexto e o perfil dos alunos ingressantes no curso de Ciência da Computação no câmpus Passo Fundo e verificar que o aplicativo proposto contribuiu positivamente no ensino de lógica de programação, além de demonstrar que a gamificação é uma estratégia que permite ensinar de maneira atrativa podendo contribuir e colaborar no processo de ensino destes conteúdos para os acadêmicos. Percebeu-se também que, no que diz respeito ao histórico de aprendizagem dos alunos, há fatores que são exclusivos e inerentes ao contexto que foram ou estão inseridos, e portanto, o aplicativo não pôde contribuir ou auxiliar.

Mesmo tendo poucas categorias de estudo disponibilizadas inicialmente, pode-se afirmar que os objetivos do trabalho foram alcançados, uma vez que a ferramenta desenvolvida tem a capacidade de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de algoritmos e lógica de programação, e que, pode contribuir para a compreensão de conceitos de forma mais atrativa, simples, didática e gradual.

Como trabalhos futuros, pretende-se desenvolver atualizações para o aplicativo levando em conta as sugestões apresentadas pelos usuários e adicionar novas categorias de estudo que contemplem a grade curricular das disciplinas de Algoritmos I e II, como por exemplo ponteiros, *structs*, matrizes e vetores. Dessa forma, será possível tornar o aplicativo uma ferramenta mais flexível e efetiva para ensino.

Pretende-se por fim, adicionar novas funcionalidades, dentre elas destacam-se: a) *feedback* imediato no *quiz* a cada questão, atualmente o aplicativo permite ao usuário visualizar o seu desempenho após responder todas as perguntas, entretanto acredita-se que seja melhor para o usuário saber quais questões ele acertou e errou a cada resposta fornecida; b) medalhas e sistema de conquistas; c) tornar *cards* mais atrativos, destacar trechos de código e deixar a leitura mais dinâmica; d) adicionar animações entre telas; e) sistema de contribuição da comunidade, permitindo que os usuários sugiram novos temas, *cards* e perguntas; f) sistema administrador que permita que um usuário específico consiga adicionar conteúdos dentro do próprio aplicativo.

Referências

ATHA, H. *Best Cross Platform App Development Frameworks 2022*. 2022. Disponível em: <<https://www.moveoapps.com/blog/best-cross-platform-app-development-frameworks/>>. Acesso em: 28 mai 2022. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 6.

CARNEIRO, L. de N. S. Aprendizagem da matemática: Dificuldades para aprender conteúdos matemáticos por estudantes do ensino médio. UFPA, 2018. Citado na página 2.

CETIC.BR, C. R. d. E. p. o. D. d. S. d. I. *TIC Domicílios 2021: C16 - USUÁRIOS DE INTERNET, POR DISPOSITIVO UTILIZADO*. 2021. Disponível em: <<https://cetic.br/pt/tics/domicilios/2021/individuos/C16/expandido>>. Acesso em: 25 jun 2022. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.

COELHO, U. M.; VEGA Ítalo S. O uso da técnica de narrativa occ-rdd como apoio para elaboração e ou roteirização de conteúdo das aulas ministradas nas disciplinas dos cursos de computação. *CIET:EnPED*, 2018. ISSN 2316-8722. Disponível em:

<<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/812>>. Acesso em: 18 jun 2022. Citado na página 6.

CORAZZA, P. V. *Um aplicativo multiplataforma desenvolvido com Flutter e NoSQL para o cálculo da probabilidade de apendicite*. [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Citado na página 7.

DETERS, J. I. et al. O desafio de trabalhar com alunos repetentes na disciplina de algoritmos e programação. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2008. Citado na página 2.

ENCODE, U. P. L. *Encode for Android - Learn to code with bite-sized programming lessons*. 2021. Disponível em: <<https://upskew.com/encode-android/>>. Acesso em: 20 mai 2022. Citado na página 8.

FERNANDES, W. A. *Desenvolvimento de um aplicativo para auxiliar na preparação de alunos de Engenharia de Computação para o ENADE*. 2020. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1361/1/TCC_II_WARLEY_ALVES_FERNANDES.pdf>. Acesso em: 05 jun 2022. Citado na página 6.

FILHO, R. L. L. e S. et al. A evasão no ensino superior brasileiro. *Cadernos de Pesquisa*, v. 37, n. 132, p. 641–659, 2007. Citado na página 2.

FOWLER, M. J.; SADALAGE, P. J. *Nosql Distilled: A Brief Guide to the Emerging World of Polyglot Persistence*. [S.l.]: Addison-Wesley Professional, 2012. Citado na página 7.

FRAY, J. *O que é um aplicativo multiplataforma?* 2021. Disponível em: <<https://www.invoisys.com.br/blog/o-que-e-um-aplicativo-multiplataforma/>>. Acesso em: 20 mai 2022. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.

GOMES, A.; HENRIQUES, J.; MENDES, A. J. Uma proposta para ajudar alunos com dificuldades na aprendizagem inicial de programação de computadores. *Educação, Formação e Tecnologias*, v. 1, p. 93–103, 2008. Citado na página 2.

GOOGLE. *Cloud Firestore*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <<https://firebase.google.com/docs/firestore/>>. Acesso em: 08 jun 2022. Citado na página 7.

GOOGLE. *Flutter - Build apps for any screen*. 2022. Disponível em: <<https://flutter.dev/>>. Acesso em: 20 mai 2022. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 10.

GOOGLE, D. *Firebase*. 2022. Disponível em: <<https://firebase.google.com/>>. Acesso em: 16 nov 2022. Citado na página 10.

GOOGLE FORMS, G. *Formulários Google: Pesquisas e formulários fáceis de criar para todos*. 2022. Disponível em: <<https://workspace.google.com/intl/pt-BR/products/forms>>. Acesso em: 25 jun 2022. Citado na página 9.

GRASSHOPPER, G. *Grasshopper - Learn to Code*. 2022. Disponível em: <https://grasshopper.app/pt_br/>. Acesso em: 20 mai 2022. Citado na página 7.

IFSUL, C. de Regulação Acompanhamento e Controle das I. E. *Registros acadêmicos de Algoritmos I e II de 2018 a 2021*. 2022. Citado na página 3.

JETBRAINS. *IntelliJ IDEA: The Capable Ergonomic Java IDE by JetBrains*. 2022. Disponível em: <<https://www.jetbrains.com/idea/>>. Acesso em: 16 nov 2022. Citado na página 10.

JÚNIOR, R. P. M.; BONIATI, B. B. Logicblocks: Uma ferramenta para o ensino de lógica de programação. *Anais do EATI - Encontro Anual de Tecnologia da Informação e Semana Acadêmica de Tecnologia da Informação*, v. 5, n. 1, p. 63–70, 2015. Citado na página 6.

MADEINWEB. *Qual é a diferença entre o aplicativo e o web app?* 2020. Disponível em: <<https://madeinweb.com.br/qual-e-a-diferenca-entre-o-aplicativo-e-o-web-app/>>. Acesso em: 16 nov 2022. Citado na página 4.

MAHARANA, N. *Cross Platform Mobile Apps and Its Pros and Cons*. 2017. Acesso em: 20 mai 2022. Citado na página 5.

MEC. *Plataforma Nilo Peçanha*. 2021. Disponível em: <<http://plataformanilopecanha.mec.gov.br/>>. Acesso em: 05 mai 2022. Citado na página 2.

MIMO, M. G. *Mimo - Learning to code can be easy and fun*. 2022. Disponível em: <<https://getmimo.com/>>. Acesso em: 20 mai 2022. Citado na página 8.

PROTALINSKI, E. *Google says 500,000 developers use Flutter monthly, outlines release process and versioning changes*. 2022. Disponível em: <<https://venturebeat.com/2020/04/22/google-500000-developers-flutter-release-process-versioning-changes/>>. Acesso em: 28 mai 2022. Citado na página 5.

STATCOUNTER. *Mobile Operating System Market Share Brazil*. 2021. Disponível em: <<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/brazil/#monthly-202101-202112-bar>>. Acesso em: 20 mai 2022. Citado na página 4.

TOLOMEI, B. V. *A Gamificação como Estratégia de Engajamento e Motivação na Educação*. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.18264/eadf.v7i2.440>>. Acesso em: 05 jun 2022. Citado na página 6.

VIANNA, M. et al. *Gamification, Inc. - Como reinventar empresas a partir de jogos*. [S.l.]: MJV Press, 2013. Citado na página 6.

WERNECK, V. *6 aplicativos para aprender programação*. 2022. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/6-aplicativos-para-aprender-programacao/>>. Acesso em: 20 mai 2022. Citado na página 8.

ZACARIAS, R. O.; MELLO, D. R. B. Metodologias de ensino de lÓgica de programaÇÃo e algoritmos em cursos de graduaÇÃo. *Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico*, v. 5, n. 2, p. 29–44, 12 2019. Citado na página 6.

Uso de dados históricos para a predição de resultados para o campeonato de pilotos e construtores da Fórmula 1

Isabela Fabian¹, Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Câmpus Passo Fundo

isafabn@gmail.com, anubisrossetto@ifsul.edu.br

Abstract. *Formula 1 is known for its high performance and technical sophistication, serving as a vast source of data, generating over 1.1 million telemetry points. This work explored extensive historical data from 2012 to 2023. Utilizing machine learning techniques, the paper seeks to accurately identify championship-winning drivers and teams. Employing the RapidMiner platform, this initiative enhances the analytical capabilities of machine learning technologies. The approach not only deepens the understanding of Formula 1's competitive dynamics but also highlights the potential of machine learning in sports, paving the way for future applications of data science in sporting contexts.*

Resumo. *A Fórmula 1 é conhecida por seu alto desempenho e sofisticação técnica, servindo como uma vasta fonte de dados, gerando mais de 1,1 milhão de pontos de telemetria. Este trabalho explorou dados históricos extensivos de 2012 a 2023. Utilizando técnicas de aprendizado de máquina, o trabalho busca identificar com acurácia pilotos e equipes vencedores do campeonato. Empregando a plataforma RapidMiner, esta iniciativa realça as capacidades analíticas das tecnologias de machine learning. A abordagem não apenas aprofunda a compreensão das dinâmicas competitivas da Fórmula 1, mas também destaca o potencial do aprendizado de máquina nos esportes, abrindo caminhos para futuras aplicações de ciência de dados em contextos esportivos.*

1. Introdução

No cenário dinâmico do mundo esportivo, onde a competição é acirrada e as margens entre vitória e derrota são muitas vezes ínfimas, a capacidade de prever resultados tornou-se não apenas uma aspiração, mas uma necessidade. Cada vitória ou derrota nas competições esportivas pode ter um impacto profundo não apenas nos jogadores e fãs, mas também nas estratégias das equipes, nas decisões dos treinadores e, não menos importante, nas apostas e investimentos relacionados. Um dos esportes conhecido mundialmente por exigir de seus atletas e colaboradores um alto desempenho, tecnicidade e competitividade é a Fórmula 1. Em um contexto onde pilotos não competem apenas contra o relógio, mas um contra os outros, surge uma questão fundamental que passa os limites das arenas esportivas e se estende para o mundo da ciência de dados e aprendizado de máquina: é possível usar dados históricos da F1 em combinação com algoritmos de aprendizado de máquina para prever com alta acurácia qual piloto e equipe serão coroados campeões no final da temporada?

A F1 passou por inúmeros avanços na área de tecnologia ao longo dos anos, não apenas na tecnologia associada a mecânica dos carros, mas associada principalmente a coleta e uso de dados de telemetria. As equipes de montadores estão cada dia mais buscando parceiros em áreas da tecnologia. Oracle, Google, AMD (*Advanced Micro Devices*), AWS (*Amazon Web Services*) entre outros gigantes da tecnologia são exemplos de parceiras que estão trazendo ao esporte a possibilidade de buscar soluções e *insights* baseados em dados [Li et al. 2023]. De acordo com Sicoie

A adoção de tais aplicações revolucionou o esporte ao permitir aproveitar ao máximo o poder das técnicas de aprendizado de máquina e HPPC (High-Performance Cloud Computing). Além disso, reduziu a lacuna entre todos os dados históricos da F1 e os dados coletados das centenas de sensores que um carro atual é equipado. Como resultado, as ações tem empoderado não somente as tomadas de decisão relacionadas com estratégia de corrida, mas também aumentou a eficiência dos carros em termos de aerodinâmica e perda de downforce [Sicoie 2021, pg 2].

Ao explorar as técnicas de aprendizado de máquina e a computação em nuvem de alto desempenho, as equipes não apenas aprimoram suas estratégias de corrida, mas também elevam a eficiência dos carros a níveis anteriormente inimagináveis. A fusão entre dados históricos e informações em tempo real, oriundas de cerca de 300 componentes sensoriais, não só reduziu a lacuna entre passado e presente, mas também abriu portas para o futuro da F1 [Marr 2023].

Desta forma a previsão do campeão da Fórmula 1 não é apenas uma atividade de entretenimento para os fãs, é também uma ferramenta valiosa para as equipes, permitindo-lhes ajustar estratégias e recursos de acordo com as probabilidades calculadas. Segundo o que foi afirmado por Christian Horner, CEO da Oracle RedBull Racing à um artigo da Forbes, “dados estão na força vital da equipe. Todos os elementos de performance - como nós corremos a corrida, como nós desenvolvemos o carro, como nós selecionamos e analisamos os pilotos - é tudo conduzido por dados” [Marr 2023]. A declaração de Christian evidencia a importância dos dados coletados durante todos os finais de semana de corrida e não só para as equipes de competidores, mas a todos os envolvidos com o esporte.

O campeonato mundial de F1, que acontece desde maio de 1950 e atrai diversos olhares, incluindo investidores, representa um esporte que gera receita anual de aproximadamente 2.573 bilhões de dólares [Brown 2023]. Essa cifra significativa chama a atenção de grandes empresas e investidores interessados em fazer parte do cenário automobilístico. Entretanto, a atração de grandes investimentos não é apenas uma questão de prestígio; é também uma questão de resultados e segurança. Em um ambiente onde a consistência é essencial, equipes com histórico de dados instáveis geralmente não conseguem atrair grandes investimentos.

Como em qualquer esporte, a F1 passou por mudanças regulatórias ao longo dos anos, todas projetadas para tornar as corridas mais seguras, justas e competitivas. Essas alterações não são tomadas de forma leviana; são fundamentadas em análises

aprofundadas de dados. Algoritmos especializados de análise de dados destacam a necessidade de mudanças, moldando as futuras diretrizes do esporte. A próxima grande mudança está prevista para 2026, com a entrada de novas equipes e fornecedores [de l'Automobile 2023], um passo que exemplifica o compromisso contínuo da F1 em evoluir estrategicamente com base em *insights* orientados por dados.

Levando em conta esse cenário de constante evolução, em que a fusão entre a tradição do esporte automobilístico e a importância da tecnologia digital se consolida cada dia mais, o desafio vai além da simples busca por um palpite certo. Torna-se real uma oportunidade de analisar padrões ocultos em uma gama de dados, onde cada curva, cada ultrapassagem e cada decisão estratégica são registradas meticulosamente. As parcerias entre equipes de F1 e empresas líderes em tecnologia não apenas transformaram a maneira como as corridas são disputadas, mas também abriram portas para um novo mundo de possibilidades analíticas.

Tendo isso em mente, objetivo principal deste trabalho foi unir a tecnologia e a história através da avaliação da acurácia dos modelos preditivos utilizados, aplicando-os a dados históricos do esporte e, posteriormente, fazendo uma comparação com os resultados reais dos campeonatos.

A avaliação foi feita através do recolhimento da maior quantidade possível de informações sobre as temporadas compreendidas entre os anos de 2012 a 2023. Após o recolhimento dos dados, foi feita a normalização e padronização para que fosse possível trabalhar com os dados dentro da plataforma de análise de dados escolhida.

O artigo está estruturado da seguinte forma: a introdução apresenta o contexto e a problemática da pesquisa; a Seção 2 traz a revisão da literatura; na Seção 3, é descrita a arquitetura da solução proposta, com destaque para os dados utilizados e os modelos de tratamento adotados. A Seção 4 apresenta e analisa os resultados obtidos e, por fim, a Seção 5 expõe as conclusões do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

2. Revisão de Estudos

Por um longo período, o esporte e a análise estatística estiveram profundamente interligados. Este campo de pesquisa mostrou-se extremamente promissor, oferecendo insights valiosos sobre eventos esportivos futuros através da análise de dados provenientes de competições anteriores [Nimmagadda et al. 2018]. O uso de tecnologias como redes neurais, machine learning (ML) e outros métodos de mineração de dados são a escolha lógica devido à sua capacidade de processar grandes quantidades de dados e modelos complexos. Dados esportivos abrangem uma ampla gama de características que podem ser coletadas, incluindo dados históricos, informações sobre os pilotos, desempenho das equipes e resultados das corridas.

O trabalho de [Sicoie 2021] investiga a previsão do vencedor da corrida utilizando algoritmos de máquina supervisionados. Semelhante a este trabalho, os dados foram importados de uma plataforma online e incluíram pesquisas sobre o clima em cada corrida. Os dados foram analisados e tratados adequadamente, com o autor optando por usar dados a partir de 2014, ano em que os motores dos carros passaram a ser híbridos. O desenvolvimento utilizou algoritmos de predição em Python e bibliotecas de suporte para extrair informações climáticas, resolver problemas com múltiplas variáveis categóricas e dimen-

sionar recursos relativos aos tempos de qualificação. O trabalho do autor difere deste trabalho por focar na predição do resultado de cada corrida e no campeonato de pilotos.

Baseando-se em dados históricos, o trabalho de [Carvalho 2022] aborda um tema frequente entre os fãs de automobilismo. Utilizando técnicas de Machine Learning, o autor buscou determinar qual piloto poderia ser considerado o “GOAT” (*Greatest of All Time*)¹, um título já atribuído a grandes nomes do automobilismo, como Ayrton Senna e Michael Schumacher. Reconhecendo que a aclamação de um piloto pelo público é frequentemente motivada pela emoção, Carvalho decidiu fundamentar seu trabalho em números e fatos estatísticos. O objetivo principal foi criar um ranking dos melhores pilotos da história da F1 e comparar esses resultados com a opinião prevalente na mídia. Ao final de sua análise, o autor conseguiu não apenas realizar a comparação desejada, mas também avaliar rankings de pilotos com potencial para se tornarem campeões mundiais, bem como aqueles que, devido à idade ou à equipe em que competem, podem nunca alcançar o título mundial.

Com uma abordagem semelhante, [Franssen 2021] desenvolveu seu trabalho comparando duas arquiteturas de rede neural: a Rede Neural de Função de Base Radial (RBF) e a Rede Neural Profunda (RNP), além de um modelo básico para fins de comparação. O objetivo do estudo era identificar as diferenças na pontuação e na perda entre uma RNP e uma RBF na previsão dos resultados das corridas de F1. Para essa comparação, o autor utilizou dados de 2012 a 2021, escolhendo esse período devido às mudanças no regulamento dos carros. Além de usar datasets de plataformas como Kaggle e Visual Crossing API, o autor também realizou pesquisas para complementar dados faltantes. O uso da linguagem Python e das bibliotecas mencionadas anteriormente também foi empregado. Assim como no trabalho de [Sicoie 2021], o autor buscou prever o resultado de cada corrida do campeonato.

Na Tabela 1 estão expostas as comparações do presente trabalho com os demais que foram utilizados como referência. É possível observar que os trabalhos de Sicoie, Carvalho e Franssen focaram mais nos pilotos e nos resultados individuais das corridas, sem um enfoque abrangente no campeonato como um todo e não realizaram comparações extensivas entre diferentes algoritmos de aprendizado de máquina. Por outro lado, o nosso trabalho ofereceu uma análise mais completa e atualizada, incluindo dados de pilotos e construtores. Comparou diferentes algoritmos, proporcionando *insights* sobre a eficácia de várias técnicas de aprendizado de máquina e utilizou uma plataforma avançada (RapidMiner) para análise de dados, trazendo uma abordagem inovadora e prática.

¹Tradução: O melhor de todos os tempos.

Crítérios	Sicoie	Carvalho	Franssen	Presente Trabalho
<i>Dataset Aplicado</i>	Pilotos	Pilotos	Pilotos	Pilotos e Construtores
Contexto de Análise	Resultados de corrida	Melhor piloto	Resultados de corrida	Resultados de campeonato
Comparação entre algoritmos	Não	Não	Sim	Sim
Delimitação de período de Análise	2014 - 2021	-	2012 - 2021	2012 - 2023
Forma de desenvolvimento	<i>Python</i> com apoio de bibliotecas	<i>Python</i> e R com apoio de bibliotecas	<i>Python</i> com apoio de bibliotecas	Plataforma RapidMiner

Tabela 1. Comparação dos trabalhos relacionados.

3. Arquitetura da Solução

Para que os objetivos do trabalho fossem alcançados, as etapas seguidas foram as seguintes:

- Foram utilizados dados disponibilizados pela plataforma *Kaggle*², como informações de pilotos e equipes campeãs entre 1950 e 2022. Porém houve uma redução na janela de dados, foram utilizados dados entre 2012 e 2023, levando em consideração as diversas mudanças de regulamento e especificações dos carros que aconteceram ao longo dos anos;
- Os dados foram tratados e manipulados na plataforma RapidMiner, a plataforma oferece uma variedade de ferramentas para tratamento de dados, análise estatística e construção de modelos preditivos e armazenados em um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL local;
- Os modelos criados na plataforma tiveram suas performances comparadas para que fosse possível apontar qual é o modelo mais eficaz para o caso.

Como é possível observar pela descrição feita acima, a metodologia utilizada é conhecida como *Knowledge Discovery in Database* (Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados). Um processo sistemático, frequentemente utilizado na área de mineração de dados, que trabalha com a extração de conhecimento útil e potencialmente não trivial a partir de grandes conjuntos de dados.

3.1. Dados

O *dataset* base do trabalho foi extraído da plataforma online de dados chamada *Kaggle* tendo como nome *Formula 1 World Championship (1950 - 2022)*³. Devido a gama de dados disponibilizada pela fonte que poderiam causar impacto negativo na predição desejada por possuir lacunas de informações oriundas das temporadas mais antigas, foi feita

²Disponível em: <https://www.kaggle.com/>

³Disponível em: <https://www.kaggle.com/datasets/rohanrao/formula-1-world-championship-1950-2020?select=constructors.csv>

a redução no período de análise. Foram utilizados dados dos anos entre 2012, dois anos antes da mudança de motor V8 de 2.4 litros para o V6 de 1.5 litros [Nishinata 2013], e 2023, última temporada finalizada antes do presente trabalho. . O dataset está organizado em tabelas que foram importadas para um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL para reduzir a transferência de dados, aproveitar a capacidade de computação e eficiência do sistema de banco de dados e garantir que os dados não saiam do banco de dados relacional.

3.2. Pré-processamento

Inicialmente, foi feita a modelagem do banco de dados que recebeu os dados dos arquivos CSV retirados da plataforma online. Cada arquivo teve uma tabela criada, respeitando o tipo de dado de cada coluna e utilizando as referências entre tabelas necessárias para que, ao aplicar o modelo de predição, os dados fossem relacionados corretamente.

A ferramenta *Auto Model* da plataforma RapidMiner requer a escolha da coluna que se deseja prever. Para utilizar essa ferramenta, foram criadas duas colunas adicionais na tabela *seasons* para identificar quais pilotos e equipes foram campeões nos respectivos anos. Os dados de tempo de corrida da tabela *results* também passaram por manipulação por meio de um algoritmo em Python, que foi importado para a plataforma e aplicado ao CSV original. Esse algoritmo calculou o tempo total de corrida de cada piloto baseado no tempo total do primeiro colocado, somando a diferença de tempo do piloto subsequente. Dados nominais, como DNF (Did Not Finish) ⁴ e DNS (Did Not Start)⁵, foram importados com tempos nulos, e pilotos com registros '+1Lap', '+2Laps', etc., receberam tempos ajustados com base no último tempo registrado acrescido de 10 segundos por volta a mais.

Para reduzir o consumo de recursos de máquina durante os testes de modelo, foram criadas duas consultas SQL, uma para pilotos e outra para construtores, que retornavam os dados necessários do banco. A Figura 1 exibe o processo criado dentro da plataforma para executar as consultas que criavam o atributo *is-the-season-winner* ⁶preenchendo com *yes* ou *no* conforme o piloto ou construtor fossem campeões ou não da temporada. Essas consultas facilitavam a coleta e salvamento automático dos dados na plataforma RapidMiner.

No terceiro teste de modelo, foram removidos os dados de pilotos e construtores que não participaram de nenhuma corrida entre 2012 e 2023. Inicialmente, havia 214 construtores participantes desde 1950 até 2023, dos quais 194 foram removidos, resultando em uma redução de 90,6%. Para os pilotos, a redução foi ainda maior: de 858 participantes no mesmo período, 792 foram removidos, representando uma quebra de 92,3%. Essa ação foi tomada para garantir que os dados dos não participantes não influenciassem na predição, uma vez que as corridas anteriores a 2012 foram desconsideradas.

3.3. Modelos Utilizados

Através da ferramenta *AutoModel* foi possível fazer o teste de nove tipos de modelos de predição diferentes a cada teste, sendo eles *Naive Bayes*, *Generalized Linear Model*,

⁴Tradução: Não finalizou.

⁵Tradução: Não iniciou

⁶Tradução: é o campeão da temporada.

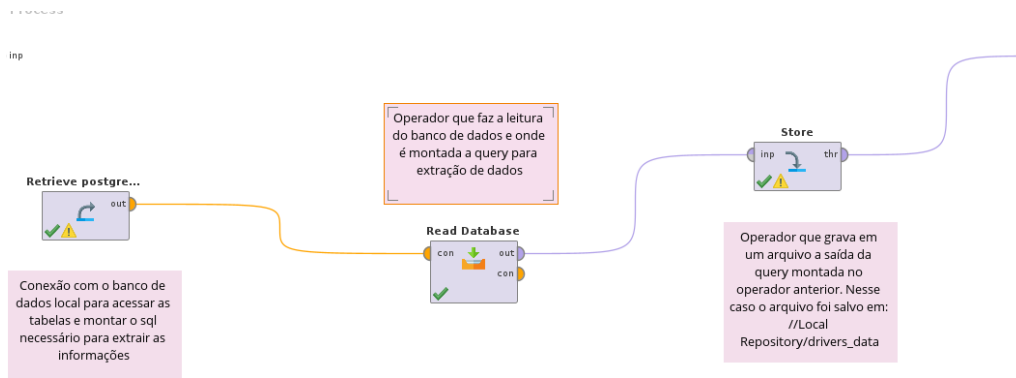


Figura 1. Processo para coleta dos dados dos pilotos do banco de dados

Logistic Regression, Fast Large Margin, Deep Learning, Decision Tree, Random Forest, Support Vector Machine e Gradient Boosted Trees, como o algoritmo de *Logistic Regression* não trabalha com atributos nominais, ele foi excluído dos testes. Como o uso dessa ferramenta, foi possível analisar a acurácia, porcentagem de erros, performance, sensibilidade e especificidade. A partir dos resultados obtidos nos testes foram escolhidos os modelos para as comparações e análises.

3.4. Treinamento dos modelos

Os modelos seguiram o mesmo padrão de etapas no processo, alterando apenas o operador de cada tipo de algoritmo. Na Figura 2 são apresentadas as duas etapas iniciais do processo, na primeira etapa temos o pré-processamento básico que consiste em três operadores que comportam conjuntos de operadores e na segunda etapa temos os operadores de engenharia de característica e modelagem. O primeiro conjunto de operadores carrega os dados e executa tarefas de unificação de tipos de dados, definição da coluna alvo, mapeamento dos valores nominais, tratamento de datas, entre outras tarefas básicas de pré-processamento. Entrega todos os pontos rotulados, bem como aqueles que não rotulados para os quais o modelo deve ser aplicado posteriormente. O segundo conjunto de operadores cria um conjunto de treinamento e um conjunto de validação onde este será usado em um cálculo robusto de desempenho de múltiplas divisões. O terceiro conjunto de operadores executa uma pequena engenharia de característica básica e pré-processamento, como tratamento de valores ausentes ou codificação. As colunas de texto são tratadas na próxima etapa. Na etapa 2, são tratadas as colunas de texto e armazenado o modelo de processamento de texto pelo primeiro operador. O segundo operador da etapa fica a cargo de realizar engenharia de característica automática. Isso ocorre além da engenharia de característica básica feita anteriormente. Já o terceiro conjunto de operadores executa o treinamento real do modelo e a afinação automática de hiperparâmetros.

Na Figura 3 são apresentadas as etapas 3, 4 e 5 do processo. A etapa 3 consiste em dois conjuntos de operadores onde o primeiro fica responsável pela transformação dos dados de validação (valor alvo conhecido) usando o mesmo pré-processamento e características, e o segundo pela transformação dos dados de pontuação (sem valor alvo conhecido) usando o mesmo pré-processamento e características. Na etapa 4, o primeiro

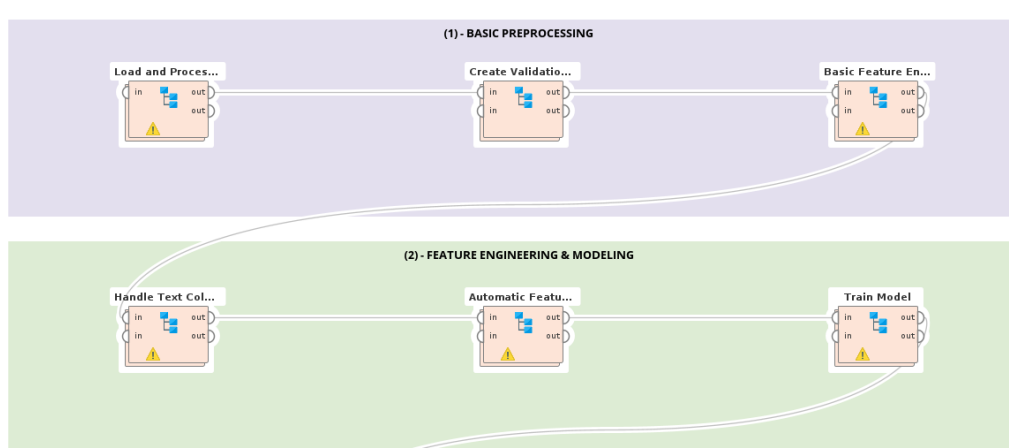


Figura 2. Etapa 1: Pré-processamento Básico; Etapa 2: Engenharia de Característica e Modelagem

conjunto de operadores apresentado executa a aplicação do modelo nos conjuntos dados de validação e pontuação para a pontuação. Também explica as previsões e calcula pesos específicos do modelo. O segundo conjunto executa uma validação de múltiplas divisões com estimativa robusta, o que fornece qualidade de estimativas de desempenho similar à de uma validação cruzada com tempos de execução menores. No terceiro conjunto é criado o simulador do modelo. O resultado do simulador é encaminhado para etapa 5, onde é criado um modelo de produção final, treinando um modelo com os mesmos parâmetros nos conjuntos de dados de treinamento e validação combinados.

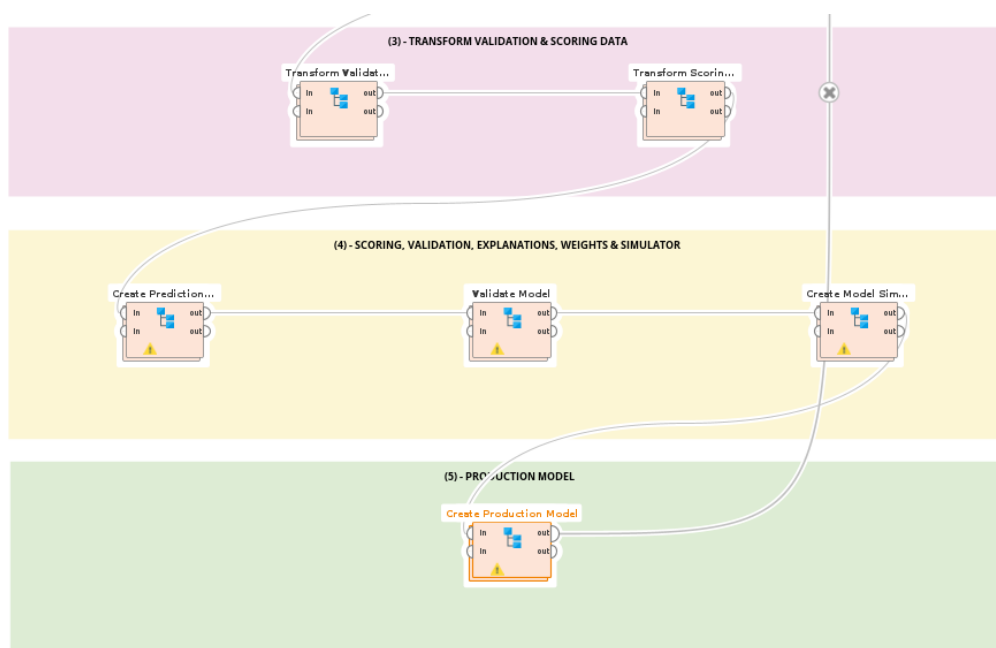


Figura 3. Etapa 3: Transformação de Dados de Validação e Pontuação; Etapa 4: Pontuação, Validação, Explicações, Peso e Simulador; Etapa 5: Modelo de Produção

A Figura 4 exibe o processo por completo, para que fique mais claro como os

operadores são conectados e como ocorrem as interações entre as etapas de processamento do modelo.

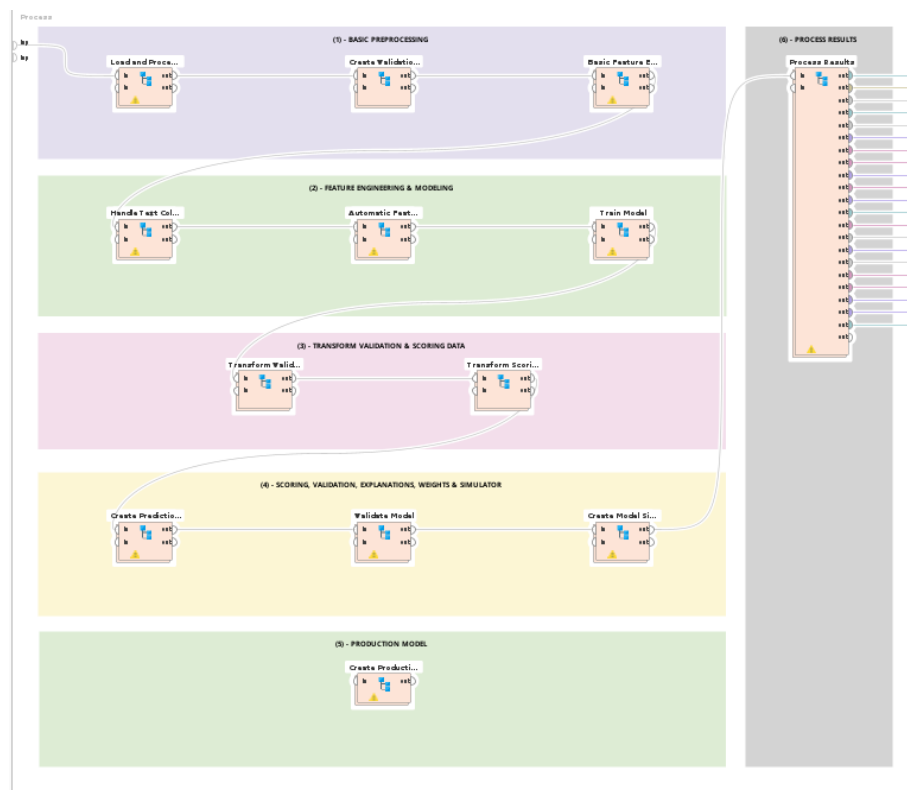


Figura 4. Visão geral do processo executado

3.5. Escolha dos modelos

Os modelos selecionados para análise, tanto para os pilotos quanto para os construtores, foram os que apresentaram a melhor e pior média de acurácia nos três testes realizados. O algoritmo *Decision Tree* foi identificado com uma melhor acurácia, possivelmente devido a sua capacidade de lidar eficazmente com dados numéricos e categóricos. Em contrapartida, o algoritmo *Naive Bayes* apresentou a pior acurácia, provavelmente porque sua performance foi prejudicada pelo fato de que os dados são interrelacionados. Foi observado também que no último teste o algoritmo de *Deep Learning* foi o que apresentou uma performance mediana para os dois contextos de testes. Por ser conhecido como capaz de capturar padrões complexos e não lineares, o algoritmo de *Deep Learning* pode sofrer *overfitting*⁷ quando aplicado a uma quantia pequena de dados, além de exigir maior capacidade computacional. Porém, por outro lado, pode ser ajustado de modo a fornecer uma linha de base de alta complexidade, permitindo avaliar até que ponto o *Decision Tree* e *Naive Bayes* conseguem capturar os padrões existentes.

Na Tabela 2 está representada a média da acurácia dos três testes realizados com os três algoritmos citados acima. Os algoritmos *Logistic Regression*, *Generalized Linear*

⁷Um cenário de overfitting ocorre quando, nos dados de treinamento, o modelo tem um desempenho excelente, porém quando utilizado os dados de teste o resultado é ruim. Isso ocorre porque o modelo não aprendeu bem as relações existentes e quando aplicado informações variáveis o seu desempenho é afetado. Assim, é possível que se diga que o modelo não tem capacidade de generalização.

Model e Support Vector Machine não foram capazes de gerar resultados para as análises feitas.

Modelos	Construtores	Pilotos
Naive Bayes	90,5%	95,6%
Generalized Linear Model	-	97,3%
Logistic Regression	-	-
Fast Large Margin	90,5%	95,2%
Deep Learning	96,6%	97%
Decision Tree	92,9%	98,6%
Random Forest	96,6%	96,4%
Support Vector Machine	-	95,2%
Gradient Boosted Trees	98,03%	95,2%

Tabela 2. Média de acurácia dos modelos

3.5.1. *Decision Tree*

O modelo de *Decision Tree* é um modelo de aprendizado não paramétrico que usa uma estrutura de árvore para modelar decisões e seus possíveis resultados, podendo ser usado para classificação e regressão. O modelo divide os dados em subconjuntos baseados em valores característicos, com cada divisão formando um galho da árvore [Lopes 2023].

Conforme o representado na Figura 5, cada elemento geométrico da figura é chamado de Nó (*Node*). É possível identificar também dois tipos diferentes de figuras geométricas, os círculos azuis e os retângulos verdes. Os círculos azuis representam todos os nós que se dividem em dois ou mais nós subsequentes e são chamados de Nó de Decisão (*Decision Node*), o primeiro Nó de Decisão a aparecer é o Nó Raiz (*Root Node*) que é o nó de início da árvore. Esse nome é dado pois a partir desse nó é tomada uma decisão para qual opção de nó subsequente seguir. Os retângulos verdes representam os nós finais, onde não há mais divisões e são chamados de Nó Folha (*Leaf Node*) ou Nó Terminal (*Terminal Node*).

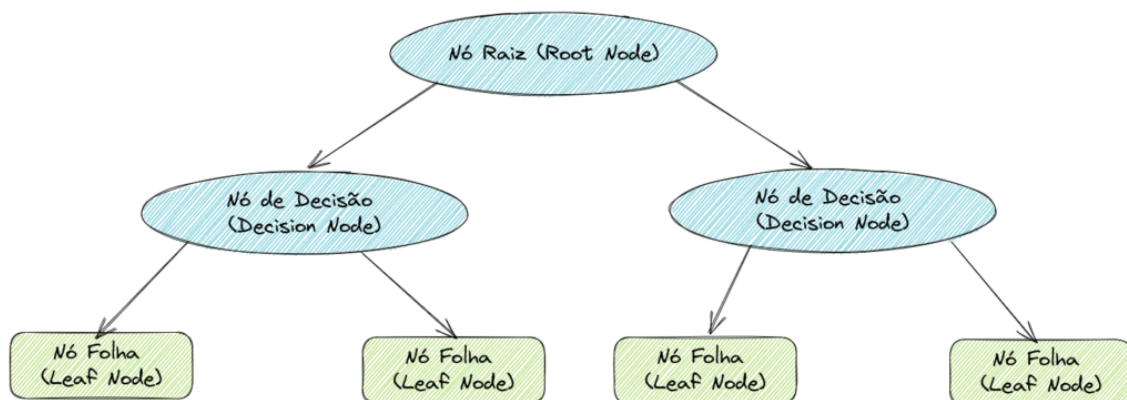


Figura 5. Exemplo Gráfico de *Decision Trees*

A criação de novos nós é iterada até que os critérios de parada sejam satisfeitos.

A predição para o atributo de rótulo de classe é determinada com base na maioria dos exemplos que alcançaram esse nó folha durante a geração, enquanto uma estimativa para um valor numérico é obtida calculando a média dos valores no nó folha.

Esse algoritmo é fácil de aprender e interpretar, não requer muita preparação de dados e pode lidar com dados numéricos e categóricos, porém é propenso a *overfitting*, especialmente com árvores muito profundas ou dados muito específicos, além de ser sensível a pequenas variações nos dados, o que pode levar a diferentes estruturas de árvore [Scikit-Learn 2024]. No contexto do presente trabalho onde se tem uma quantidade pequena de dados, o modelo tende a *overfitting*, criando modelos que são muito específicos para os dados de treinamento e podendo não generalizar bem para novos dados.

3.5.2. *Naive Bayes*

Os algoritmos *Naive Bayes* pertencem à família de algoritmos baseados no teorema de Bayes e são muito utilizados por sua simplicidade e eficiência em aprendizado de máquina. A suposição fundamental de *naive bayes* é que, dado o valor da classe, o valor de qualquer atributo é independente do valor de qualquer outro atributo, considerando assim que todos os atributos são independentes entre si. A rigor, essa suposição raramente é verdadeira, mas a experiência mostra que o classificador geralmente funciona bem. A suposição de independência simplifica enormemente os cálculos necessários para construir o modelo de probabilidade *naive bayes* [GeeksforGeeks 2024].

As vantagens desse algoritmo estão na simplicidade e rapidez para grandes volumes de dados e no bom funcionamento com dados de alta dimensão, como textos, porém pecam na suposição de independência entre as características que pode não ser válida na realidade e a tender a ter um desempenho inferior se a correlação entre atributos é importante, como é o caso do presente trabalho. Apesar de ter um bom desempenho com uma quantidade pequena de dados, o contexto em que ele foi aplicado faz com que se sobressaia a desvantagem do algoritmo em relação a dados inter-relacionados.

3.5.3. *Deep Learning*

O *Deep Learning* (DL) é um subconjunto do ML em que as RNAs são flexíveis e modeladas para funcionar e aprender como o cérebro humano com grandes quantidades de dados [Oracle 2024]. O DL utiliza várias camadas de redes neurais para classificar as informações recebidas através de dados brutos. Quanto maior a quantidade de camadas, mais preciso será o resultado. As RNAs que atuam por trás do algoritmo de DL possuem várias camadas de processamento entre a camada de entrada e de saída, o que faz com que sejam capazes de lidar com a classificação de dados complexos. Um algoritmo DL precisa ser treinado com grandes conjuntos de dados para que se alcance uma boa acurácia.

Como um contraponto de ser altamente eficaz em tarefas complexas e poder aprender características automaticamente sem necessidade de engenharia manual, há a necessidade em requerer um grande número de dados para um treinamento eficaz, além de ser computacionalmente intenso e difícil de interpretar. No contexto do presente trabalho, o modelo de DL utilizado sofreu com o *overfitting* por não possuir uma grande quantia de

dados, falhando em aprender padrões generalizáveis e sendo dominado por ruído.

4. Testes e Resultados

Nesta seção serão apresentados os procedimentos de testes realizados. As etapas do processo criado na ferramenta foram mantidas com a mesma estrutura que a citada na seção anterior, ocorrendo apenas as mudanças para refinamento dos resultados que serão explicadas em cada teste. O objetivo de cada teste é avaliar o desempenho dos modelos em prever os campeões do campeonato de pilotos e construtores com base nos dados históricos coletados.

4.1. Primeiro teste

A ferramenta Auto-Model faz uma classificação dos atributos antes da execução dos testes de algoritmos para que o testador escolha se algum dos atributos será desprezado no processamento. Nessa classificação são avaliados pelo RapidMiner a porcentagem de características de correlação, *ID-ness*, estabilidade, valores faltantes e *text-ness* de cada atributo encontrado no dataset. Dessa forma é possível identificar a qualidade de cada atributo. No primeiro teste realizado, não foi desprezado nenhum atributo nem para os dados dos construtores nem para os dados dos pilotos. O teste foi feito nos nove algoritmos disponíveis na plataforma para que fosse possível identificar quais deles poderiam lidar com os valores e quais não, o que também auxiliou na escolha dos modelos que seriam utilizados para comparação.

Na Tabela 3 estão dispostas as porcentagens de acurácia alcançadas pelos algoritmos no primeiro teste realizado. É possível observar que o algoritmo de *Deep Learning* alcançou um valor maior para os construtores, mas para os pilotos o algoritmo com porcentagem maior foi o *Decision Tree*, enquanto o *Naive Bayes* ficou com a menor porcentagem dos três para os dois contextos aos quais os modelos foram aplicados.

Modelos	Construtores	Pilotos
Naive Bayes	90,5%	95,2%
Deep Learning	98,3%	96,8%
Decision Tree	97,8%	99,6%

Tabela 3. Porcentagem de Acurácia dos Modelos no Primeiro Teste

4.2. Segundo teste

Para o segundo teste realizado, foram desprezados os atributos com qualidade média ou baixa. Para os pilotos, foram desprezados os atributos *forename* (primeiro nome) e *surname* (sobrenome), enquanto para os construtores, foram desprezados os atributos *race-name* (nome da corrida), *round* (número do round) e *q1* (primeiro terço das etapas de qualificação). Os algoritmos *Generalized Linear Model* e *Logistic Regression* também foram removidos dos testes, pois não apresentaram resultados satisfatórios no teste anterior.

Conforme apresentado na Tabela 4, o modelo de *Deep Learning*, apesar de sofrer uma queda na porcentagem de acurácia em relação ao primeiro teste, ainda foi o de maior precisão para os construtores. Da mesma forma, o modelo de *Decision Tree* continuou a

ser o mais preciso para os pilotos. O modelo de *Naive Bayes* apresentou um aumento de cerca de 1,2% na acurácia para a predição dos pilotos em relação ao teste anterior.

Pode-se observar que o algoritmo *Naive Bayes* se beneficiou ligeiramente da remoção dos dois atributos para os pilotos, dado que este algoritmo lida bem com atributos independentes. Por outro lado, os algoritmos *Deep Learning* e *Decision Tree* experimentaram uma queda significativa na acurácia devido à perda de dados, mas ainda mantiveram um bom nível de precisão devido à sua capacidade de lidar com complexidades e criar divisões de decisão significativas.

Modelos	Construtores	Pilotos
Naive Bayes	90,5%	96,4%
Deep Learning	93,7%	97,6%
Decision Tree	90,5%	98%

Tabela 4. Porcentagem de Acurácia dos Modelos no Segundo Teste

4.3. Teste Final e Análise de Resultados

No último teste foi percebido que haviam dados de pilotos e construtores anteriores ao intervalo de tempo definido para análise, haviam sido removidos apenas os dados das corridas anteriores a 2012. Em vista disso, foram removidos os dados de pilotos e construtores que não participaram de nenhuma corrida de 2012 até 2023. Para os construtores essa remoção de dados causou uma queda de 90,6% na quantidade de construtores participantes, considerando uma quantidade de 214 equipes participantes entre os anos de 1950 a 2023 e de apenas 20 equipes participantes entre os anos de 2012 a 2023. Para os pilotos, a queda de participantes foi um pouco maior, 92,3%, considerando uma quantidade inicial de 858 pilotos que participaram de corridas entre os anos de 1950 a 2023 e de apenas 66 pilotos participantes entre os anos de 2012 a 2023.

A Tabela 5 exibe as porcentagens de acurácia alcançadas por cada modelo. A queda drástica na quantidade disponível de dados afetou a capacidade dos modelos de generalizar e fazer previsões precisas.

Modelos	Construtores	Pilotos
Naive Bayes	90,5%	95,2%
Deep Learning	97,8%	97,6%
Decision Tree	90,5%	98,4%

Tabela 5. Porcentagem de Acurácia dos Modelos no Teste Final

Para analisar de forma separada o desempenho de cada modelo quando aplicado aos dois contextos de predição podemos utilizar os gráficos AUC (*Area Under the Curve*)⁸ e ROC (*Receiver Operating Characteristic*)⁹ que foram gerados para cada modelo e contexto. Segundo [Team 2024], valores AUC menores do que 0.5 significam que o modelo não tem capacidade de distinção entre classes positivas ou negativas, valores entre

⁸Tradução: Área Abaixo da Curva
⁹Tradução: Curva Característica de Operação do Receptor

0.5 e 1 indicam que o modelo possui uma maior capacidade de discriminação. Quando o modelo atinge a marca AUC de 0,7 ou superior é considerado bom, quando atinge o valor 0,8 ou superior é considerado muito bom e é considerado excelente quando atinge 0,9 ou superior. Quando o AUC é igual a 1 é considerado um modelo perfeito, que classifica todos os positivos e negativos corretamente.

A Figura 6 nos mostra o gráfico de ROC do algoritmo *Decision Tree* para os construtores, que mesmo permanecendo com uma porcentagem de acurácia constante em relação ao último teste, sugerindo que a quantidade de dados fornecidos ainda era suficiente, o gráfico nos informa que o valor de AUC ficou em 0.497. Considerando a classificação dos valores de AUC apresentados acima, um valor abaixo de 0,5 significa que o modelo não tem capacidade de distinguir entre as classes positivas e negativas, sendo assim o modelo de *Decision Tree* não pode ser considerado como um algoritmo com boa acurácia de predição para os construtores com os dados que foram fornecidos.



Figura 6. Gráfico AUC - Construtor - Decision Tree. AUC: 0.497 +/- 0.019 (microaverage: 0.497) (positive classe: Yes)

Por outro lado, ao analisar os modelos aplicados aos dados dos construtores, a Figura 7 mostra que o modelo *Naive Bayes* atingiu um valor AUC de 0,939. Considerando esse valor de AUC como excelente e mantendo a constante de 90,5% conforme exibido na Tabela 5, isso sugere que o modelo, sendo menos sensível a grandes volumes de dados, conseguiu manter seu desempenho apesar da redução drástica no número de dados para os construtores. No entanto, a falta de diversidade de dados pode ter limitado seu potencial de melhoria.

O modelo de *Deep Learning* aumentou sua acurácia para 97,8%, conforme exibido na Tabela 5. Esse aumento pode ser explicado pela capacidade do *Deep Learning* de extrair padrões complexos e relevantes, mesmo com uma quantidade reduzida de dados. A remoção de dados irrelevantes permitiu ao modelo focar mais efetivamente nas informações cruciais. Isso é evidenciado pela Figura 8, que mostra que o modelo de *Deep Learning* alcançou um valor de AUC de 0,998, sendo considerado um modelo excelente/perfeito de predição para os dados aos quais foi aplicado.

A Figura 9 apresenta o gráfico ROC do algoritmo *Decision Tree* para os pilotos. Conforme a Tabela 5, a acurácia aumentou para 98,4%. Esse aumento pode indicar que

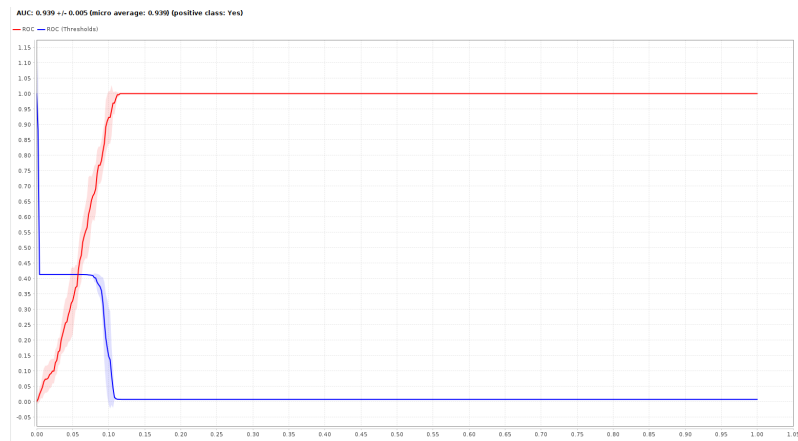


Figura 7. Gráfico AUC - Construtor - Naive Bayes. AUC: 0.939 +/- 0.005 (microaverage: 0.939) (positive classe: Yes)

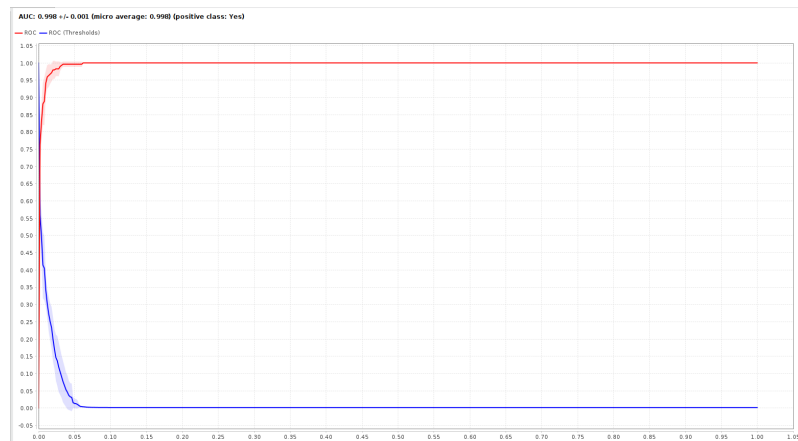


Figura 8. Gráfico AUC - Construtor - Deep Learning. AUC: 0.976 +/- 0.007 (microaverage: 0.976) (positive classe: Yes)

a remoção de dados irrelevantes ou de baixa qualidade permitiu ao modelo construir divisões mais significativas, melhorando sua capacidade de predição. Como resultado, o modelo alcançou um excelente valor de AUC de 0,972.

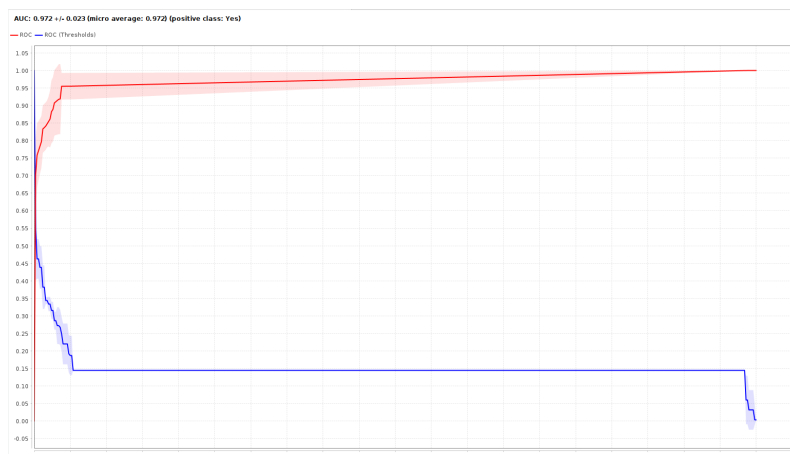


Figura 9. Gráfico AUC - Pilotos - Decision Tree. AUC: 0.972 +/- 0.023 (microaverage: 0.972) (positive classe: Yes)

Analisando a performance do modelo de Naive Bayes para os pilotos, a Figura 10 mostra que o modelo alcançou um valor AUC de 0,500. Esse valor é considerado bom, dado que o algoritmo não lida bem quando os atributos são relacionados. O modelo se manteve estável em relação aos outros testes, o que pode ser atribuído à sua capacidade de lidar bem com poucos dados.



Figura 10. Gráfico AUC - Pilotos - Naive Bayes. AUC: 0.500 +/- 0.000 (microaverage: 0.500) (positive classe: Yes)

Seguindo o mesmo padrão apresentado pelo modelo para os construtores, a Figura 11 evidencia que o modelo de *Deep Learning* também alcançou o valor de AUC mais alto para os pilotos, atingindo 0,976 e garantindo uma classificação excelente. Comparando com os testes anteriores, o percentual de acurácia aumentou levemente para 97,6%. Isso demonstra novamente a robustez do *Deep Learning* em lidar com dados complexos e reduzidos, beneficiando-se da limpeza de dados para melhorar a precisão.

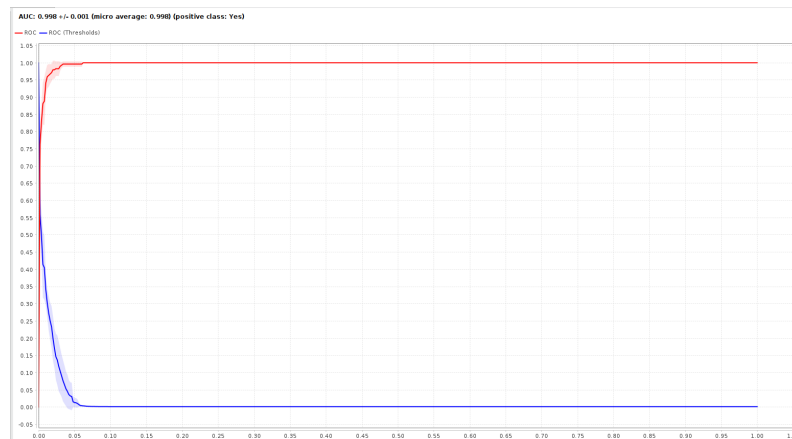


Figura 11. Gráfico AUC - Pilotos - Deep Learning. AUC: 0.976 +/- 0.007 (microaverage: 0.976) (positive classe: Yes)

A Tabela 6 organiza os valores de AUC para os modelos nos dois datasets aos quais foram aplicados. Através dela e da Tabela 6, observamos que, apesar de o modelo de *Naive Bayes* ter apresentado a menor acurácia dos três modelos para o dataset de construtores, seu AUC foi considerado excelente. Isso pode ter ocorrido devido ao desbalanceamento de classes, onde havia muitos mais valores negativos do que positivos, e o modelo trabalhou com a previsão da classe minoritária (positivos). Esse desbalanceamento resultou em baixa acurácia, mas alta AUC. Um segundo motivo para esse resultado é que o modelo calcula a probabilidade de um dado pertencer a uma classe e escolhe a classe com maior probabilidade, resultando em algumas previsões incorretas, o que reduz a acurácia. No entanto, a AUC ainda pode ser alta se o modelo classificar corretamente a maioria dos dados nos diferentes limiares. Isso sugere que o modelo geralmente atribui uma probabilidade mais alta à classe correta, mesmo que a classe escolhida para alguns dados não seja a correta. Um terceiro motivo pode ser o threshold de decisão. A acurácia pode ser mais baixa se o threshold de decisão padrão (geralmente 0,5) não for ideal para maximizar a performance do modelo. No entanto, a alta AUC indica que o modelo tem uma boa capacidade discriminatória global.

Modelos	Construtores	Pilotos
Naive Bayes	0,939	0,500
Deep Learning	0,998	0,976
Decision Tree	0,497	0,972

Tabela 6. AUC dos Modelos no Teste Final

Na comparação entre a porcentagem de acurácia e o valor AUC dos demais modelos, observamos que se a acurácia foi baixa, o valor AUC também foi. O modelo *Naive Bayes* é capaz de lidar com poucos dados, mas assume a independência dos atributos. Como a independência dos atributos não é presente em ambos os datasets e o dataset de pilotos possui uma quantidade maior de dados relacionados, o modelo não teve um bom desempenho quando aplicado.

Por outro lado, ao aplicar o modelo de *Deep Learning* em ambos os datasets, observamos que ele atingiu um alto desempenho em ambos, tanto nas porcentagens de

acurácia quanto nos valores AUC. Isso se deve à sua capacidade de lidar com dados complexos. Portanto, podemos concluir que o melhor modelo dos três analisados, quando aplicados aos dois datasets, é o modelo de *Deep Learning*.

Quando analisado, o modelo de *Decision Tree* apresentou um ótimo desempenho para o dataset de pilotos, mas não se comportou tão bem quando aplicado ao de construtores. Esse comportamento no *dataset* de construtores pode ser explicado por um possível overfitting, devido à pequena quantidade de dados, e por um desbalanceamento de classes, uma vez que havia mais dados pertencentes à classe negativa do que à positiva. Esse comportamento indica a necessidade de reavaliar os dados utilizados ou considerar técnicas adicionais para melhorar a distinção entre as classes.

4.3.1. Temporada 2021

A temporada de 2021 da Fórmula 1 foi marcada por uma disputa acirrada entre duas equipes, disputa essa que foi decidida apenas nos últimos rounds da temporada. Quando aplicados os modelos à temporada 2021, todos sofrem problemas para prever corretamente o campeão devido a pontuação dos construtores daquele ano ser muito próxima, oscilando a cada round qual construtor estava na frente. Levando em consideração o modelo de *Deep Learning*, modelo com melhor desempenho para o *dataset* de construtores, a Figura 12 exibe algumas das contradições cometidas pelo modelo na temporada em questão. Na primeira coluna da imagem temos o dado real e na segunda coluna temos sua predição, seguido pelo código do construtor, ano da temporada e round analisado. Além de confirmar que o construtor código 131 (Mercedes) era o campeão da temporada, o modelo também dizia que o construtor código 9 (RedBull) também era campeão da temporada. Demonstrando assim uma das dificuldades do algoritmos em prever corretamente o resultado da temporada.

[illegible]

Figura 12. Predição Para a Temporada 2021 - Deep Learning

5. Conclusão

Esse estudo propôs uma análise da predição de resultados da Fórmula 1 utilizando algoritmos de aprendizado de máquina e dados históricos do esporte. A abordagem adotada contemplou três modelos para análise: o modelo de *Naive Bayes*, o modelo de *Deep*

Learning e o modelo de *Decision Tree*, aplicados aos *datasets* com dados de pilotos e construtores por meio da plataforma de predição e análise RapidMiner. Considerando o cenário ao qual o estudo se aplica, é de suma importância contar com previsões de comportamento com alta acurácia. Dessa forma, torna-se possível planejar e implementar mudanças e melhorias visando o melhor desempenho em pista, o que contribui não apenas para a satisfação dos fãs, mas também para garantir o apoio financeiro dos patrocinadores.

A avaliação feita nos três modelos de predição revelou o quanto a tecnologia aplicada ao esporte pode ajudar e simplificar os processos. Nas análises aplicadas aos desempenhos dos modelos, podemos perceber o quanto a quantidade e qualidade dos dados disponíveis influenciam no resultado final. Também foi possível perceber que o tipo de dado que o esporte em questão nos oferece é complexo e deve ser tratado e analisado por algoritmos robustos e com capacidade de processamento de grandes quantidades de dados.

Assim, podemos concluir que o modelo *Naive Bayes* não é o mais indicado para este caso, uma vez que não lida bem com atributos correlacionados. Comparando os resultados para ambos os *datasets*, o modelo de *Deep Learning* apresentou o melhor desempenho geral. Ao analisar separadamente os *datasets*, observa-se que, para os pilotos, o algoritmo com melhor desempenho foi o de *Decision Tree*, enquanto para os construtores, o melhor resultado foi obtido novamente pelo modelo de *Deep Learning*.

Portanto, ao escolher um modelo de predição para aplicação aos dados, é fundamental realizar uma análise prévia quanto à quantidade e à qualidade das informações disponíveis. Um processo de tratamento de dados bem estruturado e criterioso, aliado a *datasets* robustos e consistentes, quando utilizado com um modelo dotado de boa capacidade de processamento, pode agregar significativo valor à predição dos resultados finais do campeonato, garantindo um alto nível de acurácia.

5.1. Trabalhos Futuros

Como parte de planos futuros, podem ser consideradas formas de aumentar a quantidade e qualidade dos dados de ambos *datasets*, visando diminuir o *overfitting* ocorrido em alguns testes. Além disso, pode ser considerada a análise da aplicação de outros modelos aos *datasets*, modelos como *Random Forest* e *Gradient Boosted Trees* que alcançaram bons números no teste inicial, mas foram deixados de fora da análise.

Referências

- Brown, M. (2023). Inside the numbers that show formula 1's popularity and financial growth. forbes.com/sites/maurybrown/2023/03/29/inside-the-numbers-that-show-formula-1s-popularity-and-financial-growth/?sh=6436db264df6. Acesso em 02 de novembro de 2023.
- Carvalho, A. (2022). *Using Historical Data to Identify the Best Driver in Formula 1 History*. PhD thesis, Dublin, National College of Ireland.
- de l'Automobile, F. I. (2023). Fia regulations. <https://www.fia.com/regulation/category/110>. Acesso em 02 de novembro de 2023.
- Franssen, K. (2021). *COMPARISON OF NEURAL NETWORK ARCHITECTURES IN RACE PREDICTION*. PhD thesis, Tilburg University.

- GeeksforGeeks (2024). Naive bayes classifiers. <https://scikit-learn.org/stable/modules/tree.html>. Acesso em 8 de maio de 2024.
- Li, J., Guerra, P., and Nobre, R. (2023). Entenda por que grandes empresas de tecnologia estão correndo para patrocinar equipes de fórmula 1. Acesso em 24 de outubro de 2023.
- Lopes, A. (2023). Árvores de decisão: Algoritmos baseados em Árvores. <https://brains.dev/2023/arvores-de-decisao-algoritmos-baseados-em-arvores/>. Acesso em 23 de novembro de 2023.
- Marr, B. (2023). How artificial intelligence, data and analytics are transforming formula one in 2023. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/07/10/how-artificial-intelligence-data-and-analytics-are-transforming-formula-one-in-2023/?sh=208c7e611c6a>. Acesso em 02 de novembro de 2023.
- Nimmagadda, A., Kalyan, N. V., Venkatesh, M., Teja, N. N. S., and Raju, C. G. (2018). Cricket score and winning prediction using data mining. *International Journal for Advance Research and Development*, 3(3):299–302.
- Nishinata, L. (2013). O que muda na fórmula 1 em 2014? <https://gq.globo.com/Motor/noticia/2013/11/o-que-muda-na-formula-1-em-2014.html>. Acesso em 29 de março de 2024.
- Oracle (2024). O que é deep learning? <https://www.oracle.com/br/artificial-intelligence/machine-learning/what-is-deep-learning/>. Acesso em 13 de maio de 2024.
- Scikit-Learn (2024). 1.10. decision trees. <https://scikit-learn.org/stable/modules/tree.html>. Acesso em 8 de maio de 2024.
- Sicoie, H. (2021). *MACHINE LEARNING FRAMEWORK FOR FORMULA 1 RACE WINNER AND CHAMPIONSHIP STANDINGS PREDICTOR*. PhD thesis, Tilburg University.
- Team, E. A. (2024). How to explain the roc curve and roc auc score? <https://www.evidentlyai.com/classification-metrics/accuracy-precision-recall>. Acesso em 26 de junho de 2024.

Acolhimento e Pertencimento: Construindo Redes de Apoio para Meninas na Computação

Aline Goppinger¹, Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo,
Rio Grande do Sul, Brasil

alinegoppinger.pf009@academico.ifsul.edu.br, anubisrossetto@ifsul.edu.br

Abstract. *This paper presents a welcoming proposal for students entering the Computer Science course at IFSul – Campus Passo Fundo. The initiative aims to contribute to the retention and well-being of students through actions such as sponsorship, discussion groups and production of podcasts with women from the region. Based on similar experiences and data obtained through questionnaires, the project seeks to strengthen bonds, promote active listening and expand female references in research. The proposal is still under development and points to promising paths for gender equality in the area of Information Technology.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma proposta de acolhimento voltada a alunas ingressantes no curso de Ciência da Computação do IFSul – Câmpus Passo Fundo. A iniciativa visa contribuir para a permanência e o bem-estar das estudantes, por meio de ações como amadrinhamento, rodas de conversa e produção de podcasts com mulheres da área. Fundamentado em experiências similares e em dados obtidos por questionários aplicados, o projeto busca fortalecer vínculos, promover a escuta ativa e ampliar referências femininas na computação. A proposta segue em desenvolvimento e aponta caminhos promissores para a equidade de gênero na área de Tecnologia da Informação.*

1. Introdução

A presença feminina nos cursos de Ciência da Computação ainda é significativamente reduzida, e as estudantes que ingressam nessa área frequentemente enfrentam desafios que vão além das dificuldades acadêmicas. A falta de representatividade, o preconceito de gênero e a ausência de redes de apoio contribuem para altos índices de evasão e dificuldades na adaptação ao curso. De acordo com [Carmo et al. 2024], diversos desafios foram relatados pelas estudantes ao longo de sua trajetória acadêmica, entre eles dificuldades financeiras, distância geográfica, reprovações e obstáculos na compreensão dos conteúdos. Desafios semelhantes também são mencionados por [Santos and Marczak 2023], [Mendes et al. 2023], [Santiago and Abreu 2022] e [Gasparini 2024], evidenciando um padrão recorrente de barreiras enfrentadas por alunas na área de tecnologia. Diante desse cenário, faz-se necessário implementar estratégias que promovam um ambiente mais acolhedor e inclusivo, incentivando a permanência e o sucesso das alunas ingressantes.

Para compreender melhor esses desafios e orientar o desenvolvimento de ações mais efetivas de acolhimento, foram aplicados, em março de 2025, dois questionários: um direcionado às alunas ingressantes e outro às veteranas do curso de Bacharelado em

Ciência da Computação do IFSul – Câmpus Passo Fundo. Do total de 46 alunas matriculadas no curso, 10 ingressantes e 20 veteranas responderam aos questionários aplicados. O primeiro instrumento buscou identificar as expectativas, dificuldades iniciais, e o interesse das calouras por iniciativas como programas de mentoria, rodas de conversa e redes de apoio feminino. Já o segundo questionário teve como foco mapear as experiências, obstáculos superados e percepções das estudantes mais experientes ao longo do curso, bem como seu interesse em atuar como mentoras.

A análise dos dados revelou que 33,3% das alunas ingressantes relataram sentir falta de apoio ou representatividade feminina, enquanto 88,9% demonstraram receio quanto à capacidade de acompanhar o ritmo das disciplinas. Entre as veteranas, 47,4% já pensaram em desistir do curso, sendo que 10,5% afirmaram considerar essa possibilidade com frequência. Entre as alunas ingressantes, 90% afirmaram que a presença de mais mulheres no curso faria diferença positiva em sua experiência acadêmica, enquanto 50% demonstraram interesse direto em participar de um programa de mentoria, e outros 50% afirmaram considerar a participação dependendo da dinâmica da proposta.

Esses resultados evidenciam a urgência de se criar estratégias que promovam um ambiente mais inclusivo e acolhedor, fortalecendo os vínculos entre estudantes e criando redes de apoio mútuo. Um dos fatores apontados por estudos recentes como determinante para a permanência de mulheres em cursos da área tecnológica é justamente a existência de referências femininas e de um ambiente que favoreça o pertencimento e a colaboração entre pares [Santos and Marczak 2023].

Portanto, o presente trabalho parte da identificação desses desafios para propor um programa estruturado de acolhimento, que envolva ações como o amadrinhamento, rodas de conversa e produção de conteúdo inspirador, com o objetivo de reduzir a evasão e promover o sucesso acadêmico das alunas.

Essas iniciativas têm por objetivo construir uma rede de apoio entre alunas, promover o sentimento de pertencimento, reduzir índices de evasão, incentivar o engajamento e ampliar as possibilidades de permanência com êxito no curso.

2. Iniciativas de Redes de Apoio no Contexto Acadêmico

O trabalho com maior destaque em ações voltadas para a permanência do público feminino na área da computação é a iniciativa do projeto Meninas Digitais, criado em 2011 sob a coordenação da Secretaria Regional da Sociedade Brasileira de Computação (SBC). De acordo com [Gasparini 2024], este projeto já realiza atividades como as que estão propostas neste trabalho, como rodas de conversas, troca de experiências entre ingressantes e veteranas, mentorias e capacitações.

A pesquisa de [Santos and Marczak 2023] identificou fatores que influenciam a atração, permanência e evasão de mulheres na computação. Destaques entre os fatores de atração, incluem apoio familiar, afinidade com tecnologia e interesse pela área. A permanência está ligada a redes de apoio femininas e sentimento de pertencimento. Já a evasão envolve fatores como baixa representatividade, frustração com a dificuldade do curso e limitações socioculturais e emocionais.

Em [Santiago and Abreu 2022], buscando formas de enfrentar os desafios relacionados à evasão, os autores desenvolveram um blog voltado para as estudantes do curso

de Computação. A plataforma oferece um canal de comunicação por meio do qual as alunas podem solicitar ajuda tanto de forma virtual quanto presencial. Além disso, o blog disponibiliza contato com alunas veteranas, que oferecem suporte sobre a área, bem como uma sala de estudos e a divulgação de oportunidades acadêmicas e profissionais, com o objetivo de incentivar a permanência e o engajamento das meninas na Computação.

O projeto desenvolvido por [Mendes et al. 2023] teve início a partir de debates sobre a desigualdade de gênero e propõe o protagonismo de estudantes na construção de sua formação pessoal e profissional. A iniciativa contempla diversas atividades, como a produção de conteúdos para redes sociais, cursos de capacitação e oficinas com temáticas voltadas à diversidade de gênero e à desconstrução de estereótipos sobre habilidades tradicionalmente atribuídas como masculinas ou femininas.

3. A Proposta de Acolhimento no IFSul

Este trabalho adota uma abordagem metodológica quanti-qualitativa, pela natureza do objeto de estudo, que envolve tanto a mensuração de percepções e indicadores objetivos (como adesão, satisfação, interesse e impactos percebidos) quanto a análise interpretativa das experiências, desafios, expectativas e sentimentos das participantes envolvidas no projeto de acolhimento.

Para alcançar os objetivos propostos, foram definidas as seguintes etapas:

- Aplicação de questionários as estudantes ingressantes e veteranas;
- Análise das respostas dos questionários para definição dos pares de amadrinhamento;
- Realização de encontros voltados ao fortalecimento dos vínculos entre mentoras e mentorandas, bem como à integração com outras estudantes do curso;
- Produção de podcasts para dialogar com mulheres que já atuam na área de TI;
- Avaliação dos impactos da iniciativa de acolhimento na trajetória acadêmica das estudantes.

Como etapa piloto, os questionários foram aplicados em março de 2025, contando com a participação de alunas calouras e veteranas do curso de Ciência da Computação do IFSul Câmpus Passo Fundo. Além disso, pretende-se aplicar novos questionários durante o projeto e ao final para analisar o impacto causado durante o seu desenvolvimento.

O programa de amadrinhamento tem como propósito oferecer apoio tanto emocional quanto acadêmico, auxiliando as estudantes em questões relacionadas às disciplinas, bem como na compreensão dos aspectos gerais do curso e da instituição. A partir da formação dos grupos de mentoras e mentorandas, são promovidas rodas de conversa que abordam temas como a presença, os desafios e o protagonismo das mulheres na área da Computação. Esses encontros são pensados como espaços de troca de experiências, escuta empática e fortalecimento de vínculos, além de oportunizar reflexões que contribuam para a construção de uma rede de apoio, inspiração e incentivo, considerando tanto a vivência acadêmica quanto as perspectivas para atuação no mercado de trabalho.

As rodas de conversa foram pensadas não apenas como espaços de escuta, mas também como oportunidades para o desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional das participantes. Nesses encontros, além de acolher dúvidas relacionadas ao curso,

também são discutidas questões sobre o mercado de trabalho, carreira e experiências na área da Computação.

A proposta da produção de podcasts, no contexto deste projeto, é apresentar às alunas referências femininas que atuam na área da Computação, por meio do compartilhamento de suas trajetórias, experiências, desafios e conquistas. Ao ouvir esses relatos, espera-se que as estudantes se sintam inspiradas, reconheçam possibilidades de atuação na área e fortaleçam sua autoconfiança e senso de pertencimento.

A avaliação da iniciativa busca compreender os impactos gerados na trajetória acadêmica e pessoal das estudantes participantes do projeto de acolhimento. Serão analisados, de forma integrada, dados quantitativos e qualitativos, permitindo uma leitura mais abrangente dos resultados.

Além disso, a escuta ativa das participantes terá papel central na coleta de sugestões para o aprimoramento contínuo da proposta, visando não apenas apoiar o desempenho acadêmico, mas também contribuir para a permanência, o êxito no curso e o fortalecimento das estudantes enquanto futuras profissionais da área.

4. Considerações Finais

Medidas voltadas ao atendimento de minorias, como a proposta neste projeto, não apenas contribuem para o melhor desempenho acadêmico das estudantes, mas também estão diretamente relacionadas ao seu direito de acesso e permanência no ensino superior. Esse direito, por sua vez, visa à melhoria da qualidade de vida, ampliando oportunidades de inserção em redes de relacionamento profissional e no mercado de trabalho. Assim, torna-se essencial promover ações que facilitem essa transição, fortalecendo o sistema educacional e impulsionando o desenvolvimento econômico.

Ainda em fase de aplicação e avaliação, a proposta tem como perspectivas futuras a ampliação para outros cursos, como o ensino médio e técnico subsequente, bem como a sistematização de dados para composição de um protocolo institucional de acolhimento. Investir em permanência com equidade é um passo essencial para transformar a cultura da Computação e garantir que meninas que ingressam possam também permanecer e se destacar.

Referências

- Carmo, J. S., Carvalho, K. F., et al. (2024). Evasão: Um estudo nos cursos de tecnologia da informação no instituto federal goiano campus urutaí.
- Gasparini, I. (2024). Programa meninas digitais – história e continuidade - horizontes. Acesso em: 18 abr. 2025.
- Mendes, I. H., de Oliveira Puccio, T., Melo, C. H., and Petró, V. (2023). Meninas high-tech em busca do empoderamento e da valorização de meninas nas áreas de ciência e tecnologia. *Anais do Computer on the Beach*, 14:151–157.
- Santiago, C. and Abreu, J. (2022). *Projeto LUA: Uma Ferramenta de Incentivo à Permanência e Êxito do Público Discente Feminino em Cursos de Bacharelado em Ciência da Computação*, page 135.

Santos, N. and Marczak, S. (2023). Fatores de atração, evasão e permanência de mulheres nas Áreas da computação. In *Anais do XVII Women in Information Technology*, pages 136–147, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

Inteligência Artificial para a Educação: Relato de Experiência de uma Ação Extensionista no IFRS

José Bruno da Silva Santos¹, Raquel Lunardi¹

¹Campus Santo Augusto – Instituto Federal Farroupilha (IFFar)
Rua Fábio João Andolhe – Floresta – Santo Augusto – RS – Brazil

jose.02492@aluno.iffar.edu.br, raquel.lunardi@iffarroupilha.edu.br

Abstract. *This paper describes a 20 hour extension course on the application of Artificial Intelligence (AI) in Education, held at the IFRS - Restinga Campus. The main aim was to enable participants to use Generative Artificial Intelligence (GAI) tools, such as ChatGPT, in academic and professional contexts. Using the Group Method with 13 participants, the course combined theory and practice in four stages. The evaluation revealed high satisfaction and learning, demonstrating the effectiveness of the initiative. The action contributed to the digital literacy of those involved.*

Resumo. *Este trabalho descreve um curso de extensão de 20 horas sobre a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na Educação, realizado no IFRS - Campus Restinga. O principal objetivo foi capacitar os participantes a utilizar ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (IAG), como o ChatGPT, em contextos acadêmicos e profissionais. Adotando o Método Grupal com 13 participantes, o curso combinou teoria e prática em quatro etapas. A avaliação revelou alta satisfação e aprendizado, demonstrando a eficácia da iniciativa. A ação contribuiu para a alfabetização digital dos envolvidos.*

1. Introdução

A chegada da IA ao cotidiano mudou profundamente muitos campos de atuação, tanto no trabalho quanto na sociedade, especialmente na área da Educação. Diante dessa transformação causada pela tecnologia, é fundamental preparar professores, alunos e toda a comunidade para que utilizem essas ferramentas de forma consciente, responsável e proveitosa. Nesse contexto foi possível perceber que falta aporte teórico sobre a utilização da IA no dia a dia das instituições, e isso foi um dos principais incentivos da criação da ação para ajudar a mitigar esse problema.

Diante desse cenário, e buscando atender a essas necessidades apresentadas anteriormente, foi criada a ação de extensão no âmbito do curso de Formação Pedagógica de Professores para a Educação Profissional do Instituto Federal Farroupilha (IFFar). A iniciativa foi uma colaboração com o Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Restinga, por meio do seu laboratório de inovação, o InovaLab@Restinga. O propósito deste artigo é apresentar e debater o planejamento, a realização e os resultados desse curso de 20 horas, que procurou apresentar ideias essenciais sobre IA e treinar os participantes no manuseio de ferramentas de IAG, como o ChatGPT, em suas tarefas cotidianas.

Desta forma podendo alcançar resultados como os apresentados em Silva *et al.* (2024) que mostram que os alunos enfatizaram que o ChatGPT é uma excelente ferramenta para auxiliar na pesquisa, compreensão de conteúdos, geração de ideias e correção gramatical.

2. Metodologia

O curso de extensão, com 20 horas de duração, foi realizado no formato presencial, e foi pensado tanto para participantes da comunidade interna do IFRS quanto para a comunidade externa. A idealização e a execução ficaram a cargo do estudante do curso de Formação Pedagógica de Professores, contando com a supervisão dos docentes do IFFar e IFRS. As atividades foram desenvolvidas no InovaLab@Restinga, um espaço que estimula a inovação e o aprendizado no campo da tecnologia.

A divulgação e as inscrições ocorreram entre 19 e 31 de maio de 2025, e o curso foi ministrado de 9 a 13 de junho de 2025. A turma final foi composta por 13 alunos e o conteúdo foi dividido em quatro módulos:

- Módulo 1: Conceitos básicos de Inteligência Artificial (IA).
- Módulo 2: Ferramentas e tecnologias de IA aplicadas à Educação.
- Módulo 3: Uso do ChatGPT e outras IAs generativas.
- Módulo 4: Aplicações da IA na prática profissional.

A metodologia pedagógica adotada foi o Método Grupal, conforme descrito no manual [Lopes 2016], que busca estimular a criação conjunta de saberes através da comunicação constante de pensamentos e vivências entre todos e o professor. Tal caminho permitiu um espaço de aprendizado ativo e colaborativo. A análise do projeto ocorreu de duas maneiras: (1) medimos o aprendizado do grupo através de tarefas extras e desafios reais apresentados ao longo dos encontros; e (2) averiguamos o projeto de extensão com um formulário de opinião ao fim do curso, buscando entender o que os participantes acharam do nível e utilidade do material.

3. Resultados e Discussão

A avaliação do projeto de extensão utilizou informações obtidas dos 13 inscritos através de formulários de opinião e da análise das tarefas executadas, seguindo o plano metodológico. A união das informações numéricas e descritivas demonstra um reflexo bastante favorável, comprovando o valor do curso na transmissão de saberes técnicos e no estímulo de um espaço de estudo em grupo. A execução do curso com um grupo de 13 pessoas, embora abaixo da estimativa inicial, revelou-se um fator pedagógico positivo, pois permitiu uma interação mais próxima e um acompanhamento individualizado, aspecto frequentemente elogiado nos feedbacks qualitativos.

3.1. Nível de Satisfação e Relevância Percebida

A avaliação da satisfação geral com o curso foi um ponto chave da análise. Através da escala de Likert que variava de 1 (Muito Insatisfeito) a 5 (Muito Satisfeito), notamos uma resposta muito favorável. Entre os 13 participantes, todos avaliaram o curso como 4 "Satisfeito" ou 5 "Muito Satisfeito", sendo que a maioria expressiva (cerca de 69.2%) escolheu a categoria máxima. Não houve registros de participantes neutros ou que demonstrasse qualquer insatisfação.

A notável taxa de satisfação indica que a organização da ação, junto com a combinação de teoria e prática, e a importância dos temas abordados foram ao encontro das expectativas dos participantes, ou até as excederam. Esse apontamento positivo

decorre do Modelo Grupal, que incentivou a cooperação no aprendizado, e da atualidade do assunto, considerando a progressiva transformação digital do ensino e do universo profissional, cumprindo a meta de preencher uma falta de expertise funcional.

3.2. Evolução da Competência no uso de Inteligência Artificial

Para avaliar precisamente a influência da ação de extensão, solicitamos aos participantes que estimassem seu próprio nível de proficiência no uso de instrumentos de IAG no começo e ao término do curso. Os dados coletados revelam um progresso significativo. No início, a vasta maioria dos estudantes, precisamente 77% (10 de 13), consideravam seu conhecimento em ferramentas de IAG como "Baixa" ou "Iniciante". Finalizados os quatro módulos da ação de extensão, 77% deles (10 de 13) passaram a se autoavaliar com um domínio "Alta" ou "Avançada".

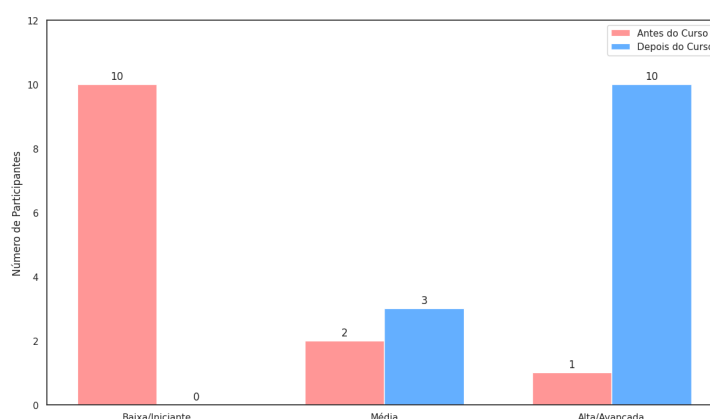


Figura 1 - Evolução da Autopercepção de Competência no Uso de IAs Generativas. (Autores, 2025)

A Figura 1 representa a prova mais notável de que o curso alcançou seu propósito essencial: dar aos alunos o conhecimento necessário para usar ferramentas de IA na prática. A grande mudança na forma como os próprios participantes se avaliam, de se considerarem com pouca habilidade para muita habilidade, revela que as tarefas práticas e os problemas apresentados foram bem-sucedidos. O curso não só explicou a tecnologia, como também de fato aumentou a segurança e a capacidade dos estudantes de usá-la, o que ajuda diretamente a melhorar as qualificações técnicas.

3.3. Impacto dos Módulos do Curso

Quando questionados qual módulo da ação de extensão foi mais relevante para o aprendizado, o módulo 3 - Uso do ChatGPT e outras IAs generativas se destaca, concentrando a maioria das indicações. Essa informação demonstra o forte interesse em como aplicar a tecnologia de forma prática e direta.

Apesar do Módulo 3 ter chamado mais atenção dos participantes como vemos no Figura 2, seria um erro ignorar a importância dos outros. O Módulo 1, com seus "Conceitos", criou a base teórica indispensável para uma análise aprofundada. Já os Módulos 2 "Ferramentas" e 4 "Aplicações" ligaram essa base a diversas utilizações.

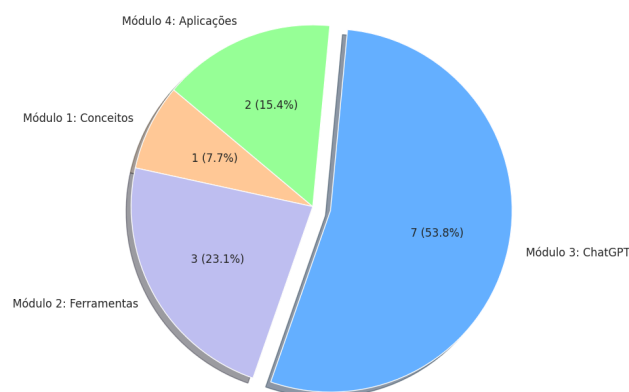


Figura 2 - Módulo do Curso Considerado de Maior Impacto pelos Participantes. (Autores, 2025)

O sucesso do Módulo 3 mostra que as pessoas querem aprender fazendo, o que justifica termos dedicado um módulo inteiro às IAGs. Hoje, elas são a parte mais conhecida e fácil de entender da Inteligência Artificial. A ordem dos módulos foi, então, uma boa decisão pedagógica, já que o conhecimento foi construído aos poucos, chegando até a aplicação prática.

4. Conclusões

A ação de extensão sobre Inteligência Artificial Aplicada à Educação alcançou plenamente o que se propôs, permitindo que os 13 participantes aprendessem a entender e empregar ferramentas de IA de maneira útil no seu dia a dia. A vivência mostrou que iniciativas de extensão rápidas, com ênfase na prática e abordagem colaborativa, representam uma maneira eficiente de espalhar o saber a respeito de novas tecnologias.

A ação de extensão não apenas entregou conteúdo técnico, mas também promoveu um espaço para a reflexão crítica, essencial para a formação de cidadãos e profissionais na era digital. O feedback positivo e o engajamento dos participantes validam o formato do curso, que se estabelece como um modelo passível de ser replicado e expandido para outros campi e comunidades. Conclui-se que iniciativas como esta são indispensáveis para democratizar o acesso à Educação Tecnológica e preparar a sociedade para as transformações impulsionadas pela Inteligência Artificial¹.

5. Referências

- LOPES, E. B. Manual de metodologia. Curitiba: EMATER/PR, 1 ed, 2016. 60 p.
- SILVA, Teresinha Letícia da; VIDOTTO, Kajiana Nuernberg Sartor; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Investigando as percepções de estudantes e professores do ensino médio e técnico sobre o uso do ChatGPT em suas atividades escolares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (SBIE), 35^o, 2024, Rio de Janeiro/RJ. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024 . p. 1851-1864. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbie.2024.242584>.

¹ Os autores utilizaram a ferramenta de inteligência artificial ChatGPT para auxiliar na revisão ortográfica, pontuação e fluidez do texto final deste artigo.

Mobilidade Segura: Proposta de Aplicativo para Roteamento com Base em Incidentes e Áreas de Risco

Caroline Alves da Silva¹, Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo,
Rio Grande do Sul, Brasil

carolinesilva.pf018@academico.ifsul.edu.br, anubisrossetto@ifsul.edu.br

Abstract. *This project proposes the development of an intelligent application for safe routing, capable of analyzing incidents reported by users and trustworthy journalistic sources in order to identify urban risk areas. Based on this information, the system will suggest safer alternative routes or, when that is not possible, issue alerts so that users can take precautionary measures when passing through unfamiliar or potentially dangerous areas. The goal is to provide an accessible tool that supports safer decision-making, promotes awareness about crime, reduces exposure to risky situations, and contributes to improving the quality of life in urban environments.*

Resumo. *Este projeto propõe o desenvolvimento de um aplicativo inteligente para roteamento seguro, capaz de analisar incidentes reportados por usuários e fontes jornalísticas confiáveis a fim de identificar áreas de risco urbano. Com essas informações, o sistema sugerirá rotas alternativas mais seguras ou, quando isso não for possível, emitirá alertas para que o usuário adote medidas de precaução ao transitar por regiões desconhecidas. A proposta visa oferecer uma ferramenta acessível que auxilie na tomada de decisões mais seguras, promovendo a conscientização sobre a criminalidade, reduzindo a exposição a situações de risco e contribuindo para a qualidade de vida nas cidades.*

1. Introdução

A crescente insegurança nas cidades brasileiras tem impactado profundamente os hábitos da população, restringindo a mobilidade urbana e a liberdade de deslocamento. Casos emblemáticos, como o do turista argentino que foi morto ao entrar por engano em uma favela do Rio de Janeiro [CNN 2024] e o da turista brasileira que teve o mesmo destino após o carro de aplicativo acessar uma área de risco [G1 2024], revelam uma lacuna crítica: a ausência de critérios de segurança na definição de trajetos.

Embora aplicativos como o Waze otimizem rotas com base em tempo e tráfego, eles não consideram zonas perigosas [Waze Community 2021], expondo usuários a riscos. Frente a esse cenário, este trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo móvel que integra dados colaborativos de usuários com informações de fontes jornalísticas confiáveis para mapear áreas de risco e sugerir rotas mais seguras. A solução visa empoderar cidadãos com informações relevantes para decisões mais seguras ao transitar por ambientes urbanos.

2. Trabalhos Relacionados

Diversas iniciativas buscam integrar tecnologia e segurança pública, com ênfase em registro de ocorrências e monitoramento. O Neighbor Shield [Ramos et al. 2022], por exemplo, permite que moradores registrem crimes em suas regiões e recebam alertas, embora não ofereça funcionalidade de roteirização. Já a plataforma Rota [Carvalho et al. 2018] integra forças policiais e oferece um módulo para cidadãos reportarem incidentes, mas sem foco em navegação.

O aplicativo Udyat [Fernandes 2022] introduz a ideia de compartilhamento de rota com contatos de confiança e envio de alertas automáticos em casos de desvio. Apesar de incorporar mapas e geolocalização, o sistema não utiliza fontes externas de dados nem realiza cálculo de risco com base em ocorrências.

Um sistema que visualiza crimes mapeados a partir de notícias locais por meio de web scraping e inteligência artificial foi proposto em trabalho anterior [Alves 2024]). No entanto, a aplicação não realiza roteirização segura. Nenhuma das soluções analisadas combina, simultaneamente, registros colaborativos, extração automática de notícias e sugestões de rotas com base em análise de risco.

3. App Proposto

A Figura 1 apresenta a arquitetura geral do aplicativo, planejada para integrar diferentes fontes de dados, APIs e ferramentas em um fluxo funcional coeso e eficiente. No centro do sistema está o aplicativo móvel, desenvolvido com o framework Flutter, responsável por intermediar a interação do usuário com os serviços. O aplicativo se comunica diretamente com o Firebase, que funciona como backend e banco de dados em tempo real para armazenar informações como registros de incidentes, dados dos usuários e rotas calculadas.

Para enriquecer o sistema com dados externos, é utilizado um mecanismo de web scraping que coleta notícias de fontes confiáveis. O conteúdo extraído é enviado para a API do ChatGPT com o objetivo de identificar o tipo de ocorrência descrita e extrair, quando possível, o local aproximado onde o fato ocorreu. Esses dados são então armazenados no Firestore.

A navegação no aplicativo é realizada com suporte das APIs da Google Maps Platform, sendo utilizados os serviços de Maps (para visualização do mapa), Routes (para cálculo de rotas) e Places (para interpretação de endereços e pontos de referência). A proposta é que, ao traçar uma rota, o sistema leve em consideração os registros de incidentes próximos para sugerir caminhos mais seguros.

Esse modelo de arquitetura favorece tanto a escalabilidade quanto a manutenção do sistema, além de permitir a integração com serviços externos robustos e gratuitos dentro dos limites estabelecidos para projetos acadêmicos.

4. Considerações Finais

A proposta deste trabalho busca mitigar os riscos associados à criminalidade urbana por meio da tecnologia, oferecendo aos usuários uma ferramenta acessível para tomar decisões mais seguras em seus deslocamentos. Ao combinar registros colaborativos e

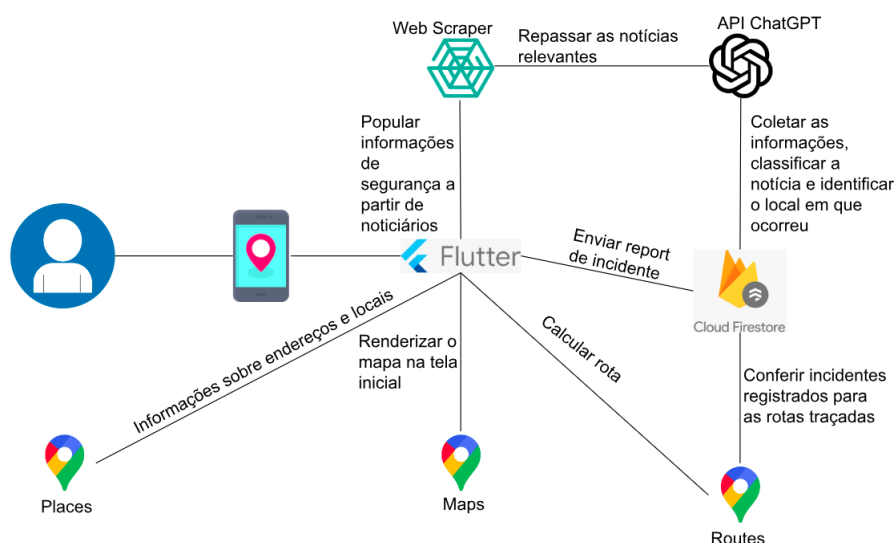


Figura 1. Visão Geral da Arquitetura do Aplicativo

análise automatizada de notícias, o aplicativo promove um mapeamento dinâmico de áreas perigosas e permite a navegação com rotas que priorizam a segurança.

Além de beneficiar os usuários diretamente, a plataforma poderá contribuir com órgãos públicos e pesquisadores interessados em analisar padrões de criminalidade. Como próximos passos, pretende-se realizar testes com usuários reais e explorar o uso de dados estatísticos oficiais para reforçar a base de informações.

Referências

- Alves, E. I. (2024). Desenvolvimento de uma aplicação de visualização de dados para análise da criminalidade em passo fundo-rs. Trabalho não publicado.
- Carvalho, G. A., Neto, P. P. B., Cacho, N., Adachi, E., and Lopes, F. (2018). Plataforma rota: Historico, desafios e soluções para segurança pública em cidades inteligentes. In *Workshop Brasileiro de Cidades Inteligentes (WBCI)*. SBC.
- CNN (2024). Morre turista argentino que foi baleado ao entrar por engano em favela do rio. <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/sudeste/rj/morre-turista-argentino-que-foi-baleado-ao-entrar-por-engano-em-favela-do-rio/>. Acesso em: 26 mar. 2025.
- Fernandes, M. (2022). Udyat: Aplicativo para compartilhamento de geolocalização com contatos de confiança. https://painel.passofundo.ifsul.edu.br/uploads/arq/PC2_MarceloFernandes_Final.pdf. Acessado em : 27mar.2025.
- G1 (2024). Turista morta ao entrar em favela por engano ficou no rio por poucas horas, foi à praia e levou tiro a caminho de uma festa. <https://g1.globo.com/google/amp/rj/rio-de-janeiro/noticia/2024/12/31/turista-morta-ao-entrar-em-favela-por-engano-ficou-no-rio-por-poucas-horas-foi-a-praia-e-levou-tiro-a-caminho-de-uma-festa.ghtml>. Acesso em: 26 mar. 2025.
- Ramos, B. R. P., Gambini, L. F., Paiva, L. D. J., Fermino, M. P., and Barbosa, M. S. (2022). Neighbor shield: aplicativo de segurança de bairros.

Waze Community (2021). Servidor de rotas. <https://www.waze.com/discuss/t/servidor-de-rotas/375121>. Acesso em: 27 abr. 2025.

Plataforma Colaborativa para Compartilhamento de Código

Ygor da Rosa¹, Carmem Vera Scorsatto¹

¹Departamento de Informática – Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

ygorrosa.pf016@academico.ifsul.edu.br, carmemscorsatto@ifsul.edu.br

Abstract. *Nowadays, creating software quickly and with quality is essential. However, searching for and adapting small code snippets still takes up valuable programmer time. This project proposes a collaborative platform where users can publish, organize, and share these snippets, thus facilitating the reuse of solutions for specific problems. The infrastructure uses AWS cloud services, including API Gateway, Lambda functions, DynamoDB, and SQS, to ensure scalability and security. With this approach, the goal is to offer the developer community a well-structured knowledge website that reduces time lost searching and encourages the exchange of ideas between experienced developers and students.*

Resumo. *Hoje em dia, criar software de forma rápida e com qualidade é fundamental, no entanto procurar e adaptar pequenos pedaços de código ainda toma tempo valioso dos programadores. Este projeto sugere uma plataforma colaborativa onde usuários possam publicar, organizar e compartilhar esses snippets, assim facilitando a reutilização de soluções para problemas pontuais. A infraestrutura utiliza serviços da nuvem AWS, utilizando API Gateway, funções Lambda, DynamoDB e SQS para garantir assim escalabilidade e segurança. Com essa abordagem, o objetivo é oferecer à comunidade de desenvolvedores um website de conhecimento bem estruturado, que diminua o tempo perdido em buscas e incentive a troca de ideias entre desenvolvedores experientes e estudantes.*

1. Introdução

Quem trabalha programando sabe o quanto se perde de tempo abrindo abas, fóruns e repositórios atrás de um trecho de código que já existe em algum lugar. Mesmo com plataformas grandes como o GitHub e o Stack Overflow, ainda falta um espaço que organize snippets de forma prática — aqueles pedaços de código prontos que resolvem detalhes específicos do dia a dia de quem desenvolve.

Segundo [Grazia and Pradel 2022], o volume de código disponível cresce numa velocidade enorme, mas isso não garante que seja fácil encontrar o que se precisa. Além disso, uma pesquisa recente feita pelo [Stack Overflow 2024] mostra que mais de 60% dos desenvolvedores gastam entre 30 e 60 minutos por dia só buscando soluções já prontas. É esse tempo desperdiçado que este trabalho quer reduzir, criando uma plataforma focada em guardar, categorizar e facilitar o acesso a snippets de código.

2. Desenvolvimento

O desenvolvimento deste trabalho, tem como foco propor um website que tem como foco hospedar trechos de código onde a comunidade de desenvolvedores, podem auxiliar uns

aos outros a economizarem tempo na busca por trechos de código prontos, conhecidos como snippets, com o objetivo de resolver problemas pontuais. Nesta seção, será descrito a fundamentação teórica, os métodos utilizados na estruturação da plataforma.

2.1. Referencial Teórico

A ideia de criar repositórios colaborativos de código não é nova. Plataformas como o GitHub oferecem infraestrutura robusta para controle de versão e colaboração em projetos inteiros. Já o Stack Overflow funciona como fórum para perguntas e respostas, ajudando a resolver dúvidas específicas. Contudo, conforme apontado por [Grazia and Pradel 2022], mesmo com essas ferramentas, ainda existem lacunas quando o objetivo é encontrar snippets curtos e prontos para uso imediato. Segundo o [Stack Overflow 2024], mais da metade dos desenvolvedores gasta em média até uma hora por dia procurando soluções já disponíveis.

2.1.1. snippets de código

Os snippets de código são fragmentos que exemplificam como uma função ou biblioteca pode ser usada para resolver uma tarefa específica. Seu uso organizado pode poupar tempo, reforçar boas práticas e facilitar o aprendizado de novas tecnologias.

2.2. METODOLOGIA

Para viabilizar a plataforma, optou-se por construir uma aplicação web utilizando serviços em nuvem da Amazon Web Services (AWS) [Amazon 2025]. O backend é composto por uma API Gateway que recebe as requisições dos usuários, funções Lambda para processar dados sem servidor dedicado e o banco de dados DynamoDB para armazenar snippets, usuários e comentários. Além disso, o Simple Queue Service (SQS) foi integrado para garantir o fluxo assíncrono de aprovação de snippets submetidos.

O protótipo da interface foi desenvolvido com foco em usabilidade. As telas apresentam busca por linguagem de programação, snippets mais populares, área de publicação de novos trechos e sistema de comentários para interação entre usuários.

2.3. Telas

A Figura 1 ilustra o protótipo da tela inicial do website, onde o usuário pode pesquisar snippets, acessar linguagens populares e visualizar os mais curtidos, já a Figura 2 ilustra o protótipo da tela de snippet onde exibe, o código, a linguagem, o usuário que postou, aba de comentários, descrição, e as redes sociais do usuário.

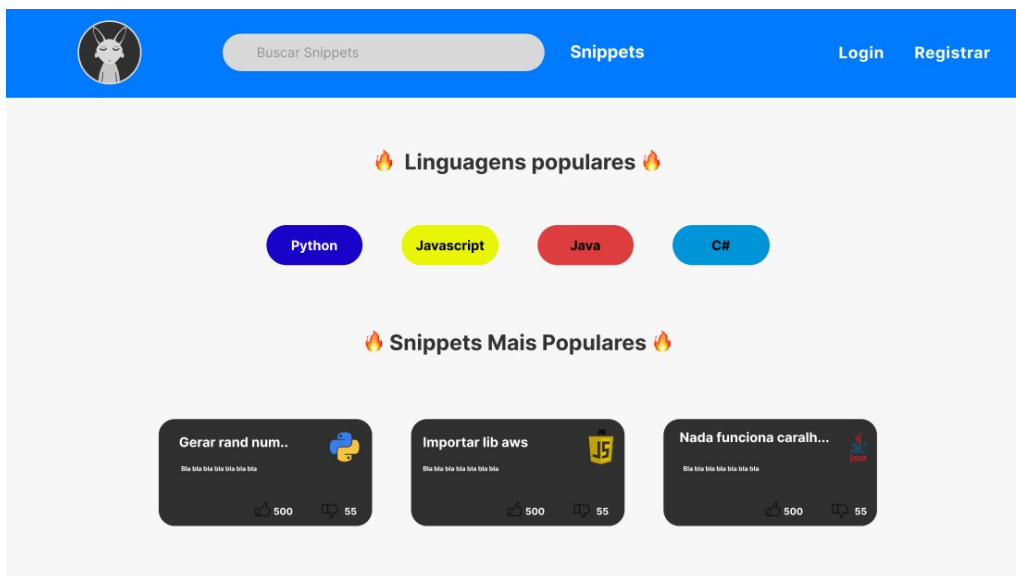


Figura 1. Protótipo da tela inicial da plataforma Code Snippets

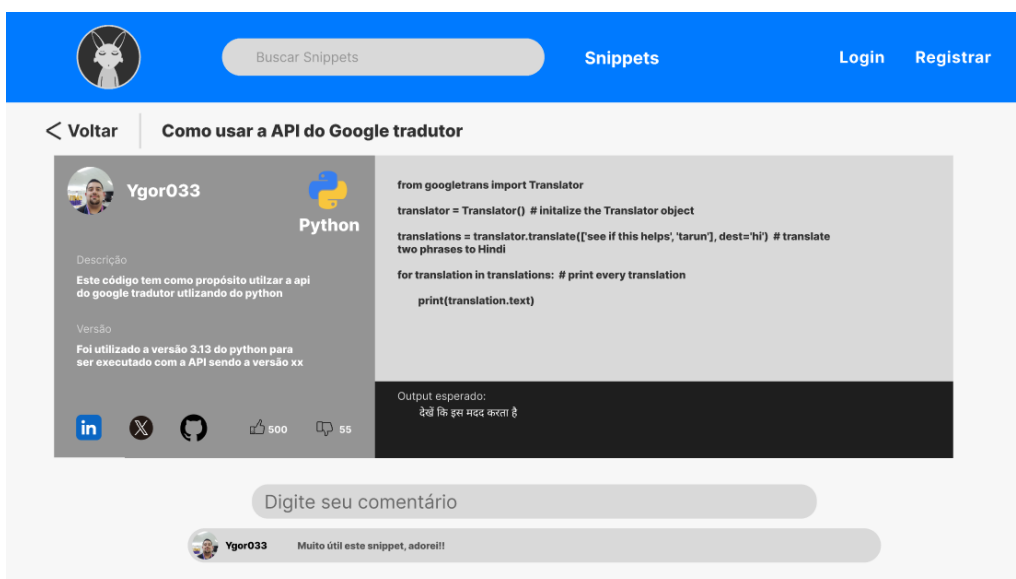


Figura 2. Protótipo da tela de snippet da plataforma Code Snippets

3. Considerações Finais

O protótipo desenvolvido confirmou que uma plataforma colaborativa centrada em snippets de código pode funcionar bem na prática. Optar por serviços em nuvem como a AWS também provou ser uma boa escolha, pois ela oferece escalabilidade e manutenção simples, características que programadores apreciam quando o dia fica apertado.

A maior barreira encontrada foi mesmo o tempo gasto para desenhar o backend, de forma a unir segurança rigorosa e controle eficaz das contribuições. Apesar desse desafio, todos os objetivos planteados foram cumpridos e a expectativa é que uma versão completa traga novas ferramentas e atraia uma comunidade ativa, disposta a colaborar.

Referências

- Amazon (2025). Documentação aws. Disponível em https://docs.aws.amazon.com/pt_br/.
- Grazia, L. D. and Pradel, M. (2022). Code search: A survey of techniques for finding code. *ACM Computing Surveys*, 55(2):1–34.
- Stack Overflow (2024). Stack overflow developer survey 2024. Acesso em: 22 jun. 2025.

Recomendações Inteligentes a Partir de Dados de Mobilidade: Uma Aplicação com LLMs

Artur Mariano da Silva¹, Vanessa Lago Machado¹

¹Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL), Passo Fundo, RS – Brazil

artursilva.pf041@academico.ifsul.edu.br, vanessalagomachado@gmail.com

Abstract. *This work proposes a personalized recommendation system that utilizes LLMs for trajectory data analysis, focusing on future destinations and optimal routes. The three-stage methodology includes: standardization of trajectory data, extraction of mobility patterns using LLMs, and generation of personalized recommendations with real-time contextual data such as weather, time, and traffic. Motivated by digitalization and IoT, the study addresses a gap in the use of LLMs for interpreting trajectories and generating recommendations. The proposal contributes to mobility data analysis with AI, offering practical solutions for intelligent transportation, urban planning, and personalized services.*

Resumo. *Este trabalho propõe um sistema de recomendação personalizado que utiliza LLMs para análise de dados de trajetória, focado em destinos futuros e rotas ideais. A metodologia de três etapas inclui: padronização dos dados de trajetória, extração de padrões de mobilidade com LLMs e geração de recomendações personalizadas com dados contextuais em tempo real, como clima, horário e trânsito. Motivado pela digitalização e IoT, o estudo preenche uma lacuna sobre o uso de LLMs na interpretação de trajetórias e na geração de recomendações. A proposta contribui para a análise de dados de mobilidade com IA, oferecendo soluções práticas para transporte inteligente, planejamento urbano e serviços personalizados.*

1. Introdução

A crescente digitalização da sociedade tem impulsionado a coleta massiva de dados de mobilidade, oriundos principalmente de dispositivos móveis e sensores urbanos. Esses dados, quando analisados de forma eficiente, podem gerar soluções inteligentes para desafios como o planejamento de transportes, a mobilidade urbana e a personalização de serviços baseados em localização. Apesar de avanços relevantes na análise estatística e na visualização desses dados, ainda são pouco exploradas as possibilidades de aplicação de Inteligência Artificial (IA), especialmente do Processamento de Linguagem Natural (PLN) e de Modelos de Linguagem de Grande Escala (do inglês Large Language Models - LLMs), para interpretar dados de mobilidade descritos em linguagem natural.

Recentemente, a conversão de trajetórias geoespaciais para representações textuais tem-se mostrado uma alternativa promissora para tornar esses dados mais compreensíveis e acessíveis. Essa transformação abre caminho para o uso de LLMs na análise semântica de deslocamentos, permitindo extrair padrões comportamentais e gerar recomendações. No entanto, são raros os trabalhos que exploram, de forma estruturada, o

potencial dos LLMs para extrair padrões e gerar recomendações personalizadas com base em descrições textuais de trajetórias.

Neste artigo, propõe-se o desenvolvimento de um sistema de recomendação baseado na aplicação de LLMs combinados com técnicas de engenharia de prompt para interpretar trajetórias convertidas em texto. O objetivo é extrair padrões de mobilidade e, a partir deles, recomendar destinos futuros e rotas, considerando o histórico de deslocamentos e o contexto atual do usuário. Essa abordagem visa preencher uma lacuna existente na literatura e explorar o potencial dos modelos de linguagem de grande escala na geração de soluções adaptativas em ambientes urbanos inteligentes.

O problema central que este estudo busca resolver é: como utilizar modelos de linguagem para interpretar descrições textuais de trajetórias e recomendar locais relevantes aos usuários, como destinos futuros e rotas ideais, com base em seus padrões de mobilidade? Para isso, o artigo propõe uma arquitetura composta por três etapas principais: (i) padronização dos dados de trajetória (entrada), (ii) extração de padrões com LLMs e (iii) geração de recomendações personalizadas.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os conceitos básicos e trabalhos relacionados sobre dados de mobilidade, PLN e LLMs; a Seção 3 descreve a metodologia proposta, incluindo a arquitetura do sistema e as ferramentas utilizadas; e, por fim, a Seção 4 traz as considerações finais e as perspectivas para trabalhos futuros.

2. Conceitos Básicos e Trabalhos Relacionados

A análise de dados de mobilidade tem-se beneficiado significativamente dos avanços de PLN e nos modelos de LLMs. O PLN visa permitir que máquinas compreendam e manipulem a linguagem humana, sendo amplamente aplicado na extração de informações úteis a partir de dados textuais não estruturados. Já os LLMs, como BERT e GPT, destacam-se por sua capacidade de compreender o contexto e gerar respostas relevantes, a partir de grandes volumes de dados [Devlin et al. 2019].

No domínio das trajetórias, conceitos como trajetória bruta, trajetória semântica e trajetória de múltiplo aspecto oferecem diferentes níveis de detalhamento para representar deslocamentos. A sumarização de trajetórias surge como uma estratégia essencial para lidar com o volume e a complexidade dos dados, buscando condensar conjuntos extensos de movimentações em representações mais concisas e informativas [Chandola and Kumar 2007]. Nesse contexto, destaca-se o conceito de trajetória representativa, que sintetiza o comportamento predominante de um grupo de trajetórias por meio de métodos de seleção ou geração. Essas representações têm sido aplicadas com sucesso em tarefas como recomendação de rotas, análise de padrões urbanos e otimização logística [Panagiotakis et al. 2009, Machado et al. 2025].

Nos últimos anos, pesquisas têm investigado a interseção entre PLN e dados de mobilidade. [Xue et al. 2024] propõem uma abordagem que transforma dados de mobilidade em linguagem natural, permitindo que LLMs sejam aplicados diretamente na previsão de trajetórias futuras. A mineração e o refinamento de prompts mostraram-se eficazes no aumento da acurácia das previsões, demonstrando o potencial da textualização como ponte entre dados brutos e modelos linguísticos.

De forma complementar, [Hsu et al. 2024] introduzem o modelo TrajGPT, que utiliza a arquitetura Transformer para a geração de trajetórias sintéticas. A tarefa de previsão de próximo destino (*Next Visit Prediction*) é explorada com foco em aplicações como turismo personalizado e planejamento de rotas. O modelo simula deslocamentos realistas, reforçando a aplicabilidade dos LLMs em sistemas de recomendação inteligentes.

[Menegol et al. 2025] apresentam o sistema RT2text, que converte trajetórias representativas em descrições compreensíveis por meio de regras e templates. Embora a proposta facilite a compreensão dos dados por usuários não especialistas, ela ainda não explora interpretações automatizadas. O trabalho sugere como direções futuras a incorporação de aprendizado de máquina e modelos de linguagem para enriquecer a análise textual.

Diante dessas contribuições, este trabalho propõe uma abordagem que aplica LLMs na interpretação de trajetórias textualizadas, aliando técnicas de engenharia de prompt para extrair padrões de mobilidade e gerar recomendações personalizadas. A proposta busca ampliar o uso da IA na análise de dados geoespaciais, com potencial aplicação em sistemas de apoio à mobilidade urbana e cidades inteligentes.

3. Metodologia

A arquitetura do sistema proposto (Figura 1) é composta por três etapas principais: (i) conversão das trajetórias para texto; (ii) extração de padrões com LLMs; e (iii) geração de recomendações personalizadas. O objetivo é transformar trajetórias representativas em recomendações contextuais, utilizando técnicas de PNL.

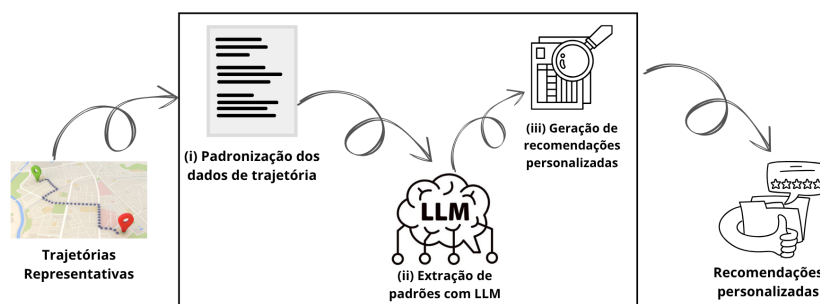


Figure 1. Arquitetura proposta do sistema

A primeira etapa converte trajetórias representativas em um formato legível por humanos e modelos de linguagem, definindo um padrão extensível e modular. As trajetórias padronizadas incluem atributos como sequência de locais, frequência e duração média, podendo ser representadas em linguagem natural ou formatos estruturados (JSON/YAML). O objetivo é criar um modelo de entrada consistente, facilitando a interpretação automática e a análise posterior com LLMs.

Em seguida, as representações textuais são processadas por um modelo de LLM, orientado por técnicas de engenharia de prompt. Essa interação tem como finalidade extrair padrões comportamentais a partir do histórico de mobilidade dos usuários.

Por fim, as informações extraídas são combinadas com dados contextuais em tempo real, como horário e clima, para gerar recomendações personalizadas. Essa abordagem visa oferecer sugestões adaptadas ao perfil do usuário e à sua situação atual, com

potencial aplicação em sistemas de transporte inteligente, planejamento urbano e serviços baseados em localização.

4. Conclusão

Este trabalho propõe um sistema de recomendação personalizado que integra LLMs em três etapas: (i) padronização de dados de trajetória; (ii) extração de padrões; e (iii) geração de recomendações contextuais em tempo real, considerando fatores como horário e clima.

A motivação decorre da expansão da IoT e da digitalização, que aumentam a coleta de dados de mobilidade, mas ainda carecem de soluções que usem LLMs para interpretar trajetórias textuais e convertê-las em recomendações práticas.

A proposta oferece uma abordagem inovadora para análise de trajetórias, auxiliando decisões sobre rotas, horários e alertas, com aplicações em transporte inteligente e planejamento urbano. Antes da implementação, será projetada a arquitetura do sistema, definindo interação via MCP, formatos de entrada e saída e transmissão de contexto ao LLM, assegurando integração eficiente e consistente.

References

- Chandola, V. and Kumar, V. (2007). Summarization—compressing data into an informative representation. *Knowledge and Information Systems*, 12(3):355–378. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1565667>. Acesso em: mai. 2025.
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., and Toutanova, K. (2019). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. In *Proceedings of the 2019 conference of the North American chapter of the association for computational linguistics: human language technologies, volume 1 (long and short papers)*, pages 4171–4186. Disponível em: <https://aclanthology.org/N19-1423.pdf>. Acesso em: jun. 2025.
- Hsu, S.-L., Tung, E., Krumm, J., Shahabi, C., and Shafique, K. (2024). Trajgpt: Controlled synthetic trajectory generation using a multitask transformer-based spatiotemporal model. In *Proceedings of the 32nd ACM International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, pages 362–371. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3678717.3691303>. Acesso em: jun. 2025.
- Machado, V. L., Portela, T. T., Schreiner, G. A., and dos Santos Mello, R. (2025). Towards data summarization of multi-aspect trajectories based on spatio-temporal segmentation. *Journal of Information and Data Management*, 16(1):38–51.
- Menegol, L., Machado, V., Élder Bernardi, and Portela, T. (2025). Rt2text: Making trajectory summarization more accessible through text generation. In *Anais da XX Escola Regional de Banco de Dados*, pages 153–156, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/erbd/article/view/35418>. Acesso em jun. 2025.
- Panagiotakis, C., Pelekis, N., and Kopanakis, I. (2009). Trajectory voting and classification based on spatiotemporal similarity in moving object databases. In *International Symposium on Intelligent Data Analysis*, pages 131–142.

Springer. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-03915-7_12. Acesso em: abr. 2025.

Xue, H., Tang, T., Payani, A., and Salim, F. D. (2024). Prompt mining for language models-based mobility flow forecasting. pages 113–122. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3678717.3691232>. Acesso em: jun. 2025.

RT2text em Ação: Análise Semântica de Ocorrências de Segurança Pública em Curitiba

Lucas da Silva Menegol¹, Vanessa Lago Machado¹
Élder Francisco Fontana Bernardi¹, Tarlis Tortelli Portela²

¹Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL), Passo Fundo, RS – Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Dois Vizinhos, PR – Brasil

lucasmenegol@gmail.com, vanessalagomachado@gmail.com

elderbernardi@ifsul.edu.br, tarlis.portela@ifpr.edu.br

Abstract. *Trajectory summarization is a vital field in mobility analysis, enabling the extraction of key patterns from large datasets. This paper demonstrates the practical application of RT2text, a previously published rule-based method that converts summarized trajectories into human-readable descriptions. By using a public dataset of incidents from the Curitiba Municipal Guard, we showcase how RT2text can be employed to analyze the semantic nature of events over time. The method leverages regular expressions and templates to generate coherent narratives that facilitate data interpretation and insight generation, thus validating its effectiveness as a tool to support analysis and decision-making.*

Resumo. *A sumarização de trajetórias é um campo essencial para a análise de mobilidade, permitindo a extração de padrões de grandes volumes de dados. Este artigo demonstra a aplicação prática do RT2text, um método baseado em regras previamente publicado, que converte trajetórias sumarizadas em descrições textuais legíveis por humanos. Utilizando um conjunto de dados públicos de ocorrências da Guarda Municipal de Curitiba, mostramos como o RT2text pode ser empregado para analisar a natureza semântica das ocorrências ao longo do tempo. O método utiliza expressões regulares e templates para gerar narrativas coerentes que facilitam a interpretação dos dados e a geração de insights, validando sua eficácia como ferramenta de apoio à análise e tomada de decisão.*

1. Introdução

A análise de dados de trajetória é fundamental em domínios como planejamento urbano e segurança pública. Contudo, a complexidade desses dados exige técnicas de sumarização para extrair padrões relevantes. Embora eficazes, as saídas dessas técnicas frequentemente permanecem em formatos estruturados, de difícil interpretação para não especialistas.

Para lidar com esse desafio, o método *RT2text* (*Representative Trajectory to text*) foi proposto em [Menegol et al. 2025] como uma solução para converter trajetórias sumarizadas em descrições textuais. O *RT2text* utiliza uma abordagem baseada em regras e templates para gerar resumos concisos e legíveis, facilitando a compreensão de tendências de mobilidade. Este trabalho foca em demonstrar o potencial e a aplicabilidade do *RT2text* em um cenário real, utilizando um dataset público de ocorrências de Curitiba para gerar insights a partir da análise da variável semântica `NATUREZA1_DESCRICAO`.

2. Conceitos Básicos

A crescente prevalência de tecnologias de rastreamento levou a um aumento nos dados de trajetória, que capturam os padrões de movimento de objetos ao longo do tempo e do espaço. A IoT e as mídias sociais expandiram isso para trajetórias de múltiplos aspectos (MATs), integrando aspectos espaciais, temporais e vários aspectos semânticos heterogêneos [Mello et al. 2019], como o modo de transporte ou o propósito da viagem.

Dado o enorme volume de dados gerados por GPS, a sumarização de trajetórias tornou-se essencial para a redução de dados, reconhecimento de padrões e interpretação humana [Machado et al. 2024]. Trajetórias Representativas fornecem uma abstração compacta dos padrões de mobilidade, melhorando o armazenamento, a visualização e a eficiência analítica [Machado et al. 2025]. No entanto, muitas vezes permanecem desafiadoras de interpretar, exigindo uma transformação adicional em resumos legíveis por humanos.

Para resolver isso, a Geração de Linguagem Natural (GLN), um subcampo do Processamento de Linguagem Natural (PLN), permite a geração automática de descrições textuais coerentes a partir de dados estruturados [Gatt and Krahmer 2018]. Alguns estudos recentes exploraram a utilização de Large language Models (LLM) para converter dados de movimento em descrições que são legíveis por seres humanos. Por exemplo, [Rocchietti et al. 2024] emprega LLMs para analisar imagens geolocalizadas para então fazer a identificação e descrição de regiões urbanas. No entanto, não encontramos na literatura pesquisas que façam a conversão direta de dados estruturados de trajetórias em formatos legíveis. O *RT2text*, por sua vez, utiliza GLN baseadas em templates para transformar dados estruturados em narrativas legíveis, preenchendo estruturas predefinidas com os dados extraídos da trajetória.

3. O Método RT2text

O *RT2text*, introduzido em [Menegol et al. 2025], é um método implementado em Python que visa traduzir trajetórias representativas em linguagem natural.

A metodologia do *RT2text* é dividida em dois componentes principais:

3.1. Pré-processamento

Nesta etapa, o arquivo de entrada contendo a trajetória sumarizada é carregado e analisado. Utilizando expressões regulares (regex), o método extrai e estrutura as informações relevantes, focando principalmente na descrição dos eventos de movimento. As características-chave, como as transições entre os diferentes valores do aspecto semântico (neste caso, a natureza da ocorrência), são identificadas. O sistema também classifica os eventos por períodos do dia (manhã, tarde, noite, madrugada) para organizar a narrativa final de forma cronológica.

3.2. Descritor Textual

Com os dados estruturados, o *RT2text* gera o resumo em linguagem natural. Utilizando o motor de templates Jinja2, ele converte os padrões de movimento em sentenças dinâmicas. O método analisa as transições do atributo semântico para construir uma narrativa sequencial e fluida. Regras de formatação são aplicadas para eliminar redundâncias e melhorar a consistência do texto, resultando em uma descrição coesa e de fácil compreensão.

4. Estudo de Caso: Análise de Ocorrências em Curitiba

Para validar a aplicação do *RT2text*, foi conduzido um estudo de caso com o dataset de ocorrências da Guarda Municipal de Curitiba (SiGesGuarda)¹. O conjunto de dados, fornecido pela Secretaria Municipal de Defesa Social e Trânsito (SMDT), compreende o período de 24 de novembro de 2022 a 25 de janeiro de 2023. Originalmente com 35 variáveis e 5.133 registros.

4.1. Metodologia do Estudo de Caso

O estudo seguiu três etapas principais:

1. Preparação dos Dados: O dataset passou por pré-processamento para obter as coordenadas de latitude e longitude, com base nos endereços do registro de cada ocorrência. Nos casos em que a geocodificação do endereço falhou, foram usadas as coordenadas do respectivo Bairro de Atendimento.

2. Sumarização da Trajetória: As trajetórias diárias foram sumarizadas com o método MAT-SGT [Machado et al. 2025], gerando uma trajetória representativa para cada dia de ocorrências no dataset.

3. Geração da Descrição Textual: A trajetória representativa do dia 15/12/2022 foi usada como exemplo e submetida ao *RT2text* para análise da variável semântica `NATUREZA1_DESCRICAO` e conversão em texto.

4.2. Resultados e Discussão

A análise no *RT2text* focou nas transições entre os tipos de ocorrência com pelo menos 40% de representatividade em um determinado momento, produzindo a seguinte descrição:

Durante a madrugada, as ocorrências estão geralmente associadas a {TRÂNSITO (100%)}.

De 15/12/2022 00:07:46 a 15/12/2022 00:13:40, o foco mudou de {INVASÃO (50%), QUEIMA A CÉU ABERTO (50%)} para {PATRULHA MARIA DA PENHA (40%), APOIO (40%)}.

De 15/12/2022 00:08:23 a 15/12/2022 00:08:52, houve um deslocamento para ocorrências de {TRÂNSITO (50%), SUBSTÂNCIA ILÍCITA (50%)}.

De 15/12/2022 00:09:14 a 15/12/2022 00:09:50, a atenção se voltou de {TRÂNSITO (50%), SUBSTÂNCIA ILÍCITA (50%)} para {PATRULHA MARIA DA PENHA (67%)}.

De 15/12/2022 00:09:20 a 15/12/2022 00:09:50, a transição foi de {PATRULHA MARIA DA PENHA (67%)} para {INVASÃO (50%), FUNDADA SUSPEITA (ABORDAGEM) (50%)}.

De 15/12/2022 00:10:10 a 15/12/2022 00:10:48, o foco foi totalmente em {PATRULHA MARIA DA PENHA (100%)}.

\\ O restante da saída foi omitido por questões de espaço.

O resultado evidencia o potencial do *RT2text* em transformar dados brutos em uma narrativa interpretável. A descrição gerada permite que um analista, por exemplo, identifique rapidamente tendências como a concentração de ocorrências da Patrulha Maria da Penha no início da madrugada, o que pode direcionar ações específicas.

¹Disponível em: <https://dadosabertos.curitiba.pr.gov.br/dataset/si-gesguarda>. Acesso em maio de 2025

No entanto, a abordagem revela limitações importantes. O texto gerado, embora informativo, pode apresentar uma estrutura rígida. Mais criticamente, a análise sobre uma única dimensão semântica, a `NATUREZA1_DESCRICAO`, pode ocultar contextos essenciais. A sobreposição de eventos em intervalos de tempo quase idênticos ("De 15/12/2022 00:09:14 a 15/12/2022 00:09:50" e "De 15/12/2022 00:09:20 a 15/12/2022 00:09:50") é um exemplo disso: como as ocorrências aconteceram em locais diferentes, a distinção espacial se perde, o que reforça a necessidade de incorporar análises multivariadas para gerar descrições mais ricas e evitar ambiguidades.

5. Conclusão

Este artigo demonstrou a utilidade e o potencial do *RT2text* através de um estudo de caso prático com dados públicos. Ao converter uma trajetória representativa de ocorrências em uma descrição textual, a ferramenta provou sua eficácia em facilitar a compreensão de padrões complexos sem a necessidade de visualizações ou conhecimento técnico aprofundado. O estudo de caso com dados de Curitiba ilustra como o *RT2text* pode transformar resumos de dados em insights acionáveis.

Como trabalhos futuros, pretende-se aprimorar o *RT2text* para que possa processar múltiplos atributos semânticos simultaneamente. Planeja-se também automatizar os ajustes do texto para que ele se adapte dinamicamente a diferentes conjuntos de dados. Outras melhorias incluem a limpeza da saída para focar apenas em informações relevantes e a associação com outras variáveis, como a localização, para enriquecer a análise. Tais avanços visam consolidar o *RT2text* como uma ferramenta robusta de apoio à análise de dados e à tomada de decisões.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo IFSUL (EDITAL PROPESP – N° 06/2024).

References

- Gatt, A. and Krahmer, E. (2018). Survey of the state of the art in natural language generation: Core tasks, applications and evaluation. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 61:65–170.
- Machado, V. L. et al. (2024). A survey on the computation of representative trajectories. *GeoInformatica*, pages 1–26.
- Machado, V. L. et al. (2025). Towards data summarization of multi-aspect trajectories based on spatio-temporal segmentation. *Journal of Information and Data Management*, 16(1):38–51.
- Mello, R. d. S. et al. (2019). MASTER: A multiple aspect view on trajectories. *Trans. GIS*, 23(4):805–822.
- Menegol, L., Machado, V., Élder B., and Portela, T. (2025). Rt2text: Making trajectory summarization more accessible through text generation. In *Anais da XX Escola Regional de Banco de Dados*. SBC.
- Rocchietti, G. et al. (2024). From geolocated images to urban region identification and description: a large language model approach. In *Proceedings of the 32nd ACM SIGSPATIAL*, pages 557–560.

Sistema de Suporte à Decisão baseado em um Sistema Multiagente aprimorado por LLMs voltado ao Dilema Impacto-Lucro no Empreendedorismo Social.

Natthan Elias Godinho dos Santos¹, João Mário Lopes Brezolin¹

¹Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL), Passo Fundo, RS – Brazil

natthansantos.pf015@academico.ifsul.edu.br, joaobrezolin@ifsul.edu.br

Abstract. *Social Enterprises face the structural dilemma between social impact and financial sustainability. This work proposes a Decision Support System (DSS) based on a Multi-Agent System (MAS) with LLMs to analyze this dilemma. The methodology involves a structured debate among specialized agents (e.g., CEO, CFO) to generate strategic scenarios from organizational documents. The goal is to provide an exploratory tool that assists managers in decision-making, mitigating the risk of mission drift. This approach aims to overcome the limitations of traditional models by simulating a multifaceted deliberation, generating more robust and contextualized insights.*

Resumo. *As Empresas Sociais enfrentam o dilema estrutural entre impacto social e sustentabilidade financeira. Este trabalho propõe um Sistema de Suporte à Decisão (DSS) baseado em um Sistema Multiagente (MAS) com LLMs para analisar este dilema. A metodologia envolve um debate estruturado entre agentes especializados (CEO, CFO, etc.) para gerar cenários estratégicos a partir de documentos organizacionais. O objetivo é fornecer uma ferramenta exploratória que auxilie gestores na tomada de decisão, mitigando o risco de desvio de missão. A abordagem visa superar as limitações de modelos tradicionais ao simular uma deliberação multifacetada, gerando insights mais robustos e contextualizados.*

1. Introdução

As Empresas Sociais (ES) operam sob uma tensão estrutural entre a maximização de seu impacto social e a garantia de sustentabilidade financeira. A gestão deste equilíbrio, fundamental para a continuidade e escala de suas operações, expõe as organizações ao risco de desvio de missão (*mission drift*), no qual a lógica comercial pode sobrepor-se aos objetivos sociais fundacionais. Ferramentas de análise de negócios tradicionais, concebidas para otimizar variáveis puramente econômicas, mostram-se insuficientes para modelar a complexidade deste cenário.

Diante desta lacuna, o problema de pesquisa foca em como um DSS baseado em MAS e LLMs pode aprimorar a gestão estratégica da tensão impacto-lucro. O objetivo geral é desenvolver um protótipo funcional que modele este equilíbrio e gere insights para empreendedores sociais no contexto brasileiro. Este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico e trabalhos relacionados, a Seção 3 detalha a metodologia, e a Seção 4 apresenta a conclusão.

2. Conceitos Básicos e Trabalhos Relacionados

A literatura define as Empresas Sociais como organizações de natureza híbrida, que buscam conciliar uma missão social primária com atividades comerciais [Doherty et al. 2014]. Essa dualidade origina o dilema central de gestão entre lucro e impacto, uma tensão que, se mal administrada, pode levar ao abandono gradual dos objetivos sociais [Grimes et al. 2019]. Para mitigar essa tensão, a literatura aponta estratégias como a criação de "espaços de negociação" internos para alinhar equipes [Battilana et al. 2015] e o "trabalho de missão" para gerir percepções externas [Grimes et al. 2019].

A base tecnológica da solução proposta articula três campos. Primeiramente, os Sistemas de Apoio à Decisão (DSS), historicamente utilizados para auxiliar gestores em problemas semiestruturados, mas com limitações na análise de dados qualitativos e argumentações complexas [Arnott and Pervan 2014]. Em segundo lugar, os Modelos de Linguagem Grandes (LLMs), que superam tais limitações por meio de capacidades de obter conhecimento semântico sob textos [Vaswani et al. 2017] e por meio de técnicas como a Geração Aumentada por Recuperação (RAG) e o raciocínio em cadeia de pensamento (*Chain-of-Thought*) [Lewis et al. 2020, Yao et al. 2023].

Contudo, um LLM isolado apresenta riscos e desafios significantes como alucinações e vieses [Guo et al. 2024]. Para amenizar essas limitações, adota-se o paradigma de Sistemas Multiagente (MAS), no qual múltiplos agentes especializados colaboram para resolver problemas. A orquestração de um debate entre agentes com perfis distintos aproveita a inteligência coletiva para refinar análises. Pesquisas demonstram que o debate entre múltiplos agentes-LLM pode aprimorar a veracidade e a precisão factual [Du et al. 2023], melhorar a consistência entre diferentes modelos [Xiong et al. 2023] e alcançar consensos em domínios especializados [Tang et al. 2023]. Essa abordagem voltada ao debate e colaboração é, portanto, central para a arquitetura proposta.

3. Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com uma abordagem de pesquisa-criação, focada no desenvolvimento e validação de um protótipo funcional. A arquitetura do sistema proposto, ilustrada na Figura 1, orquestra um debate entre múltiplos agentes de LLM, cada um representando um papel executivo (CEO, CFO, CSO, CRO, CMO), para analisar um dilema estratégico submetido pelo usuário. O sistema opera a partir de duas entradas: (i) a descrição do dilema (perguntas) em linguagem natural e (ii) um conjunto de documentos organizacionais.

Cada agente é composto por uma persona (que define seu papel), um LLM (seu motor cognitivo), memória e um conjunto de ferramentas (*tools*). Estas ferramentas estendem suas capacidades para além do conhecimento intrínseco do modelo. De forma geral, todos os agentes utilizam uma ferramenta de Recuperação Aumentada por Geração (RAG) para consultar a base de conhecimento documental. Adicionalmente, agentes especializados possuem ferramentas exclusivas, como um interpretador de código para o CFO realizar análises financeiras quantitativas e uma ferramenta de busca na web para o CMO analisar o ambiente externo.

O fluxo de análise se desdobra em cinco etapas sequenciais:

1. **Ingestão de Dados:** O usuário insere o dilema e os documentos na plataforma.

Estes são processados e armazenados em uma base de dados vetorial (FAISS), ou *Knowledge Base*, para permitir consultas semânticas.

2. **Análise Individual:** Cada agente, dotado de uma persona, memória e ferramentas específicas (e.g., interpretador de código para o CFO, busca na web para o CMO), analisa o problema sob sua ótica, utilizando RAG para consultar a base de conhecimento.
3. **Debate Estruturado:** O agente CEO modera uma discussão ordenada, permitindo que cada agente apresente sua análise, seguida de réplicas e tréplicas.
4. **Síntese e Formulação de Cenários:** Com base na transcrição do debate, o agente CEO identifica os principais *trade-offs* e sinergias, formulando de dois a três cenários de decisão viáveis.
5. **Geração do Relatório Final:** O sistema consolida a análise em um relatório estruturado, apresentando um resumo do debate, uma matriz de *trade-offs* e a descrição detalhada de cada cenário.

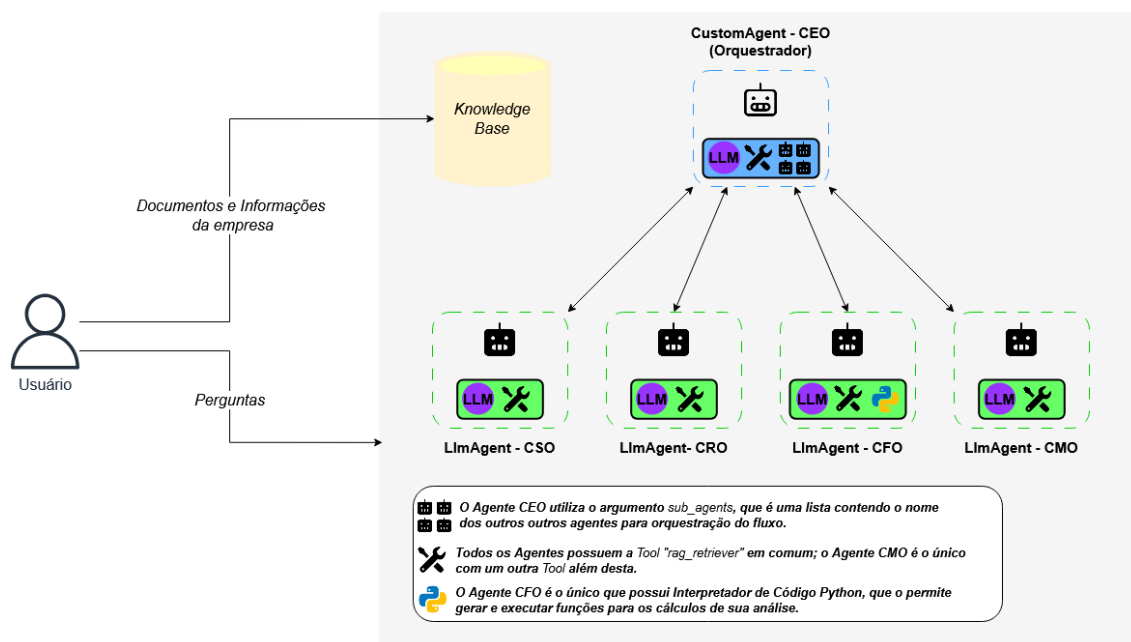


Figura 1. Diagrama da Arquitetura de Agentes e Fluxo de Interação do Sistema.

A validação do protótipo será primariamente qualitativa, realizada em colaboração com gestores de Empresas Sociais, que avaliarão a relevância e a utilidade dos relatórios gerados.

4. Conclusão

Este trabalho delinea o projeto de um Sistema de Suporte à Decisão que emprega uma arquitetura de Sistema Multiagente baseada em LLMs para analisar o dilema impacto-lucro em Empresas Sociais. A principal contribuição reside na aplicação de um framework de debate entre agentes especializados como mecanismo para gerar análises estratégicas multifacetadas e contextualizadas. O protótipo visa oferecer uma ferramenta exploratória para que gestores de ES possam refletir sobre as consequências de suas decisões, fortalecendo a governança e mitigando o risco de desvio de missão. Espera-se que os resultados

contribuam tanto para a prática da gestão em organizações híbridas quanto para o campo acadêmico.

Referências

- Arnott, D. and Pervan, G. (2014). A critical analysis of decision support systems research revisited: The rise of design science. *Journal of Information Technology*, 29(4):269–291.
- Battilana, J., Sengul, M., Pache, A.-C., and Model, J. (2015). Harnessing Productive Tensions in Hybrid Organizations: The Case of Work Integration Social Enterprises. *Academy of Management Journal*, 58(6):1657–1685.
- Doherty, B., Haugh, H., and Lyon, F. (2014). Social Enterprises as Hybrid Organizations: A Review and Research Agenda. *International Journal of Management Reviews*, 16(4):429–441.
- Du, Y., Li, S., Torralba, A., Tenenbaum, J. B., and Mordatch, I. (2023). Improving factuality and reasoning in language models through multiagent debate. *arXiv preprint arXiv:2305.14325*.
- Grimes, M. G., Williams, T. A., and Zhao, E. Y. (2019). Anchors Aweigh: The Sources, Variety, and Challenges of Mission Drift. *Academy of Management Review*, 44(4):819–844.
- Guo, T., Chen, X., Wang, Y., Chang, R., Pei, S., Chawla, N. V., Wiest, O., and Zhang, X. (2024). Large Language Model based Multi-Agents: A Survey of Progress and Challenges. *arXiv preprint arXiv:2402.01680*.
- Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Ott, M., Chen, W.-t., Conneau, A., et al. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33:9459–9474.
- Tang, R., Zhang, Z., Li, Z., Zhao, Y., Zhang, X., Cohan, A., and Gerstein, M. (2023). Does crowd wisdom matter? a study of medical-report-grounded dialogue with multiple doctors. In *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2023*, pages 1427–1441. Association for Computational Linguistics.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., and Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 30.
- Xiong, C., Wang, J.-G., Liu, J.-J., Wang, Z., Dou, D.-C., and Zhou, Z.-H. (2023). Examining the Inter-Consistency of Large Language Models: An In-depth Analysis via Debate. *arXiv preprint arXiv:2305.11595*.
- Yao, S., Zhao, J., Yu, D., Du, N., Shafran, I., Narasimhan, K., and Cao, Y. (2023). ReAct: Synergizing Reasoning and Acting in Language Models. In *The Eleventh International Conference on Learning Representations (ICLR)*.

Uma Proposta de Comparação entre ChatGPT e Google Dialogflow no Suporte a Sistemas ERP

Rafael Coriolano Gonçalves Lopes¹, Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Câmpus Passo Fundo,
Rio Grande do Sul, Brasil

rafaellopes.pf001@academico.ifsul.edu.br, anubisrossetto@ifsul.edu.br

Abstract. *This paper presents a proposal for comparing two conversational artificial intelligence tools, ChatGPT and Google Dialogflow, applied to support ERP systems. The aim is to evaluate aspects such as ease of implementation, response quality and integration capacity by creating functional prototypes on both platforms. The research adopts a practical approach, with tests planned in a fictitious ERP system. The results are expected to contribute to identifying relevant technical criteria for choosing tools according to the context of use.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma proposta de comparação entre duas ferramentas de inteligência artificial conversacional, o ChatGPT e o Google Dialogflow, aplicadas ao suporte de sistemas ERP. Pretende-se, por meio da criação de protótipos funcionais em ambas as plataformas, avaliar aspectos como facilidade de implementação, qualidade das respostas e capacidade de integração. A pesquisa adota uma abordagem prática, com testes previstos em um sistema ERP fictício. Espera-se que os resultados contribuam para identificar critérios técnicos relevantes para a escolha de ferramentas conforme o contexto de uso.*

1. Introdução

O atendimento ao cliente é um dos pilares fundamentais para a excelência na satisfação dos usuários. Envolve práticas e estratégias voltadas à identificação de necessidades e à oferta de soluções eficazes [Zendesk 2025]. Ao longo dos anos, evoluiu significativamente, acompanhando transformações tecnológicas e migrando da era analógica para a digital [Bcr 2025]. Nesse contexto, empresas têm investido cada vez mais em ferramentas que aprimorem a experiência do usuário, com foco em agilidade, disponibilidade e personalização no relacionamento com o cliente.

Nesse contexto, destaca-se a adoção de assistentes virtuais para o suporte a clientes de sistemas ERP. Esses agentes automatizados oferecem respostas rápidas, personalizadas e disponíveis 24 horas por dia, contribuindo para uma melhor experiência do usuário. Ao assumirem tarefas repetitivas, também ajudam a reduzir custos com pessoal, permitindo que as equipes humanas foquem em atividades mais estratégicas, aumentando a eficiência e otimizando os recursos da organização.

Segundo o Mapa do Ecossistema Brasileiro de Bots [Time 2024], o Brasil é um dos principais mercados mundiais no uso de robôs de conversação. O atendimento digital automatizado cresce especialmente em setores com alto volume de interações, como bancos, telecomunicações, varejo e saúde. Nesses casos, os chatbots resolvem demandas

simples e recorrentes, enquanto atendentes humanos lidam com situações mais complexas, resultando em maior eficiência e satisfação dos clientes.

Com a rápida evolução dessas tecnologias, surgiram diversas plataformas para o desenvolvimento de assistentes virtuais. No entanto, diante de tantas opções, desenvolvedores e empresas frequentemente se deparam com a dúvida sobre qual tecnologia adotar, considerando fatores como custo, flexibilidade, qualidade das respostas e facilidade de integração com sistemas existentes.

Diante do contexto, torna-se fundamental compreender as características, vantagens e limitações das principais ferramentas de criação de chatbots. Este trabalho propõe uma análise comparativa entre duas soluções da atualidade: Dialogflow, baseado em fluxos de intenção e regras, e ChatGPT, um modelo de linguagem generativa. O objetivo é fornecer elementos que auxiliem na identificação da ferramenta mais adequada ao suporte ao cliente em sistemas ERP, com base em critérios como facilidade de integração, qualidade das respostas, custo de implementação, manutenção das soluções e tempo de resposta.

2. Fundamentos

Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos e fundamentos que sustentam o desenvolvimento deste trabalho.

2.1. Processamento de Linguagem Natural (PLN)

O Processamento de Linguagem Natural (PLN) constitui um campo de investigação dedicado ao desenvolvimento de métodos e sistemas computacionais capazes de processar a linguagem humana. A designação “Natural” enfatiza a distinção entre as línguas faladas pelos seres humanos e outras formas de linguagem, como as matemáticas, visuais, gestuais ou de programação. Em termos práticos, o PLN concentra-se na busca por soluções computacionais para problemas que demandam o tratamento automatizado de línguas, sejam elas expressas na forma escrita (texto) ou falada (fala), como o português e o inglês [Caseli and Nunes 2024].

2.2. Chatbot - Assistentes Virtuais

Bots (abreviação de robots) são softwares projetados para imitar ações humanas e automatizar tarefas repetitivas, simulando interações entre usuários e computadores [de Carvalho Júnior et al. 2018]. Inicialmente limitados, evoluíram com os avanços em inteligência artificial e processamento de linguagem natural, tornando-se capazes de analisar necessidades dos usuários e proporcionar interações mais naturais e personalizadas [de Carvalho Júnior et al. 2018].

Chatbots, uma categoria específica de bots, são voltados à conversação com usuários, por texto ou voz, com destaque histórico para ELIZA, criada por Joseph Weizenbaum em 1976 [de Carvalho Júnior et al. 2018]. Segundo [Correa et al. 2021], a arquitetura desses sistemas compreende três subsistemas: pré-processamento da mensagem (tokenização, normalização), classificação de intenção e uso de contexto para gerar respostas relevantes e coerentes.

2.3. ChatGPT

Desenvolvido pela OpenAI, o ChatGPT é um modelo de linguagem conversacional pertencente à família GPT (Generative Pretrained Transformer) e se destaca como uma ferramenta poderosa no campo do Processamento de Linguagem Natural (PLN). Treinado com um extenso conjunto de dados textuais, incluindo websites, livros e mídias sociais, o modelo é capaz de gerar textos com características similares à linguagem humana [Sakib 2023]. Projetado para produzir respostas a partir de estímulos iniciais (prompts), o ChatGPT se mostra especialmente útil em aplicações conversacionais, como chatbots, agentes virtuais e sistemas de atendimento automatizado. Sua capacidade de gerar conteúdo coerente, relevante ao contexto e frequentemente indistinguível da escrita humana o torna uma solução promissora para diversas áreas. Nesse sentido, o ChatGPT pode ser explorado como uma ferramenta eficaz na implementação de chatbots em sistemas empresariais, como os ERPs.

2.4. Google Dialogflow

O Dialogflow, plataforma da Google Cloud, é uma solução de Processamento de Linguagem Natural (PLN) voltada ao desenvolvimento de interfaces conversacionais em diversas aplicações. Seu ambiente facilita a criação de agentes para sistemas móveis, web, assistentes virtuais, bots e sistemas de resposta por voz. Como ferramenta de construção de chatbots, utiliza recursos de PLN para compreender e responder às interações dos usuários. Para criar um agente conversacional, é necessário definir intents (intenções) e fornecer frases de exemplo que representem diferentes formas de expressão. Essas frases são usadas pelo Dialogflow para identificar padrões com técnicas de aprendizado de máquina e PLN, permitindo o reconhecimento preciso das intenções dos usuários.[Silva and Campos 2021].

3. Metodologia

Para viabilizar a comparação entre o ChatGPT e o Dialogflow, será desenvolvido um módulo de pedidos simulado, representando uma funcionalidade típica de um sistema ERP. Esse módulo permitirá tanto o registro quanto a consulta de solicitações, incluindo filtros de pesquisa, inserção de novos registros e listagem dos pedidos cadastrados, além de uma interface específica para o detalhamento de cada pedido. Em todas as telas do sistema serão integrados dois chatbots, sendo um conectado ao Dialogflow e outro ao ChatGPT, com a função de auxiliar os usuários, oferecendo orientações e esclarecendo dúvidas durante a navegação.

A Tabela 1 apresenta os itens definidos para a análise comparativa, bem como os critérios adotados para a avaliação de cada ferramenta. Essa análise permitirá avaliar o desempenho de cada ferramenta com base em critérios como: facilidade de integração, qualidade das respostas, custo de implementação, esforço de manutenção e tempo de resposta. Com isso, pretende-se oferecer subsídios para a escolha da tecnologia mais adequada ao contexto proposto.

4. Considerações Finais

Como resultado esperado, projeta-se que ambas as ferramentas de chatbot, Dialogflow e ChatGPT, demonstrem capacidade de responder de forma eficaz a consultas de usuários

Avaliação	Critério avaliativo
Facilidade de Integração	Como cada ferramenta se integra a uma aplicação Flutter e a APIs externas, verificando a documentação, facilidade no entendimento e o quão extenso é para realizar a integração.
Qualidade das Respostas	Avaliação qualitativa das respostas geradas com base em clareza e contexto.
Custo de Implementação	Custo de uso mensal baseado em número de mensagens e integrações.
Manutenção	Facilidade de manutenção, em caso nova funcionalidade seja adicionada ao sistema, o quão fácil é para treinar o chat-bot.
Tempo de Resposta	Média de tempo que a ferramenta leva para responder a uma solicitação.

Tabela 1. Planejamento da análise comparativa

relacionadas ao sistema ERP. De forma crucial para este estudo, espera-se que a pesquisa proporcione uma análise comparativa fundamentada em evidências práticas da integração com o módulo de pedidos. Essa análise permitirá avaliar o desempenho de cada ferramenta com base em critérios como: facilidade de integração, qualidade das respostas, custo de implementação, esforço de manutenção e tempo de resposta. Com isso, pretende-se oferecer subsídios para a escolha da tecnologia mais adequada ao contexto proposto.

Referências

- Bcr (2025). A evolução do atendimento ao cliente: Da era analógica à era digital. <https://www.bcrx.com/blog/atendimento/evolucao-do-atendimento-ao-cliente>. Acesso em 06 abr 2025.
- Caseli, H. M. and Nunes, M. G. V., editors (2024). *Processamento de Linguagem Natural: Conceitos, Técnicas e Aplicações em Português*. BPLN, 2 edition.
- Correa, J., Viana, D., and Teles, A. (2021). Desenvolvendo chatbots com o dialogflow. *Sociedade Brasileira de Computação*.
- de Carvalho Júnior, C. F. et al. (2018). Chatbot: uma visão geral sobre aplicações inteligentes. *Revista Sítio Novo*, 2(2):68–84.
- Sakib, M. S. I. (2023). What is chatgpt? https://www.researchgate.net/publication/367794587_What_is_ChatGPT. Acesso em 04 mai 2025.
- Silva, A. O. and Campos, L. B. (2021). Doutora sara: um assistente virtual para marcação de consultas médicas. In *Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe (ERBASE)*, pages 20–27. SBC.
- Time, M. (2024). Mapa do ecossistema brasileiro de bots. <https://www.mobiletime.com.br/pesquisas/mapa-do-ecossistema-brasileiro-de-bots-2024/>. Acesso em 04 mai 2025.
- Zendesk (2025). O que é atendimento ao cliente? qual a importância desse serviço? <https://www.zendesk.com.br/blog/o-que-e-atendimento-ao-cliente/>. Acesso em 06 abr 2025.