

III CONGRESSO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

IFSul - *Campus* Passo Fundo
01 a 03 de junho de 2023



INSTITUTO FEDERAL
Sul-rio-grandense
Câmpus Passo Fundo





ANAIS DO

III Congresso de Tecnologia da Informação IFSUL

Passo Fundo

01 a 03 de junho de 2023

Passo Fundo - RS

© 2023, Instituto Federal Sul-rio-grandense –Câmpus Passo Fundo.
Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. O conteúdo e as opiniões expressas nos trabalhos publicados são da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Instituto Federal Sul-rio-grandense - Câmpus Passo Fundo
Estrada Perimetral Leste, 150
Passo Fundo - RS
54-33112916
CEP: 99064-440
Telefone: 54-33112916
E-mail: pf-copin@ifsul.edu.br

Organizadores:
Anubis Graciela de Moraes Rossetto
Roberto Wiest

Publicação anual

ISSN: 2965-372X

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

C749 Congresso de Tecnologia da Informação IFSUL Passo Fundo (3. : 2023 : Passo Fundo, RS)

Anais do III Congresso de Tecnologia da Informação IFSUL Passo Fundo, 01 a 03 de junho de 2023, Passo Fundo, RS [recurso eletrônico] / Organizadores: Anubis Graciela de Moraes Rossetto, Roberto Wiest. -- Passo Fundo: IFSUL, 2023.

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. Rossetto, Anubis Graciela de Moraes (Org.). IV. Wiest, Roberto (Org.).

CDU: 004

Bibliotecária Responsável: Mariele Luzzi – CRB 10/2055

Coordenação Geral do Evento

Telmo De Cesaro Júnior - IFSUL Passo Fundo

Comissão de Trabalhos Científicos

Anubis Graciela de Moraes Rossetto - IFSUL Passo Fundo

Roberto Wiest - IFSUL Passo Fundo

Realização

Instituto Federal Sul-Rio-grandense - Câmpus Passo Fundo

Parceiras

Embrapa Trigo e UPF

Apoiadores

TN3 Soluções em TI, Computer ID - Soluções em Informática, Atua Sistemas de Informação, Compass UOL, Veplex Sistemas de Informação, Sociedade PoloSul, Sociedade Brasileira de Computação - SBC, Coprel Telecom, KLM Informática, Germânias Hotel, Secretaria Municipal de Educação de Passo Fundo, Sociedade Educacional Três de Maio - Setrem, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária - FAPA, Cooperativa Central Gaúcha - CCGL Fundação ABC.

Apresentação

Os Anais do III Congresso de Tecnologia da Informação do IFSUL Câmpus Passo Fundo trazem os artigos selecionados e apresentados na edição do evento realizado de 01 a 03 de junho de 2023, em Passo Fundo/RS. Nesta edição, os anais incluem 18 artigos, selecionados através de um processo de revisão por pares do tipo double blind review. O comitê de programa do evento foi coordenado pelos professores Anubis Graciela de Moraes Rossetto e Roberto Wiest, que organizaram este volume. Os artigos que integram essa série de anais foram submetidos em 16/04/2023 e aceitos para publicação em 15/05/2023.

O Congresso de Tecnologia da Informação tem sido uma oportunidade para fomentar a atividade científica e tecnológica, proporcionando um espaço valioso para a construção dialética do conhecimento, com um foco especial na área de informática. O evento proporciona a divulgação de trabalhos científicos de alta qualidade, realizados por pesquisadores de diversas instituições de todo o país. Além disso, 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.

A comissão organizadora agradece a todos os participantes, revisores e organizadores que tornaram possível este evento notável.

Anubis Graciela de Moraes Rossetto

Roberto Wiest

Comissão de Trabalhos Científicos

Sumário

Arquitetura baseada em microsserviços para a autenticação de multiaplicações	9
Willian Schuck, Jorge Luis Boeira Bavaresco e Roberto Wiest	
Uma Revisão Sistemática sobre Abordagens para Modelagem de Aluno em Sistemas de Aprendizagem Adaptativos	20
Telmo De Cesaro Júnior, Vinicius Beck, André Rolagem, Rodrigo de Oliveira e Jorge Luis Boeira Bavaresco	
DPOC: um serious game para apoio ao ensino de doenças respiratórias	31
Diógenes Pereira Fernande, Bruna Pietrobelli Migliorini, Ana Paula Copetti Goi, José Luiz Milanese, Luciano de Oliveira Siqueira, Nathalia Branco Schweitzer Mendes, Alexandre Zanatta e Rafael Rieder	
AphidCV 3.0: Abordagem Web Integrada a uma Plataforma de Monitoramento de Insetos	41
Nicolas Welfer Kirinus, Eduardo Garbini Pessolano, Douglas Lau, Telmo De Cesaro Júnior, Rafael Rieder	
Avaliação de técnicas de transfer learning para detecção e classificação de afídeos usando o software AphidCV	50
Eduardo Garbini Pessolano, Nicolas Welfer Kirinus, Douglas Lau e Rafael Rieder	
Modelagem Matemática de Módulos Fotovoltaicos: Uma Análise de Dimensionamento para Instalações On-Grid	57
Eduardo de Paula Alencar, Paulo Sausen, Airam Sausen, Mauricio de Campos, Leonardo Minelli e Emilia Damásio de Sousa Xavier	
Contratações para Desenvolvimento de Aplicativos Móveis: Uma Análise Comparativa entre a Lei 8.666/1993 e a Nova Lei de Licitações e Contratos	67
George Ota e João Araujo	
Negação Cinética: Desenvolvimento de uma Skill Alex	74
Lucas Dias e José de Figueiredo	

ProC<>de - Plataforma colaborativa de aprendizado de algoritmos	82
Ricardo Germani, Anubis Rossetto e Adilso Souza	
Uma solução baseada em Spyware para Monitoramento em Computadores	93
Darlan Noetzold, Anubis G. M. Rossetto e Valderi R. Q. Leithardt	
Algoritmos genéticos aplicados à predição da Lotofácil: um enfoque na otimização de apostas	104
Camila Florao Barcellos, Bernardo Tomasi e João Mário Brezolin	
Seleção Alimentar: uma implementação de Algoritmo Genético	114
Estéfani Ferlin e João Mário Brezolin	
Uma análise sobre Algoritmo Genético na Resolução do Problema das 8 Rainhas	123
Bianca Evangelista, Marina Ferreira e João Mário Brezolin	
Spearmint: Uma solução para armazenamento descentralizado de provas de cyberbullying	131
João Daré Pinto, Valderi R. Q. Leithardt e Anubis Rossetto	
Desenvolvedores web com deficiência visual: Investigação da acessibilidade dos ambientes de desenvolvimento	143
Jorge Luis Boeira Bavaresco, Telmo De Cesaro Júnior, Mauro André Ré Júnior e Roger Lasch	
Aplicando conceitos de Clean Code no desenvolvimento de uma API com NodeJS, Express e PostgreSQL	154
Jorge Luis Boeira Bavaresco, Telmo De Cesaro Júnior, Mauro André Ré Júnior e Roger Lasch	
Sistema inteligente de reconhecimento de placas veiculares para automação de portões eletrônicos	165
Vanessa Debarba e João Mário Brezolin	

**Análise da vacinação da COVID-19 no Brasil utilizando
Apache Spark**

175

Manoel Leal, Mayara Ligia e Katarine Leal

Arquitetura baseada em microsserviços para a autenticação de multiaplicações

Willian Ricardo Schuck¹, Jorge Luis Boeira Bavaresco*, Roberto Wiest[†]

¹ Instituto Federal Sul-rio-grandense, Câmpus Passo Fundo

Resumo. *Este trabalho apresenta uma arquitetura para integração de login e logout em multiaplicações baseada em microsserviços. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica para encontrar tecnologias e implementar a solução em duas aplicações desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa de Computação Aplicada do Instituto Federal Sul-rio-grandense, câmpus Passo Fundo. A arquitetura proposta consiste em um microsserviço de autenticação que fornece a identidade dos usuários, permitindo que as aplicações iniciem suas sessões de forma transparente. Os resultados foram analisados por meio das requisições realizadas pelo navegador do cliente durante o processo de autenticação e navegação entre aplicações. Concluiu-se que a arquitetura proposta possibilita a autenticação federada de forma independente para cada aplicação, sem que os usuários precisem se reautenticar ao navegar entre elas.*

1. Introdução

Com um número crescente de sistemas sendo desenvolvidos, cada um para atender um propósito específico é comum que dentro de uma organização seja feito uso de diferentes sistemas, muitas vezes não integrados.

Este uso de diversos sistemas introduz a problemática da autenticação federada, também conhecida como Single Sign-On (SSO). Um sistema SSO permite que os usuários acessem vários recursos de uma rede com um único login [Stallings 2014].

A necessidade por maior disponibilidade e desenvolvimento rápido de software fez surgir o conceito de microsserviços. Em essência, os microsserviços são serviços pequenos e autônomos que trabalham em conjunto compondo um sistema maior [Newman 2015]. Cada microsserviço possui uma responsabilidade dentro deste sistema maior.

Neste trabalho é explorado a integração de sistemas distintos com um microsserviço responsável por autenticar e propagar o estado da sessão do usuário. Deste modo, todos os sistemas podem se abster da tarefa de autenticação do usuário e compartilhar o estado de login entre si. Mantendo também a independência entre as aplicações, que não precisam se conhecer ou compartilhar diretamente partes de sua estrutura.

Objetivou-se desenvolver uma arquitetura que permitisse que diferentes aplicações web compartilhassem identidade e sessão de login dos usuários de forma transparente, com um estudo de caso nas aplicações desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa de Computação Aplicada (GPCA) do IFSUL Câmpus Passo Fundo. As aplicações foram desenvolvidas separadamente, mas são utilizadas em conjunto, onde se almejava simplificar para os usuários o acesso entre elas.

*Coorientador do trabalho.

†Orientador do trabalho.

2. Referencial Teórico

A abordagem inicial de desenvolvimento de software é geralmente um sistema monolítico, que é adequado para sistemas pequenos e oferece vantagens como facilidade no processo de desenvolvimento, teste e implantação. No entanto, manter uma arquitetura monolítica pode se tornar difícil à medida que o sistema cresce, devido à maior complexidade, conflitos de alterações e dificuldade em o escalonar [Richardson 2018].

A autenticação é um processo importante, permitindo que usuários se identifiquem e acessem recursos protegidos. No entanto, o retrabalho de implementar esse processo em cada novo sistema é comum, mesmo quando os usuários são os mesmos. Além de consumir recursos humanos, essa abordagem pode levar a falhas de segurança. Para os usuários, realizar o login em várias aplicações pode ser um processo complicado e cansativo, muitas vezes levando a reutilização de senhas em diferentes serviços [Florêncio and Herley 2007].

Serviços são definidos como componentes autônomos e distribuídos que se comunicam através da rede utilizando protocolos conhecidos, são independentes em termos de linguagem de programação e implantação [Sommerville 2011]. Os chamados microsserviços são serviços menores que possuem uma responsabilidade única dentro de um sistema, se espera que um microsserviço possa ser reescrito em um período de cerca de duas semanas [Newman 2015].

2.1. Comunicação entre serviços

A comunicação entre serviços é realizada através da definição de suas interfaces que são expostas através da rede para serem invocadas por outras aplicações. Dois protocolos se destacam na construção de serviços web são o *Simple Object Access Protocol* (SOAP) e o *Representational State Transfer* (REST).

De acordo com [Richardson and Ruby 2007], o protocolo SOAP é robusto, mas pode ser complexo demais para certos casos em que o HTTP seria suficiente. Em contrapartida, o modelo REST é simples e se preocupa mais com regras básicas da transferência de estado do que com a definição de uma estrutura de mensagens ou um modelo arquitetônico. Ao utilizar o modelo REST, é possível definir as funções executadas pelo servidor a partir da combinação da URL e do método HTTP. Os cabeçalhos enviados com a solicitação HTTP também podem alterar a estrutura dos dados retornados. [Battle and Benson 2008]

2.2. Autenticação e sessões

O processo de autenticação consiste na validação da identidade de um usuário ou sistema na qual algo unicamente conhecido pelo requerente é solicitado. Podendo este algo ser algo que ele sabe, tal como uma senha, ou algo que ele é, como no caso da biometria, ou algo que ele possui, como um telefone celular ou *smart card* [Stallings 2014]. Depois de realizada a autenticação cabe ao sistema manter uma identificação válida do cliente que permita determinar quais das ações solicitadas ele está autorizado a realizar.

Ao desenvolver uma aplicação web, é comum que algumas configurações precisem ser mantidas entre diferentes requisições feitas pelo mesmo usuário. Para armazenar essas informações, é possível incluir um identificador nas requisições do cliente.

Segundo [Brown 2019], um método comum para fazer isso é através do uso de cookies. Os cookies consistem em uma informação enviada pelo servidor para o navegador e que é lembrada por um determinado período de tempo.

Para manter estados em aplicações web, o uso de *cookies* é uma opção comum. No entanto, [Brown 2019] aponta o *localStorage* como uma alternativa. Segundo [MDN Web Docs], o *localStorage* é um objeto que permite que os dados sejam armazenados localmente pelas aplicações no navegador. Esses dados permanecem vinculados à sua origem, que é definida pelo protocolo, *hostname* e porta de serviço. Por exemplo, em `http://localhost:80`, o protocolo é o HTTP, o *hostname* é o "localhost" e a porta é 80. Além disso, os dados armazenados em uma origem não são acessíveis por aplicações que estão em um domínio diferente.

Para identificar o usuário existem algumas opções, criar e gerenciar uma sessão e armazenar o identificador da sessão no dispositivo do usuário ou gerar um *token* de acesso que permite a verificação da autorização do cliente, deste modo o estado da aplicação não é armazenada pelo servidor.

A fim de garantir a segurança do processo de assinatura de tokens, é essencial que apenas o servidor com autoridade seja capaz de o realizar. Quando várias aplicações precisam validar um token, é recomendável utilizar um algoritmo de chaves assimétricas no lugar de um algoritmo de criptografia simétrico. Isso pois o uso de chaves assimétricas resolve os problemas de distribuição de chaves e permite a comunicação sem a necessidade de um pré-acordo [Trinta and Macêdo 1998].

Um tipo de *token* conhecido como *JSON Web Tokens* (JWT) permite que informações sejam armazenadas e assinadas. Sua estrutura é composta por três partes, o cabeçalho, corpo e assinatura. No cabeçalho se define o algoritmo de criptografia utilizado para assinatura, no corpo são inseridas as informações desejadas no formato JSON, por fim a assinatura é gerada através do cálculo de uma função *hash* gerada a partir da concatenação do conteúdo do cabeçalho e do corpo. A assinatura e seu nível de segurança depende do tipo de algoritmo criptográfico utilizado. Esse tipo de *token* permite a validação da sua integridade e autenticidade através da verificação da assinatura [Jones et al. 2015].

2.3. Trabalhos correlatos

[Bánáti et al. 2018] realizaram um estudo onde compararam possíveis soluções para a orquestração do processo de autenticação e autorização. A aplicação alvo, um sistema de telemedicina, foi decomposto em microsserviços e desenvolveu-se um orquestrador que serviu para remover dos microsserviços a responsabilidade pela autorização. O login no sistema descrito pode ser realizado através de provedores de identidade externos como o Google.

Nos estudos de [Barabanov and Makrushin 2020] são explorados padrões de autenticação e autorização utilizados pela comunidade em aplicações que implementam a arquitetura de microsserviços. São expostos os pontos positivos e negativos de se utilizar cada modelo. Os autores destacam que a utilização de uma arquitetura de microsserviços cria novos desafios para manter a segurança das aplicações.

[He and Yang 2017] explora os métodos de autenticação que podem ser utilizados

para autenticar o usuário final em uma aplicação de microsserviços. São descritos no estudo desafios enfrentados no processo de autenticação e autorização, um ponto interessante é a solução exposta para o problema da invalidação de *tokens*.

3. Metodologia

Como estudo de caso foi realizada a integração da autenticação entre duas aplicações desenvolvidas pelo Grupo de Pesquisa de Computação Aplicada do IFSul Campus Passo Fundo. A primeira aplicação é o *Agent Based Insect Simulation Model – Graphical User Interface* (ABISM-GUI) [Rossi et al. 2020]. O ABISM-GUI foi desenvolvido com as tecnologias Node.js e PostgreSQL no servidor e Vue.js para a criação da interface web. A segunda aplicação é uma PWA que permite o registro de experimentos e parâmetros envolvidos, permitindo a coordenação de experimentos sobre a dinâmica populacional de afídeos em ambientes controlados [Velasco and Bavaresco 2021].

Objetivando ser uma aplicação de fácil manutenção foi escolhida a linguagem JavaScript e o ambiente de execução NodeJS em sua versão 17. Esta escolha teve fundamento na pesquisa realizada por [StackOverflow 2021], onde a linguagem JavaScript foi eleita uma das popularmente mais conhecidas entre os desenvolvedores no ano de 2021 e também por contar com uma ampla gama de extensões para aplicações web¹. O NodeJS foi escolhido por ser o principal ambiente de execução do mercado e ter um maior suporte da comunidade, alternativas são o Deno ou o recém lançado Bun. O banco de dados PostgreSQL foi escolhido por ser um software *opensource* e já validado pela comunidade. Ainda, a base de dados AgroDB também faz uso do PostgreSQL, sendo mais um fator que colaborou com a escolha [Lazzaretti et al. 2016].

Para o desenvolvimento do serviço foram utilizadas algumas bibliotecas, sendo as principais a *express*² que é responsável pela administração de requisições e respostas, o pacote *knex*³ e *pg*⁴ para a montagem de *queries* com o banco de dados e os pacotes *cors*, *jsonwebtoken*⁵ para complementar o serviço.

O serviço consiste de uma API e uma interface web que permite a autenticação dos usuários. A interface foi criada com *ReactJS* e a biblioteca de componentes *MantineUI*. Para a implantação foi criado um *script* que realiza o *build* da interface e outro que inicia a execução da aplicação no servidor.

Concluído o desenvolvimento do serviço, realizou-se a integração das aplicações do GPCA, o ABISM-GUI e a AgroExp. A integração foi validada executando os ambientes localmente e hospedados na DigitalOcean em domínios distintos registrados através da GoDaddy. Por fim foram realizados testes para a validação das funcionalidades.

4. Arquitetura Proposta

Foi desenvolvido um microsserviço que atua como provedor de identidade, este serviço é independente das demais aplicações e sua responsabilidade é realizar a manutenção de usuários e geração de identidades. Através desse microsserviço são expostas interfaces

¹<https://www.npmjs.com/>

²<https://expressjs.com/pt-br/>

³<https://www.npmjs.com/package/knex>

⁴<https://www.npmjs.com/package/pg>

⁵<https://www.npmjs.com/package/jsonwebtoken>

web para a realização da autenticação e uma API para permitir que aplicações consigam se comunicar com o provedor de identidade (Figura 1).

De acordo com o grau de desacoplamento das aplicações é possível desenvolver o serviço operando com uma base de dados exclusiva ou compartilhada com as demais aplicações. O provedor de identidade é uma peça de software separada dos demais sistemas, isso permite que manutenções sejam realizadas sem a necessidade de alterações ou reimplantações dos sistemas dependentes.

O provedor de identidade e as aplicações se comunicam de duas formas, através de requisições HTTP e fazendo uso de redirecionamentos. Nos redirecionamentos é feito uso de parâmetros para trafegar as informações entre os sistemas.

Para operar, o serviço precisa conhecer as aplicações integrantes do ecossistema e ter posse das informações dos usuários, também é necessário manter um registro das identidades invalidadas. Dos usuários as informações fundamentais que o provedor de identidade precisa conhecer são o seu nome de usuário e a sua senha. Para as aplicações são registrados a url de redirecionamento, um identificador único, o nome da aplicação e a url de uma imagem.

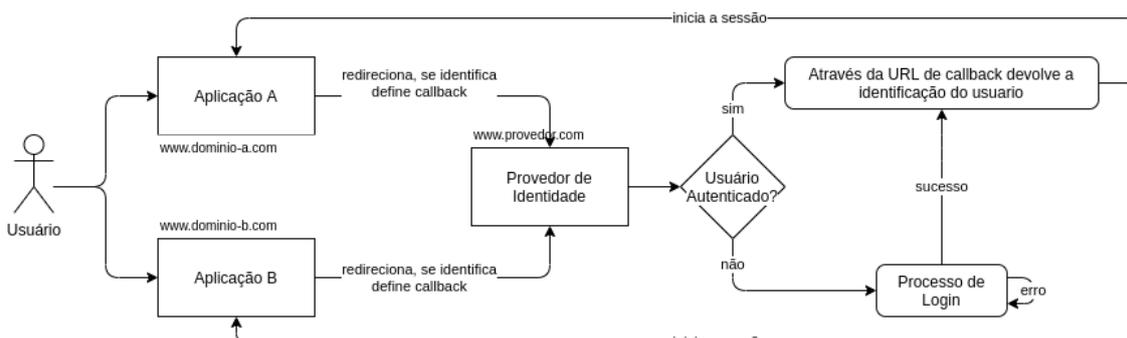


Figure 1. Modelo da arquitetura.

Todo processo de autenticação é realizado somente através do provedor de identidade. Ao realizar o acesso em uma aplicação e sem estar autenticado o usuário é redirecionado ao provedor de identidade, onde é exibido um formulário de login. Durante o redirecionamento a aplicação se identifica através do parâmetro *appId*. Esta identificação permite ao provedor de identidade determinar para onde devem ser enviadas as informações do usuário quando a autenticação for concluída, é também este parâmetro que permite a customização do formulário de login.

Ao concluir a autenticação, o início de sessão com o provedor de identidade é realizado. Esta sessão é mantida através do JWT gerado com a identidade do usuário. Se, ao concluir a autenticação houver o parâmetro *appId*, presente na url, o serviço busca a aplicação correspondente cadastrada e então realiza o redirecionamento para a url de *callback* configurada, incluindo o *token* de identidade. Caso não haja o parâmetro *appId* ou este seja inválido, o usuário é redirecionado para a *dashboard* do provedor de identidade.

Os dados referentes a identidade do usuário são empacotados em um JWT que é assinado com a chave privada do provedor de identidade. A identificação é composta pelo nome de usuário, o tipo deste usuário e seu e-mail. A identidade gerada tem um tempo de

expiração de quatro horas, este valor foi escolhido por ser metade do tempo de trabalho médio diário e a assinatura garante que somente o provedor de identidades possa a ter gerado.

No momento em que o usuário já está autenticado com o provedor de identidade, o início de sessão com as aplicações é realizado de forma automática. Isto pois, ao realizar o acesso a uma aplicação diferente, esta redirecionará o usuário para o provedor de identidade fornecendo o seu *appId*, e então já havendo uma sessão autenticada com o provedor de identidade não é necessário solicitar novamente os dados de login, sendo possível realizar o redirecionamento do usuário de volta para a aplicação de origem com o *token* de identidade da sessão atual.

Para a integração é preciso realizar alguns ajustes nas aplicações. A aplicação para se integrar com o serviço deve possuir um mecanismo de processar o *token* recebido através do redirecionamento realizado pelo provedor de identidade. Para validar o *token* a aplicação deve ter conhecimento da chave pública do provedor de identidade, pois é ela que garante que o *token* informado é legítimo. Idealmente, deve-se remover quaisquer outras formas de login, mantendo somente o início de sessão obtido através da validação do *token*.

Cada aplicação administra a sua sessão de forma independente, realizando o início a partir da validação do *token* de identidade. Esta abordagem permite que aplicações criadas com diferentes tecnologias se integrem com o provedor de identidade. Um detalhe importante é que o início da sessão local em cada aplicação somente é realizado quando houver uma tentativa de acesso feita pelo usuário.

Embora as sessões sejam administradas de forma independente é desejável que exista um mecanismo que as invalide simultaneamente. Para isso o *token* de identidade é armazenado por cada aplicação ao realizar o início de sessão. Na API exposta pelo provedor de identidade há dois *endpoints*, um para a realização da validação do *token* e outro para a invalidação.

Para que o *logout* em um aplicativo tenha efeito nos demais, é preciso que ao finalizar a sessão a aplicação envie uma requisição de invalidação do *token* para o provedor de identidade. Assim, enquanto possuírem uma sessão local válida aplicações devem realizar a validação do seu *token* de identidade com a API do provedor de identidade para garantir que a sessão do usuário ainda é válida.

4.1. Integrações

Para a integração do login com o ABISM-GUI, foram necessários ajustes na interface e na sua API. Foi criado um componente que responde ao método GET na rota */externalAuth* e recebe o token de identificação informado na URL. O processo de logout também sofreu alterações, com uma requisição POST para o provedor de identidade na rota */api/logout* com o token de identidade, invalidando a sessão para as demais aplicações.

No AgroExp, a tela de login passou a ser responsável pelo recebimento e processamento do token de identidade, com validação ocorrendo através da API do AgroExp obtendo como retorno um JWT no formato já utilizado pela aplicação. O processo de logout no AgroExp também é realizado com uma requisição POST para o provedor de identidade na rota */api/logout* com o token de identidade que foi utilizado para inicializar

a sessão.

5. Resultados e discussões

A partir do ambiente implantado foi possível analisar o funcionamento da arquitetura, observando a separação em diferentes domínios. A validação consistiu na verificação do sistema através de testes manuais, onde foi realizado o procedimento de login a partir de diferentes pontos bem como o logout, verificando se as demais aplicações respondiam ao status de autenticação atual.

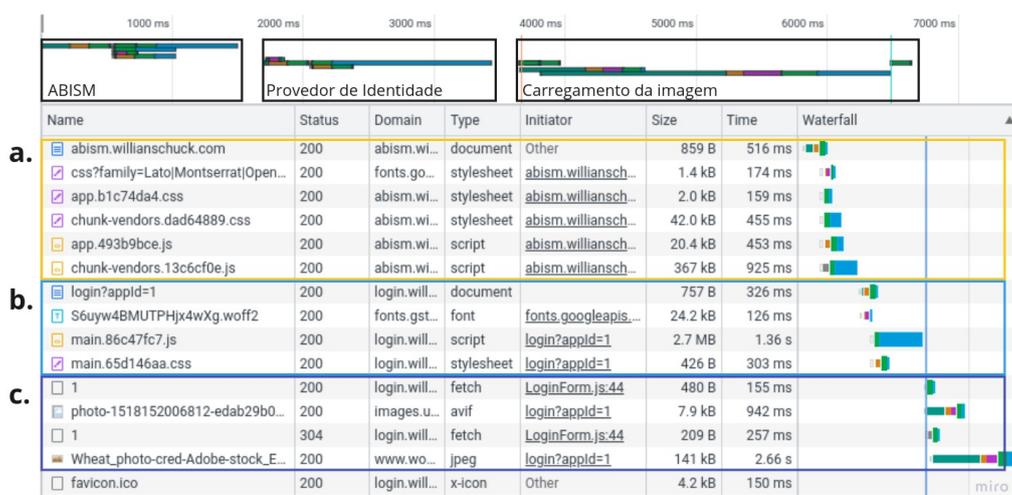


Figure 2. Tempo de carregamento e redirecionamentos.

Através da Figura 2, visualiza-se as requisições realizadas durante o primeiro acesso a uma das aplicações federadas. Na Figura 2 (a) apresenta-se as requisições direcionadas ao domínio do ABISM-GUI e são referentes ao carregamento dos arquivos da aplicação no navegador do cliente. Na Figura 2 (b) são observadas as requisições direcionadas ao domínio do provedor de identidade. Ocorre que o ABISM ao perceber que o usuário não está logado, realizou um redirecionamento ao serviço de login informando a sua identificação através do parâmetro `appid=1` presente na coluna *Initiator*, neste momento é exibido para o usuário o formulário de login do provedor de identidade. A Figura 2 (c) refere-se as requisições responsáveis pela obtenção dos dados da aplicação para a customização do formulário, como o carregamento do nome e imagem de fundo correspondentes a aplicação identificada.

Na Figura 3, é apresentado o formulário de login do provedor de identidade. É necessário destacar que a interface e o domínio são os mesmos, embora pareçam formulários distintos, esta customização é realizada através do parâmetro `appid` que permite obter os dados da aplicação federada neste caso a esquerda está o formulário original e a direita o customizado para o acesso do ABISM-GUI. Esta customização permite dar ao usuário um indicativo visual de qual aplicação ele está acessando.

Quando o usuário já está autenticado com o provedor de identidade e realiza o acesso a uma aplicação onde ainda não haja sessão são realizadas duas ações. A primeira ação é o redirecionamento realizado pela aplicação à tela de login do provedor de identidade. A segunda ação é realizada pelo provedor de identidade, que ao perceber que

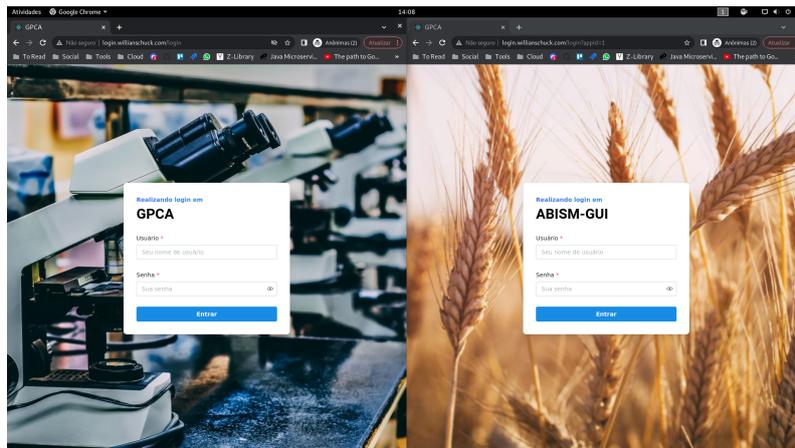


Figure 3. Interface de login customizada para cada aplicação.

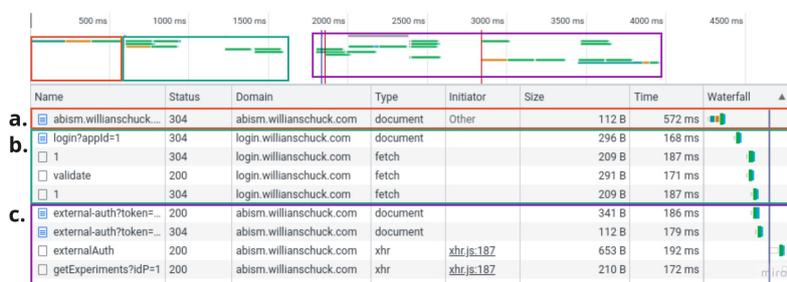


Figure 4. Requisições quando já há autenticação.

o usuário está autenticado através da sessão própria, redireciona para a url de *callback* da respectiva aplicação com o *token* de identidade. Ao receber o *token* de identidade a aplicação consegue inicializar a sua sessão local com o usuário.

As etapas do início da sessão local de uma aplicação quando o usuário está autenticado com o provedor de identidade podem ser visualizadas na Figura 4. Na Figura 4 (a) se observa a requisição inicial para o acesso da aplicação, que por não ter uma sessão com o usuário realiza o redirecionamento ao provedor de identidade. O provedor de identidade verifica que o usuário está autenticado com ele e devolve para a aplicação o *token* de identidade, conforme visto nas requisições Figura 4 (b). Por fim, apresentadas na Figura 4 (c), estão as requisições à aplicação que recebe o *token* e inicializa a sessão local.

Ao realizar o logout em uma das aplicações o *token* de identidade é invalido e consequentemente as sessões do usuário, quando validadas com o provedor de identidade, serão encerradas. Através da Figura 5 (a) é possível visualizar as ações tomadas pela aplicação ao descobrir que o *token* de identidade foi invalidado, ao realizar a request de nome *validate* a aplicação toma conhecimento que a sessão não é mais válida e procede com o encerramento da sessão local, por fim redirecionando para a tela de login do provedor de identidade.

5.1. Limitações

Por trafegar o *token* de identidade através de requisições HTTP é essencial que seja utilizada a versão segura do protocolo, garantindo que as informações sejam encriptadas

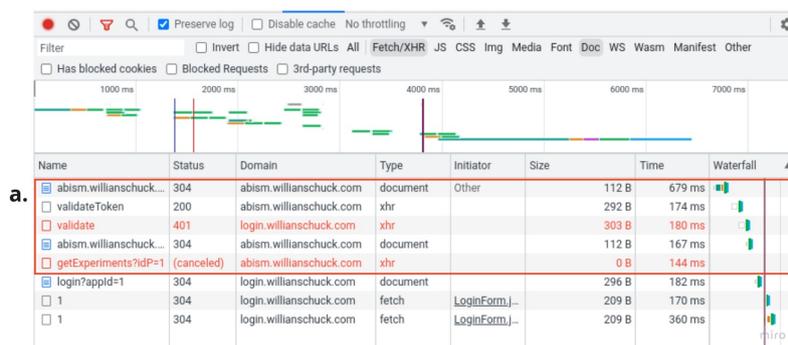


Figure 5. Requisições do logout federado.

durante a comunicação entre aplicações e o serviço.

O processo e *logout* embora seja global, depende que as aplicações realizem a validação do *token* diretamente com o provedor de identidade em situações críticas. Isto é necessário pois uma aplicação pode, por exemplo, ter uma sessão que expira em uma semana, enquanto o usuário tenha desconectado a partir de outra aplicação bem antes deste tempo.

Esta arquitetura permite o compartilhamento da identidade e status de autenticação, porém nesta configuração não foi implementado um mecanismo para que as aplicações obtenham mais informações do usuário autenticado a partir do provedor de identidade.

6. Conclusão e trabalhos futuros

A arquitetura proposta trouxe uma forma de abstrair o processo de autenticação através de um microsserviço responsável pelo gerenciamento de identidades, de modo que as aplicações possam manter uma independência no gerenciamento de suas sessões, porém de forma transparente para realizar a autenticação federada através do microsserviço.

Outros trabalhos observam as tecnologias envolvidas e trabalham criando uma camada de autenticação para uma única aplicação que se relaciona com múltiplos microsserviços. O diferencial deste trabalho está na integração do processo de autenticação e gerenciamento de sessão através de aplicações que apresentam uma independência entre si, sendo o elo central o serviço de identidades que serve como autoridade, dessa forma o SSO é interno e transparente a organização e não precisa ser reintegrado em cada aplicação, como seria o caso ao se utilizar um provedor externo.

Em comparação com outros protocolos como OAuth2 e OpenID a arquitetura proposta traz uma solução semelhante, porém simplificada, tendo como enfoque a propagação e gerenciamento da sessão do usuário. O protocolo OAuth2 pode ser interessante quando a entidade responsável por gerir as identidades queira controlar também outros dados e limitar o acesso de outros recursos dos usuários, mas isso a custo de tornar este processo mais complexo.

O modelo apresentado serve como uma base para a integração da autenticação federada, podendo ser facilmente adaptado para atender a diferentes demandas. Os blocos fundamentais incluem um provedor de identidade confiável, um mecanismo de

comunicação seguro e eficiente entre as aplicações e meios de invalidar as sessões.

Pensa-se em estender o provedor de identidades para possibilitar a gerência de usuários e aplicações através de uma interface web, bem como implementar diferentes formas de customizar o formulário de login e a identidade compartilhada. Também em trabalhos futuros busca-se a validação do modelo proposto, verificando o sucesso e possíveis dificuldades foram enfrentadas durante e após a implementação. Ainda poder-se-á obter o feedback dos usuários para se desenvolver uma análise em relação ao tempo envolvido na tarefa de autenticação e assim realizar uma comparação detalhada com outras soluções.

References

- Barabanov, A. and Makrushin, D. (2020). Authentication and authorization in microservice-based systems: survey of architecture patterns. *arXiv preprint arXiv:2009.02114*.
- Battle, R. and Benson, E. (2008). Bridging the semantic web and web 2.0 with representational state transfer (rest). *Journal of Web Semantics*, 6(1):61–69. Semantic Web and Web 2.0.
- Brown, E. (2019). *Web development with node and express: leveraging the JavaScript stack*. O'Reilly Media.
- Bánáti, A., Kail, E., Karóczkai, K., and Kozlovszky, M. (2018). Authentication and authorization orchestrator for microservice-based software architectures. In *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pages 1180–1184.
- Florêncio, D. A. F. and Herley, C. (2007). A large-scale study of web password habits. In *WWW '07*.
- He, X. and Yang, X. (2017). Authentication and authorization of end user in microservice architecture. *Journal of Physics: Conference Series*, 910:012060.
- Jones, M., Bradley, J., and Sakimura, N. (2015). JSON Web Token (JWT). RFC 7519.
- Lazzaretti, A. T., Fernandes, J. M. C., Pavan, W., Toebe, J., and Wiest, R. (2016). AgrodB—integration of database management systems with crop models. *INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL MODELLING AND SOFTWARE, 8., 2016, Toulouse, France. Proceedings... Manno, Switzerland: International Environmental Modelling and Software Society, 2016*.
- MDN Web Docs. Window.localStorage - web apis: Mdn. <https://developer.mozilla.org/en-us/docs/web/api/window/localstorage>.
- Newman, S. (2015). *Building Microservices*. O'Reilly, São Paulo, 1 edition.
- Richardson, C. (2018). *Microservices Patterns: With examples in Java*. Manning.
- Richardson, L. and Ruby, S. (2007). *RESTful Web Services*. O'Reilly, Beijing.
- Rossi, V., Lau, D., Lazzaretti, A., and Wiest, R. (2020). ABISM-GUI – uma interface gráfica para o modelo de simulação ABISM (Agent Based Insect Simulation Model). *MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15.; MOSTRA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TRIGO*, page 49.

- Sommerville, I. (2011). *Engenharia de Software*. PEARSON, São Paulo, 9 edition.
- StackOverflow (2021). Stack overflow developer survey 2021. <https://insights.stackoverflow.com/survey/2021>.
- Stallings, W. (2014). *Criptografia e segurança de redes: princípios e práticas*. PEARSON, São Paulo, 6 edition.
- Trinta, F. A. M. and Macêdo, R. C. d. (1998). Um estudo sobre criptografia e assinatura digital. *Pernambuco: DI/UFPE*.
- Velasco, R. A. M. and Bavaresco, J. L. B. (2021). Pwa com react para coordenação de experimentos sobre dinâmica populacional de insetos em ambientes controlados. http://jic.ifsul.edu.br/exibe_projeto_exposicao_virtual.php?codprojeto=1360.

Uma Revisão Sistemática sobre Abordagens para Modelagem de Aluno em Sistemas de Aprendizagem Adaptativos

Telmo De Cesaro Júnior¹, André Fernando Rollwagen¹, Jorge Luis Boeira Bavaresco¹, Rodrigo Otávio de Oliveira¹, Vinícius Carvalho Beck²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Campus Passo Fundo (IFSul - PF), Passo Fundo, RS, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, Campus Visconde da Graça (IFSul - CAVG), Pelotas, RS, Brasil.

{telmojunior, viniciusbeck, andrerollwagen, jorgebavaresco, rodrigootavio}@ifsul.edu.br

Abstract. *Modern pedagogical theories indicate the need to adapt teaching strategies, based on the characteristics of the student, in order to raise levels of learning. Currently, there is a growing movement towards the introduction of adaptivity in virtual learning environments. Therefore, this work presents a systematic literature review on the CAPES/MEC Portal of Journals, to select scientific articles, published between 2019 and 2021, that addressed experiments and theoretical aspects. 22 works were selected, which were studied to evaluate the use of learning styles, cognitive, behavioral and emotional characteristics in the student's modeling. The results indicate the lack of standardization in the evaluation of the proposed approaches in terms of learning. The need to use data mining techniques, open models and deep learning was also identified.*

Resumo. *As teorias pedagógicas modernas indicam a necessidade de adaptação das estratégias de ensino, com base nas características do estudante, para elevar os níveis de aprendizagem. Atualmente, observa-se um movimento crescente em direção à introdução de adaptatividade nos ambientes virtuais de aprendizagem. Sendo assim, neste trabalho é apresentada uma revisão sistemática de literatura no Portal de Periódicos da CAPES/MEC, para selecionar artigos científicos, publicados entre 2019 e 2021, que abordaram experimentos e aspectos teóricos. Foram selecionados 22 trabalhos, os quais foram estudados para avaliar a utilização de estilos de aprendizagem, características cognitivas, comportamentais e emocionais na modelagem de aluno. Os resultados indicam a falta de padronização na avaliação das abordagens propostas em termos de aprendizado. Identificou-se também a necessidade de utilização de técnicas de mineração de dados, modelos abertos e aprendizado profundo.*

1. Introdução

Nas últimas décadas têm se observado a disseminação da educação a distância através da utilização de equipamentos eletrônicos e do acesso à internet, demandando o aprimoramento das tecnologias educacionais. A partir das teorias pedagógicas centradas no aluno, a adaptação [Brusilovsky e Milan, 2007; Martins et al., 2008] dos sistemas educacionais com base nas características e necessidades individuais do estudante é cada vez mais esperada para elevar a qualidade da educação a distância. Esta demanda tem atraído a atenção da comunidade acadêmica mundial. Este cenário tem motivado discussões sobre uma estrutura conceitual para a aprendizagem individualizada [Tseng et al., 2008; Brusilovsky e Henze, 2007].

Os sistemas educacionais, também conhecidos na literatura inglesa como *Learning Management Systems* (LMS), são utilizados geralmente na educação a distância e na modalidade presencial para a disponibilização do material didático em diversas mídias, organização de atividades avaliativas e a interação entre professores e alunos. Como exemplos de LSM, temos os Cursos Online Abertos e Massivos (MOOC) disponibilizados em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), como o Moodle e TelEduc. Atualmente, várias instituições de ensino, públicas e filantrópicas, tem utilizado o AVA como uma ferramenta de apoio para suas atividades de ensino. Em termos de aprimoramento desses sistemas, observa-se um movimento crescente em direção à inclusão de adaptatividade. Nesse sentido, a disponibilização de conteúdo adaptado em LMS originou os chamados Sistemas Adaptativos e Inteligentes para Educação (SAIE) [Brusilovsky, 2001; Brusilovsky e Peylo, 2003]. Esses sistemas não representam uma categoria totalmente nova de sistemas educacionais, tendo ligação com os: Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e Sistemas de Hipermídia Adaptativa (SHA) [Iglesias et al., 2008].

No SAIE, também conhecido na literatura inglesa como *Adaptive Learning Environments* (ALE) ou *Adaptive Learning Systems* (ALS), a adaptatividade representa a capacidade do sistema de alterar suas características e estados de comportamento para auxiliar os tutores no fornecimento de estratégias eficazes de ensino e instrução [Chrysafiadi e Virvou, 2015; Ma et al., 2014]. No caso do SHA é utilizado conteúdo hipermídia para fornecer diferentes tipos de aprendizagem adaptativa, como: apresentação do conteúdo, navegação e trilhas para a aprendizagem com base nas características dos estudantes [De Bra et al., 1999; Shute e Zapata-Rivera, 2007; Somyürek, 2009].

O significado do termo adaptatividade para este trabalho está em consonância com a definição apresentada por Plass e Pawar (2020). Estes autores consideram como a capacidade de um sistema de aprendizagem de diagnosticar um conjunto de variáveis do aluno e de se adaptar as necessidades destes, realizando ajustes apropriados com o objetivo de elevar os resultados da aprendizagem. O termo “resultados de aprendizagem” é relacionado ao objetivo de uma atividade de aprendizagem, que pode ser alterado em função do conhecimento, habilidades ou atitudes de um aluno.

Sendo assim, percebe-se que a adaptação em SAIE é objeto de intensa pesquisa e discussão por parte de pesquisadores de uma diversidade de áreas. Como ressaltado por Abyaa et al. (2020), a escolha das informações que irão compor o LM, bem como, a forma como esses dados serão obtidos e atualizados durante o processo de fornecimento de adaptatividade, constituem um aspecto técnico relevante a ser analisado.

Portanto, o objetivo desse trabalho é analisar as principais técnicas utilizadas nas pesquisas sobre modelagem de aluno em sistemas de aprendizagem adaptativos. Para alcançar este propósito foi realizada uma revisão sistemática na literatura. Nas próximas seções são detalhados: conceitos iniciais, referencial teórico, a metodologia aplicada para seleção dos trabalhos, discussão sobre as contribuições e por fim, as considerações finais.

2. Conceitos Iniciais

Segundo Abyaa et al. (2020), os SAIE são constituídos, na maioria dos casos, por quatro modelos [Vandewaetere et al., 2011; Vagale e Niedrite, 2012; Chrysafiadi e Virvou, 2015; Shute e Towle, 2003]: (i) Modelo de Mídia: também conhecido como Modelo Instrucional ou Modelo de Apresentação, que mapeia as interações entre o estudante, sistema e apresentação do conteúdo. (ii) Modelo de Domínio: também denominado como Modelo de Conteúdo, representa o conhecimento a ser aprendido; (iii) Modelo de Adaptação: também designado como Motor Adaptativo tem como finalidade adaptar os recursos e trilhas de aprendizagem com as necessidades do estudante e; (iv) Modelo de Aprendizagem (LM): também conhecido como Modelo de

Aluno, é uma representação abstrata das características cognitivas e não cognitivas do aluno em um sistema adaptativo [Shute e Zapata-Rivera, 2007; Vagale e Niedrite, 2012; Somyürek, 2009].

Com base nessa organização, as informações contidas no LM constituem a base de adaptação no SAIE, uma vez que os dados desse modelo são combinados, através do Modelo de Adaptação (MA), com os recursos educacionais, armazenados no Modelo de Domínio (MD), disponibilizando a apresentação de conteúdo adaptado através do Modelo de Mídia (MM). Portanto, o LM é considerado o principal módulo em um SAIE [Abyaa et. al., 2019].

O processo de modelagem de aluno consiste na coleta e atualização contínua de dados sobre o estudante através de mecanismos pré-definidos [Vagale e Niedrite, 2012]. Segundo Abyaa et al., (2020), este processo possui os seguintes passos: (i) inicialização ou coleta de dados relacionada às características do aluno; (ii) construção/definição do modelo (LM) e; (iii) atualização do LM através do rastreamento das atividades do aluno [Somyürek, 2009; Vagale e Niedrite, 2012].

Sobre as características do aluno, destacam-se os Estilos de Aprendizagem (EA), ou, como referido em alguns trabalhos, preferências de aprendizagens. Na literatura encontram-se várias definições para EA. Felder e Brent (2005) definem EA como características cognitivas e comportamentos psicológicos que servem como indicador de como o estudante percebe, interage e responde aos ambientes de aprendizagem. De acordo com Gilbert e Han, (1999), todos nós temos preferências de aprendizagem que nos permitem aprender de forma mais eficaz. Quando inseridos num ambiente de aprendizagem que apoia os seus EA, estudantes têm um maior nível de compreensão.

Vários modelos de EA foram propostos: Myers e Mccauley, 1985; Kolb et al., 1984; Honey e Mumford, 1992; Entwistle, 1981; Pask, 1976; Felder e Silverman, 1988; Fleming e Milss, 1992. Cada um descreve diferentes aspectos de como os alunos preferem aprender. Nesse sentido, destaca-se o FSLSM que classifica o indivíduo de acordo com sua maneira de aprender: ativo/reflexivo, sensorial/intuitivo, visual/verbal e sequencial Felder e Silverman (1988). O modelo VARK classifica os alunos de acordo com as preferências sensoriais para aprender: visual, auditivo, leitores/escritos e cinestésico Fleming e Milss (1992).

3. Procedimentos Metodológicos

A metodologia empregada neste trabalho é de natureza qualitativa, caracterizando uma investigação científica com o propósito de selecionar estudos relevantes sobre uma questão formulada. Nesse sentido, propõe-se, uma revisão sistemática para avaliar um conjunto de artigos científicos. Os esforços serão dirigidos para coletar evidências empíricas aderentes a critérios de elegibilidade pré-definidos para responder a seguinte pergunta de pesquisa: existe um conjunto de características do aluno que devem ser observadas na construção do LM?

Sendo assim, foi realizada uma pesquisa para encontrar artigos científicos disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES/MEC, publicados no período de 2019 a 2021, vinculados ao tópico *Education*, em qualquer idioma. As palavras-chave utilizadas para a busca no título e resumo foram: *Adaptive learning systems model* e *learning styles*. Com a aplicação desses filtros em fevereiro de 2021, foram encontrados 107 artigos.

Em seguida foram aplicados os seguintes critérios de elegibilidade para selecionar ou descartar artigos a partir da leitura do título, resumo, conclusão, e em alguns casos, também pela análise dos materiais e métodos utilizados:

- Trabalho no idioma inglês, publicado em periódico e revisado por pares;
- Implementação prática (empírico) ou teórica de modelagem de aluno em SAIE;
- Trabalho de revisão sistemática de literatura sobre modelagem de aluno em SAIE;

Com base nestes critérios foram selecionados 22 artigos científicos e posteriormente analisados na íntegra. Com esta sistematização, espera-se minimizar os vieses, fornecendo resultados mais confiáveis em relação às revisões narrativas. Na sequência são apresentados os resultados e as discussões geradas.

4. Resultados

Os 22 artigos selecionados são listados no endereço¹. A coluna “Tipo” indica se o trabalho refere-se a uma revisão de literatura, aplicação prática da abordagem proposta (Empírico) ou apenas um detalhamento teórico sobre uma determinada abordagem, sem validação. A coluna “Características” indica quais dados do aluno foram utilizados e a forma como foram obtidos: implícita (automática) ou explícita (questionários). Por fim, a coluna “Técnica” representa os recursos tecnológicos empregados para o processamento das informações e/ou agrupamento dos alunos.

Em relação aos tipos dos trabalhos selecionados: quatro trabalhos são revisões sistemáticas da literatura: Abyaa et al. (2020), Plass e Pawar (2020), Rasheed e Wahid (2019) e Shemshack e Spector (2020). Os demais (18) são trabalhos empíricos. Entre os trabalhos empíricos, a maioria utilizaram EA : Qaffas et al. (2020), Azzi et al. (2020), Saâdi et al. (2020), El Aissaoui et al. (2019), El-Bishouty et al. (2019), Seyed e Zahra (2019), Kolekar et. al (2019), Luo et al. (2020), Mamcenko et al. (2019), Mwambe et al. (2020), Qodad et al. (2020), Vagale et al. (2020) e Zhang et al. (2020). Destes, apenas cinco aplicaram técnicas para a obtenção automática de características: Azzi et al. (2020), El Aissaoui et al. (2019), Kolekar et. al (2019), Luo et al. (2020) e Mwambe et al. (2020).

A maioria dos trabalhos empíricos utilizaram recursos explícitos, como questionários, para a obtenção de dados: Qaffas et al. (2020), Saâdi et al. (2020), El-Bishouty et al. (2019), Fatahi (2019), Jafari e Abdollahzade (2019), Mamcenko et al. (2019), Qodad et al. (2020), Vagale et al. (2020), Wu e Lai (2019), Xie et al. (2019) e Zhang et al. (2020).

Com a análise detalhada dos 22 trabalhos selecionados foi possível identificar alguns aspectos destacados nas revisões de Abyaa et al. (2019), Shemshack e Spector (2020) e Rasheed e Wahid (2019), como a avaliação dos modelos propostos. Nesse sentido, nenhum trabalho apresentou resultados conclusivos, pois, segundo os autores, ainda estão sendo desenvolvidos testes comparativos com outros modelos e/ou averiguações do desempenho dos estudantes. Como exemplo, os trabalhos de: Aqaffas et al. (2020), Azzi et al. (2020), Saâdi et al. (2020) e Luo et al. (2020).

Verificou-se também que a maioria dos trabalhos que desenvolveram rotinas para a aquisição automática de características do aluno. Nesse sentido, técnicas de mineração de dados, como os algoritmos de agrupamento (Fuzzy C-Means, K-means, entre outros) e inteligência artificial (raciocínio baseado em casos, redes neurais profundas, entre outras), foram empregados para a extração e processamento de informações, confirmando a tendência destacada na revisão de Abyaa et al. (2020). Em termos de dados comportamentais, destacam-se os trabalhos de Luo et al. (2020), que avaliaram uma rotina de rastreamento ocular para identificar de forma automática visualizadores e verbalizadores, conforme o modelo FSLSM e o trabalho de Mwambe et al. (2020), que utilizaram sensores oculares para observar a dilatação da pupila dos

1 Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1Hhs2-9RBEJ-ZQFpr66eLKG-JsIGTXMiz/view?usp=sharing>

alunos para identificar a motivação dos alunos em tempo real.

Sobre os trabalhos que não aplicaram EA, destaca-se o trabalho de Ferreira et al. (2019) que revisou o modelo de aluno aberto OSM-V, com recursos de visualização de informações relacionadas ao desempenho dos estudantes em sistemas educacionais. Foram realizados dois experimentos para verificar se o fato dos alunos conseguirem acompanhar seu desenvolvimento influencia positivamente ou negativamente em seu comportamento (motivação, competitividade, interesse em estudos, entre outros fatores).

Fatahi (2019) propôs um sistema de aprendizagem adaptativo com dados de personalidade e emoção. O sistema foi utilizado por dois grupos de alunos. O primeiro grupo utilizou o sistema sem os recursos adaptativos, enquanto que o segundo teve acesso aos recursos adaptados com base nas suas características previamente identificadas (introversão, sensação, pensamento e julgamento). Os resultados mostraram, que considerar as características humanas como emoção e personalidade melhora o processo de aprendizagem.

Wu e Lai (2019) apresentaram um estudo que utilizou mineração de dados (redes neurais convolucionais e rede de crenças profundas), para avaliar diferentes traços de personalidade do aluno, demonstrando que não há um conjunto fixo de variáveis que podem ser usadas para prever o desempenho dos alunos em diferentes contextos. No entanto, os autores afirmam que traços de personalidade precisam ser considerados na avaliação de comportamentos e aprendizagem. Sendo assim, os autores concluem que o aprendizado é uma atividade humana altamente complexa que não pode ser confinada a dados analíticos ou comportamentais. Nesse sentido é necessário para considerar um número maior de indicadores (sequências comportamentais de aprendizagem, emoções e cognição do aluno), bem como, dados de diferentes cursos e escolas que os alunos tenham frequentado. A análise de informações através de técnicas de inteligência artificial, como o aprendizado profundo, poderão prever com maior precisão o desempenho do aluno e embasar sistemas adaptativos.

Com relação aos três trabalhos que aplicaram EA para categorizar os alunos, com a obtenção de dados de forma implícita, Kolekar et al. (2019), propuseram um conjunto de regras para estabelecer uma relação entre os oito estilos de aprendizagem do modelo FSLSM e o tipo do objeto de aprendizagem. Dessa forma, a partir das preferências iniciais dos alunos para vídeos, documentos em PDF, demonstrações, exercícios, fóruns, imagens, gráficos, entre outros, o sistema identifica o estilo e passa a sugerir conteúdos nos formatos vinculados ao EA. Além disso, gera um mapa conceitual para orientar o aluno e adapta a interface gráfica do sistema de forma dinâmica. A avaliação, com base nas notas dos alunos nos módulos iniciais do sistema (sem adaptatividade) e nos demais (adaptados), realizada com 57 alunos, indicou que não houve incremento significativo no processo de aprendizagem. No entanto, foi constatado que a média das notas do grupo de alunos que utilizaram recursos adaptados foi maior, em comparação com o grupo que utilizou os módulos sem adaptatividade.

De forma semelhante, o trabalho de El Aissaoui et al. (2019) propõem uma abordagem genérica para detectar estilos de aprendizagem automaticamente de acordo com um determinado modelo de EA. Com base nesse conceito, inicialmente são extraídas as sequências de aprendizagem com a análise dos arquivos de registro *logs*, gerados pelo acesso aos objetos de aprendizagem disponíveis no sistema (exemplos, material prático, fórum, lista de tópicos, imagens, gráficos, e-mails e documentos sequenciais), através da técnica de mineração de dados (algoritmo de agrupamento Fuzzy C-Means). Em seguida, as sequências de aprendizagem são classificadas de acordo com um modelo de EA através de um algoritmo de agrupamento. O modelo escolhido foi o FSLSM, que segundo os autores é o mais utilizado em SAIE e por considerarem que EA podem ser alterados de forma inesperada e não determinística. Para a correlação das sequências com as categorias e dimensões do FSLSM foi utilizado

o algoritmo de agrupamento *Fuzzy C-Means*. Os autores destacam que a abordagem permite a atualização dos EA de forma dinâmica após cada interação do aluno com o sistema. A validação da abordagem limitou-se na verificação do desempenho do algoritmo de agrupamento, não se detendo na análise dos níveis de aprendizagem dos alunos.

No trabalho de Azzi et al. (2020) é apresentada uma abordagem semelhante à de Kolekar et al. (2019) e El Aissaoui et al. (2019), com a detecção automática dos estilos de aprendizagem com base no FSLSM. No entanto, foram utilizados dados sobre o comportamento de aprendizagem dos alunos de vários cursos relativos a um assunto específico. A validação da abordagem limitou-se a verificação do desempenho do algoritmo de agrupamento em cinco cursos.

A pesquisa de Abyaa et al. (2020), apresenta uma revisão sistemática para elucidar características modeladas, técnicas de modelagem e tipos de modelagem de aluno para SAIE, propostas em trabalhos científicos, empíricos e teóricos, publicados de 2013 a 2017. Foram selecionados 107 trabalhos, o que possibilitou identificar seis categorias de características: perfil, conhecimento, cognição, social, personalidade e motivação. Também foram mapeadas cinco técnicas de modelagem: agrupamento e classificação (*data mining* e estereótipos), modelagem preditiva (aprendizado de máquina e teoria da resposta ao item), modelo de sobreposição, incerteza (lógica difusa e redes bayesianas) e ontologia. Por fim, foram encontrados dois tipos de modelagem: (i) modelagem explícita ou colaborativa e; (ii) modelagem implícita ou automática.

Segundo os autores dessa revisão, no formato explícito, as ferramentas e fontes de dados mais utilizadas são: testes, questionários sobre a personalidade e estilos de aprendizagem, dados de interações em grupos, avaliações de pares ou tutores, ferramentas de monitoramento facial, ocular, eletroencefalografia, pulseira de condutância da pele, entre outros. Todos esses meios necessitam, de forma total ou parcial, da interação direta com o aluno ou tutor. Essas ferramentas produzem resultados mais confiáveis, no entanto, envolvem questões de privacidade e incômodos.

No tipo implícito ou automático, que correspondeu a 76% dos trabalhos selecionados, utilizou-se dados relacionados ao conhecimento, cognição e motivação, coletados de forma discreta, sem ter que envolver diretamente o aluno. Exemplos: termos de pesquisa usados e o comportamento no sistema, como: as entradas de linguagem natural, respostas em alguns testes ou questionários, dados de desempenho, as interações entre os alunos, sensores (teclado, mouse, gravação de tela, etc.), histórico de navegação e diálogos interativos entre o aluno e o sistema. Este tipo é mais complexo e produz resultados menos precisos. No entanto, permite que o aluno conduza suas atividades de aprendizagem com menos distrações. Esta modelagem, pode levantar a questão da privacidade principalmente devido à forma discreta como os dados são coletados do SAIE ou de outros sistemas.

Os autores desta revisão afirmam que a maioria dos trabalhos aplicaram LM híbridos, combinando várias técnicas para a modelagem das características, bem como, utilização de aprendizado de máquina. No entanto, não apresentaram embasamento consistente para a escolha da(s) técnica(s) de modelagem. A validação dos modelos, na maioria dos casos, foram inconclusivas, pois, cada LM depende do contexto de aprendizagem e do domínio. Nesse sentido, os autores concluem que é necessária uma estrutura padrão para avaliar LM. Em termos de tendência, os modelos de aprendizado aberto têm se destacado por possibilitarem a visualização dos seus dados, conferindo maior transparência para o aluno, permitindo-lhe acompanhar as mudanças no seu modelo e a reflexão sobre o seu desempenho. Ressaltam também que o uso de ontologias possibilitará a reutilização de LM para a construção de modelos de aluno ao longo da vida (LLM), que por sua vez, armazena dados coletados de diferentes sistemas por um longo período.

Na pesquisa de Spector (2020), foram analisados artigos de 2010 a 2020, sendo

selecionados 56 trabalhos com base nos protocolos de pesquisa estipulados. Inicialmente o autor estudou os termos "aprendizagem personalizada", "aprendizagem adaptativa", "instrução individualizada" e "aprendizagem customizada" com o objetivo de comparar as semelhanças e diferenças, a fim de sintetizá-los para que os pesquisadores possam analisar e percorrer as pesquisas na área e realizar meta-análises e sínteses da literatura de pesquisa.

Os resultados da revisão de Spector (2020) indicam que a aprendizagem adaptativa/personalizada tornou-se um paradigma de aprendizagem fundamental na comunidade de pesquisa em tecnologias educacionais. Além disso, a utilização de traços de personalidade e suas técnicas de identificação tem uma influência extremamente positiva em SAIEs. O autor constatou um aumento de interesse em duas áreas para a incorporação e exploração de fonte de dados significativos na educação: Mineração de Dados Educacionais (Education Data Mining), e Análise de Aprendizagem (Learning Analytics).

No trabalho de Plass e Pawar (2020), foi conduzida uma pesquisa para encontrar definições claras para os termos-chave relacionados à adaptabilidade e personalização. Os autores consideram que existe grande variação dos embasamentos teóricos e empíricos no desenvolvimento de sistemas educacionais que consideram as necessidades dos alunos. Com base nessas demandas, conduziram um estudo para identificar as variáveis para as quais um sistema deve se adaptar e como podem ser medidas de forma confiável.

Segundo Plass e Pawar (2020), a definição das variáveis deve ser baseada em evidências empíricas que demonstrem um efeito nos resultados de aprendizagem. Como exemplo, a utilização da adaptação do contexto em STI, que demonstrou aumentar o interesse dos alunos e os resultados da aprendizagem (Bernacki e Walkington, 2018). Entretanto, conforme muitas avaliações, não há evidência empírica de que os estilos de aprendizagem tenham efeito sobre os resultados da aprendizagem (Aleven et al., 2017; Pashler, et al., 2008). Sendo assim, as variáveis indicadas nesse estudo são: cognitivas, motivacionais, afetivas e socioculturais.

Sobre a avaliação de variáveis, Plass e Pawar (2020) citam como geralmente são medidas: um ponto de tempo (pós-teste), dois pontos no tempo (pré e pós-teste) ou em vários pontos (séries temporais). Para a maioria dos sistemas adaptativos, mais observações da variável são geralmente melhores do que menos para permitir que o ambiente responda a quaisquer mudanças nesta variável em tempo real. O desafio para a maioria desses dados é que uma interpretação significativa requer triangulação. Nesse sentido, a mineração de dados tem possibilitado a implementação de estratégias eficazes para a análise de tais dados.

Por fim, Plass e Pawar (2020) citam uma metodologia bem-sucedida para a avaliação de variáveis de aluno mapeadas em LM: o Modelo Centrado em Evidências (Mislevy et al., 2003; Shute e Kim, 2014). Este modelo fornece uma estrutura sistemática baseada em evidências com o objetivo de avaliar a aprendizagem. No entanto, não foi observado nos 22 trabalhos selecionados a aplicação deste modelo.

5. Considerações Finais

Nesse trabalho foi realizado um estudo sobre os Sistemas Adaptativos e Inteligentes para Educação através de uma revisão sistemática para elucidar conceitos e técnicas relacionadas a modelagem de aluno, bem como, características dos alunos que devem ser consideradas. Nos 22 trabalhos selecionados pela revisão foi possível verificar complexidade envolvida na tarefa de definir e interpretar características do aluno que afetam o desempenho do seu aprendizado.

Sobre os trabalhos selecionados, destaca-se inicialmente as três revisões sistemáticas, que contribuíram com definições para os termos "aprendizagem

personalizada", "aprendizagem adaptativa", "instrução individualizada" e "aprendizagem customizada" com o objetivo de sintetizá-los para orientar futuras pesquisas na área e realizar meta-análises e sínteses na literatura.

Nos trabalhos empíricos e teóricos, percebeu-se que os estilos de aprendizagem foram aplicados na maioria dos trabalhos (13 artigos). O modelo de EA mais utilizado foi o FSLSM, em função da sua amplitude em termos de categorias e dimensões. Nesse sentido, os autores destacam a necessidade de coletar automaticamente os dados do aluno, de forma implícita, para construir o modelo sem o uso de questionários.

Sobre os dados, entende-se que para aumentar a capacidade representativa de um modelo é necessário obter informações de diferentes cursos e/ou sistemas de aprendizado durante um longo período. Portanto, com o aumento do volume torna-se necessário a utilização de técnicas de mineração de dados, análise de aprendizagem e aprendizado profundo para a interpretação das informações, agrupamento de alunos e consequentemente a geração de adaptações para os SAIEs.

Em relação as tendências de modelagem, destaca-se os modelos abertos, que são baseados no entendimento que o aluno deve ter acesso aos dados do seu modelo para que possa visualizar e acompanhar o seu desempenho. Técnicas de bioinformática foram aplicadas em dois trabalhos: o primeiro utilizou sensores para observar a dilatação da pupila dos alunos com o objetivo de verificar a motivação em tempo real e o segundo avaliou uma rotina de rastreamento ocular para identificar de forma automática visualizadores e verbalizadores. Através dos resultados obtidos nestes dois trabalhos percebe-se a complexidade em analisar dados coletados de forma implícita. No entanto, com o aprimoramento destes sensores, a utilização de características comportamentais, emocionais e cognitivas, bem como, a aplicação de técnicas de análise de aprendizagem, entende-se que é possível aprimorar as abordagens propostas.

Conforme observado pelos autores das revisões é necessário uma estrutura padrão para avaliar LM. Nesta perspectiva, não foi identificado nos trabalhos selecionados, resultados conclusivos, seja pelo fato de estarem em fase de testes ou por não utilizarem uma metodologia de avaliação consolidada na literatura. Sendo assim, em termos de trabalhos futuros, verifica-se a necessidade de expandir esta pesquisa para selecionar na literatura modelos voltados a avaliação do impacto das características no aprendizado do aluno, como por exemplo, o Modelo Centrado em Evidências, conhecido na literatura inglesa como *Evidence Centered Design*, destacado por Plass e Pawar (2020). Outro aspecto relevante que deve ser considerado é a privacidade do aluno em SAIE.

Conclui-se que através desta revisão sistemática foi possível responder a pergunta de pesquisa. A análise das abordagens propostas nos trabalhos selecionados para a modelagem de aluno evidenciou que não existe um conjunto fixo de características que possam ser aplicadas em todos os contextos. É necessário avaliar diferentes tipos de características, a forma de aquisição e atualização do modelo, o tipo do conteúdo, o conhecimento prévio do aluno e a possibilidade de esquecimento, bem como, os recursos computacionais disponíveis.

Referências

- ABYAA, A., KHALIDI IDRISSE, M., e BENNANI, S. Learner modelling: systematic review of the literature from the last 5 years. *Educational Technology Research and Development*. v.67, n.3, jan. 2019.
- A.QAFFAS, A., KAABI, K., SHADIEV, R. *et al.* Towards an optimal personalization strategy in MOOCs. *Smart Learn. Environ*, n.7, v.14, abr., 2020.
- ALEVEN, V., MCLAUGHLIN, A., Glenn, R. A., e KOEDINGER, K. R. Instruction based on adaptive learning. In R. E. Mayer e P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of*

- research on learning and instruction. New York, NY: Routledge. p. 522–560, 2017.
- AZZI, I., JEGHAL, A., RADOUANE, A. *et al.* A robust classification to predict learning styles in adaptive E-learning systems. *Educ Inf Technol* v.25, p.437–448, ago, 2020.
- BERNACKI, M. L., e WALKINGTON, C. The role of situational interest in personalized learning. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), p.864–881. 2018.
- BRUSILOVSKY, P. Adaptive educational hypermedia. In. *International PEG Conference*. p. 8-12. 2001.
- BRUSILOVSKY, P., e HENZE, N. Open corpus adaptive educational hypermedia. In *The adaptive web*, p.671–696. Springer, 2007.
- BRUSILOVSKY, P. e PEYLO, C. Adaptive and intelligent Web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v.13, n.2, p. 159–172, abr. 2003.
- BRUSILOVSKY, P. e MILLAN, E. User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. *The adaptive web*, p 3–53, 2007.
- CHRYSAFIADI, K., e VIRVOU, M. *Advances in personalized web-based education*. New York: Springer. 2015.
- CONSTANTINIDOU, F., e BAKER, S. Stimulus modality and verbal learning performance in normal aging. *Brain and Language*, v.82, n.3, p.296–311, 2002.
- CODISH, D., RABIN, E. e RAVID, G. User behavior pattern detection in unstructured processes – a learning management system case study. *Interactive Learning Environments*, n.27, v.5, p.699-725, 2019.
- DE BRA, P., BRUSILOVSKY, P., e HOUBEN, G. J. Adaptive hypermedia: From systems to framework. *ACM Computing Surveys*, v.31, dez. 1999.
- EL AISSAOUI, O., EL ALAMI EL MADANI, Y., OUGHDIR, L. *et al.* A fuzzy classification approach for learning style prediction based on web mining technique in e-learning environments. *Educ Inf Technol* v.24, p.1943–1959, set. 2019.
- EL-BISHOUTY, M., ALDRAIWEESH, A., e ALTURKI, U. *et al.* Use of Felder and Silverman learning style model for online course design. *Educational Technology Research and Development*. n.67, 2018.
- ENTWISTLE, N. *Styles of learning and teaching*. Wiley Chichester, 1981.
- FATAHI, S. An experimental study on an adaptive e-learning environment based on learner's personality and emotion. *Educ Inf Technol*. n.24, p.2225–2241, jan. 2019.
- FELDER, R. e BRENT, R. Understanding student differences. *Journal of Engineering Education*, v. 94, n.1, p. 57–72. 2005.
- FELDER, R. e SILVERMAN, L. Learning and teaching styles in engineering education. *Journal of Engineering education*, v.78, n.7, p.674–681, 1988.
- FLEMING, N. D., e MILSS, C. Not another inventory, rather a catalyst for reflection. *To Improve the Academy*, v.11, n.1, p.137–155, jun. 1992.
- FERREIRA, H., DE OLIVEIRA, G.P., ARAÚJO, R. *et al.* Technology-enhanced assessment visualization for smart learning environments. *Smart Learn. Environ.*, v.6, n.14, 2019.
- GILBERT, J. e HAN, C. Adapting instruction in search of a significant difference. *Journal of Network and Computer applications*, v.22, n.3, p. 149–160, 1999.
- HONEY, P. e MUMFORD, A. *The manual of learning styles*. 3. Ed. Peter Honey Publications; 1992.

- IGLESIAS, A., MARTINEZ, P., ALER, R., e FERNANDEZ, F. Learning teaching strategies in an adaptive and intelligent educational system through reinforcement learning. *Applied Intelligence*, v.31, n.1, p.89–106. fev. 2008.
- JAFARI, S.M., ABDOLLAHZADE, Z. Investigating the relationship between learning style and game type in the game-based learning environment. *Educ Inf Technol* n.24, p.2841–2862, 2019.
- KOLB, D. *Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development*. *Journal of Business Ethics*, v.1, 1984.
- KOLEKAR, S.V., PAI, R.M. e M. M., M. P. Rule based adaptive user interface for adaptive E-learning system. *Educ Inf Technol* n.24, p.613–641, 2019.
- LOPES, W. *Ils inventário de estilos de aprendizagem de felder-soloman: Investigação de sua validade em estudantes universitários de belo horizonte*. 2002. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção): Universidade Federal de Santa Catarina.
- LUO, Z., O'STEEN, B. e BROWN, C. The use of eye-tracking technology to identify visualisers and verbalisers: accuracy and contributing factors. *Interactive Technology and Smart Education*, v.17, n.2, p.229-247, 2020.
- MA, W., ADESOPE, O. O., NESBIT, J. C., e LIU, Q. Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, v.106, n.4, p. 901-918. 2014.
- MAMCENKO, J., KURILOVAS, E., e KRIKUN, I. On Application of Case-Based Reasoning to Personalise Learning. *Informatics Educ.*, n.18, p.345-358, 2019.
- MARTINS, A. C., FARIA, L., VAZ DE CARVALHO, C., e CARRAPATOSO, E. User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems. *Educational Technology e Society*, v.11, n.1, p. 194–207, 2008.
- MISLEVY, R. J., STEINBERG, L. S., e ALMOND, R. G. On the structure of educational assessment. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspective*, v.1,n.1, p.3–62, 2003.
- MYERS, I. e MCCAULLEY, M. *Manual: A guide to the development and use of the Myers-Briggs Type Indicator*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA. 1985.
- MWAMBE, O.O.; TAN, P.X.; KAMIOKA, E. Bioinformatics-Based Adaptive System towards Real-Time Dynamic E-learning Content Personalization. *Educ. Sci.* v.10, n.42, 2020.
- PASHLER, H., MCDANIEL, M., ROHRER, D., e BJORK, R. Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest*, v. 9, n.3, p.105–119, 2008.
- PASK, G. *Styles and strategies of learning*. *British journal of educational psychology*, 1976.
- PLASS, J. L., e PAWAR, S. Adaptivity and personalization in games for learning. In J. L. Plass, R. E. Mayer, e B. D. Homer, (Eds.), *Handbook of game-based learning*, Cambridge, MA: MIT Press, p.263–282. 2020.
- QODAD, A., BENYOUSSEF, A., KENZ, A e ELYADARI, M. Toward an Adaptive Educational Hypermedia System (AEHS-JS) based on the Overlay Modeling and Felder and Silverman's Learning Styles Model for Job Seekers. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 2020.
- RASHEED, F. e WAHID, A. Sequence generation for learning: a transformation from past to future. *International Journal of Information and Learning Technology*, v.36, n.5, p.434-452. 2019.

- ROGOWSKY, B. A., CALHOUN, B. M., e TALLAL, P. Matching learning style to instructional method: Effects on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, v.107, n.1, jan. 2015.
- ROUVROY, A. The end(s) of critique: Data behaviorism versus due process. In M. Hildebrandt e K. De Vries (Eds.), *Privacy, due process and the computational turn: The philosophy of law meets the philosophy of technology*, London: Routledge, p.143–167. 2015.
- SANGINETO, E., CAPUANO, N., GAETA, M. *et al.* Adaptive course generation through learning styles representation. *Universal Access in the Information Society*. v.7, p. 1–23, 2008.
- SAÂDI, I.B., BAYOUNES, W. e BEN GHEZALA, H. Educational processes' guidance based on evolving context prediction in intelligent tutoring systems. *Univ Access Inf Soc* v.19, p.701–724, nov. 2020.
- SHEMSHACK, A., SPECTOR, J.M. A systematic literature review of personalized learning terms. *Smart Learn. Environ.* v.7, n.33, ago. 2020.
- SHUTE, V., e TOWLE, B. Adaptive e-learning. *Educational Psychologist - EDUC PSYCHOL*, v.38, n.2, p. 105–114. jun. 2003.
- SHUTE, V. J., e ZAPATA-RIVERA, D. Adaptive technologies. *Handbook of research on educational communications and technology*, v.2007, p.277-294, jun. 2007.
- SHUTE, V. J., e KIM, Y. J. Formative and stealth assessment. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen e M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* New York, NY: Springer. p. 311–321, 2014.
- SOMYÜREK, S. Student modeling: Recognizing the individual needs of users in e-learning environments. *Journal of Human Sciences*, v.6, n.2, p.429–450, out. 2009.
- TSENG, J. C., CHU, H. C., HWANG, G. J., e TSAI, C. C. Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. *Computers e Education*, v.51, n.2, p.776–786, 2008.
- VANDEWAETERE, M., DESMET, P., e CLAREBOUT, G. The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments. *Computers in Human Behavior*, v.27, n.1, p. 118–130. 2011.
- VAGALE, V., e NIEDRITE, L. Learner model's utilization in the E-learning environments. In *DB & Local Proceedings*. p 162–174. jul, 2012.
- WU, F., e LAI, S. Linking prediction with personality traits: a learning analytics approach. *Distance Education*, v.40, p.330-349, 2019.
- XIE, H., ZOU, D., ZHANG, R. *et al.* Personalized word learning for university students: a profile-based method for e-learning systems. *J Comput High Educ* n.31, p.273–289, 2019.
- ZHANG, H., HUANG, T., e LIU, S. *et. al.* A learning style classification approach based on deep belief network for large-scale online education. *Journal of Cloud Computing*. n.9, 2020.

DPOC: um serious game para apoio ao ensino de doenças respiratórias

Diógenes Pereira Fernandes¹, Bruna Pietrobelli Migliorini²,
Ana Paula Copetti Goi², José Luiz Milanese²,
Luciano de Oliveira Siqueira², Nathalia Branco Schweitzer Mendes²,
Alexandre Lazaretti Zanatta¹, Rafael Rieder¹

¹Instituto de Tecnologia – Curso de Ciência da Computação
Universidade de Passo Fundo (UPF)

{152415, 158760, zanatta, rieder}@upf.br

²Escola de Medicina – Curso de Medicina
Universidade de Passo Fundo (UPF)

{137725, 177770, 155920, luciano, nathaliabranco}@upf.br

Abstract. *Games for medical education can contribute to traditional teaching as support tools in the classroom. In this context, there is a need for games designed to help higher medical education in Brazil. This paper presents the development of DPOC, a mobile-serious game developed to support the teaching of respiratory diseases. The game encourages students to learn more about the chronic obstructive pulmonary disease while playing. The project prioritizes open-source tools that allow cross-platform development on mobile devices. As a result, the game presents two new interaction phases considering animations, sound effects, and menu features, in addition to new challenges.*

Resumo. *Games para educação médica podem contribuir no ensino tradicional como ferramentas de apoio em sala de aula. Nesse contexto, existe uma carência de games projetados para o auxiliar o ensino superior de Medicina no Brasil. Este artigo apresenta o desenvolvimento do DPOC, um mobile serious game desenvolvido para apoio ao ensino de doenças respiratórias. O game incentiva alunos a aprenderem mais sobre doença pulmonar obstrutiva crônica enquanto jogam. O projeto prioriza ferramentas open-source que permitem o desenvolvimento multiplataforma em dispositivos móveis. Como resultados, o jogo apresenta duas novas fases de interação com animações, efeitos sonoros e funcionalidades de menu, além de novos desafios.*

1. Introdução

Conforme [Dogba et al. 2019], o uso de tecnologias de informação e comunicação é uma realidade na Educação Médica, com investimento pesado de países em novas abordagens de aprendizado. A tecnologia permite, por exemplo, criar experiências virtuais para aprendizagem sobre doenças ou condições com as quais nem sempre os estudantes de Medicina conseguem ter contato suficiente durante a sua formação [Insuonline 2023].

Um *serious game* é um tipo de jogo digital, desenvolvido com propósito educacional, explorando recursos de entretenimento para facilitar a comunicação de conceitos em

diferentes abordagens, como treinamento e simulação de cenários [Silva 2019]. Baseado em [Bianchi et al. 2022], *serious games* também podem desafiar usuários com problemas de engajamento, como forma de ajudá-los a desenvolver habilidades e competências para lidar com situações reais.

Serious games são ótimas ferramentas de aprendizado tanto em contextos educacionais quanto corporativos [Baldissera 2021]. [da Silva et al. 2021] destaca que este tipo de aplicação pode ser usado como ferramenta motivadora, atrativa e complementar para estudantes de Medicina.

Segundo mapeamento de [Fleury et al. 2014], os benefícios destes tipos de games são: desenvolvimento do raciocínio lógico e de solução de problemas; melhora em funções cognitivas; maior controle sobre o próprio aprendizado; rompimento de preconceitos com determinadas disciplinas, como matemática; personalização do *serious game* de acordo com a necessidade do aluno, se o jogo for digital; testar decisões e estratégias em ambientes seguros; feedbacks instantâneos; maior motivação e engajamento dos participantes.

Mesmo que haja tantos benefícios ao utilizar *serious games* como ferramenta de ensino, há uma carência desse tipo de aplicação projetado e consolidado para apoiar o ensino de Medicina no Brasil [Vasconcellos et al. 2019].

Com isso em mente, foi projetado e desenvolvido, por uma equipe multidisciplinar envolvendo alunos e professores de Medicina e Computação, o *serious game* DPOC. O projeto do DPOC tem como objetivo auxiliar no aprendizado dos conceitos de doença pulmonar obstrutiva crônica, por meio de questionários. A jogabilidade do game foi projetada para instruir acerca dos fatores de risco que condizem com a nossa realidade. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento do jogo, seus recursos e suas funcionalidades.

Para tanto, este trabalho está assim organizado: a Seção 2 faz a apresentação da proposta de jogo, a Seção 3 apresenta os materiais e métodos utilizados no projeto, a Seção 4 apresenta o desenvolvimento de novos recursos do jogo, e a Seção 5 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2. DPOC Game

O DPOC é um *mobile serious game*, estilo *endless-runner*, que simula as condições de um paciente de ~40 anos, saudável, não tabagista, afetado por fatores de risco de doença pulmonar obstrutiva crônica no ambiente em que vive. Esse tipo de doença respiratória constitui um grupo de doenças que inclui a bronquite crônica (estreitamento das vias aéreas e paralisação da atividade dos cílios) e o enfisema (danos irreversíveis nos alvéolos), intimamente relacionadas ao tabagismo [Agustí et al. 2023].

O *serious game* proposto foi desenvolvido com o apoio de uma equipe multidisciplinar na game engine Unity, utilizando o Design Participativo, onde os usuários são ativamente envolvidos em todo o ciclo de design e desenvolvimento do software [Panaggio & Baranauskas 2019]. O grupo de suporte contou com alunos e professores dos cursos de Medicina e de Computação da Universidade de Passo Fundo.

O projeto tem intenção de fornecer aos educadores da área de Medicina uma ferramenta auxiliar, capaz de estimular o aprendizado dos alunos utilizando uma metodologia

ativa. A Figura 1 apresenta a tela inicial do jogo.



Figura 1. Game DPOC.

O game propõe ao aluno controlar um personagem numa caminhada, em que este se depara com diversos fatores de risco no caminho. Cada vez que o personagem entra em contato com um fator de risco, a escala mMRC (*Modified Medical Research Council*) aumenta. Quando a escala atinge a categoria 4, o personagem é eliminado do jogo.

Ao iniciar a aplicação, o jogador recebe uma breve introdução, por meio de painéis de texto, sobre o funcionamento do jogo, como jogabilidade, identificação do personagem e a escala mMRC. O recurso do mMRC foi utilizado também na geração de questões, que podem ser apresentadas ao longo do processo interativo. Esses questionamentos são exibidos quando o jogador entra em contato com uma caixa, e devem ser respondidas. No entanto, pode-se evitar as questões de duas formas: a primeira desviando das caixas, e a segunda é coletando moedas, que podem ser aplicadas para pular questões.

Além dos painéis de texto, existe uma interface visual com três elementos que mostram ao usuário a escala mMRC do personagem, a quantidade de moedas coletadas e a pontuação, contabilizada conforme a distância percorrida pelo personagem e os acertos às questões. A Figura 2 destaca esses elementos de interface.



Figura 2. Elementos de interface que destacam o progresso do jogador.

A ambientação do DPOC foi projetada para se assemelhar a realidade, com o intuito de que o jogador compreenda que os fatores de risco não são presentes apenas no jogo, mas que são encontrados em qualquer ambiente do mundo real.

O jogo se passa em um local aberto, representado por uma rua calçada em um parque, com bastante vegetação ao redor, como observado na 3. Foi escolhido esta ideia de cenário pois é cotidiano à vida urbana, retrata um ambiente integrado à natureza e à prática de atividade esportiva. No entanto, é um local também que pode conter fatores de risco associados à doença pulmonar obstrutiva crônica, que devem ser evitados pelo personagem do jogo.

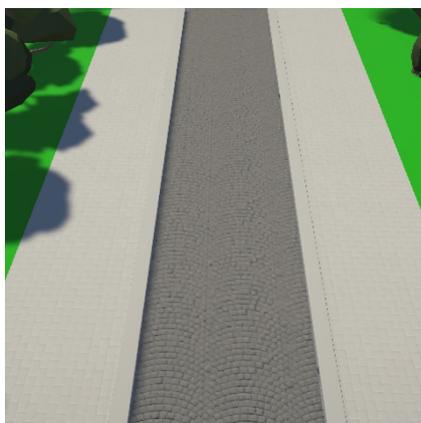


Figura 3. Cenário base de rua com vegetação do aplicativo DPOC.

Os fatores de risco são os inimigos do personagem no game DPOC. A representação visual destes fatores procurou condizer com a realidade, assim como o mapeamento de seus efeitos de dano no jogo. A Figura 4 apresenta cigarros, um dos fatores de risco mais comuns relacionados a este tipo de doença, que aparece repetidamente ao longo da jornada do jogo, e oferece um dano maior ao personagem.

3. Materiais e Métodos

No desenvolvimento do game DPOC foram utilizados diferentes ferramentas que permitem a modelagens dos objetos e cenários, a programação do jogo, e o suporte multiplataforma em dispositivos móveis. As próximas subseções explicam os materiais e métodos utilizados no projeto do jogo.



Figura 4. Representação do fator de risco “cigarros”.

3.1. Plataformas de desenvolvimento

A game engine adotada para o desenvolvimento do jogo foi a Unity. Ela é uma das plataformas de desenvolvimento de jogos 2D e 3D mais conhecidas, tem vasta documentação e possibilita a programação em alto nível ao desenvolvedor [Unity 2023].

Já para a criação do cenário e elementos do jogo, optou-se pelo uso de dois programas multiplataforma, open-source: GIMP e Blender. O GIMP é um software para tarefas de manipulação de imagens, como retocar fotos, composição e construção de imagens [GIMP 2023]. Já o Blender é um software para modelagem tridimensional, animação, texturização, composição, renderização, e edição de vídeo [Blender 2023].

3.2. Animação e Áudio

Para animação do personagem do game, optou-se pelos recursos da plataforma Mixamo. Mixamo é uma plataforma que gera personagens 3D e o processo *rigging*¹, desenvolvida pela Adobe [Mixamo 2023]. A partir desta ferramenta, é possível criar personagens virtuais com componentes 3D já desenvolvidas, criar um esqueleto para qualquer personagem automaticamente e introduzir as animações desejadas, em qualquer momento da criação.

Para os efeitos de som e música de fundo, optou-se pelos pacotes gratuitos “Classic Footstep SFX”, “SoundBits Free Sound FX Collection”, e “Casual Game Music: Happy, Bouncy, Social”, disponíveis na Unity Asset Store, sem direitos autorais. A Unity Asset Store é uma plataforma que fornece assets pré-fabricados para desenvolvedores de jogos Unity por meio de uma loja digital [Unity Asset Store 2023].

4. Desenvolvimento

Inicialmente, uma versão piloto do DPOC foi criada para ilustrar o conceito proposto. Ela possuía apenas um nível de jogo. Nesse nível, os fatores de risco eram gerados infinitamente, em posições aleatórias. O jogo continuava sua execução até o jogador atingir a categoria 4 da escala de mMRC, ou ele sair do aplicativo.

Com o objetivo de dar continuidade e aperfeiçoar o desenvolvimento do *serious game* DPOC, as próximas subseções apresentam o trabalho em andamento de uma versão

¹Técnica de animação em 3D que adiciona movimentos ao personagem por meio da construção de uma série de “ossos”, simulando a estruturação de um corpo humano real.

completa do jogo, com novos níveis, novas funcionalidades e novos recursos visuais e sonoros - mantendo a simplicidade e utilidade da ferramenta.

4.1. Jogabilidade

Anteriormente, o DPOC tinha uma jogabilidade bem singular e monótona, o aluno poderia apenas andar para os lados para evitar os obstáculos. Em busca por uma jogabilidade mais envolvente, foi desenvolvido novas possibilidades para o jogador.

Através da linguagem C#, duas novas mecânicas foram criadas: a de salto e a de deslizar. As mecânicas de pular e deslizar foram configuradas para caso o aluno pule ou deslize muito próximo dos obstáculos. Também fez-se o mapeamento de colisão entre obstáculos e personagem. Essas mecânicas dão maior dinamicidade ao jogo, estimulando mais a atenção dos jogadores aos elementos de cena ligados à temática explorada. A Figura 5 ilustra as mecânicas inseridas no jogo.



Figura 5. Mecânicas de pulo e deslize.

Com o intuito de manter o aluno interessado no jogo, projetou-se também dois novos níveis do jogo, com diferentes jogabilidades. Na Fase 1, o jogador responde perguntas sobre doença pulmonar obstrutiva crônica apenas ao colidir com caixas de perguntas. Já na Fase 2, o jogador responde perguntas apenas no final do processo interativo. Para tanto, estipulou-se uma distância de 1500 metros para o jogador percorrer. Após atingir essa distância, uma linha de chegada é gerada, sinalizando o fim da corrida. As perguntas apresentadas ao jogador são buscadas em um banco de dados de perguntas e respostas do jogo, de maneira aleatória.

Na primeira fase, implementou-se também a coleta de dispositivos inalatórios (ilustrado pela Figura 6), durante a caminhada. Esses dispositivos recuperam um pouco da saúde pulmonar do personagem, diminuindo sua escala mMRC. Além dos dispositivos inalatórios, manteve-se na primeira fase somente obstáculos terrestres.

Já na segunda fase, optou-se em não ofertar coletáveis para recuperar a saúde pulmonar do personagem (ilustrado pela Figura 7). Além disso, incluiu-se obstáculos flutuantes e terrestres no processo. O intuito da segunda fase é lembrar os alunos que a saúde é vital, e deve-se evitar os fatores de risco ao máximo.



Figura 6. Coletáveis: dispositivo Inalatório.



Figura 7. Obstáculos flutuantes e terrestres da segunda fase.

4.2. Animações e efeitos sonoros

Com o intuito de aumentar a imersão no jogo, foram selecionadas animações para o salto e o deslize do personagem. Após selecionadas as animações, foram alteradas as áreas de colisão do personagem durante cada movimentação do personagem nessas animações, visando uma representação mais fiel de colisão durante o processo interativo.

Decidiu-se também utilizar efeitos de som para tornar mais realista a experiência do jogador. Foram selecionados e inseridos efeitos de som livres e abertos ao público,

sem direitos autorais, que simulam colisão com todos os objetos da cena, sendo um som diferente para cada tipo de objeto na cena. Há também sons associados para quando o personagem realiza as ações de deslizar ou de pular.

4.3. Outras novas funcionalidades

A primeira funcionalidade a ser implementada foi um botão de pausa (Figura 8), permitindo que o jogador pudesse parar a aplicação temporariamente para descanso ou consultar fontes para responder às perguntas.

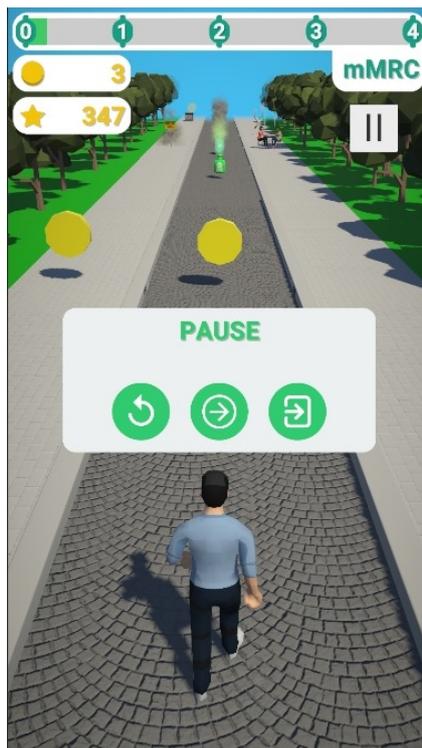


Figura 8. Botão de pause acionado.

Em seguida, criou-se um menu principal que permitia ao usuário escolher em qual nível começar (Figura 9). Esse menu dispõe de quatro funcionalidades: iniciar o jogo (*Start Game*), selecionar o nível desejado (*Level Select*), sobre os autores e projeto (*About*) e sair do jogo (*Exit Game*).

Além disso, trabalhou-se em finos ajustes de projeto e código para tornar a versão multiplataforma. Com base nisso, a versão finalizada oferece suporte também para dispositivos iOS, além de soluções Android - porém, somente está disponível para uso interno à universidade.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho mostrou o andamento do desenvolvimento do *mobile serious game* DPOC. Foram apresentados o conceito do jogo, as fases implementadas com animações e efeitos sonoros, bem como a criação de novas funcionalidades de menu.

A exploração de *serious games*, voltados para a educação médica, em dispositivos móveis, é uma tendência natural. O DPOC é uma ferramenta de apoio ao ensino de sala de aula que pode contribuir para a educação de estudantes de Medicina.



Figura 9. Menu principal e suas funcionalidades.

Como trabalhos futuros, sugere-se aplicar um experimento de avaliação do DPOC com participantes voluntários, estudantes de Medicina, para confirmar estatisticamente a usabilidade e a utilidade da ferramenta. Pretende-se também avaliar se o game contribui para a fixação de conhecimento, considerando grupo de controle. Outra sugestão é incluir mecanismos no jogo que gerem relatórios de desempenho no jogo para alunos e professores. Também recomenda-se dar sequência ao desenvolvimento do aplicativo e implantação do mesmo nas lojas de aplicativos. A ideia é incluir variações para os níveis de jogo já existentes, bem como adicionar novos desafios, elaborados por professores de Medicina.

Agradecimentos

Agradecimentos para a Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF) pela concessão de bolsa PIBIC/UPF e de estágio remunerado. Agradecimentos aos egressos do Curso de Ciência da Computação, Jizar Mateus Vormo Soares e Cassiano Jovino Mandelli Stefani, pela colaboração com demandas do projeto.

Referências

- Agustí, A., Celli, B. R., Criner, G. J., Halpin, D., Anzueto, A., Barnes, P., Bourbeau, J., Han, M. K., Martinez, F. J., de Oca, M. M., et al. (2023). Global initiative for chronic obstructive lung disease 2023 report: Gold executive summary. *Archivos de Bronconeumología*.
- Baldissera, O. (2021). O que é um serious game, uma das estratégias mais poderosas de gamificação. <https://posdigital.pucpr.br/blog/serious-game/>. Último acesso: 27 mar. 2023.

- Bianchi, I., Stefani, C. J., Santiago, P., Zanatta, A. L., & Rieder, R. (2022). AnemiaAR: a serious game to support teaching of haematology. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 45(3):134–153.
- Blender (2023). blender.org - home of the blender project - free and open 3d creation software. <https://www.blender.org>. Último acesso: 27 mar. 2023.
- da Silva, F. A. M., da Silva, T. S., & Zorzal, E. R. (2021). Use of serious games in medicine: a literature revision. *Research, Society and Development*, 10(16):e480101624208–e480101624208.
- Dogba, M. J., Dossa, A. R., Breton, E., & Gandonou-Migan, R. (2019). Using information and communication technologies to involve patients and the public in health education in rural and remote areas: a scoping review. *BMC health services research*, 19(1):1–7.
- Fleury, A., Nakano, D., & Cordeiro, J. H. D. (2014). *Mapeamento da indústria brasileira e global de jogos digitais*. NPGT / Escola Politécnica / USP.
- GIMP (2023). Gimp - gnu image manipulation program. <https://www.gimp.org>. Último acesso: 27 mar. 2023.
- Insuonline (2023). Game para educação médica funciona melhor que ensino tradicional. <https://oge.oniria.com.br/insuonline/2016/05/18/game-para-educacao-medica-funciona-melhor-que-ensino-tradicional/>. Último acesso: 27 mar. 2023.
- Mixamo (2023). 3d animation online services, 3d characters, and character rigging. <https://www.mixamo.com>. Último acesso: 27 mar. 2023.
- Panaggio, B. Z. & Baranauskas, M. C. C. (2019). De consumidores a coautores: Explorando o design participativo de tecnologia tangível em contexto educacional. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(02):91.
- Silva, F. G. (2019). Practical methodology for the design of educational serious games. *Information*, 11(1):14.
- Unity (2023). Unity (game engine). <https://unity.com>. Último acesso: 27 mar. 2023.
- Unity Asset Store (2023). Discover the best assets for game making. <https://assetstore.unity.com>. Último acesso: 27 mar. 2023.
- Vasconcellos, M., Dias, C., Carvalho, F., Braga, R., & Xavier, G. (2019). Health games in Brazil. In *Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Healthcare Applications: 10th International Conference, DHM 2019, Held as Part of the 21st HCI International Conference, HCII 2019, Orlando, FL, USA, July 26–31, 2019, Proceedings, Part II 21*, pages 457–472. Springer.

AphidCV 3.0: Abordagem Web Integrada a uma Plataforma de Monitoramento de Insetos

Nicolas Welfer Kirinus¹, Eduardo Garbini Pessolano¹, Douglas Lau³,
Telmo de Cesaro Júnior², Rafael Rieder¹

¹Universidade de Passo Fundo (UPF)
Passo Fundo, RS, Brasil

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul)
Passo Fundo, RS, Brasil

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Trigo)
Passo Fundo, RS, Brasil

{183948, 183922, rieder}@upf.br

telmojunior@ifsul.edu.br, douglas.lau@embrapa.br

Abstract. *Aphids are pests that cause damage to crops. Monitoring the population fluctuation of these insects is essential to ensure the success of integrated pest management. This work presents AphidCV 3.0, an automatic aphid counting and classification tool developed for the web, providing greater accessibility to its resources. We designed this version using the REST architecture through the Django framework and integrated it into the Trap System monitoring platform, which hosts other insect detection tools. AphidCV 3.0 replicates all the resources of the previous version, and includes new prediction models and interface features that facilitate and spread its use to new users.*

Resumo. *Afídeos são pragas que causam prejuízos a culturas agrícolas. O monitoramento da flutuação populacional desses insetos é fundamental para garantir o sucesso do manejo integrado de pragas. Este trabalho apresenta o AphidCV 3.0, uma ferramenta de contagem e classificação automática de afídeos desenvolvida para a web, proporcionando maior acessibilidade a seus recursos. Essa versão foi desenvolvida utilizando a arquitetura REST por meio do framework Django, e integrada na plataforma de monitoramento Trap System, que hospeda outras ferramentas de detecção de insetos. AphidCV 3.0 replica todas os recursos da versão anterior, e inclui novos modelos de predição e funcionalidades de interface que facilitam e difundem seu uso a novos usuários.*

1. Introdução

Afídeos, também conhecidos como pulgões, são insetos diminutos considerados como pragas na agricultura, pois podem afetar fortemente a produção de culturas devido aos seus hábitos alimentares e por propagar doenças [Emden & Harrington 2017]. Para monitorar sua flutuação populacional, são utilizadas armadilhas para capturar esses insetos, permitindo sua identificação e contagem, e assim gerar uma estimativa de sua população [Döring 2014].

AphidCV é um software de contagem, mensuração e classificação automática de afídeos que emprega técnicas de processamento de imagens, visão computacional e deep learning, concebido originalmente por [Lins et al. 2020] para a espécie *Rhopalosiphum padi*. Em sua segunda versão, desenvolvida por [Rodriguez & Rieder 2020], passou a suportar um modelo inteligente também para detecção da espécie *Schizaphis graminum*, e recebeu otimizações para melhorar o desempenho de processamento e a acurácia na predição. Nestas versões, para utilizar os recursos, deve-se instalar o software em computadores pessoais que atendam requisitos mínimos de configuração para plena execução. Esse panorama acaba restringindo a utilização por mais usuários e a disseminação entre mais pesquisadores e técnicos da área de entomologia.

Com isso em mente, o presente trabalho apresenta uma nova versão dessa ferramenta, AphidCV 3.0, acessível pela web e integrada a plataforma de monitoramento de insetos em armadilhas Trap System [Trap System 2023] [Lazzaretti et al. 2016b], por meio de um web service que possibilita consumir tais recursos. Desta forma, a solução pode alcançar um número maior de usuários, se comunicar com outras soluções computacionais relacionadas, e continuar avançando com novos modelos e na acurácia em classificar imagens tiradas em condições diferentes das utilizadas para o treinamento do modelo.

Essa nova versão foi desenvolvida utilizando a arquitetura REST, por meio do framework Django para realizar a comunicação entre a página web e os scripts do AphidCV, escritos em linguagem Python. Nessa nova versão, buscou-se não apenas replicar os recursos oferecidos em sua versão anterior, dentro do ambiente web, mas também trazer incorporar novas funcionalidades que tornam a ferramenta mais fácil de usar, como o suporte a duas novas espécies: *Metopolophium dirhodum* e *Sitobion avenae*.

Para tanto, este artigo está assim organizado: a Seção 2 detalha os materiais e métodos aplicados para migrar a ferramenta, integrá-la ao Trap System e adicionar os novos recursos; a Seção 3 mostra os resultados alcançados, destacando os recursos da ferramenta no processo de classificação de afídeos, e discutindo vantagens e limitações da mesma; por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Materiais e Métodos

Para a desenvolvimento desse projeto, primeiramente foram realizados testes para descobrir qual seria a melhor maneira de utilizar os serviços do AphidCV a partir de uma plataforma web. Para tanto, optou-se pela arquitetura REST, inicialmente por meio do framework para desenvolvimento web Flask [Flask 2023].

Para a realização dessa etapa, foram desenvolvidas duas páginas web. A primeira continha um formulário simples para envio de uma imagem, encaminhada ao AphidCV para processamento por intermédio do Flask. A segunda página coletava e exibia o resultado do processo. Nesse ambiente de teste, confirmou-se que os serviços do AphidCV poderiam ser consumidos a partir de um servidor.

Posteriormente, optou-se pela adoção dos recursos do framework web Django [Django 2023], em virtude de o Trap System já ter alguns de seus serviços consumidos com esta ferramenta, como o InsectCV para detecção de insetos em armadilhas [De Cesaro Jr. et al. 2022] – o qual pode gerar saídas úteis para serem processadas

pelos recursos do AphidCV como, por exemplo, categorizar e mensurar afídeos. Para tanto, criou-se um ambiente de produção em um computador local para permitir que fossem realizadas as mudanças necessárias no Trap System para a implementação do AphidCV e sua comunicação com a ferramenta InsectCV.

Para evitar conflitos em relação às necessidades de cada ferramenta, realizaram-se mudanças nas configurações do sistema, como a alteração de caminhos absolutos presentes no código do Trap System, troca da versão do driver da placa de vídeo e mudanças nas configurações do PHP e do Apache para permitir o envio de arquivos maiores. Além do InsectCV, também foi necessária a instalação de scripts em Python para permitir o funcionamento do sistema e sua comunicação com outros recursos, como o banco de dados AgroDB [Lazzaretti et al. 2016a]. Esse banco é utilizado para arquivar os resultados dos processos executados pelo Trap System, e também serve para armazenar as saídas do AphidCV. Para tanto, foi alterada a estrutura relacional de tabelas para suporte a esses novos dados.

Após essa rodada de configurações, foi iniciado o desenvolvimento da API rest onde está hospedado o serviço do AphidCV e a interface web para consumir esse serviço, utilizando a linguagem de programação PHP por meio da biblioteca curl.

Durante essa etapa do desenvolvimento, foram implementados todos os recursos presentes na versão anterior do AphidCV, como a ferramenta de contagem, mensuração e classificação das espécies de afídeos e o CropAphid, recurso que recorta automaticamente objetos de interesse que possivelmente sejam insetos - útil para ampliar o dataset de treinamento dos modelos (mais detalhes em [Rodriguez & Rieder 2020]). Nesse momento, foram adicionados dois novos modelos para detecção das espécies *Metopolophium dirhodum* e *Sitobion avenae*, e manteve-se o suporte às espécies *Rhopalosiphum padi* e *Schizaphis graminum*.

Durante o desenvolvimento desse sistema também foram implementados novos recursos, como a pré-visualização da detecção, onde mostra-se ao usuário quais objetos de interesse são potenciais afídeos a partir de configurações padrão da literatura. Para tanto, pode-se também mudar o contraste e o brilho da imagem antes de realizar a classificação, visando maior acurácia em fotos tiradas em ambientes diferentes dos que foram usados para o treinamento do modelo.

Para uma maior abrangência da ferramenta, também foi desenvolvido a possibilidade de fazer manualmente a detecção da placa de Petri onde estão depositados os afídeos (manteve-se ainda a detecção automática). Além disso, a solução permite informar o diâmetro da placa, permitindo que sejam utilizadas amostras de diferentes tamanhos sem comprometer a classificação.

Adicionalmente, foram implementados recursos que melhoram a experiência do usuário, como o suporte Drag-And-Drop de imagens, facilitando e agilizando o processo de envio de imagens em lote, com a possibilidade de realizar a classificação de várias imagens de uma só vez.

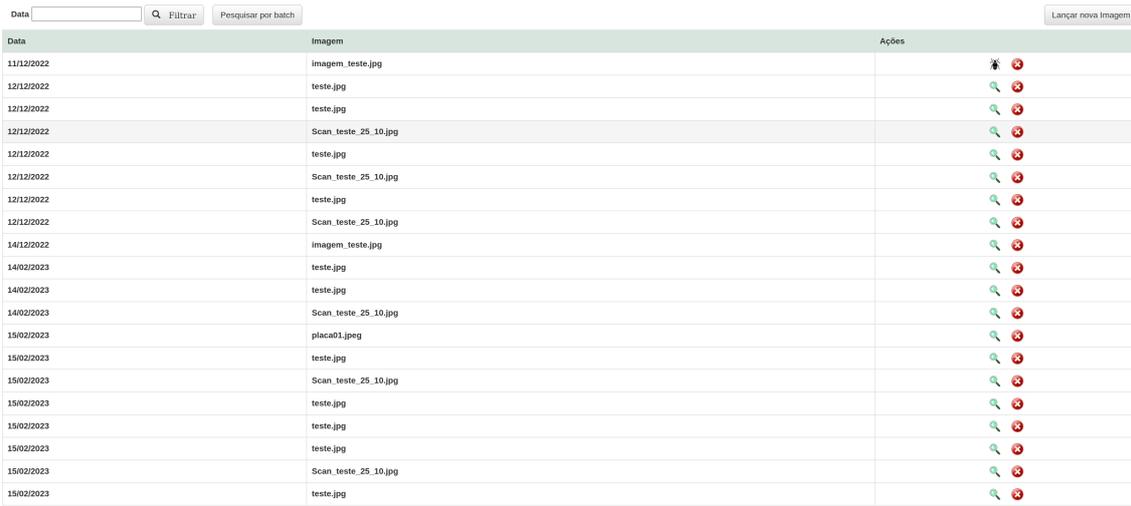
Após o desenvolvimento desses recursos no ambiente de produção local, realizou-se a migração para o servidor que hospeda a plataforma Trap System, realizando a configuração de um ambiente Conda dentro do servidor para rodar a API com suporte ao Python 3.8. Foi realizada a transferência da API e da interface web para dentro do

servidor utilizando SSH por meio dos programas PuTTY e filezilla.

Efetivada a integração da ferramenta, foram desenvolvidas páginas web para consumir a API onde o AphidCV, agora hospedado dentro da plataforma Trap System e acessível facilmente a qualquer usuário da plataforma. Para tanto, foram criados alguns perfis de usuário com acesso ao AphidCV no Trap System para testes preliminares e avaliação dos novos recursos.

3. Resultados e Discussão

Ao entrar na página principal do AphidCV, no Trap System, o usuário pode observar uma tabela com as imagens que foram enviadas para o serviço anteriormente (Figura 1). A partir dessa mesma página, ele pode iniciar o processo de contagem, mensuração e classificação das imagens (ícone de inseto), ver os resultados das detecções realizadas anteriormente (ícone de lupa), ou ainda excluir a imagem. Também é possível iniciar a submissão de novas imagens, podendo enviar uma ou mais imagens para serem processadas (Figura 2), usando o recurso de Drag-And-Drop. Após selecionar as imagens, o usuário confirma a submissão, sendo redirecionamento a página de detecção.



Data	Imagem	Ações
13/12/2022	imagem_teste.jpg	  
12/12/2022	teste.jpg	 
12/12/2022	teste.jpg	 
12/12/2022	Scan_teste_25_10.jpg	 
12/12/2022	teste.jpg	 
12/12/2022	Scan_teste_25_10.jpg	 
12/12/2022	teste.jpg	 
12/12/2022	Scan_teste_25_10.jpg	 
14/12/2022	imagem_teste.jpg	 
14/02/2023	teste.jpg	 
14/02/2023	teste.jpg	 
14/02/2023	Scan_teste_25_10.jpg	 
15/02/2023	placa01.jpeg	 
15/02/2023	teste.jpg	 
15/02/2023	Scan_teste_25_10.jpg	 
15/02/2023	teste.jpg	 
15/02/2023	teste.jpg	 
15/02/2023	teste.jpg	 
15/02/2023	Scan_teste_25_10.jpg	 
15/02/2023	teste.jpg	 

Figura 1. Página inicial do AphidCV 3.0, apresentando uma lista das imagens armazenadas no banco de dados.

Na página de detecção, o usuário pode informar valores para ajustar a classificação de acordo com suas necessidades, como o diâmetro da placa e a espécie a ser detectada (Figura 3). Nas opções avançadas, existem valores padrão por espécie, definidas de acordo com a literatura, mas que podem ser alteradas considerando a resolução da imagem de entrada. Também é possível obter uma pré-visualização dos objetos de interesse na imagem (Figura 4), mostrando os possíveis insetos a serem detectados. Para tanto, o usuário pode efetuar ajustes de brilho e de contraste da imagem, para assim conseguir detectar o maior número de afídeos possível. Esses ajustes podem ser necessários para alguns usuários pois, dependendo da iluminação e da resolução da imagem, a ferramenta pode não conseguir detectar os afídeos da forma desejada, uma vez que o treinamento original dos modelos utilizou imagens oriundas de somente um modelo de scanner e um mesmo padrão de iluminação e resolução. Esse recurso ajuda a mitigar esse problema, tornando as imagens enviadas mais próximas das utilizadas no treino.



Figura 2. Página para seleção e submissão de novas imagens.

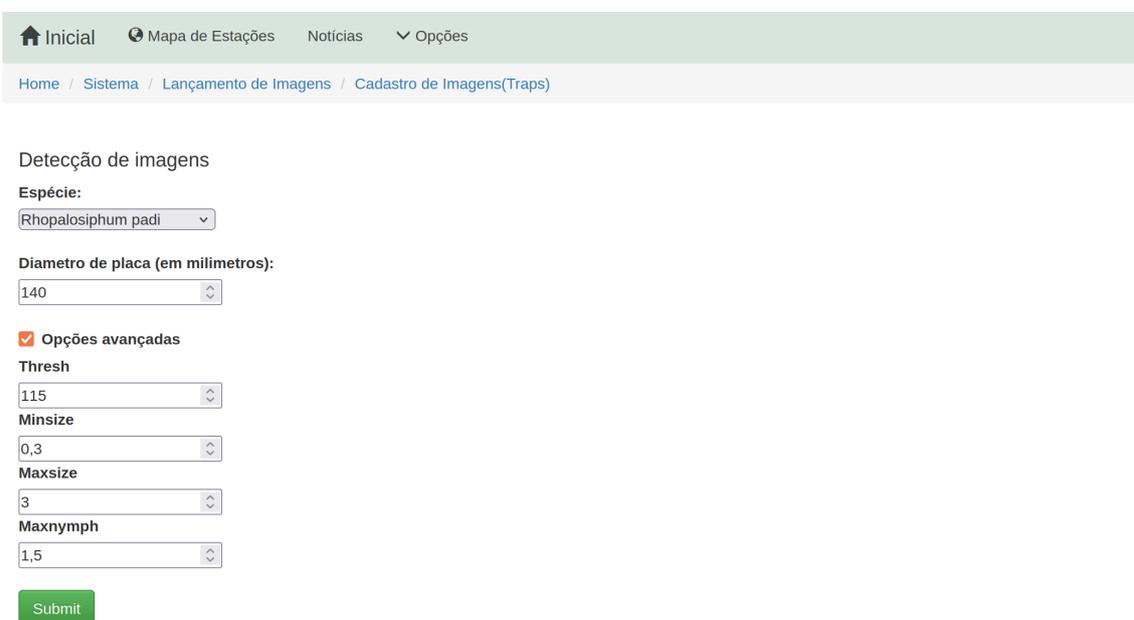


Figura 3. Página para ajuste dos parâmetros de classificação.

O usuário também pode marcar manualmente, em cada imagem, a área do círculo que contempla a placa de Petri durante a pré-visualização (Figura 5). Para isso, clica-se no centro da placa na imagem e arrasta o mouse até a sua borda. Ao liberar o pressionamento do mouse, a aplicação desenhará um círculo utilizando o raio desenhado como base. Esse recurso se viu necessário pois, em algumas imagens, a iluminação utilizada na aquisição da imagem gerava sombras que prejudicavam a detecção automática da circunferência da placa pelo método Hough Circles [Illingworth & Kittler 1987] da biblioteca OpenCV [OpenCV 2023]. O recurso também pode ser usado impedir a falsa detecção de sombras na borda da placa como se fossem afídeos. Além disso, manteve-se a opção de detecção automática da placa na imagem, caso o usuário opte por essa funcionalidade.

Após ajustar essas configurações, o usuário pode enviar a imagem (ou o lote de imagens) para ser classificada. Uma animação de carregamento é exibida enquanto o

Preview da detecção

Altere os valores do brilho e contraste para que o maior numero de insetos sejam detectados

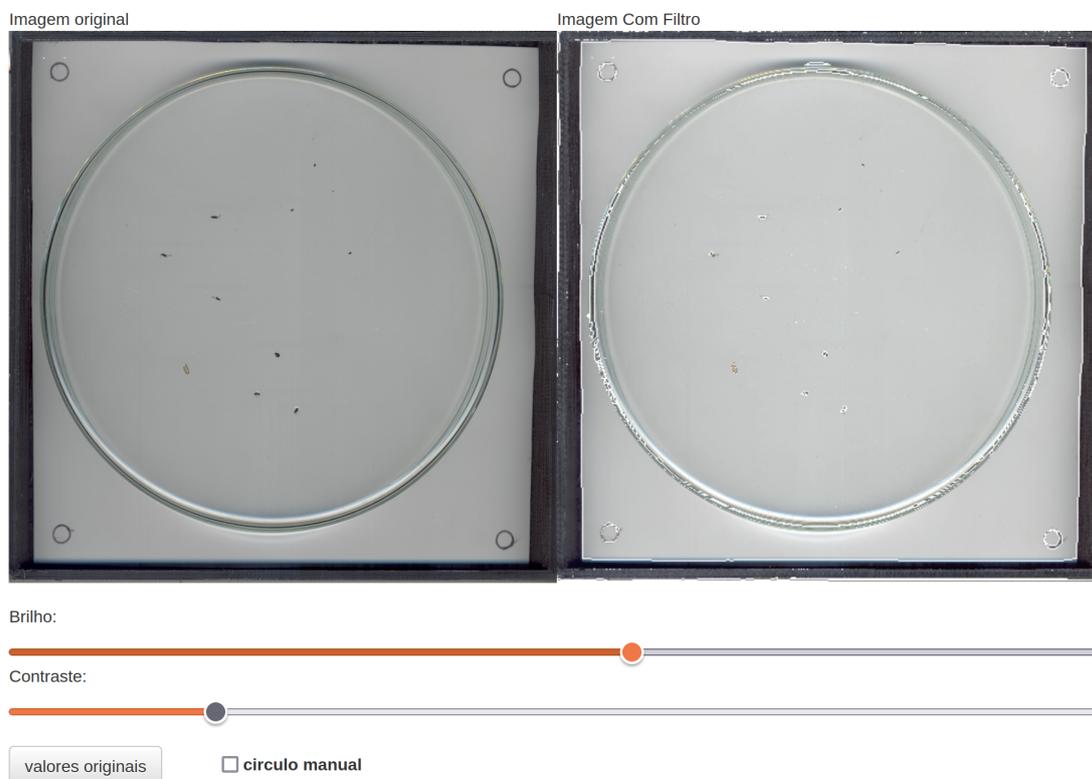


Figura 4. Pré-visualização dos objetos de interesse, antes de confirmar o processo de contagem, mensuração e classificação de uma imagem.

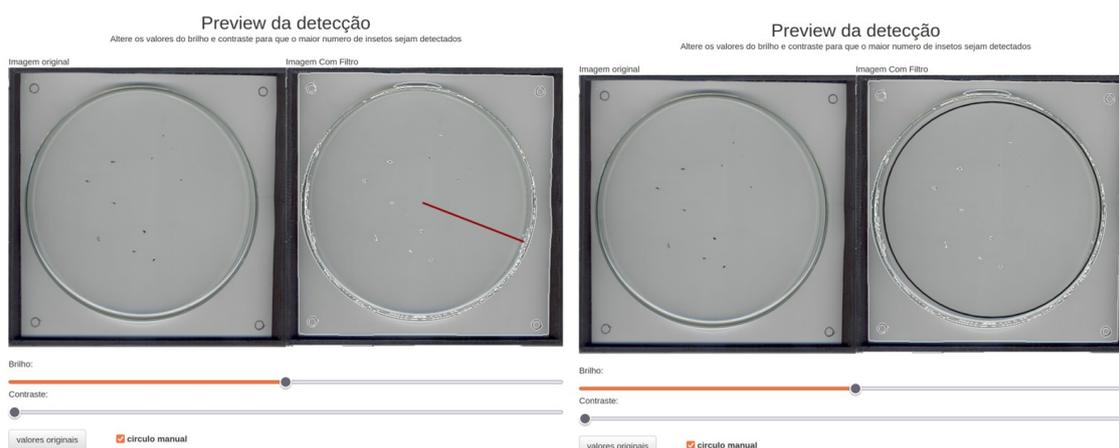


Figura 5. Exemplo de detecção manual da circunferência da placa de Petri.

processo de inferência na imagem é realizado. Ao final, ocorre um redirecionamento de página para exibição dos resultados (Figura 6). Nessa página, o usuário pode observar a imagem original enviada ao servidor e uma nova imagem rotulada contendo a contagem, a mensuração e a classificação de cada afídeo. Existem também opções para download de um arquivo compactado em formato zip, que contém a nova imagem gerada e as tabelas

de classificação. Outra opção de download é o resultado da ferramenta CropAphid, que contém recortes dos objetos de interesse. Existe também a opção de excluir a detecção realizada, para que seja possível refazê-la com outras configurações.

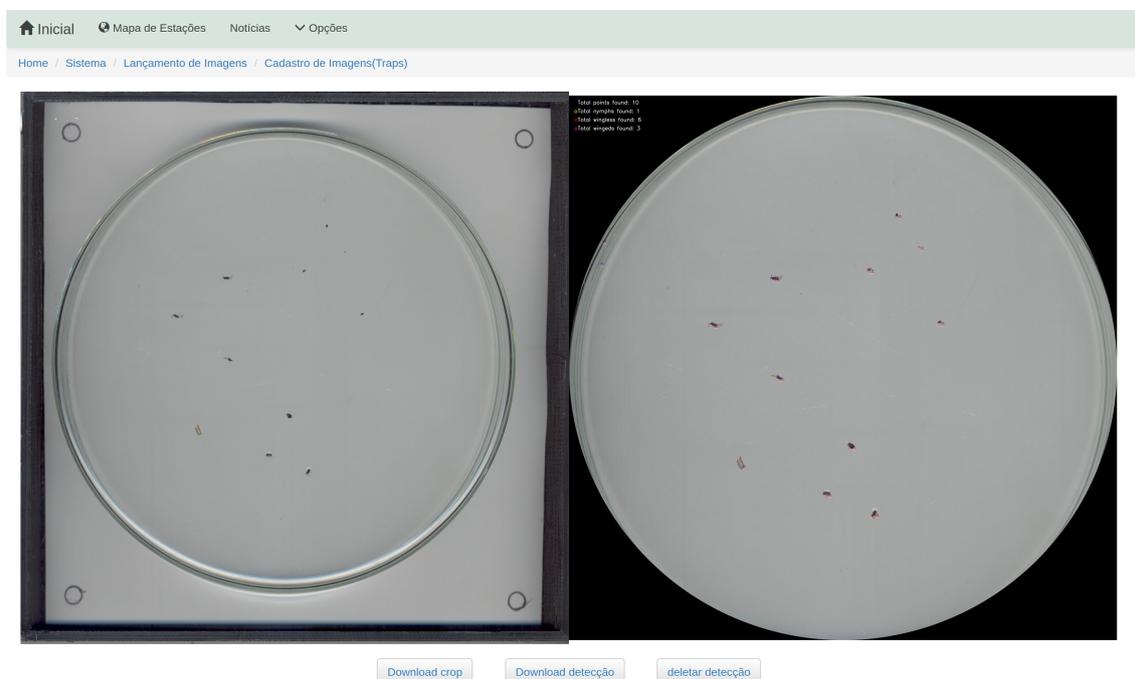


Figura 6. Apresentação dos resultados após o processamento da imagem.

Cinco usuários realizaram testes preliminares com o AphidCV 3.0, usando os recursos web disponíveis. Em entrevista, eles mostraram reações positivas a essa nova versão, em comparação com a versão anterior. Eles também apreciaram a maior facilidade de uso e destacaram as vantagens da ferramenta oferecer novos recursos, como o envio de lote de imagens, o suporte a novas espécies e, especialmente, a integração do AphidCV no Trap System. Porém, foi solicitado trabalhar em melhorias na detecção manual da placa de Petri e na pré-visualização, devido ao fato de poder ser necessário realizar a classificação várias vezes até que encontrar valores que geram um resultado desejado. Também comentou-se a necessidade de oferecer gráficos de série histórica, permitindo informar o período de coleta das imagens.

Nesta avaliação preliminar, também foi possível perceber que a acurácia da ferramenta varia fortemente para diferentes scanners e configurações de iluminação. Com os recursos disponibilizadas atualmente, é possível mitigar essa diferença. Mas, para uma melhor acurácia, é necessário o re-treinamento do modelo com as imagens enviadas pelos novos usuários, considerando diferentes formas de aquisição, combinadas com técnicas de aumento de dados. Nesse sentido, pretende-se fazer o re-treinamento dos quatro modelos disponíveis atualmente após um maior tempo de uso da nova ferramenta, como meio de obter um maior número de imagens e, conseqüentemente, aumentar o dataset.

Antes da nova versão (AphidCV 3.0), a ferramenta estava sendo utilizada apenas por pesquisadores da Embrapa Trigo, da Universidade de Passo Fundo e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A partir da integração ao Trap System, espera-se aumentar o número de usuários, uma vez que outras instituições que pertencem a Rede Brasileira

de Monitoramento de Pragas em Cereais de Inverno poderão acessar os recursos a partir de qualquer navegador web, sem a necessidade de instalação local. Para tanto, estão programados treinamentos para aprender a utilizar a ferramenta e seus recursos.

A plataforma Trap System está disponível publicamente através do endereço <http://gpca.passofundo.ifsul.edu.br/traps/>, onde qualquer pessoa tem acesso aos boletins de monitoramento da flutuação populacional de afídeos. Para utilizar os recursos do AphidCV 3.0, é preciso solicitar cadastro aos autores para ter acesso restrito aos recursos da ferramenta.

4. Conclusão

Este trabalho apresentou o AphidCV 3.0, uma nova versão web da ferramenta AphidCV, integrada a plataforma de monitoramento de insetos em armadilhas Trap System. Entende-se que a finalidade de permitir que a ferramenta seja utilizada por outros pesquisadores de forma mais fácil e prática foi alcançada com a integração proposta por este estudo.

A nova versão conseguiu replicar todas as funcionalidades da versão anterior dentro do ambiente web, além de desenvolver novas funcionalidades que permite o processamento e a inferência sobre um número maior de imagens ao mesmo tempo. Além disso, o fato de portar a ferramenta para um ambiente web possibilita que novos usuários a usufruam da ferramenta de maneira mais rápida e direta.

Trabalhos futuros contemplam o desenvolvimento de novos recursos requisitados pelos usuários da plataforma, realizar o treinamento de usuários e avaliação da ferramenta em oficinas de capacitação, retrainar e melhorar a acurácia dos modelos inteligentes considerando as novas imagens enviadas para a plataforma, e a criação de um aplicativo multiplataforma para envio das imagens à plataforma utilizando dispositivos móveis.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do escopo dos projetos “Desenvolvimento e validação de ferramentas para monitoramento e tomada decisão de manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos”, Chamada Universal CNPq/MCTI/FNDCT No. 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes; e “Soluções de Visão Computacional para manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos”, Chamada CNPq Nº 08/2022. Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro e de cota de iniciação científica, e pela concessão de Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT ao pesquisador Rafael Rieder, processo No. 302773/2022-3.

Referências

- De Cesaro Jr., T., Rieder, R., Di Domênico, J. R., & Lau, D. (2022). InsectCV: A system for insect detection in the lab from trap images. *Ecological Informatics*, 67:101516.
- Django (2023). Django: The web framework for perfectionists with deadlines. Disponível em: <https://www.djangoproject.com/>. Acesso em: 23 de Mar. de 2023.
- Döring, T. F. (2014). How aphids find their host plants, and how they don't. *Annals of Applied Biology*, 165(1):3–26.

- Emden, H. v. & Harrington, R. (2017). *Aphids as crop pests*, volume 2. Cabi, Boston, USA.
- Flask (2023). Flask: web development, one drop at a time. Disponível em: <https://flask.palletsprojects.com/>. Acesso em: 23 de Mar. de 2023.
- Illingworth, J. & Kittler, J. (1987). The adaptive hough transform. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1(5):690–698.
- Lazzaretti, A. T., Fernandes, J. M. C., Pavan, W., Toebe, J., & Wiest, R. (2016a). AgroDB – integration of database management systems with crop models. In *Proceedings of the 8th International Congress on Environmental Modelling and Software.*, page 194–201, Toulouse, France.
- Lazzaretti, A. T., Lau, D., Fernandes, J. M. C., Wiest, R., Bavaresco, J. L. B., & Schaefer, F. (2016b). Trapsystem-uma aplicação para gerenciamento de dados coletados a partir de armadilhas de insetos. In *In: Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 10 . . .*
- Lins, E. A., Rodriguez, J. P. M., Scoloski, S. I., Pivato, J., Lima, M. B., Fernandes, J. M. C., da Silva Pereira, P. R. V., Lau, D., & Rieder, R. (2020). A method for counting and classifying aphids using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169:105200.
- OpenCV (2023). OpenCV: Hough circle transform. Disponível em: https://docs.opencv.org/4.7.0/da/d53/tutorial_py_houghcircles.html. Acesso em: 23 de Mar. de 2023.
- Rodriguez, J. P. M. & Rieder, R. (2020). AphidCV 2.0: uma nova abordagem de classificação, contagem e mensuração de afídeos. In *Anais Estendidos do XXXIII Conference on Graphics, Patterns and Images*, pages 159–162, Porto Alegre.
- Trap System (2023). Trap system: plataforma integrada para monitoramento, simulação e tomada de decisão no manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos. Disponível em: <http://gpca.passofundo.ifsul.edu.br/traps/>. Acesso em: 23 de Mar. de 2023.

Avaliação de técnicas de transfer learning para detecção e classificação de afídeos usando o software AphidCV

Eduardo Garbini Pessolano¹, Nicolas Welfer Kirinus¹, Douglas Lau², Rafael Rieder¹

¹Universidade de Passo Fundo (UPF)
Passo Fundo, RS, Brasil

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Trigo)
Passo Fundo, RS, Brasil

{183922, 183948, rieder}@upf.br

douglas.lau@embrapa.br

Abstract. *Monitoring aphids is essential for controlling the population fluctuations of these crop pests. For the aphid classification tasks, the AphidCV software relies on a customized neural network architecture. This work examines a performance comparison approach between the model present in the software and pre-trained intelligent models using the transfer learning technique. We infer that, depending on the specificity of the problem and the image dataset features, it is desirable to develop a custom model optimized for the particular application. However, for practicality, less computationally intensive resources, and time, pre-trained models can be used to validate the accuracy and loss of an owner architecture.*

Resumo. *O monitoramento de afídeos é essencial para o controle da flutuação populacional dessas pragas. Para tarefas de classificação de afídeos, o software AphidCV conta com uma arquitetura de rede neural customizada. Este trabalho discorre uma abordagem de comparação de desempenho entre o modelo presente no software e modelos inteligentes pré-treinados, por meio da técnica de transfer learning. Foi possível inferir que, dependendo da especificidade do problema e das características do conjunto de imagens, é desejável desenvolver um modelo próprio otimizado para a aplicação em questão. Por conta da praticidade, recurso computacional e tempo, pode-se utilizar modelos inteligentes pré-treinados para validar a acurácia e a perda de uma arquitetura própria.*

1. Introdução

As redes neurais profundas (ou arquiteturas *deep learning*) têm apresentado desempenho muito bom em soluções que manipulam grandes conjuntos de dados e atendem diversos problemas considerados exaustivos pelos seres humanos, como tarefas de reconhecimento visual, reconhecimento de fala e processamento de linguagem natural [Gu et al. 2018]. Um exemplo disso é o monitoramento e a classificação de afídeos em culturas de cereais, que requer inspeção e reconhecimento visual preciso, por parte de especialistas. Conforme [Emden & Harrington 2017], esses insetos diminutos sugam a seiva de plantas e são vetores de doenças em alimentos, e precisam ter sua flutuação populacional monitorada para evitar infestações e transmissões de vírus.

O aprendizado profundo levou a um desempenho muito bom em uma variedade de problemas, como reconhecimento visual, reconhecimento de fala e processamento de linguagem natural. Entre os diferentes tipos de redes neurais profundas, as redes neurais convolucionais foram as mais amplamente estudadas.

Tradicionalmente, essa tarefa é realizada manualmente por entomólogos, com auxílio de microscópio e coletas de amostras em campo. Por presença de fatores humanos, há taxas de erro que prejudicam as previsões e o controle dessas pragas e, consequentemente, as plantações. A automatização desta tarefa foi concedida pelo software AphidCV [Lins et al. 2020], que agrega ferramentas de visão computacional e *deep learning* para a contagem, classificação e mensuração destas pestes, o que permite monitorar a flutuação populacional e gerar estimativas para diferentes espécies. A ferramenta oferece uma arquitetura de rede neural própria, considerando modelos inteligentes capazes de ser 40 vezes mais rápidos na categorização de espécies de afídeos do que uma análise humana especializada [Rodriguez & Rieder 2020].

Nesse contexto, este trabalho se concentra em avaliar uma abordagem alternativa para o software AphidCV, e que tem se tornado muito popular para etapas de classificação utilizando imagens: a aprendizagem por transferência (ou *transfer learning*). De acordo com [Weiss et al. 2016], *transfer learning* é um método de aprendizado de máquina onde um modelo desenvolvido para uma determinada tarefa é reutilizado como ponto de partida para um modelo em uma segunda tarefa, de assunto relacionado.

Sabe-se que para o treinamento de redes neurais profundas é necessário uma grande quantidade de dados [Chen & Lin 2014]. Neste caso, muitas imagens são necessárias para que um modelo aprenda a extrair todas as informações relevantes e, assim, garantir uma alta taxa de acerto na classificação. Nesse contexto, encontram-se modelos pré-treinados que “sabem” manipular imagens visando esse objetivo. Estes modelos, já bem consolidados na literatura e presentes em bibliotecas de redes neurais, como Keras [Gulli & Pal 2017, KERAS 2023b], oferecem uma grande quantidade de informações sobre as imagens de forma generalista, pois são treinados em grandes bancos de imagens (como Imagenet [Deng et al. 2009]), com centenas, ou até milhares de classes, e armazenam parâmetros relevantes para descrever características presentes em imagens.

Utilizando técnicas como o *transfer learning*, estes parâmetros podem ser reutilizados para outras aplicações e apenas os parâmetros referentes à aplicação desejada são treinados [Torrey & Shavlik 2010]. Com isso em mente, este trabalho apresenta a avaliação de técnicas de *transfer learning* para detecção e classificação de afídeos usando o software AphidCV. Os modelos comparados (ResNet50V2, InceptionV3, ViT, Efficient B0-B2-B4-B7), presentes na Keras Applications [KERAS 2023a], foram submetidos ao mesmo *dataset* de treinamento das espécies de afídeos *Rhopalosiphum padi* e *Schizaphis graminum*.

Para tanto, este artigo está assim organizado: a Seção 2 detalha os materiais e métodos aplicados para o treinamento com os modelos pré-treinados; a Seção 3 mostra os resultados alcançados e faz a análise e comparação entre os modelos, discutindo vantagens e limitações; por fim, a Seção 4 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Materiais e Métodos

Inicialmente, houve a necessidade de criar um ambiente virtual de execução. Isso se deve ao fato de que bibliotecas de redes neurais, muitas vezes, requerem diferentes versões da linguagem Python para usar determinados recursos. Devido à uma cadeia de dependências, alguns recursos necessitam ser executados em versões específicas. Desta maneira, ambientes virtuais auxiliam a separar idealmente os recursos, evitando problemas com quaisquer dependências diferentes. Para solucionar esta questão, optou-se pela adoção da ferramenta Anaconda, um gerenciador de pacotes e sistema de gerenciamento de ambiente de código aberto, multiplataforma e independente de linguagem [Anaconda 2023].

O hardware utilizado, tanto para o treinamento quanto para a validação de todos os modelos, considerou um computador de alto desempenho, com a seguinte configuração: processador i7-6950X 3.5GHz Deca-core, 32GB RAM, HD 5TB, placa Mãe MSI Gaming, GPU NVIDIA GTX Titan X 12GB, sistema operacional Ubuntu Linux 20.04. A arquitetura Pascal, presente neste modelo de GPU citado, oferece conjuntos de instruções otimizadas que a tornam ideal para processar algoritmos de inteligência artificial e *deep learning* [NVIDIA 2023].

No processo de garantir uma comparação o mais fiel possível, o *dataset* utilizado foi o mesmo para todos os modelos inteligentes e seguindo as mesmas transformações. Isso significa que, durante o processo de *data augmentation*, as mesmas funções foram escolhidas: rotação de 90 graus e giros verticais e horizontais. Desta forma, ao aplicar uma variedade de transformações nas imagens é possível ampliar a quantidade de exemplos para o treinamento e evitar *overfitting*¹. Na Tabela 1 e na Tabela 2 constam a quantidade de imagens contidas nos *datasets* das espécies de afídeos *Schizaphis graminum* e *Rhopalosiphum padi*, respectivamente, separadas por classes de interesse que representam estádios de desenvolvimento desses insetos: ninfas (afídeos jovens), alados (afídeos adultos com asas) e ápteros (afídeos adultos sem asas). Incluiu-se também uma classe de falsos, devido a presença de exoesqueletos ou detritos presentes nas amostras. Os *datasets* foram disponibilizados pela Embrapa Trigo.

As imagens que formam os *datasets* são coletadas através do escaneamento de placas de Petri e recortadas devidamente pelo software Crop Aphid, desenvolvido por [Lins et al. 2020], acessível pelo AphidCV. Dessa forma, as imagens com os insetos recortados são classificados por um entomólogo e adicionadas no banco de imagens para treinamento e validação.

Tabela 1. Dataset: *Schizaphis graminum*.

	Alados	Ápteros	Ninfas	Falsos
Número de imagens	1703	1885	9620	5701

Em virtude dos *datasets* fornecidos terem tamanhos distintos, considerou-se para a etapa de validação subconjuntos de 250 imagens por classe para a espécie *Schizaphis*

¹Um cenário de *overfitting* (sobreajuste) ocorre quando, nos dados de treino, o modelo tem um desempenho excelente, porém tende a fornecer previsões imprecisas para novos dados (o modelo ficou “viciado” nas nuances do *dataset* de treino e não tem capacidade de generalização).

Tabela 2. Dataset: *Rhopalosiphum padi*.

	Alados	Ápteros	Ninfas	Falsos
Número de imagens	2739	2240	2196	4835

graminum, e subconjuntos de 500 imagens por classe para a espécie *Rhopalosiphum padi*. Outra decisão tomada foi a utilização de uma *callback* de controle de treinamento chamada “EarlyStopping”, presente no Keras [KERAS 2023b]. Por meio de alguns parâmetros, essa classe monitora a acurácia do modelo durante o treinamento e o interrompe caso não haja avanços significativos, descartando a necessidade de determinar um número específico de épocas para o treinamento de cada modelo. Também foi necessário utilizar *callback* “ModelCheckpoint” do Keras [KERAS 2023b], responsável por salvar apenas os melhores pesos aprendidos durante a etapa de treino e validação.

A técnica conhecida como *transfer learning* consiste em reutilizar um modelo pré-treinado em uma aplicação, adequando-o às necessidades de outro problema. Como o próprio nome sugere, há uma transferência de aprendizado ao longo do processo, pois os parâmetros já aprendidos pela rede anteriormente, em determinada aplicação, são mantidos. São treinados apenas os parâmetros referentes à aplicação desejada, implicando em uma significativa redução de recursos computacionais e, principalmente, no tempo de treinamento. Estes modelos são encontrados abertamente na ferramenta Keras Applications [KERAS 2023a], incluído em API de alto-nível para a construção e treinamento de modelos TensorFlow [TensorFlow 2023]. Para este comparativo, considerou-se o uso do TensorFlow 2.5.

Os modelos inteligentes citados foram utilizados justamente por serem os mais populares na literatura e terem sido treinados na famosa base de dados ImageNet [Chollet 2021]. Tal característica permite que estes modelos pré-treinados possam reconhecer até mil classes distintas. Como resultado, estas redes neurais aprenderam parâmetros e características importantes sobre imagens no geral, como retas, bordas, curvas, entre outras formas. Por esta razão, os parâmetros aprendidos podem ser utilizados em outras aplicações que envolvam o processamento de imagens, poupando recursos de tempo e de computação. Usamos a estrutura de aprendizado profundo Keras [8] que inclui modelos de aprendizado profundo pré-treinados disponibilizados junto com pesos nos aplicativos Keras.

3. Resultados e Discussão

Como mencionado anteriormente, o objetivo do AphidCV é a automatização do exaustivo processo manual de contagem e classificação de afídeos. Em sua segunda versão, desenvolvida por [Rodriguez & Rieder 2020], o software passou a incluir uma nova rede neural, própria, com significativas melhorias em desempenho e acurácia. Como meio de revalidar o software, optou-se em avaliar o desempenho dessa rede neural perante abordagens tradicionais de *transfer learning*. A Tabela 3 e a Tabela 4 contém os resultados obtidos após o treinamento e validação dos sete modelos selecionados.

A coluna “modelo” indica o modelo testado, e “épocas” a quantidade de épocas necessárias para que a *callback* “EarlyStopping” determinasse a parada por melhor resultado. A coluna “formato” (*shape*) contém o formato de entrada da imagem. Este

Tabela 3. Comparação entre modelo próprio do AphidCV e modelos pré-treinados para *dataset* da espécie *Schizaphis graminum*.

Modelo	Épocas (Early Stopping)	Formato (Channels Last)	Acurácia (Val_acc)
AphidCV	100	(120, 120, 1)	0.98
InceptionV3	21	(120, 120, 3)	0.83
Resnet50V2	10	(120, 120, 3)	0.86
EfficientNetB0	9	(120, 120, 3)	0.87
EfficientNetB2	8	(120, 120, 3)	0.86
EfficientNetB4	17	(120, 120, 3)	0.86
EfficientNetB7	16	(120, 120, 3)	0.86
ViT	16	(224, 224, 3)	0.89

Tabela 4. Comparação entre modelo próprio do AphidCV e modelos pré-treinados para *dataset* da espécie *Rhopalosiphum padi*.

Modelo	Épocas (Early Stopping)	Formato (Channels Last)	Acurácia (Val_acc)
AphidCV	100	(120, 120, 1)	0.98
InceptionV3	11	(120, 120, 3)	0.79
Resnet50V2	11	(120, 120, 3)	0.83
EfficientNetB0	15	(120, 120, 3)	0.88
EfficientNetB2	9	(120, 120, 3)	0.89
EfficientNetB4	8	(120, 120, 3)	0.87
EfficientNetB7	10	(120, 120, 3)	0.86
ViT	6	(224, 224, 3)	0.89

parâmetro em questão indica ao modelo qual a resolução de entrada da imagem, como, por exemplo, 120x120 ou 224x224. Idealmente, os modelos inteligentes funcionam melhor com a resolução 224x224, mas como o modelo presente no software AphidCV 2.0 utilizou resoluções de 120x120, este estudo manteve a mesma resolução, na medida do possível, para fins de comparação. Nota-se que no modelo ViT (*Vision Transformer*) não foi possível utilizar resoluções abaixo de 224x224, por restrição da arquitetura dele. Outro ponto importante é a quantidade de canais utilizados para a entrada no modelo. Os modelos inteligentes pré-treinados precisam receber uma entrada de três canais, ao passo que o modelo próprio do AphidCV recebe somente um canal de intensidade.

Na última coluna, pode-se observar a acurácia de cada modelo. Apesar de não superarem os resultados de ~98% para as espécies *Schizaphis graminum* e *Rhopalosiphum padi*, respectivamente, atingidos pela rede neural do AphidCV 2.0, já é possível atingir, com alguns modelos, resultados próximos de 90% com uma quantidade de épocas de treinamento muito reduzidas se comparadas à formulação do modelo próprio, que utilizou um ciclo fixo de 100 épocas.

Como comparação adicional, a Tabela 5 engloba o comportamento dos dois primeiros modelos pré-treinados considerando a resolução ideal de entrada (224x224) somente para a espécie *Schizaphis graminum*. Pode-se perceber que uma maior resolução

das imagens tende a aumentar a acurácia. Da mesma forma, o aumento na quantidade de canais de cores pode ser um fator de melhora na acurácia, pois acrescenta o nível de informação contido na imagem. Mas, para esta aplicação, por ser extremamente específica, não foi suficiente para obter resultados satisfatórios e confiáveis.

Tabela 5. Comparação adicional entre modelos pré-treinados considerando entrada a padrão de imagem recomendada (*dataset: Schizaphis graminum*).

Modelo	Épocas (Early Stopping)	Formato (Channels Last)	Acurácia (Val_acc)
InceptionV3	12	(224, 224, 3)	0.85
Resnet50V2	9	(224, 224, 3)	0.87

4. Conclusão

Este trabalho abordou resultados de uma estratégia para revalidação do software AphidCV, a fim de testar modelos inteligentes mais recentes considerando técnicas de *transfer learning*. Verificou-se que o atual modelo específico do AphidCV ainda apresenta resultados superiores comparados aos modelos pré-definidos, fortalecendo sua relevância para o contexto de monitoramento da flutuação populacional de afídeos.

Desta forma, pode-se concluir que, dependendo da especificidade da aplicação, é desejável desenvolver um modelo exclusivo para esta. Mesmo assim, é importante utilizar técnicas de transferência de aprendizado com modelos inteligentes pré-treinados, como uma forma de validação de arquitetura própria e resultados de acurácia e perda.

Como trabalhos futuros, pretende-se revalidar também considerando outros modelos pré-treinados utilizados para detecção de objetos de interesse, como, por exemplo, versões mais recentes da YOLO [Redmon et al. 2016]. Somado a isso, recomenda-se retrainar os modelos por espécie do AphidCV considerando entradas de três canais, parâmetros de controle de treinamento e maior *dataset*, como forma de evitar *overfitting*, melhorar a assertividade dos modelos, e dar suporte a novas espécies de afídeos.

Agradecimentos

Este trabalho faz parte do escopo dos projetos “Desenvolvimento e validação de ferramentas para monitoramento e tomada de decisão de manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos”, Chamada Universal CNPq/MCTI/FNDCT No. 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes; e “Soluções de Visão Computacional para manejo de epidemias causadas por vírus transmitidos por insetos”, Chamada CNPq N° 08/2022. Agradecimentos para a Fundação Universidade de Passo Fundo (FUPF) pela concessão de bolsa PIBIC/UPF. Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT ao pesquisador Rafael Rieder, processo No. 302773/2022-3.

Referências

Anaconda (2023). Anaconda: where packages, notebooks, projects and environments are shared. Disponível em: <https://anaconda.org>. Acesso em: 27 de Mar. de 2023.

- Chen, X.-W. & Lin, X. (2014). Big data deep learning: challenges and perspectives. *IEEE access*, 2:514–525.
- Chollet, F. (2021). *Deep learning with Python*. Simon and Schuster.
- Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.-J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). Imagenet: A large-scale hierarchical image database. In *2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 248–255. IEEE.
- Emden, H. v. & Harrington, R. (2017). *Aphids as crop pests*, volume 2. Cabi, Boston, USA.
- Gu, J., Wang, Z., Kuen, J., Ma, L., Shahroudy, A., Shuai, B., Liu, T., Wang, X., Wang, G., Cai, J., et al. (2018). Recent advances in convolutional neural networks. *Pattern recognition*, 77:354–377.
- Gulli, A. & Pal, S. (2017). *Deep learning with Keras*. Packt Publishing Ltd.
- KERAS (2023a). Keras applications. Disponível em: <https://keras.io/api/applications>. Acesso em: 27 de Mar. de 2023.
- KERAS (2023b). Keras: the python deep learning API. Disponível em: <https://keras.io>. Acesso em: 27 de Mar. de 2023.
- Lins, E. A., Rodriguez, J. P. M., Scoloski, S. I., Pivato, J., Lima, M. B., Fernandes, J. M. C., da Silva Pereira, P. R. V., Lau, D., & Rieder, R. (2020). A method for counting and classifying aphids using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169:105200.
- NVIDIA (2023). Nvidia titan x graphics card for vr gaming — nvidia geforce. Disponível em: <https://www.nvidia.com/pt-br/geforce/products/10series/titan-x-pascal/>. Acesso em: 27 de Mar. de 2023.
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pages 779–788.
- Rodriguez, J. P. M. & Rieder, R. (2020). AphidCV 2.0: uma nova abordagem de classificação, contagem e mensuração de afídeos. In *Anais Estendidos do XXXIII Conference on Graphics, Patterns and Images*, pages 159–162, Porto Alegre.
- TensorFlow (2023). Tensorflow. Disponível em: <https://www.tensorflow.org>. Acesso em: 27 de Mar. de 2023.
- Torrey, L. & Shavlik, J. (2010). Transfer learning. In *Handbook of research on machine learning applications and trends: algorithms, methods, and techniques*, pages 242–264. IGI global.
- Weiss, K., Khoshgoftaar, T. M., & Wang, D. (2016). A survey of transfer learning. *Journal of Big data*, 3(1):1–40.

Modelagem Matemática de Módulos Fotovoltaicos: Uma Análise de Dimensionamento para Instalações On-Grid

Eduardo de Paula Alencar¹, Leonardo Minelli¹, Emilia Damásia de Sousa Xavier¹, Paulo Sérgio Sausen¹, Airam Teresa Zago Romcy Sausen¹, Maurício de Campos¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática e Computacional – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI) Caixa Postal 560 – Cep: 98700-000 – Ijuí – RS – Brasil

{eduardo.alencar,leonardo.minelli,emilia.xavier}@sou.unijui.edu.br,
{sausen,airam,campos}@unijui.edu.br

Abstract. *The production of electricity through photovoltaic solar energy is increasingly present in the Brazilian market, so the price for the system often requires good sizing to avoid unnecessary financial increases or decreases on the part of the consumer. In this work, simulations are presented for different consumptions of a residence with variations of photovoltaic modules aimed at on-grid installations (connected to the grid).*

Resumo. *A produção de eletricidade através da energia solar fotovoltaica está cada vez mais presente no mercado brasileiro, para isso o preço pelo sistema muitas vezes requer um bom dimensionamento para evitar acréscimos ou decréscimos financeiros desnecessário por parte do consumidor. Neste trabalho é apresentado simulações para diferentes consumos de uma residência com variações de módulos fotovoltaicos voltados para instalações on-grid (conectados a rede).*

1. Introdução

A questão ambiental tem sido um tema bastante debatido nos últimos tempos, principalmente pelos países desenvolvidos e grande parte deles já se propuseram a desenvolver ações para combater os impactos ambientais futuros, sobretudo em setores como na produção de energia elétrica. Neste setor a geração de energia pode utilizar tanto recursos renováveis como não renováveis [Freitas and Dathein 2013]. Existe uma forte tendência mundial que a planta de geração passe a utilizar cada vez mais recursos renováveis.

Atualmente existe uma grande variedade de fontes de energias consideradas renováveis. Entre elas pode-se citar as disponibilizadas pela própria natureza tais como a energia que provem do sol, a hidráulica que é obtida a partir da força da água ou ainda a partir das correntes marítimas (i.e. energia maremotriz). Por outro lado, a partir dos milhares de anos em que ocorreu o depósito de matéria orgânica no subsolo criou-se as chamadas fontes de energia não renováveis. Estas fontes são provenientes de fósseis e matéria do subsolo, como o petróleo, carvão mineral, gás natural dentre outros. Na parte de energia não-renovável também está classificada as que provem da fusão nuclear [Goldemberg and Lucon 2007].

Assim como a grande maioria dos países no Brasil o desenvolvimento da economia depende cada vez mais da disponibilidade de energia. A matriz energética brasileira

está centrada na geração de energia pelas hidroelétricas tornando o Brasil um ponto de atenção no quesito de impactos ambientais. A demanda de eletricidade em períodos secos apresenta instabilidades ocasionando o acionamento de termoeletricas e usinas nucleares, aumentando desta forma a tarifa para o consumidor final.

Posto isto, vários estudos apresentam a energia solar como fonte renovável muito promissora em nosso país, desempenhando um importante papel na malha energética brasileira. Os sistemas fotovoltaicos cresceram em média global 40% contra 16% da eólica e apenas 3% da hídrica, isso se deu principalmente pela possibilidade de realizar a geração no próprio local de consumo da mesma, constituindo-se, desta forma, no conceito de Geração Distribuída (GD) [Martins et al. 2017].

A partir do constante avanço científico e industrial ocorreu, nos últimos anos, o barateamento dos módulos fotovoltaicos e dos inversores. Os inversores são equipamentos usados para converter a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos para ser usado pelos consumidores, ou mesmo injetado na rede da concessionária de energia. Com a redução dos preços destes equipamentos o setor de energia solar, no Brasil, cresceu consideravelmente. De acordo com dados informados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em seu balanço energético [Epe 2022] a geração de energia elétrica no Brasil, em 2021, atingiu um montante de 656,1TWh uma variação de 4% superior ao ano anterior. Já a geração produzida por consumidores obteve uma participação de 17,4% atingindo um montante de 114TWh, destes 65,9TWh gerados por consumidores no próprio local de consumo.

A partir deste cenário favorável uma grande variedade de empresas passaram a oferecerem seus produtos de Geração Distribuída, especialmente os sistemas fotovoltaicos, aos consumidores brasileiros. O principal motivados, além da grande oferta de opções, é o rápido retorno do investimento (i.e. *payback*) frente o consumo mensal de energia do consumidor. Para este quesito existem simulações nos próprios orçamentos direcionados aos clientes quando solicitam um sistema fotovoltaico para seu domicílio ou empresa. A utilização de dimensionamento do módulo e conceitos econômicos como *payback*, taxa interna de retorno e o valor presente líquido são um dos fatores de cálculos na hora da escolha por um determinado sistema fotovoltaico.

Neste sentido, no presente artigo, é apresentada a modelagem matemática necessária para o correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico, que possa ser realizado e aplicado de forma simples pelo consumidor final quando da escolha do melhor sistema para a sua realidade.

2. Revisão Bibliográfica

A energia do sol é considerada uma energia renovável devido ao fato do tempo de vida da estrela frente ao do nosso planeta, suas reações químicas geram fusões nucleares de átomos de Hidrogênio formando Hélio. Com essas reações o sol emite uma taxa de energia praticamente constante com uma potência de $3,86 \times 10^{26}$ W sendo sua temperatura de superfície chegando aos 5.505 °C, toda essa energia irradiada fica entre faixas de frequência de onda visível denominadas de infravermelho [Martins et al. 2017].

O fornecimento de energia pelo sol caracteriza a produção em duas escalas: a energia solar térmica e a energia utilizando módulos fotovoltaicos conforme pode ser

observado na Figura 1. A produção de energia solar térmica utiliza em sua formação o aquecimento de água, óleo ou fluidos em que sua pressão possa mover turbinas com o aumento da temperatura. Com este método a geração de eletricidade possui uma eficiência de aproximadamente 15% [Davigny et al. 2021].

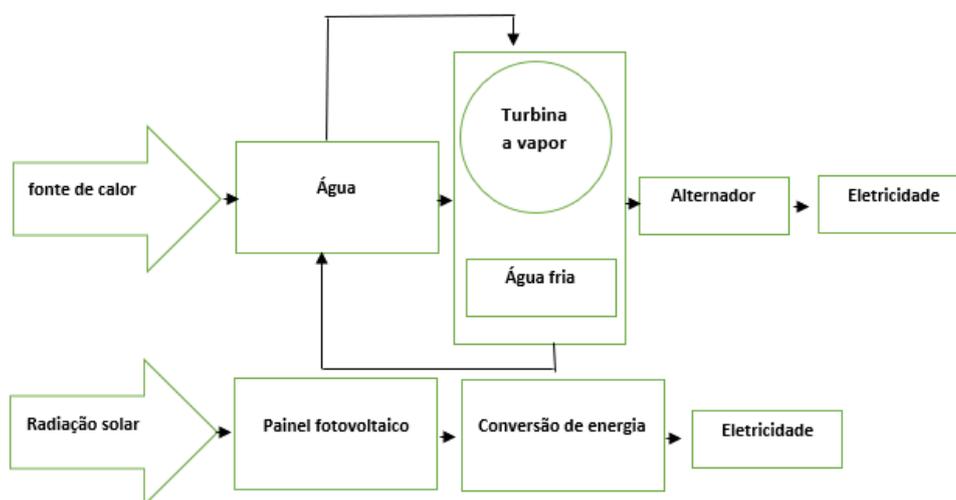


Figura 1. Tipos de energia solar

Fonte: Adaptado de Electricity Production from Renewable Energies [Davigny et al. 2021]

A energia solar fotovoltaica é dividida em duas escalas principais, a chamada Energia Fotovoltaica Centralizada e a Energia Fotovoltaica Distribuída ambas aplicadas no contexto Brasileiro de fornecimento complementar. Conforme [Pereira 2019] a energia Fotovoltaica Centralizada é produzida em parque solares de grande porte conhecido como usinas solares. As usinas solares fornecem a energia produzida diretamente para a rede elétrica de uma concessionária de energia em que esta aplicada. Geralmente são construídas diretamente sobre o solo ou ainda em grandes áreas de superfícies em oceanos, lagos ou represas. Muitas das vezes estas usinas estão anexadas a outras usinas de fontes diferentes como eólica hídrica, biomassa entre outras.

Já energia solar fotovoltaica distribuída é a energia produzida próxima à unidade consumidora sendo que não depende do tamanho da fonte geradora ou do terreno onde esta aplicada. A energia solar fotovoltaica distribuída também é caracterizada por dois tipos básicos de operações que são: os *off-grid* que não estão conectados a rede de distribuição da concessionária de energia; e os *on-grid* estes sim conectados a rede de distribuição da concessionária.

Quando o sistema é conectado a rede (i.e.*on-grid*) toda a energia produzida, que não seja imediatamente consumida pela unidade consumidora, ou seja o cliente, é injetada na rede de distribuição de energia da concessionária e o cliente recebe um crédito em energia que pode ser utilizado posteriormente. Já no sistema *off-grid* a energia produzida e não consumida é armazenada em bancos de baterias para consumo posterior. Caso ocorra falta de eletricidade os sistemas *off-grid* podem operar como *nobreak* fornecendo energia a residência por um determinado período [Bortoloto et al. 2017].

2.1. Irradiação solar no Brasil

Grande parte da irradiação solar é perdida durante o seu trajeto em direção a terra, através de espelhamentos e por absorção ocasionados por vapores de água, gases e perdas térmicas. As nuvens formadas por gotículas de água também funciona como bloqueadores de irradiação absorvendo boa parte [Guimarães 2003].

Todos os efeitos das reações solares são de grande importância para a vida na terra, desde as produções climáticas até a obtenção dos fótons para geração elétrica [Davigny et al. 2021].

O Brasil é um país de grande extensão territorial com significativas variações de climas e com estações do ano não muito bem definidas. Mesmo com essas características o Brasil apresenta uma grande incidência de irradiação solar, que varia de 1.000 até 2.600 kWh/m²/ano, representando um grande potencial para malha energética solar Brasileira [Martins et al. 2017].

2.2. Dimensionamento de um módulo fotovoltaico

Nesta seção será apresentado os passos iniciais necessários para o desenvolvimento de um modelo matemático para os módulos fotovoltaicos.

A primeira condição a ser considerada para o correto dimensionamento de um módulo é consultar a folha de dados dos módulos fotovoltaicos (i.e. *Datasheet*) nele podem ser encontradas todas as informações técnicas sobre o equipamento. A escolha do módulo depende de fatores como potência nominal, potência máxima e outros parâmetros que podem ser facilmente consultados no *Datasheet* da placa fotovoltaica. Também é necessário definir o percentual de perda do equipamento, que geralmente é definido em 20% pela maioria dos fabricantes e obter a média diária de irradiância solar útil, para o cálculo a potência nominal do módulo utiliza-se a seguinte equação:

$$P_{MOD} = P_{MAXSTC} \times I_{RS} \times P \quad (1)$$

onde:

P_{MOD} = Potência nominal do módulo fotovoltaico a STC (W);

P_{MAXSTC} = Potência Pmax STC da placa fotovoltaica;

I_{RS} = Média diária de Irradiância solar;

P = Perdas.

Para determinar a potência pico de um módulo, a área total de utilização, o número de módulo e a energia produzida conforme [Cari 2019] utiliza-se as um conjunto de equações. No caso para determinar a potência pico de um módulo fotovoltaico usa-se:

$$P_{FV} = \frac{1000(W/m^2) \times E_{FV}}{I_{RS} \times 30(Dias) \times \eta_{sis}} \quad (2)$$

onde:

P_{FV} : Potência pico do sistema fotovoltaico (W);

E_{FV} : Energia Fotovoltaica dado em $(\frac{kWh}{mes})$;

I_{RS} : Irradiação solar do local dado em $(\frac{kWh}{m^2.dia})$;

η_{sis} : Eficiência do sistema fotovoltaico.

O fator 1000 corresponde à $1000(\frac{kWh}{m^2})$ que é a condição padrão de testes (*Standard Testing Conditions* - STC) dos módulos fotovoltaicos. O número 30 corresponde ao valor de um mês. O valor η_{sis} é o valor da eficiência dos módulos fotovoltaicos devido a perdas térmicas, poluição do ar e estação do ano, o valor varia conforme cada módulo mas na prática utiliza-se um $\eta_{sis} = 0,5$ até $0,8$ de estimativa.

Já para determinar a quantidade de módulos aplica-se:

$$N_{MOD} = \frac{P_{FV}}{P_{MOD}} \quad (3)$$

onde:

N_{MOD} : Número de módulos fotovoltaicos;

P_{FV} : Potência pico do sistema fotovoltaico (kWp);

P_{MOD} : Potência nominal do módulo fotovoltaico a STC (W).

Para determinar a área total de utilização do sistema aplica-se:

$$A_{total} = N_{MOD} \times A_{MOD} \quad (4)$$

onde:

A_{total} : Área necessária para instalação do sistema fotovoltaico m^2 ;

N_{MOD} : número de módulos fotovoltaicos;

A_{MOD} : Área de cada módulo fotovoltaico m^2 .

E finalmente para estimar a energia produzida utiliza-se:

$$E_{FV} = \frac{P_{FV} \times I_{RS} \times \eta_{Dias} \times \eta_{sis}}{1000} \quad (5)$$

onde:

E_{FV} : Energia fotovoltaica no lado CC (kWh/mês);

P_{FV} : Potência pico do sistema fotovoltaico (W);

I_{RS} = Irradiação solar do local dado em $(\frac{kWh}{m^2.dia})$

η_{sis} = Eficiência do sistema fotovoltaico.

η_{Dias} = número de dias no mês 30 dias e no ano 365 dias.

3. Procedimentos Metodológicos

Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho. Na construção do modelo matemático foram utilizadas as equações apresentadas e des-

critas na Seção 2.2. Optou-se em dividir a metodologia de aplicação em passos a partir do auxílio do software Excel e da ferramenta computacional Matlab, na sua versão Students.

1º Passo: Determinar a demanda do imóvel em estudo

Para efeitos de estudo foram solicitados módulos que consigam suprir uma demanda de 400 kWh de um imóvel residencial classe b. Este valor pode ser obtido pela média dos kWh dos últimos 12 meses, o imóvel possui um tamanho total de $145,50m^2$ de área.

2º Passo: Determinar a irradiação média anual diária

Para este estudo considerou-se uma localidade no estado de Mato Grosso no município de Rondonópolis cuja as coordenadas do local foram encontradas com o auxílio do [Google Earth 2023], Latitude = $16^\circ 28' 46''S$ Longitude = $54^\circ 39' 41'' W$.

**Tabela 1. Irradiação do local de estudo ano base 2022 em um raio de 2,9 km
Fonte: Adaptado de [Cresesb 2023]**

Ângulo	Inclinação	Média/anual
Plano Horizontal	$0^\circ N$	5,17
Ângulo igual a latitude	$16^\circ N$	5,34
Maior média anual	$17^\circ N$	5,34
Maior mínimo mensal	$14^\circ N$	5,33

De posse das coordenadas pode-se agora determinar a irradiação deste local com o auxílio do site [Cresesb 2023], os dados obtidos podem ser observados na Tabela1.

Retirando-se os valores da Tabela 1, procura-se o valor localizado no plano horizontal $5,17 \text{ kWh}/m^2$.

3º Passo: Dimensionamento do módulo

Para calcular a potencia pico aplica-se a Equação (2), com os seguintes dados:

P_{FV} : Potência pico do sistema fotovoltaico (Wp);

E_{FV} : Energia Fotovoltaica dado em $(\frac{kWh}{mes})$ considerando 30 dias = 400 kWh;

I_{RS} : Irradiação solar do local dado em $(\frac{kWh}{m^2.dia})$ no caso $5,17 \text{ kWh}/m^2$;

η_{sis} : Eficiência do sistema fotovoltaico valor de 0,7 aproximadamente fornecida para o cálculo.

$$P_{FV} = \frac{1000(W/m^2) \times E_{FV}}{I_{RS} \times 30(Dias) \times \eta_{sis}}$$

$$P_{FV} = \frac{1000 \times 400}{5,17 \times 30 \times 0,7}$$

$$P_{FV} = 3684,25 \text{ Wp}$$

A escolha do modelo de painel a ser utilizado depende de uma série de características, muita delas vinculadas com a tecnologia empregada na construção, dimensões do painel e potencia gerada. Para este trabalho foi utilizado um painel solar com potencia de $550W$. Para calcular a produção de energia gerada por esta modelo de painel utiliza-se a Equação:

$$P_{MOD} = P_{MAXSTC} \times I_{RS} \times P$$

onde:

P_{MOD} = Potência nominal do módulo fotovoltaico a STC (W);

P_{MAXSTC} = Potência Pmax STC da placa fotovoltaica = 550 W;

I_{RS} = Média diária de Irradiância solar = 5,17 kWh/m²;

$P = 0,7$.

Resultando em um $P_{MOD} = 1990,45$ Wh com $P_{MOD} = 1,99045$ kWh ao dia. Ou ainda $P_{MOD} = 1,99045 \times 30 = 59,71$ kWh ao mês.

Com o valor de $P_{FV} = 3684,25$ Wp pode-se agora determinar a quantidade de módulos, utilizando a Equação (3):

$$N_{MOD} = \frac{3684,25}{550}$$

$$N_{MOD} = 6,69 \text{ Módulos}$$

Como os painéis solares são objetos, arredonda-se para 7, logo seriam necessários 7 módulos de 550 Wp.

Agora calculando a potência total :

$$P_{FV} = 7 \times 550 \text{ Wp}$$

$$P_{FV} = 3850 \text{ Wp}$$

Observe que transformando $P_{FV} = 3850$ Wp para kWp obtém-se 3,85 kWp de potência total. A partir da potencia calculada, essa informação é utilizada para a escolha do modelo do inversor, que neste caso de estudo deveria ser um inversor de no mínimo 4 KW.

O próximo passo é calcular a área total necessária para a instalação dos painéis, para isto é utilizada a Equação (4).

$$A_{total} = N_{MOD} \times A_{MOD}$$

A_{total} : Área necessária para instalação do sistema fotovoltaico m²;

N_{MOD} : número de módulos fotovoltaicos = 7;

A_{MOD} : Área de cada módulo fotovoltaico. m² = 2278 × 1134 × 35mm

$$A_{total} = 7 \times 2.583.252 = 18.082.764 \text{ mm}^2 = 18,08276 \text{ m}^2$$

Como resultado da área necessária de telhado para instalação dos painéis foi obtido 18,08m².

3.1. Simulação para diferentes consumos e módulos

Para efeito de dimensionamento consegue-se modelos de simulação para variações de consumo mensal utilizando um módulo específico de 550 W mostrado na Tabela 2. A representação feita nas Tabela 2 e 3 segue o padrão de leitura abaixo:

P_{FV} : Potência pico do sistema fotovoltaico (Wp);

E_{FV} : Energia Fotovoltaica dado em ($\frac{kWh}{mes}$) considerando 30 dias;

I_{RS} : Irradiação solar do local dado em ($\frac{kWh}{m^2.dia}$) no caso 5,17 kWh/m² ;

η_{sis} : Eficiência do sistema fotovoltaico valor de 0,7 aproximadamente ;

N_{MOD} : número de módulos fotovoltaicos;

Tabela 2. Simulação para diferentes consumos fornecidos
Fonte: autor

Módulo fornecido	E_{FV} kWh	I_{RS}	η_{sis}	P_{FV}	N_{MOD}	N_{MOD}	P_{FV} total em kWp	Área utilizada
550 W	500,00 kWh	5,17	0,7	4605,32 Wp	8,37	9	4,95 kWp	23,25 m ²
550 W	600,00 kWh	5,17	0,7	5526,39 Wp	10,05	10	5,50 kWp	25,83 m ²
550 W	700,00 kWh	5,17	0,7	6447,45 Wp	11,72	12	6,60 kWp	31,00 m ²
550 W	800,00 kWh	5,17	0,7	7368,52 Wp	13,40	14	7,70 kWp	36,17 m ²

Já na Tabela 3 são apresentadas as variações de potência gerada em relação a área utilizada a partir da variação na potência dos módulos e sua quantidade. Todas as informações foram obtidas a partir dos *datasheets* dos painéis do fabricante Canadian [Canadiun 2023].

Tabela 3. Simulação para diferentes módulos fornecidos
Fonte: autor

Módulo fornecido	E_{FV} kWh	I_{RS}	η_{sis}	P_{FV}	N_{MOD}	N_{MOD}	P_{FV} total em kWp	Área utilizada
350 W	500,00 kWh	5,17	0,7	4605,32 Wp	13,16	13	4,55 kWp	24,05 m ²
430 W	500,00 kWh	5,17	0,7	4605,32 Wp	10,71	11	4,73 kWp	24,30 m ²
455 W	500,00 kWh	5,17	0,7	4605,32 Wp	10,12	10	4,55 kWp	22,09 m ²
545 W	500,00 kWh	5,17	0,7	4605,32Wp	8,45	9	4,91 kWp	23,02 m ²

3.2. Discussão dos casos

Os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 foram obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita na Seção 3.2 utilizando o software Excel e a ferramenta Matlab em sua versão Students. A variação da potência de pico mostrada na Tabela 2 acontece em decorrência do aumento da energia em kwh mensal, já que o módulo fornecido é o mesmo, esta variação pode ocorrer desde que o sistema instalado consiga suprir a demanda e a área de instalação disponível.

Ainda sobre os resultados apresentados na Tabela 2 o número de módulos fotovoltaicos foi arredondado visto que são objetos. A partir da estrutura desenvolvida e apresentada neste trabalho o usuário pode alterar os valores dependendo da sua necessidade de energia, obviamente respeitando o número de painéis e a área disponível para sua instalação.

Na Tabela 3 o consumo mensal foi o mesmo porém os painéis fornecidos mudaram, observa-se que mantendo o mesmo gasto com vários outros módulos a área em questão sofre pouca variação, lembrando que tudo isso também leva em consideração a quantidade de módulos e o preço final, vale destacar que nestes casos também deve ser levado em consideração a questão da viabilidade econômica da implementação de sistemas fotovoltaicos.

O melhor procedimento a ser feito é identificar os melhores fornecedores e fazer simulações conforme a empresa solicitar. Os dados de cada módulo são muito importantes na hora da escolha, dimensionamentos mal feitos podem acarretar em problemas e prejuízos para quem adquire um sistema fotovoltaico.

4. Conclusão

Neste trabalho foi desenvolvido e apresentado um modelo matemático que possibilita realizar os cálculos que envolvem o correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma residência. A modelagem de variações mensais e de fornecimento podem ser desenvolvidos de forma simples pelo usuário final.

O modelo proposto e apresentado neste trabalho pode também ser usado em escolas na educação e conscientização da eficiência energética. Bem como em componentes como educação financeira, onde os alunos podem usar o modelo para verificar o quanto podem economizar em termos financeiros em suas residências.

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico leva muitas características para serem desenvolvidas, visto que constantemente a tecnologia fotovoltaica esta evoluindo. Neste trabalho não foi considerado o dimensionamento do inversor e o seu ganho, pretende-se em trabalhos futuros adicionar ao modelo as equações que permitam esse correto dimensionamento. Mas mesmo sem essa parte é possível realizar o dimensionamento do inversos apenas baseado na potencia requerida pelo sistema. Obviamente que neste caso não será avaliado o seu ganho.

Existem também na escolha de um sistema fotovoltaico o conceito de viabilidade econômica não retratado aqui, isso faz com que um investimento se torna rentável com a aplicação. Para trabalhos futuros pode-se desenvolver modelos de simulações com variações de irradiação diária para cada mês do ano e também simular investimentos com a aquisição de sistemas fotovoltaicos.

Referências

- Bortoloto, V. A., Souza, A. J., Gois, G., Martins, M. A., Berghe, M. J., and Montanha, G. K. (2017). Geração de energia solar on grid e off grid. In *VI JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica*.
- Canadiun (2023). *Canadiun solar brazil*. Disponível em: <https://www.csisolar.com/br/module/>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- Cari, T. P. E. (2019). *Introdução a Sistemas Fotovoltaicos, Dimensionamento e Instalação*. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.
- Cresesb (2023). *Centro de Referência para Energia Solar e Eólica*. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>. Acesso em: 15 mar. 2023.

- Davigny, A., François, B., Henneon, A., Sprooten, J., et al. (2021). *Electricity Production from Renewable Energies*. John Wiley & Sons, 2021.
- Epe, E. d. P. E. (2022). *Balanço Energético Nacional ano base 2021*. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em: 25 mar. 2023.
- Freitas, G. S. and Dathein, R. (2013). As energias renováveis no brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. *Nexos Econômicos*, 7(1):71–94.
- Goldemberg, J. and Lucon, O. (2007). Energias renováveis: um futuro sustentável. *Revista Usp*, (72):6–15.
- Google Earth (2023). *Google Earth*. Disponível em: <https://earth.google.com>. Acesso em: 13 mar. 2023.
- Guimarães, A. P. C. (2003). *Estimativa de Parâmetros da Camada Atmosférica para Cálculo da Irradiação Solar Incidente na Superfície Terrestre*. 2003. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003 .
- Martins, F. R., Pereira, E. B., Gonçalves, A. R., Costa, R. S., Lima, F. J. L. d., Rütther, R., Abreu, S. d. L., Tiepolo, G. M., Pereira, S. V., and Souza, J. G. d. (2017). *Atlas brasileiro de energia solar 2, 2017*.
- Pereira, N. X. (2019). *Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada*. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2019 .

Contratações para Desenvolvimento de Aplicativos Móveis: Uma Análise Comparativa entre a Lei 8.666/1993 e a Nova Lei de Licitações e Contratos

George Hamilton B. F. Ota¹, Joao Henrique Souza De Araujo²

¹Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

²Department of Computer Science – University of Durham
Durham, U.K.

³Departamento de Sistemas e Computação
Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brazil

hamilton.ota@ufra.edu.br, henrique.araujo@ufra.edu.br

Abstract. *This article discusses the recent changes in Brazilian legislation related to the contracting of mobile application development services for the federal government. The new law, known as the New Public Procurement Law (NPLC), establishes new bidding procedures such as competitive dialogue and market research, which aim to bring innovation and efficiency to the contracting process. Additionally, the NPLC also requires that IT service contracts include performance goals, quality indicators, and mechanisms for contract revision and updating. These changes have the potential to result in better quality and more innovative solutions for government mobile applications. Overall, the article highlights the importance of these changes for the development of IT services in the public sector and provides a summary of the main aspects of the previous and current procurement laws in Brazil.*

Resumo. *Este artigo aborda a evolução na forma como a administração pública brasileira contrata serviços de desenvolvimento de aplicativos móveis. Antes, a Lei nº 8.666/1993 regulamentava os procedimentos de licitação e contratação, mas a nova Lei nº 14.133/2021 trouxe mudanças significativas, incluindo a utilização de novas modalidades de licitação como o diálogo competitivo e o PMI, além da obrigatoriedade de incluir metas de desempenho e indicadores de qualidade nos contratos. Essas mudanças podem permitir que a administração pública obtenha soluções mais inovadoras e eficientes para suas demandas de tecnologia da informação, incluindo o desenvolvimento de aplicativos móveis. Foram citados exemplos de aplicativos desenvolvidos pela empresa TOTVS para o Ministério da Economia e pela empresa Stefanini para o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), que utilizaram essas novas modalidades de contratação. Por fim, uma tabela foi apresentada para resumir os principais aspectos das duas leis em relação à contratação de serviços de desenvolvimento de aplicativos móveis para o governo federal brasileiro.*

1. Introdução

O desenvolvimento de aplicativos móveis tem se tornado cada vez mais relevante na sociedade contemporânea. Com o crescente número de usuários de smartphones e tablets, empresas e órgãos governamentais têm investido em aplicativos para melhorar a experiência do usuário e oferecer serviços mais eficientes e acessíveis (FERNANDES, 2019; SILVA, 2020).

Segundo Fernandes (2019), os aplicativos móveis têm se destacado como uma ferramenta eficiente para a comunicação entre empresas e seus clientes, além de permitirem a oferta de serviços personalizados e a melhoria da experiência do usuário. Já Silva (2020) destaca a importância dos aplicativos para a promoção da acessibilidade e da inclusão digital, especialmente para pessoas com deficiência ou dificuldades de acesso aos serviços tradicionais.

Diante desse cenário, é fundamental que as empresas e órgãos governamentais considerem o desenvolvimento de aplicativos móveis como uma estratégia essencial para aprimorar seus serviços e estreitar o relacionamento com os usuários. No entanto, é necessário que esses aplicativos sejam desenvolvidos de forma responsável e ética, garantindo a segurança e a privacidade dos usuários e respeitando as normas regulatórias e legais aplicáveis (SOUZA, 2018).

Nesse contexto, a contratação de empresas especializadas em tecnologia da informação, incluindo o desenvolvimento de aplicativos móveis, para a administração pública tem sido historicamente um desafio. A Lei 8.666/1993, que regulamentava as licitações e contratos na administração pública brasileira, foi criticada por ter sido excessivamente burocrática e rígida, o que pode atrasar o processo de contratação e limitar a concorrência.

Recentemente, foi aprovada a Nova Lei de Licitações e Contratos (Lei nº 14.133/2021) – NLLC –, que traz mudanças significativas na forma como a administração pública contrata serviços de tecnologia da informação, incluindo o desenvolvimento de aplicativos móveis. Neste artigo, faremos uma análise comparativa entre a Lei 8.666/1993 e a NLLC, apresentando alguns exemplos de contratações em cada uma dessas leis e destacando os avanços da nova lei para as contratações feitas pelo governo federal brasileiro.

2. A Lei 8.666/1993 e as contratações para desenvolvimento de aplicativos móveis

A Lei 8.666/1993, também conhecida como Lei de Licitações e Contratos, foi o principal instrumento legal que regula as contratações na administração pública brasileira (BRASIL, 1993). Ela estabelecia os procedimentos para a realização de licitações, contratação de serviços, obras e compras de bens pela administração pública.

No que se refere ao desenvolvimento de aplicativos móveis, a Lei 8.666/1993 estabelecia as modalidades de licitação que podem ser utilizadas para a contratação desses serviços, como a concorrência, a tomada de preços e o convite, além da Lei 10.520 de 17 de julho de 2002 que instituiu a modalidade de licitação chamada Pregão

(BRASIL, 1993; BRASIL, 2002). Além disso, a lei 8.666/1993 exige a apresentação de diversos documentos e garantias por parte das empresas concorrentes, o que pode tornar o processo de contratação mais demorado e burocrático.

Um exemplo de contratação para o desenvolvimento de aplicativos móveis com base na Lei 8.666/1993 é o caso do aplicativo "Sinesp Cidadão", desenvolvido pela empresa Prodam - Processamento de Dados Amazonas S.A. para o Ministério da Justiça e Segurança Pública (PRODAM, 2019). O aplicativo foi desenvolvido com o objetivo de permitir que a população brasileira consulte informações sobre veículos roubados ou furtados em todo o país.

O processo de contratação envolveu a realização de uma licitação na modalidade de pregão eletrônico, na qual a Prodam foi selecionada como a empresa responsável pelo desenvolvimento do aplicativo. O edital da licitação exigiu a apresentação de diversos documentos e garantias, como a comprovação de qualificação técnica, a capacidade financeira e a apresentação de um seguro-garantia (PRODAM, 2019). O processo de contratação levou cerca de oito meses, desde a publicação do edital até a assinatura do contrato.

Outro exemplo de contratação com base na Lei 8.666/1993 é o caso do aplicativo "PJe Mobile", desenvolvido pela empresa SOFTPLAN para o Conselho Nacional de Justiça (CNJ). O aplicativo foi desenvolvido com o objetivo de permitir que advogados e cidadãos acessem processos judiciais por meio de dispositivos móveis.

O processo de contratação envolveu a realização de uma licitação na modalidade de pregão eletrônico, na qual a SOFTPLAN foi selecionada como a empresa responsável pelo desenvolvimento do aplicativo. O edital da licitação exigiu a apresentação de diversos documentos e garantias, como a comprovação de qualificação técnica e a capacidade financeira. O processo de contratação levou cerca de nove meses, desde a publicação do edital até a assinatura do contrato.

Embora a Lei 8.666/1993 tenha sido responsável por garantir a lisura e a transparência das contratações na administração pública, ela também foi criticada por ser excessivamente burocrática e rígida. O processo de contratação pode levar meses, o que pode atrasar o desenvolvimento de projetos importantes e limitar a concorrência.

A Nova Lei de Licitações e Contratos (Lei nº 14.133/2021) – NLLC – foi sancionada em 1º de abril de 2021 e traz mudanças significativas na forma como a administração pública contrata serviços de tecnologia da informação, incluindo o desenvolvimento de aplicativos móveis. A nova lei tem como objetivo reduzir a burocracia e aumentar a eficiência das contratações na administração pública.

No que se refere ao desenvolvimento de aplicativos móveis, a NLLC traz novidades importantes. Uma delas é a possibilidade de utilização do **Diálogo Competitivo** (Art. 6º, XLII, Art. 28, V, Art. 32, § 1º, XI) como modalidade de licitação para contratação de serviços de tecnologia da informação. Essa modalidade permite que a administração pública promova um diálogo com as empresas concorrentes antes da apresentação das propostas, o que pode levar a uma maior compreensão das necessidades do órgão contratante e, conseqüentemente, a um desenvolvimento mais eficiente do aplicativo.

Outra novidade importante trazida pela nova lei é a possibilidade de utilização do **Procedimento de Manifestação de Interesse** (Art. 78, III e Art. 81) – PMI – para a contratação de serviços de tecnologia da informação. O PMI é um procedimento em que o órgão público contrata uma empresa para realizar estudos e projetos preliminares de um determinado empreendimento ou serviço. Esse procedimento pode ser utilizado para o desenvolvimento de aplicativos móveis, permitindo que a administração pública obtenha estudos e projetos preliminares de diversos concorrentes antes de lançar uma licitação.

A NLLC oferece considerações e oportunidades tanto para o governo quanto para as empresas do segmento de Tecnologia da Informação (TI). Para o governo, essa nova lei proporciona uma forma mais eficiente de contratação de serviços de TI, incluindo o desenvolvimento de aplicativos móveis, ao reduzir a burocracia e aumentar a eficiência nas contratações da administração pública. Com a possibilidade de utilizar o Diálogo Competitivo como modalidade de licitação, o governo pode estabelecer um diálogo prévio com as empresas concorrentes, permitindo uma compreensão mais aprofundada das necessidades do órgão contratante e, assim, contribuindo para um desenvolvimento mais eficiente dos aplicativos.

Para as empresas do segmento de TI, essas mudanças representam uma oportunidade para estabelecer um diálogo direto com o governo, compreender melhor suas necessidades e oferecer soluções mais alinhadas, resultando em contratos mais vantajosos e uma maior eficiência na execução dos projetos de desenvolvimento de aplicativos móveis. Além disso, o PMI possibilita que as empresas demonstrem sua expertise por meio dos estudos e projetos preliminares, aumentando sua visibilidade e chances de serem selecionadas para futuras licitações.

Portanto, a Nova Lei de Licitações e Contratos apresenta um cenário promissor tanto para o governo quanto para as empresas do segmento de TI, impulsionando a colaboração e a inovação no desenvolvimento de aplicativos móveis no âmbito da administração pública.

3. Avanços da Nova Lei de Licitações e Contratos para contratações de aplicativos móveis pelo governo federal

A NLLC representa um avanço significativo na forma como a administração pública contrata serviços de tecnologia da informação, incluindo o desenvolvimento de aplicativos móveis. Com a utilização de novas modalidades de licitação, como o diálogo competitivo e o PMI, é possível captar estudos e projetos preliminares de diversas empresas antes de lançar uma licitação. Essa abordagem inovadora pode levar a um desenvolvimento mais eficiente e inovador dos aplicativos, além de aumentar a possibilidade de obter soluções mais adequadas às necessidades da administração pública.

Além disso, a nova lei também traz mudanças significativas na forma como os contratos são gerenciados. Ela estabelece a obrigação de os contratos de prestação de serviços de tecnologia da informação conterem metas de desempenho e indicadores de qualidade, além de preverem mecanismos de revisão e atualização do contrato ao longo de sua vigência (BRASIL, 2020).

Essas mudanças podem trazer benefícios significativos para o desenvolvimento de aplicativos móveis para o governo federal. A utilização do diálogo competitivo e do PMI pode permitir que a administração pública obtenha soluções mais inovadoras e eficientes para suas demandas de tecnologia da informação, incluindo o desenvolvimento de aplicativos móveis (GONÇALVES; TEIXEIRA, 2021). Além disso, a obrigação de incluir metas de desempenho e indicadores de qualidade nos contratos pode incentivar a adoção de boas práticas de desenvolvimento de software e garantir a entrega de soluções de qualidade para os usuários finais (CASTRO; GOMES; SOARES, 2020).

Para resumir os principais pontos abordados neste artigo, apresentamos a seguir uma tabela com os principais aspectos das Leis nº 8.666/1993 e nº 14.133/2021 em relação à contratação de serviços de desenvolvimento de aplicativos móveis para o governo federal brasileiro:

Tabela 1. Comparativo entre leis de contratação de serviços de desenvolvimento de aplicativos móveis para o governo federal brasileiro"

Aspectos de Contratação	Lei nº 8.666/1993	Lei nº 14.133/2021
Modalidades de licitação	Pregão, Concorrência, Tomada de Preços, Convite, Concurso	Pregão, Concorrência, Diálogo Competitivo, PMI
Critérios de seleção	Menor preço, Melhor técnica ou técnica e preço	Melhor técnica ou conteúdo artístico, estético ou técnico
Gestão dos contratos	Não prevê obrigatoriedade de metas de desempenho e indicadores de qualidade	Obrigatoriedade de inclusão de metas de desempenho e indicadores de qualidade
Revisão e	Não prevê mecanismos de revisão e	Previsão de mecanismos de

Aspectos de Contratação	Lei nº 8.666/1993	Lei nº 14.133/2021
atualização dos contratos	atualização dos contratos	revisão e atualização dos contratos

6. Considerações Finais

O desenvolvimento de aplicativos móveis representa um desafio importante para a administração pública brasileira, que busca oferecer serviços de qualidade para os cidadãos por meio de dispositivos móveis. As Leis nº 8.666/1993 e nº 14.133/2021 estabelecem as normas e procedimentos que devem ser seguidos pelo governo federal para contratar serviços de desenvolvimento de aplicativos móveis.

A Lei nº 14.133/2021, que entrou em vigor em 1º de abril de 2021, representa um avanço significativo em relação à Lei nº 8.666/1993, ao introduzir novas modalidades de licitação e estabelecer a obrigatoriedade de incluir metas de desempenho e indicadores de qualidade nos contratos de prestação de serviços de tecnologia da informação.

Essas mudanças podem trazer benefícios significativos para o desenvolvimento de aplicativos móveis para o governo federal, ao permitir que a administração pública obtenha soluções mais inovadoras e eficientes para suas demandas de tecnologia da informação. No entanto, é importante ressaltar que a implementação dessas mudanças depende de um esforço conjunto do governo e das empresas contratadas para garantir a entrega de soluções de qualidade para os usuários finais.

7. References

- BRASIL. Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF
- BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Regula o regime jurídico da licitação e dos contratos administrativos instituído pela União, Estados, Distrito Federal e Municípios. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Lei/L14133.htm. Acesso em: 13 mar. 2023.
- BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jun. 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm. Acesso em: 12 mar. 2023.
- CASTRO, R. S.; GOMES, L. G.; SOARES, M. M. O novo marco legal de licitações e contratos administrativos e seus reflexos na contratação de soluções tecnológicas. In: REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, v. 54, n. 2, p. 405-421, 2020.

Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122020000200405. Acesso em: 13 mar. 2023.

FERNANDES, Diego. Desenvolvimento de aplicativos móveis: conceitos, técnicas e tendências. São Paulo: Novatec, 2019.

GONÇALVES, R. G.; TEIXEIRA, F. S. S. Inovação em licitações públicas: análise dos procedimentos de diálogo competitivo e PMI. In: REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, v. 55, n. 5, p. 923-941, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122021000500923. Acesso em: 13 mar. 2023.

PRODAM - PROCESSAMENTO DE DADOS AMAZONAS S.A. Sinesp Cidadão. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.sinesp.gov.br/sinesp-cidadao>. Acesso em: 13 mar. 2023.

SILVA, Marcelo Gonçalves. Acessibilidade e inclusão digital: desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2020.

SOUZA, Ricardo. Desenvolvimento de aplicativos móveis: guia prático para a criação de apps para iOS e Android. São Paulo: Alta Books, 2018.

Negação Cinética: Desenvolvimento de uma Skill Alexa

Lucas Dias, José Antônio Oliveira de Figueiredo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL)
Estrada Perimetral Leste, 150 – Passo Fundo – RS – Brasil

lucasdiasupf@gmail.com, josefigueiredo@ifsul.edu.br

Abstract. *This article presents the development of the Negação Cinética Skill, a game developed for Alexa, which uses voice interaction as the main form of communication between the player and the Skill. The game consists of a series of logical logics, in which the player must verbally answer the correct direction, following Alexa's instructions. These instructions can be modified by negation operators or even logical operations.*

Resumo. *O presente artigo apresenta o desenvolvimento da Skill Negação Cinética, um jogo desenvolvido para a Alexa, que utiliza a interação por voz como principal forma de comunicação entre o jogador e a Skill. O jogo consiste em uma série de interações lógicas, em que o jogador deve responder verbalmente qual a direção correta, acompanhando as instruções da Alexa. Estas instruções podem ser modificadas por operadores de negação ou ainda operações lógicas.*

1. Introdução

A interface de usuário por voz, do inglês, Voice User Interface (VUI), é uma tecnologia que permite que um usuário interaja com um sistema/dispositivo utilizando apenas comandos de voz, sem a necessidade de tocar ou sequer olhar para uma tela. Essa tecnologia tem se tornado cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, desde pequenas interações com smartphones, até ordens e tarefas mais complexas em sistemas de assistentes virtuais.

A assistente virtual Alexa, por exemplo, teve um aumento significativo de usuários nos últimos anos, por conta de sua simplicidade e facilidade de comunicação com o usuário e também por conta da vasta gama de recursos disponíveis para os desenvolvedores dos aplicativos próprios da Alexa, as chamadas “Skills”.

Nesse contexto, as interfaces de usuários por voz, tem se tornado um recurso cada vez mais frequente na implementação de novos aplicativos e programas. Além disso, surge também a possibilidade de sistemas e serviços já existentes, agora serem utilizados apenas com comandos de voz.

O presente trabalho apresenta uma abordagem de desenvolvimento do projeto de uma Skill Alexa, que possui como ideia central um jogo de raciocínio lógico e senso de orientação do usuário baseado em comandos de voz.

Na seção 2 é apresentada uma breve revisão sobre a tecnologia Amazon Alexa; na seção 3 é apresentado o desenvolvimento da Skill Negação Cinética; a seção 4 é dedicada à apresentação e discussão dos resultados; por fim, a seção 5 lista as referências usadas neste trabalho.

2. Amazon Alexa

Desenvolvida pela Amazon, a Alexa é uma assistente virtual que usa tecnologia de processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina para entender comandos

de voz dos usuários e responder de forma natural e inteligente" [DIGITALNET, 2023].

Através de dispositivos como o Amazon Echo, o usuário pode se comunicar com a assistente virtual Alexa, falando a palavra de comando "Alexa", seguido de um comando. A Alexa pode executar tarefas como tocar música, fazer perguntas e responder, definir lembretes, criar listas de compras, controlar dispositivos inteligentes da casa e muito mais. Algumas dessas tarefas são resolvidas por aplicativos, chamados de Skills.

2.1. Skills na Alexa

Uma Skill Alexa, que em tradução livre significa habilidade da Alexa, é um módulo que funciona de forma equivalente a um aplicativo próprio e exclusivo dessa assistente virtual. Em outras palavras, pode ser descrito como um subprograma desta assistente virtual. Estas Skills podem ser utilizadas tanto nos dispositivos da linha Echo da Amazon, como em qualquer smartphone com o aplicativo Alexa [Amazon Developer 2023].

Um usuário acessa o conteúdo de uma habilidade pedindo à Alexa para invocar a Skill. Alexa está sempre pronta para invocar novas Skills. Quando um usuário verbaliza a palavra de ativação: "Alexa" para um dispositivo habilitado, esse dispositivo transmite a fala para o serviço Alexa na nuvem. Na nuvem, a Alexa reconhece a fala, determina o que o usuário deseja e, em seguida, envia uma solicitação para invocar a Skill que pode atender à solicitação [Amazon, 2021, tradução nossa].

Do ponto de vista do usuário, as Skills da Alexa são acionadas quando esse chama a Alexa e pede para ela abrir/iniciar a Skill desejada. Por exemplo: vamos supor que exista uma Skill que possui um livro de receitas chamado "Cardápio vegetariano". Para acessar este livro de receitas é preciso chamar a Skill, dessa forma o usuário deve verbalizar algo como:

- Usuário: Alexa, abra o cardápio vegetariano!

A partir deste ponto, o usuário já se encontra com a Skill ativada e poderá buscar as receitas que desejar.

2.2. Voice User Interface

A Alexa é uma tecnologia baseada no paradigma *Voice User Interface* (VUI), que em tradução livre significa interface de usuário por voz. Essa tecnologia permite que a interação de um usuário com um sistema ou máquina seja realizada utilizando somente comandos de voz ou comandos falados [Oracle 2022].

Uma vez que as *Voice User Interfaces* (geralmente) não necessitam de interfaces gráficas (*Graphical User Interface - GUI*) para executar, torna-se muito importante que o designer/desenvolvedor de VUIs apresente, também por áudio, de forma clara e objetiva, quais são as opções que a interface dispõe em determinado ponto da navegação. Evidentemente, este cuidado é necessário porque, muito frequentemente, o usuário não conhece ainda a interface.

Ao analisar o funcionamento de uma VUI torna-se mais fácil entender as dinâmicas e diferenças desta com uma GUI. As interfaces de voz necessitam de uma maior compreensão e imersão, por parte do usuário, para que ela seja funcional. Segundo Junior e Barbosa (2012, p.22) "como a voz não está "visível" ao usuário, como no caso das GUIs, e também devido seu caráter transiente¹, a interface de voz normalmente requer uma carga cognitiva consideravelmente maior do usuário."

"As VUI são particularmente difíceis de serem projetadas e construídas devido às suas características transitórias e natureza invisível. Ao contrário das interfaces

1 Segundo Dicionário Priberam Online: Que passa, que não dura ou que não permanece.

visuais, uma vez que os comandos e ações foram comunicados ao usuário, eles não estão mais lá” [Schinelle e Lyardet 2006, tradução nossa].

Junior e Barbosa (2012) também apontam a importância do designer da interface estruturar as melhores formas de apresentar as opções de interface, tendo em mente que as entradas por voz são muito mais rápidas que as entradas via *touch* ou teclado, em contrapartida as saídas por voz demoram muito mais para chegar ao usuário do que de um recurso gráfico.

3. Skill Negação Cinética

A Skill desenvolvida e apresentada neste artigo foi denominada Negação Cinética e é um serious game para uma Skill Alexa. O protótipo foi desenvolvido com a linguagem de programação Node.js no Alexa Developer Console² [Amazon 2023], um ambiente que faz parte de um conjunto de ferramentas para desenvolvimento da Alexa, disponibilizado pela Amazon chamado Alexa Skills Kit (ASK).

O jogo Negação Cinética consiste em uma série de interações lógicas com a Skill da Alexa, em que o jogador deve responder verbalmente qual a direção certa. O jogador deve acompanhar as direções verbalizadas pela Alexa, que são: “NORTE”, “SUL”, “LESTE” e “OESTE”. Em níveis de dificuldade superiores, essas direções podem ser modificadas por operadores de negação, ou ainda operações lógicas.

Caso a resposta do jogador não seja a direção correta, o jogador perde e a partida acaba. A seguir são apresentados dois exemplos de interação por VUI na Skill em uma partida de dificuldade mínima:

- Alexa: leste
- Jogador: leste

O jogador respondeu corretamente então permaneceu no jogo. A seguir o exemplo de uma jogada errada:

- Alexa: não norte
- Jogador: norte

Neste turno a Alexa espera que seja respondido qualquer outra direção, exceto norte, logo o jogador perdeu o turno e o jogo encerra.

A Skill oferece vários níveis de desafio que mudam de acordo com o nível de dificuldade escolhido pelo jogador. O aumento de dificuldade ocorre tanto no aspecto de complexidade como também no número de turnos. É possível escolher entre 3 diferentes níveis de dificuldade, sendo estes separados como modo fácil, normal e difícil. Cada jogada corresponde a um turno, ou seja, cada vez que a Alexa dá uma direção ou negação de direção, é contabilizado um turno.

3.1. Fluxo conversacional da Skill

Para construção da Skill é necessário um planejamento prévio do fluxo de comunicação entre a Alexa e o jogador, um fluxo de conversação. O recurso de criação de fluxo conversacional utilizado neste projeto foi o Figma, uma ferramenta de design colaborativa utilizada na criação de interfaces de usuário para aplicativos web e móveis, que permite a cooperação de equipes em tempo real (Villain, 2023).

Após abrir a Skill, Alexa pergunta se o jogador deseja ouvir as regras ou iniciar o jogo; caso o jogador opte por ouvir as regras, ele receberá as definições das regras e a opção de ouvi-las novamente ou de iniciar o jogo. Ao iniciar o jogo, o jogador deve escolher qual a dificuldade que deseja jogar (fácil, normal ou difícil). O jogo se encerra se o jogador acertar todas as direções indicadas pela Alexa ou se ele errar alguma das

² Plataforma online fornecida pela Amazon, para desenvolvimento e gerenciamento de Skill Alexa.

direções no caminho. Quando o jogo acabar o jogador pode decidir se irá jogar novamente ou fechará a Skill. Observe que a opção de saída não se conecta a nenhum caminho específico, já que a opção de sair/fechar a Skill pode ser requisitada a qualquer momento. O Fluxo da Skill pode ser estruturado da seguinte forma:

Saudação: A Alexa cumprimenta o usuário e oferece duas opções: "Você deseja ouvir as regras do jogo ou iniciar o jogo?".

Regras: Se o usuário optar por ouvir as regras, a Alexa explica as regras e em seguida pergunta se ele deseja jogar ou ouvir as regras novamente. Se o usuário escolher ouvir as regras novamente, a Alexa irá repetir as regras.

Modo de jogo: Ao iniciar o jogo, a Alexa irá pedir que o usuário escolha o nível de dificuldade do jogo: fácil, normal ou difícil.

Direções: A Alexa fornecerá uma direção ao usuário, como "Siga para o norte".

Resposta do usuário: O usuário deve responder com a direção correta, como "norte".

Confirmação da resposta: A Alexa confere se a resposta do usuário está correta ou não.

Nova direção: Caso a resposta esteja correta, a Alexa fornecerá uma nova direção ao usuário. Caso contrário, a Alexa irá informar ao usuário que a resposta está incorreta e o jogo acaba.

Finalização do jogo: O jogo se encerra quando o usuário chegar ao final da partida acertando todas as direções ou se errar alguma direção no meio do caminho. Após isso, a Alexa pergunta se ele gostaria de jogar novamente ou fechar a Skill.

A Figura 1 apresenta o fluxo conversacional da Skill Negação Cinética que representa todos os comandos de voz (e caminhos) possíveis para o usuário, desde que a Skill é acionada/invocada. As falas nas caixas em amarelo são as do usuário, e as em azul são da Alexa.

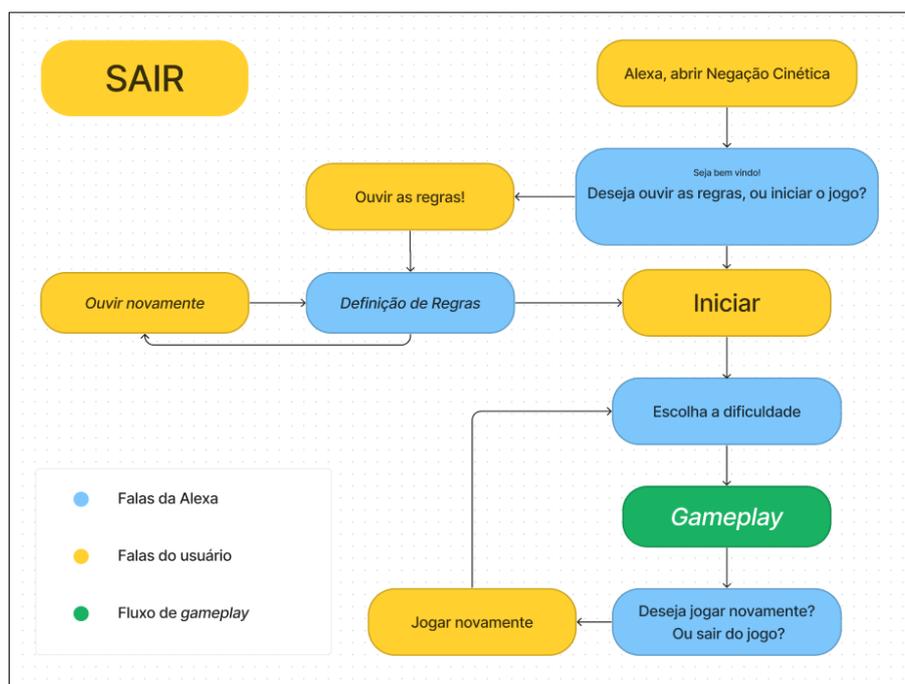


Figura 1: Fluxo conversacional da Skill Negação Cinética.

O diagrama em verde com a “gameplay” foi separado para a construção exclusiva

demonstrando um fluxo para cada nível de dificuldade (fácil, normal e difícil) que será apresentado nas figuras adiante, onde cada uma delas apresenta o exemplo de um possível fluxo de jogo, que se encerra quando o jogador erra o caminho.

3.2. Níveis da Skill Negação Cinética

O modo fácil claramente é o modo mais simples e rápido dos três. Com apenas 8 turnos, o modo fácil não apresenta os graus mais avançados de negação de direções, se atentando somente em direções e negações simples e diretas. A Figura 2 apresenta o fluxo conversacional do modo fácil.

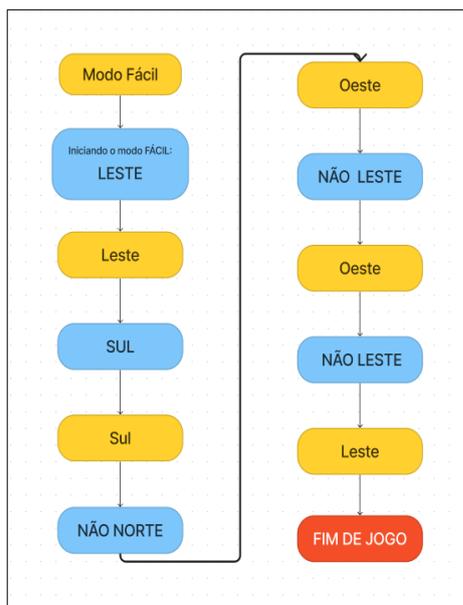


Figura 2: Fluxo da gameplay do jogo Negação Cinética para o modo fácil.

O modo normal é moderado, ele começa a testar um pouco mais o jogador de forma equilibrada, exigindo um pouco mais de tempo, possuindo 12 turnos e agora também exigindo operações lógicas com negações de negação. A Figura 3 apresenta o fluxo conversacional para o modo normal de jogo.

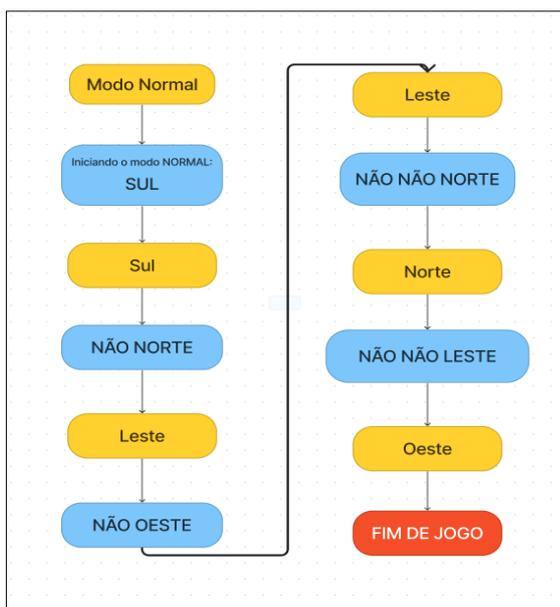


Figura 3: Fluxo da gameplay do jogo Negação Cinética para o modo normal.

O modo difícil, apresentado na Figura 4, eleva a complexidade do jogo ao apresentar 16 turnos, trazendo mais operações lógicas de negação aninhada. Pode parecer um pouco confuso de início, mas a ideia é realmente trazer algo desafiador para o jogador. O jogador deve ter sua atenção dobrada e pensar ainda mais rápido para derrotar este nível.

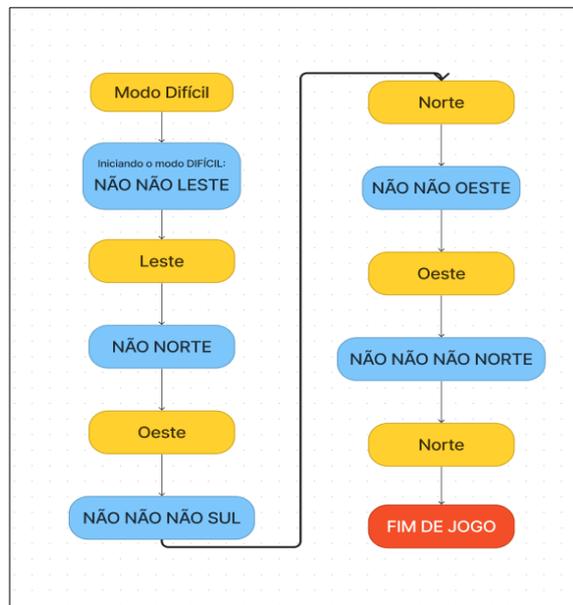


Figura 4: Fluxo da gameplay do jogo Negação Cinética para o modo normal.

As operações lógicas aninhadas que o jogo pode trazer são, por exemplo: “não não leste”, onde a resposta esperada do jogador é “Leste”; ou ainda “não não não sul”, onde a resposta esperada qualquer direção diferente de sul.

4. Resultados

Após o desenvolvimento³ da Skill iniciou-se o processo de aplicação de testes e de usabilidade da Skill, a parte prática da pesquisa deste artigo. Essa etapa do projeto consistiu em executar testes da Skill com um número pequeno de pessoas, buscando um feedback inicial do funcionamento geral da Skill.

Os testes foram realizados com um dispositivo Echo Dot de 3ª Geração, onde cada um dos usuários deveria jogar o jogo algumas vezes e em diferentes modos, e pelo menos uma dessas vezes no modo normal, para poder experimentar a diferença e a evolução gradual entre os níveis.

4.1. Testes de usabilidade e aprovação da Skill Negação Cinética

A Skill foi testada inicialmente com 10 pessoas com idade entre 19 e 29 anos de idade. Nenhum dos participantes possuía familiaridade com a Alexa, então foi necessário um treinamento prévio de como conversar com a Alexa e como “chamar” uma Skill. Após os usuários entenderem o básico da Alexa e de como ela funciona, os testes se iniciaram.

Após a realização dos testes com a Skill, cada usuário respondeu o formulário enviado por e-mail. O formulário em questão possuía cinco perguntas diretas com respostas em uma escala de 1 a 5, sendo 1 a resposta mais negativa possível e 5 a mais positiva (Com exceção das perguntas sobre a fala da Alexa e sobre a dificuldade do jogo, que possuíam textos auxiliares nas respostas, mas que também funcionavam por escala), e no final do formulário uma questão descritiva para sugestões e melhorias.

³ Devido a natureza inovadora da Skill desenvolvida, o código está em fase de registro junto ao INPI.

4.2. Pesquisa com o público

A primeira questão apresentada no formulário era sobre o fator diversão da Skill. A questão formulada foi: “O quanto você achou a Skill divertida?”. As respostas indicaram que a maioria dos jogadores achou a Skill divertida, com 50% dos jogadores atribuindo a nota máxima (5) e os outros 50% dos jogadores atribuindo a nota 4.

A segunda questão está relacionada à complexidade da Skill. O enunciado da questão foi: “Como você definiria o nível de complexidade da Skill (1 sendo simples e 5 complexo/confuso)?” As respostas indicaram que a maioria dos jogadores definiu a complexidade da Skill como moderada ou abaixo disso. Dos votos, 50% escolheu na muito simples ou simples, enquanto 40% escolheu as moderado e 10% respondeu complexo. Não houveram votos para a opção muito complexa.

A Figura 5 apresenta o gráfico de respostas da terceira questão, que é relacionada com a qualidade das falas da Alexa na Skill. A questão formulada foi: “Como você definiria a fala e o texto da Alexa nessa Skill?” A maioria dos jogadores respondeu que a fala e o texto da Alexa na Skill é adequada. Os votos foram distribuídos com 50% para Muito Bom, 30% votaram Excelente e apenas 20% votaram em Bom. Não houve votos para Péssimo ou Regular.

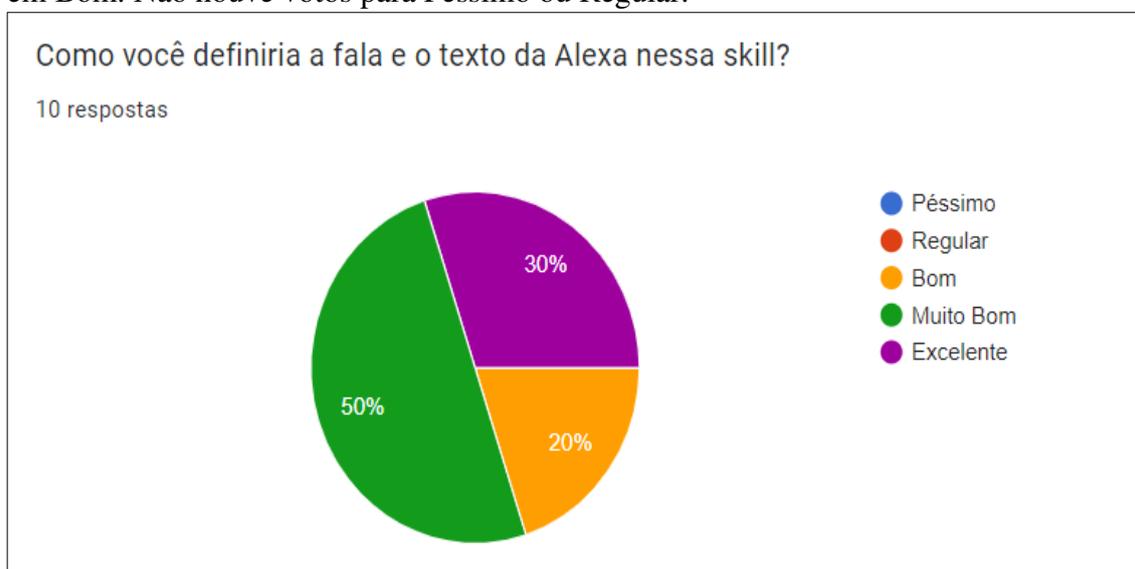


Figura 5: Gráfico referente a qualidade das falas da Alexa na Skill Negação Cinética.

A quarta questão é relacionada à dificuldade do jogo. A questão formulada foi: “O que você achou sobre a dificuldade do jogo?” A maioria dos jogadores respondeu que a dificuldade do jogo está entre Fácil e Regular. Os votos foram distribuídos com 10% para Muito Fácil; 30% para fácil e 60% para Regular. Não houve votos para as opções Difícil ou Muito Difícil.

A quinta questão é relacionada a aplicação deste jogo no desenvolvimento do raciocínio lógico do jogador. A questão formulada foi: “O quanto você acha que esse jogo pode ajudar no raciocínio lógico do jogador?” A maioria dos jogadores entende que o jogo pode auxiliar nesta questão. Os votos foram distribuídos com: 60% para Ajuda com Certeza, 30% para Ajuda e 10% Provavelmente Ajuda.

Todos os usuários obtiveram resultados positivos em relação a Skill e sua usabilidade, a maioria deles achou a Skill divertida, com uma complexidade moderada, boa fala e texto da Alexa e com uma dificuldade adequada. Além disso, a maioria acredita que o jogo pode ajudar no raciocínio lógico do jogador.

5. Conclusão

Este projeto teve como intuito apresentar a Skill Negação Cinética, um jogo desenvolvido para a Alexa que utiliza a interação por voz como principal forma de comunicação entre o jogador e a Skill.

A Skill Negação Cinética consiste em uma série de interações lógicas, onde o jogador deve responder verbalmente qual a direção correta, acompanhando as direções verbalizadas pela Alexa. Estas direções podem ser modificadas por operadores de negação ou ainda operações lógicas. Os testes desenvolvidos demonstraram que a tecnologia está sendo bem aceita e que a Skill desenvolvida apresentou bons resultados.

A Skill Negação Cinética é um exemplo de como a tecnologia de assistentes de voz, como a Alexa, pode ser usada para desenvolver jogos educativos e interativos que desafiam a habilidade cognitiva e lógica do jogador, além de estimular o uso de tecnologias assistivas em diferentes contextos.

Melhorias previstas para trabalhos futuros são: implementação de operações lógicas básicas como conjunção e disjunção; implementação de aleatoriedade no fluxo conversacional e por fim, uma bateria de mais detalhada e com mais participantes. Por fim, estuda-se disponibilizar publicamente a Skill Negação Cinética na plataforma Alexa.

Referências

- Amazon Developer (n.d.) Alexa Developer. Disponível em <https://developer.amazon.com/alexa> Acesso em: 15 fev. 2023.
- Amazon. About the Developer Console. Disponível em: <<https://developer.amazon.com/en-US/docs/alexa/devconsole/about-the-developer-console.html>>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- Amazon. (2021). What is the Alexa Skills Kit? | Alexa Skills Kit. Disponível em: <<https://developer.amazon.com/en-US/docs/alexa/ask-overviews/what-is-the-alexa-skills-kit.html#:~:text=Skills%20are%20like%20apps%20for>>. Acesso em: 23 mar. 2023.
- DigitalNet (org.). Conheça um pouco mais sobre a Alexa. 2023. Disponível em: <https://grupodigitalnet.com.br/conheca-um-pouco-mais-sobre-a-alexa>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- Junior, Plinio Thomaz Aquino; Barbosa, Simone Diniz Junqueira . Livro dos Tutoriais do XI Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. Cuiabá: Sociedade Brasileira de Computação, 2012.
- Oracle. What is a chatbot? Disponível em: <https://www.oracle.com/chatbots/what-is-a-chatbot/>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- Schinelle, Dirk; Lyardet, Fernando. Voice User Interface Design Patterns. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/221034540_Voice_User_Interface_Design_Patterns>. Acesso em: 24 out. 2022.
- Villain, Mateus. Figma: o que é a ferramenta, Design e uso. Disponível em: <<https://www.alura.com.br/artigos/figma>>. Acesso em: 06 abr. 2023.

ProC<>de - Plataforma colaborativa de aprendizado de algoritmos

Ricardo Augusto Müller Germani¹, Adilso Nunes de Souza¹,
Anubis Graciela de Moraes Rossetto¹

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense - IFSUL
- 99064-440 – Passo Fundo – RS – Brasil

Abstract. *Programming marathons are competitions where participants' programming skills and logic are measured. These are high-level competitions that require team preparation, requiring constant knowledge sharing among its members. Over time, teams renew and there is a need to resume student preparation. The objective of this work is to design and implement a collaborative platform to help the IFSul Câmpus Passo Fundo competitive programming study group in order to improve students' algorithmic skills. The aim is to provide students with the tools they need to carry out their training, with the possibility to study, practice, compete and improve their skills both in competitive programming and in the programming areas. With the tool, it will be possible to create a database of problems of different types and levels of difficulty, in addition to creating explanatory notes that can be associated with the problems.*

Resumo. *Maratonas de programação são competições onde se mede a capacidade de programação e lógica dos participantes. São competições de alto nível que demandam uma preparação das equipes, sendo necessário o constante compartilhamento de conhecimentos entre os seus membros. Ao longo do tempo a renovação das equipes ocorre e há necessidade de retomar a preparação dos estudantes. O objetivo deste trabalho é projetar e implementar uma plataforma colaborativa para auxiliar o grupo de estudos de programação competitiva do IFSul Câmpus Passo Fundo de forma a melhorar as habilidades algorítmicas dos estudantes. O intuito é proporcionar aos estudantes as ferramentas de que necessitam para realizar a sua formação, com possibilidade de estudar, praticar, competir e aprimorar suas habilidades tanto em programação competitiva, quanto nas áreas de programação. Com a ferramenta será possível criar uma base de dados de problemas própria de diferentes tipos e níveis de dificuldade, além de criar notas explicativas que podem ser associadas aos problemas.*

1. Introdução

A programação competitiva, também conhecida como maratona de programação, é uma competição onde equipes, geralmente compostas de estudantes de cursos da área de informática, são submetidas a um conjunto de problemas bem específicos e devem ser capazes de resolvê-los usando programação. Há muitas competições oficiais, por exemplo a Olimpíada Brasileira de Informática (OBI) [OBI 2023] que envolve estudantes do quarto ano do Ensino Fundamental até o primeiro ano do Ensino Superior e a Maratona de Programação [SBC 2023] destinada a estudantes de cursos de graduação, ambas organizadas pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC). A Maratona de Programação

existe desde o ano de 1996 e teve sua origem a partir das competições regionais classificatórias para as finais mundiais do concurso de programação, o International Collegiate Programming Contest [ICPC 2023]. Atualmente é parte da regional sulamericana do curso.

Por iniciativa dos professores do curso de Ciência da Computação do IFSul Câmpus Passo Fundo um projeto de ensino, denominado PRODECO (Projeto Desafio do Código), já teve várias edições e desenvolveu atividades preparativas para competições com estudantes interessados. O PRODECO busca despertar nos estudantes da área da informática do Câmpus o interesse pela solução de problemas relacionados a programação e visa propiciar aos participantes desafios na construção de soluções para inúmeros problemas apresentados nas competições de lógica e maratona de programação, preparando-os para a participação em eventos desta natureza, despertando a vivência e a busca de soluções em equipe, aprimorando as habilidades individuais e possibilitando a experiência do ambiente de competição. Desta forma, os estudantes já tiveram oportunidades de participar de competições promovidas pelo próprio Câmpus, como também em fases regionais da Maratona de Programação realizadas pela SBC.

As atividades desenvolvidas no projeto de ensino PRODECO envolvem a curadoria dos professores para seleção de problemas, bem como o planejamento de estudos dos problemas de forma a iniciar com problemas de mais baixa complexidade até problemas de alta complexidade. Durante o processo de curadoria, os professores selecionam problemas de diferentes tipos e de várias fontes, por exemplo, de maratonas anteriores e de plataformas que disponibilizam problemas para solução, tais como o Beecrowd [Beecrowd 2023]. Assim, foi observado pelos participantes do grupo a necessidade de organizar uma base de dados de problemas próprios com informações complementares para auxiliar no processo de treinamento, principalmente para as próximas equipes que integrem o PRODECO.

Neste sentido, esse trabalho apresenta o projeto e implementação de uma plataforma colaborativa para auxiliar o grupo de estudos de programação competitiva do IFSul Câmpus Passo Fundo, de forma a melhorar as habilidades algorítmicas dos estudantes. Esta base de dados própria poderá agregar informações tais como o nível de dificuldade, o tipo de estrutura ou paradigma que pode ser empregado na solução, bem como notas explicativas sobre estas estruturas. Tais iniciativas do PRODECO em conjunto com a plataforma proposta buscam consolidar uma equipe de estudantes capazes de participar e representar a instituição em diferentes eventos relacionados à programação.

O texto está organizado da seguinte forma: a Seção 2 aborda os desafios do ensino de lógica; A Seção 3 traz detalhes sobre as competições de programação e com é o processo de preparação; A Seção 4 detalha as ferramentas que foram empregadas na implementação da solução; A Seção 5 apresenta a plataforma ProC<>de; E por fim, a última seção traz as considerações finais.

2. Ensino de Lógica

O ensino de lógica e programação enfrenta um grande desafio no que diz respeito aos métodos de ensino. As metodologias focadas em memorização e transmissão de informações dificilmente desenvolvem características fundamentais nos estudantes, como proatividade, colaboração, pensamento crítico e trabalho em equipe. Nestes métodos, o

estudante torna-se um sujeito passivo do processo de seu conhecimento, sendo assim, o professor apenas transfere o conteúdo, tal qual a “educação bancária”, exposta por [FREIRE 2011].

As aulas expositivas, com métodos de ensino tradicionais, possuindo no centro do conhecimento o docente, faziam mais sentido quando o acesso à informação era difícil. Atualmente, onde o acesso à informação é facilitado, devido ao desenvolvimento tecnológico, os estudantes estão sempre conectados e suas fontes são diversificadas, entretanto é necessário transformar estas informações em fontes aplicáveis de conhecimento, permitindo o relacionamento entre informações correlatas. [Fassbinder et al. 2012]

É preciso repensar os modelos de ensino aprendizagem, levando em consideração a estrutura cognitiva dos estudantes. Dessa forma, o psicólogo norte-americano David Paul Ausubel (1968), buscou compreender como os estudantes processam as informações durante a aprendizagem e considerou a existência de uma estrutura mental que processa, organiza e integra conhecimento. Ausubel desenvolveu o conceito da aprendizagem significativa, que pode ser definida quando o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento do estudante e adquire significado a partir da relação com o seu conhecimento prévio [Moreira 2012].

Um dos grandes desafios que encontramos em sala de aula é conseguir envolver todos os alunos, fazer com que se comprometam com o seu aprendizado e aceitem o desafio de resolver, aparentemente sozinhos, os problemas. Sobre esse aspecto, [BROUSSEAU 2008] faz a seguinte observação: “Tais problemas, escolhidos de modo que o estudante os possa aceitar, devem fazer pela própria dinâmica, com que o aluno atue, fale, reflita e evolua. Do momento em que o aluno aceita o problema como seu até aquele em que se produza a resposta, o professor se recusa a intervir como fornecedor dos conhecimentos que quer ver seguir.” (p. 35).

A aprendizagem é um processo no qual experiências fomentam modificações do comportamento e aquisição de hábitos. O sociólogo Anthony Giddens [Giddens 2012] aponta que “a disseminação da tecnologia da informação expandiu as possibilidades de contatos entre as pessoas ao redor do planeta”, tornando imprescindível a adoção de métodos eficientes e apoiados nas tecnologias para a aquisição do conhecimento, quando esses itens se relacionam de forma adequada apresentam um grande benefício na produtividade intelectual. Neste sentido o projeto proposto busca através da tecnologia engajar e despertar o interesse dos estudantes nas competições de lógica e programação, ampliando os conhecimentos de forma colaborativa e influenciando de maneira comportamental nos estudantes.

3. Competições de programação

Segundo [Fassbinder et al. 2012] as competições de programação são uma forma de incentivar e motivar os estudantes a aperfeiçoar suas habilidades de informática, pois ao entrarem em uma competição, se vêem engajados na missão de provar seu valor e seu conhecimento.

Ou seja, as competições são atividades que podem ajudar a potencializar o desenvolvimento da autonomia e a capacidade de trabalhar em equipe, proporcionando aos estudantes a oportunidade de resolver problemas reais a partir do conhecimento obtido em sala de aula.

Os problemas apresentados às equipes nas competições abrangem um conjunto variado de tópicos de diferentes áreas de conhecimento e níveis de dificuldade, como algoritmos, geometria computacional, matemática, entre outros. Consequentemente, é necessário que os participantes tenham uma ampla base de conhecimento que lhes permita enfrentar problemas de qualquer tópico, bem como habilidades para analisar em tempo real se a solução proposta é eficiente para o problema em questão. Além disso, devem possuir competências para trabalhar em equipe durante várias horas, com a tensão que o momento implica. Desta forma, nestas competições, a construção do conhecimento não recai exclusivamente sobre um professor ou tutor, mas surge do trabalho em equipe.

Embora existam sistemas que dão suporte ao treinamento para tais competições, eles não promovem ainda engajamento e nem aprendizagem personalizada e eficaz.

Durante a realização do projeto PRODECO, várias iniciativas foram colocadas em prática para organizar o material de referência e produzido durante as atividades do projeto, como uma disciplina no AVA Moodle, drive compartilhado e sala de aula no Classroom. Porém em termos de pesquisa nos materiais e definição de relações entre os documentos, nenhuma das plataformas utilizadas se mostrou eficiente, gerando uma necessidade que o referido projeto buscou solucionar, aprimorando o processo e disponibilizando um novo ambiente, com novos recursos, melhor usabilidade e possibilitando o vínculo entre os conteúdos, conceitos e exemplos.

4. Tecnologias e Ferramentas

A seguir são apresentadas as tecnologias e ferramentas que foram utilizadas para o desenvolvimento da plataforma proposta: HTML, CSS, Javascript, NodeJS, JQuery, MathJax, WebSocket, MongoDB e Markdown.

4.1. HTML

HTML (Hypertext Markup Language) é uma linguagem de marcação interpretada pelos navegadores, composta de elementos aplicados a diferentes partes do conteúdo, dando significado ao documento, com ela é possível definir parágrafos, marcadores, tabelas, dividir o documento em seções, incorporar conteúdo como imagens e vídeos, entre outros.

A versão mais recente da linguagem é a 5, que incorporou diversos recursos aplicados a web moderna, como armazenamento local, desenhos bidimensionais, compatibilidade com frameworks, responsividade, entre outros [FREEMAN and ROBSON 2015].

A versão usada para o desenvolvimento deste projeto foi a HTML 5 para modelar e estruturar o front-end, utilizando os seus diversos recursos para otimizar o sistema, melhorar a experiência aos usuários, além de desenvolver uma aplicação nos padrões recomendados pela World Wide Web Consortium (W3C), bem como a facilitação das pesquisas dos conteúdos através dos buscadores.

4.2. CSS

Conforme cita [SILVA 2008], Tim Berners-Lee ao criar o navegador Nexus, implementou também funções acopladas para o gerenciamento dos documentos. Outros navegadores foram baseados na criação de Tim, como o Mosaic, lançado em 1993 que apresentava uma estilização mínima como fontes e cores, tais como conhecemos hoje. A concepção

do CSS (Cascading Style Sheets ou Folha de Estilo em Cascata) ocorreu no ano de 1994. Em 1996, o CSS1 foi adotado publicamente pela W3C.

O CSS2 surgiu em 1998, abordando alguns aspectos que o CSS1 não tratou. O CSS3 foi lançado oficialmente ao final do ano de 1999 [EIS 2015].

De forma geral o CSS se aplica na organização e trabalho em conjunto com HTML ou XML (eXtensible Markup Language). De acordo com [EIS and FERREIRA 2012] “o CSS formata a informação que é entregue pelo HTML. Essa informação pode ser qualquer coisa: imagem, texto, vídeo, áudio ou qualquer outro elemento criado.”

A utilização do CSS3 nesse projeto foi em complemento ao HTML5, permitindo a renderização e personalização do conteúdo entregue aos usuários, estilizando a aparência dos elementos, tornando prático a manutenção e o controle das partes visuais.

4.3. JAVASCRIPT

A linguagem Javascript surgiu em meados do ano de 1995, desenvolvida por Brendan Eich que tinha sido contratado pela empresa Netscape para desenvolver uma nova linguagem de programação para funcionar com seu navegador. Pensando nos programadores como um todo, ele criou uma linguagem baseada em Java, para que desta forma essa linguagem fosse intuitiva e de fácil assimilação. De primeiro momento deu o nome de LiveScript, mas posteriormente alterando o nome para JavaScript [MOZILLA 2023].

Esta tecnologia está inserida em grande parte dos sites e todos os browsers, seja em consoles de jogos, tablets ou smartphones, todos incluem interpretadores da linguagem JavaScript [FLANAGAN 2012].

Recentemente, a popularidade da linguagem JavaScript se expandiu ainda mais através do bem-sucedido Node.js, o interpretador multiplataforma mais popular de ambiente de execução JavaScript fora do navegador. Node.js foi criado utilizando o V8 Javascript Engine permitindo que os desenvolvedores utilizem o JavaScript como linguagem de script para automatizar as coisas em um PC e criar servidores HTTP e WebSocket (en-US) totalmente funcionais [MOZILLA 2023].

A linguagem JavaScript foi usada neste projeto para dar dinamismo e flexibilidade às páginas, oferecendo ao usuário todos os mecanismos propostos pelo projeto, sendo os principais a edição em tempo real das ”notas”, cadastro e autenticação de usuário, dinâmica de botões, dentre outros. Além disso, está sendo utilizada em conjunto com outras bibliotecas derivadas de suas tecnologias como o jQuery e Node.js.

4.4. NODE.JS

Node.js é um ambiente de execução JavaScript orientado a eventos assíncronos, que permite executar aplicações desenvolvidas com a linguagem de forma autônoma, sem depender de um navegador, sendo projetada para construir aplicações de redes escaláveis. Foi criado por Ryan Dahl em 2009 e teve como inspiração a barra de progresso de carga de arquivos no Flickr, onde percebeu que o navegador não sabia o quanto do arquivo foi carregado e tinha que consultar o servidor web. [Foundation and contributors 2023].

Desde sua criação o Node.js evoluiu até a poderosa e crescentemente popular estrutura de desenvolvimento assíncrono, usada para a criação de aplicativos JavaScript altamente escalonáveis.

Segundo [PEREIRA 2013], esta tecnologia possui um modelo inovador, sua arquitetura é totalmente non-blocking thread (não-bloqueante), apresentando uma boa performance com consumo de memória e utilizando ao máximo e de forma eficiente o poder de processamento dos servidores.

O Node.js está sendo utilizado no projeto para possibilitar o controle da edição das "notas", o armazenamento dos dados enviados pelos usuários ao banco de dados, e os usuários que estão acessando o sistema, com uso dos pacotes Express.js e WS (principal pacote para o protocolo WebSocket).

4.5. JQUERY

jQuery é uma biblioteca JavaScript, de código livre e aberto com suporte a Ajax e CSS, surgiu em 14 de janeiro de 2006, apresentada em uma palestra denominada "jQuery, a nova onda para JavaScript" por John Resig, o seu criador. A ideia inicial era dar maior flexibilidade ao programar em JavaScript, com o uso de seletores CSS, tendo como principal característica a simplicidade, a maneira como faz com que linhas de código complexas se tornem simples e fáceis de utilizar.

Para quem busca construir páginas dinâmicas, o jQuery oferece recursos tanto para o design quanto para usabilidade, como animações e interatividade, acesso e manipulação do DOM (Document Object Model), buscar informações instantâneas, criar estilizações personalizadas e simplificar o uso do JavaScript [SILVA 2012].

Considerando a complexidade e a quantidade de ferramentas empregadas no projeto, a utilização da biblioteca jQuery no desenvolvimento oferece tanto facilidade a compreensão das linhas de códigos quanto reduz o tempo de desenvolvimento, de acordo com o próprio lema da biblioteca ("Write less, do more").

4.6. MathJax

O MathJax é um projeto para fornecer uma solução de exibição de notação matemática nos navegadores, sem demandar configuração especial [Cervone 2012].

O MathJax é incorporado como parte de uma página da web, onde examina a presença de marcações matemáticas e processa as informações de acordo. Como resultado, não precisa de instalação de software ou fontes adicionais no sistema do usuário. Essa característica possibilita que o MathJax seja executado em qualquer navegador que suporte JavaScript, inclusive em dispositivos móveis.

Tal recurso foi empregado neste projeto para facilitar a adição de notações matemáticas de forma simples para os usuários.

4.7. WebSocket

O protocolo WebSocket possibilita a troca de dados bidirecional entre um cliente (navegador) e um servidor, sem depender da abertura de diversas conexões HTTP, sendo uma solução ideal para aplicativos web em tempo real [Ogundeyi and Yinka-Banjo 2019].

Comparado às abordagens convencionais, o protocolo WebSocket oferece resultados superiores na entrega de informações em tempo real. Ele reduz a sobrecarga gerada durante a comunicação pela Internet e proporciona uma comunicação eficiente e estável entre servidores e clientes da web.

Considerando a característica de ser uma plataforma colaborativa, em tempo real, a solução adotou o WebSocket como mecanismo para atualizações de edições nas "notas", permitindo ser editado por um usuário e, simultaneamente, visualizar também o que está sendo feito por outros.

4.8. MongoDB

O MongoDB é um banco de dados de documentos de código aberto que fornece alto desempenho, alta disponibilidade e dimensionamento automático. Um registro no MongoDB é um documento, que é uma estrutura de dados composta por pares de campos e valores. Já um grupo de documentos é uma coleção na estrutura do MongoDB. Os documentos são semelhantes aos objetos JSON e os valores dos campos podem incluir outros documentos, arrays e arrays de documentos [Chauhan 2019].

Neste projeto decidiu-se pela utilização do MongoDB para persistência de dados justamente por trabalhar com os conceitos de coleção e documentos, que são inerentes aos dados que se pretende armazenar, sem a necessidade de junções complexas.

4.9. Markdown

Markdown é uma linguagem de marcação considerada leve que permite ao usuário adicionar elementos de formatação a documentos de texto simples usando uma sintaxe fácil de ler e escrever [Markdown 2023]. É uma linguagem que busca proporcionar alta legibilidade além de tornar a escrita fácil para qualquer usuário, ou seja, desta forma o texto não fica marcado com tags ou instruções de formatação.

Na marcação Markdown as formatações são sutis, sendo inspiradas nas convenções existentes para marcar um texto simples ou e-mail. Um documento no formato Markdown terá adicionado a sintaxe Markdown ao texto para indicar quais palavras e frases devem ter uma aparência diferente. São empregadas convenções simples para a formatação, como por exemplo a utilização de asteriscos para enfatizar palavras, de hífen para criar listas (- item 1), e de hashtags para criar títulos (# Título).

A vantagem do uso da linguagem Markdown é que não há necessidade de conhecimento avançado em HTML ou outras linguagens de marcação, além de possibilitar que o texto escrito em Markdown possa facilmente ser convertido em HTML ou outros formatos.

5. A plataforma Pr<>Code

A plataforma Pr<>Code foi concebida na perspectiva da construção colaborativa da sua base de problemas para auxiliar no estudo de programação visando competições. Denomina-se "problema" um enunciado que traz a descrição do desafio a ser solucionado. Neste projeto, designa-se como "notas", já que estes podem conter também conteúdo informativo, e não apenas enunciado de problema. As notas podem ser agrupadas em pastas, sendo que estas também podem conter subpastas, ou seja, as pastas podem ser organizadas em uma estrutura hierárquica.

Para acesso a plataforma, os usuários precisam realizar o cadastro, sendo que o sistema possui três tipos de usuários: *admin*, *colaborador* e *aprendiz*. O usuário aprendiz, após o seu cadastro, tem acesso de leitura a toda base de dados de notas da plataforma.

Já o usuário *colaborador*, quando faz o seu cadastro, solicita permissão para tal atribuição que será avaliada pelo usuário *admin*. Quando permitida, o *colaborador* pode, além de visualizar, também contribuir na criação de pastas e notas, bem como, contribuir alterando notas já existentes. O usuário *admin* terá acesso as configurações da plataforma e a responsabilidade de liberar a permissão de acesso ao usuário *colaborador*.

Outro elemento essencial na construção da plataforma é a possibilidade de fazer links internos entre as "notas", o que permite organizar e estruturar o conhecimento dos conteúdos de maneira flexível e não linear.

Tendo em vista as especificações acima para a plataforma Pr<>Code, os seguintes requisitos funcionais foram definidos:

- Manter pastas;
- Manter notas;
- Registrar usuário;
- Liberar permissão para usuário colaborador;
- Consultar notas.

Já como requisitos não funcionais, tem-se:

- Plataforma para ambiente Web;
- Armazenamento dos dados em formato NoSQL;
- Permitir a edição colaborativa;
- Criar conexões entre diferentes informações (nota);
- Uso de linguagem de marcação simples para criar links entre as notas, bem como incluir, códigos, imagens e vídeos.

A Figura 1 apresenta o modelo para persistência dos dados da aplicação. A partir do uso do Mongo como banco de dados NoSQL, que utiliza um modelo de armazenamento de dados orientado a coleções de documentos, definiu-se a coleção "Pastas", onde cada documento pode conter inúmeras "Notas", as quais estão vinculadas as referências utilizadas (links). Além disso, faz-se necessário uma coleção de usuários para ter o controle de acesso, além de identificar quem é o proprietário de cada pasta e de cada nota inserida.

A Figura 2 apresenta uma página de edição de uma "nota". Do lado esquerdo tem-se uma coluna com a estrutura das "pastas", bem como o nome das "notas" criadas. Já do lado direito está o exemplo de uma nota explicativa sobre o laço de repetição. Neste texto há marcações *markdown* para o título, separador, lista não numerada, trecho de código, entre outros. Há também um menu de opções em uma barra do lado direito, com as opções para autenticação, editor de notas, página home e notificações (exclusivo para usuário administrador, para por exemplo solicitações de usuários para acesso de colaborador).

Na Figura 3 pode ser visualizada a nota em código *markdown* do lado esquerdo e a visualização correspondente no lado direito. Pode-se perceber que na visualização do conteúdo há links de acesso a outras informações relacionadas, por exemplo, *for*, *do...while* e *while*. As partes relativas ao código fonte ficam destacadas pois foram marcadas com a linguagem *markdown*.

6. Considerações Finais

Este trabalho apresenta o projeto e a implementação de uma plataforma colaborativa que tem como objetivo auxiliar nos estudos de programação visando melhorar as habilidades

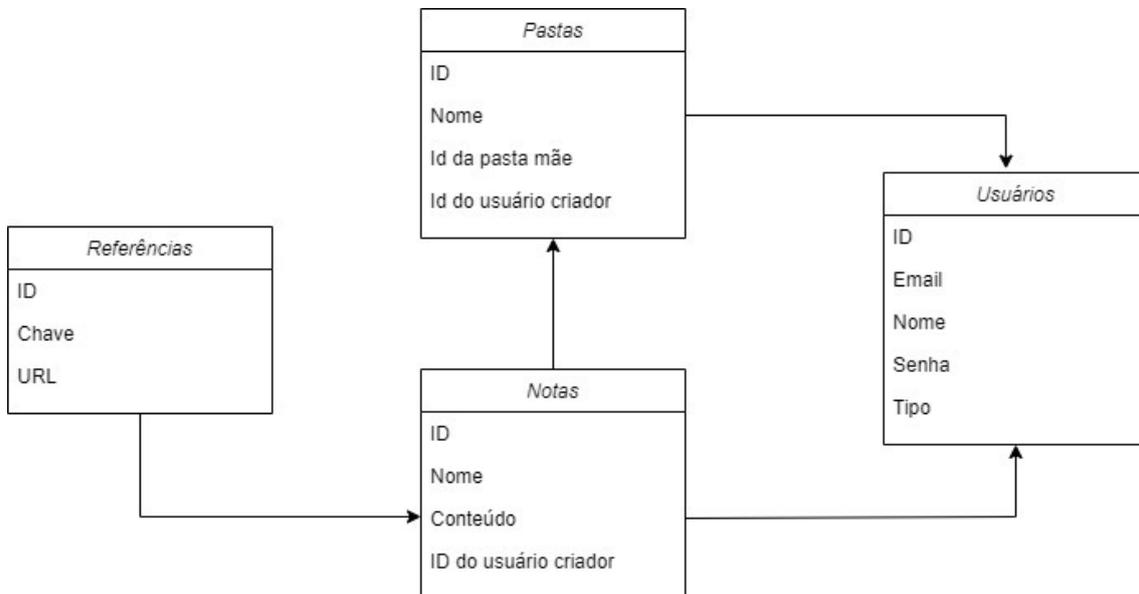


Figura 1. Diagrama da estrutura de persistência dos dados

```

1 #Laço de repetição
2 -----
3
4 **Laços de repetições** são mecanismos presentes nas linguagens de
5 programação que possibilitam **a execução de um mesmo processo
6 repetidas vezes**. Existe três laços principais, cada um com uma
7 dinâmica distinta: *[for][Link-for], [while][Link-while] e [do...
8 while][Link-dow]*:
9
10 - **for**: É um laço que apresenta a seguinte sintaxe padrão:
11 `for(*início do laço*; *condição*; *fim da iteração*)`. No **início do
12 laço**, uma variável assume um valor inicial (geralmente variáveis
13 numéricas são utilizadas no laço *for*); e então, **uma condição é
14 estabelecida** para que o laço prossiga se ela for verdadeira
15 (geralmente a condição está relacionada à variável criada antes); e se
16 a condição for verdadeira, uma ação será realizada no **término desta
17 iteração** (geralmente envolve incrementação de variável). Confira um
18 exemplo abaixo:
19
20 `***for*(***let* i = 0; i < 10; i+**) {**
21 console.log("Agora o número é " + i);
22 }`
23
24 >Reparamos, no exemplo acima, que uma variável é inicializada dentro
25 do laço *for* com valor nulo. Após isso, é verificado **se o valor da
26 variável é menor que dez** - se a condição for verdadeira, a ação
27 dentro do laço é executada (ou seja, mostrar uma mensagem com o valor
28 da variável) e, após, a **variável é incrementada** para iniciar um
29 novo laço, até que a condição seja falsa!!
30 -----
31
32 - **while** e **do... while**: São dois laços semelhantes, mas que
33 podem criar resultados diferentes em seu código. Ambos os laços
34 dependem apenas de uma condição verdadeira, entretanto o que muda é a
35 ordem do processo: no *while*, acontece primeiro **a verificação da
36 condição**, que, se for verdadeira, passa para a ação do laço,
37 prosseguindo até que a condição esteja falsa; já no *do... while*, a
38 ação é realizada **ANTES** da verificação da condição, portanto é
39 certo que, neste laço, a ação será realizada uma vez (já no *while*, a
40 condição JÁ pode começar falsa, encerrando ali mesmo o laço).
41
42 `!fodase][img-teste]
43 ?[Para mais detalhes, aqui está um vídeo mostrando a implementação de
44 tais laços apresentados na linguagem C][teste]`

```

Figura 2. Página edição das notas

```

1 #Laço de repetição
2 -----
3 **Laços de repetições** são mecanismos
4 presentes nas linguagens de programação
5 que possibilitam **a execução de um mesmo
6 processo repetidas vezes**. Existe três
7 laços principais, cada um com uma dinâmica
8 distinta: [for](#for), [do..
9 while](#dowhile) e [while][link-while]:
10 - **for**: É um laço que apresenta a
11 seguinte sintaxe padrão: 'for(*início do
12 laço*; *condição*; *fim da iteração*)'. No
13 **início do laço**, uma variável assume um
14 valor inicial (geralmente variáveis
15 numéricas são utilizadas no laço *for*); e
16 então, **uma condição é estabelecida**
17 para que o laço prossiga se ela for
18 verdadeira (geralmente a condição está
19 relacionada à variável criada antes); e se
20 a condição for verdadeira, uma ação será
21 realizada no **término desta iteração**
22 (geralmente envolve incrementação de
23 variável). Confira um exemplo abaixo:
24 ***for***{let* i = 0; i < 10; i+***}
25 {**
26 console.log("Agora o número é " + i);
27 }
28 >Reparamos, no exemplo acima, que uma
29 variável é inicializada dentro do laço
30 *for* com valor nulo. Após isso, é
31 verificado **se o valor da variável é
32 menor que dez** - se a condição for
33 verdadeira, a ação dentro do laço é
34 executada (ou seja, mostrar uma mensagem
35 com o valor da variável) e, após, a
36 **variável é incrementada** para iniciar
37 um novo laço, até que a condição seja
38 falsa!!
39 -----
40 - **while** e **do... while**: São dois

```

Laço de repetição

Laços de repetições são mecanismos presentes nas linguagens de programação que possibilitam a execução de um mesmo processo repetidas vezes. Existe três laços principais, cada um com uma dinâmica distinta: **for**, **do.. while** e **while**:

- for**: É um laço que apresenta a seguinte sintaxe padrão: `for(início do laço; condição; fim da iteração)`. No **início do laço**, uma variável assume um valor inicial (geralmente variáveis numéricas são utilizadas no laço *for*); e então, **uma condição é estabelecida** para que o laço prossiga se ela for verdadeira (geralmente a condição está relacionada à variável criada antes); e se a condição for verdadeira, uma ação será realizada no **término desta iteração** (geralmente envolve incrementação de variável). Confira um exemplo abaixo:

```

for(let i = 0; i < 10; i++) {
  console.log("Agora o número é " + i);
}

```

Reparamos, no exemplo acima, que uma variável é inicializada dentro do laço *for* com valor nulo. Após isso, é verificado **se o valor da variável é menor que dez** - se a condição for verdadeira, a ação dentro do laço é executada (ou seja, mostrar uma mensagem com o valor da variável) e, após, a **variável é**

Figura 3. Página edição e visualização das notas

dos estudantes para participação em competições.

Com a disponibilização desta plataforma aos estudantes, que poderá ser acessada por outros grupos de estudos além do IFSul Câmpus Passo Fundo, espera-se contribuir para aperfeiçoar as habilidades algorítmicas dos estudantes, bem como, no futuro próximo, alcançar melhores resultados em competições de programação.

Também destaca-se que a execução desse projeto contribuiu para expansão dos conhecimentos dos discentes participantes do grupo de estudos acerca dos temas estudados contribuindo significativamente para a formação integral do futuro profissional de TI. Além disso, outro elemento importante diz respeito à difusão do conhecimento construído, tanto interna como externamente, a fim de que os interessados no tema possam ter acesso ao material que será disponibilizado sobre o projeto e que pode servir de subsídios para outras pesquisas e estudos.

Como trabalhos futuros pretende-se conduzir testes de avaliação da plataforma com os estudantes participantes do projeto PRODECO ou de alunos de disciplinas de programação do curso de Ciência da Computação do IFSul Câmpus Passo Fundo.

Agradecimento a FAPERGS pela concessão de bolsa de iniciação científica.

Referências

Beecrowd (2023). Beecrowd. <https://www.beecrowd.com.br>. Acesso em: 16 mar 2023.

BROUSSEAU, G. (2008). *Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. Ática.

Cervone, D. (2012). Mathjax: a platform for mathematics on the web. *Notices of the AMS*, 59(2):312–316.

Chauhan, A. (2019). A review on various aspects of mongodb databases. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 8(05):90–92.

- EIS, D. (2015). *O Caminho das Pedras Para Ser Um Dev Front-End*. Casa do Código.
- EIS, D. and FERREIRA, E. (2012). *HTML5 e CSS3 com farinha e pimenta*. Tableless.
- Fassbinder, A. d. O., PAULA, L. d., and Araújo, J. C. D. (2012). Experiências no estímulo à prática de programação através do desenvolvimento de atividades extracurriculares relacionadas com as competições de conhecimentos. In *Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)*, volume 32. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Computação–SBC.
- FLANAGAN, D. (2012). *JavaScript: o guia definitivo*. Bookman.
- Foundation, O. and contributors, N. (2023). Nodejs. <https://nodejs.org/>. Acesso em: 18 mar 2023.
- FREEMAN, E. and ROBSON, E. (2015). *Use a Cabeça! HTML e CSS*. Alta Books.
- FREIRE, P. (2011). *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra.
- Giddens, A. (2012). *sociología*. Penso Editora.
- ICPC (2023). The icpc international collegiate programming contest. <https://icpc.global/>. Acesso em: 16 mar 2023.
- Markdown (2023). Getting started — markdown guide. <https://www.markdownguide.org/>. Acesso em: 16 mar 2023.
- Moreira, M. A. (2012). ¿ al final, qué es aprendizaje significativo? *Curriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa*. La Laguna, Espanha. No. 25 (marzo 2012), p. 29-56.
- MOZILLA (2023). Javascript. <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>. Acesso em: 12 mar 2023.
- OBI (2023). Olimpíada brasileira de informática. <https://olimpiada.ic.unicamp.br/>. Acesso em: 16 mar 2023.
- Ogundeyi, K. and Yinka-Banjo, C. (2019). Websocket in real time application. *Nigerian Journal of Technology*, 38(4):1010–1020.
- PEREIRA, C. R. (2013). *Node.js – Aplicações web real-time com node.js*. Casa do Código.
- SBC (2023). Maratona sbc de programação. <http://maratona.sbc.org.br/>. Acesso em: 16 mar 2023.
- SILVA, M. S. (2008). *Construindo Sites com CSS e (X)HTML: sites controlados por folhas de estilo*. Novatec.
- SILVA, M. S. (2012). *jQuery Mobile: desenvolva aplicações web para dispositivos móveis com HTML5, CSS3, Ajax, jQuery e jQuery UI*. Novatec.

Uma solução baseada em Spyware para Monitoramento em Computadores

Darlan Noetzold¹, Anubis G. M. Rossetto¹, Valderi R. Q. Leithardt²

¹Instituto Federal Sul-Rio-Grandense - Câmpus Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil

²VALORIZA—Research Centre for Endogenous Resource Valorization,
Polytechnic Institute of Portalegre, 7300-555 Portalegre, Portugal

darlan.noetzold@gmail.com, anubisrossetto@ifsul.edu.br,

valderi@ippportalegre.pt

Abstract. *Technological changes and increased internet access have changed the relationship between employees and employers, resulting in an increased need for monitoring in the workplace. Two common problems are online hate and data leakage. The solution created in this work is the incorporation of monitoring tools, such as a Spyware system that uses sentiment classification in texts in a distributed architecture in microservices. Tests were carried out to evaluate the performance of Spyware with prediction models in the proposed architecture.*

Resumo. *As mudanças tecnológicas e o aumento do acesso à internet mudaram a relação entre empregados e empregadores, resultando em uma necessidade maior de monitoramento no local de trabalho. Dois problemas comuns são o ódio online e o vazamento de dados. A solução criada no presente trabalho é a incorporação de ferramentas de monitoramento, como um sistema de Spyware que usa classificação de sentimentos em textos em uma arquitetura distribuída em microsserviços. Testes foram realizados para avaliar o desempenho do Spyware com modelos de predição na arquitetura proposta.*

1. Introdução

As organizações estão cada vez mais adotando estratégias, como o monitoramento eletrônico de computadores e colaboradores [Ravid et al. 2020], para garantir o desempenho, evitar vazamento de dados e responsabilidades legais, bem como promover a segurança e desenvolvimento dos seus colaboradores. O monitoramento eletrônico de desempenho (EPM) é o uso de meios tecnológicos para observar, registrar e analisar informações relacionadas ao desempenho no trabalho. Ferramentas de monitoramento podem auxiliar as organizações na detecção de dois grandes desafios: vazamento de dados e discurso de ódio.

O discurso de ódio é um problema social e psicológico expressivo na sociedade, expondo e compartilhando preconceitos e peculiaridades negativas de cada indivíduo em diversas redes e ambientes impróprios [Razno 2019]. Um caso ilustrativo da importância do monitoramento relativo a discurso de ódio nas organizações é o processo que a Tesla perdeu, tendo que pagar US\$ 137 milhões a um ex-funcionário vítima de

racismo [Nytime 2022]. O ex-funcionário sofreu racismo e depreciações de outros funcionários, afetando sua saúde emocional e psicológica. A Tesla foi condenada a pagar US\$ 7 milhões pelos danos emocionais e US\$ 130 milhões como punição. O tribunal considerou que a Tesla negligenciou o caso ao não monitorar seus funcionários e categorizou o ambiente de trabalho como racialmente hostil. Assim, é evidente a necessidade das organizações adotarem medidas de acompanhamento do seu local de trabalho e, se houver problemas, tomar medidas proativas para proteger seus colaboradores de condutas de ódio e/ou intolerância.

A violação de dados privados é uma questão preocupante no meio empresarial, com custos cada vez mais altos e a possibilidade de prejudicar a imagem da empresa e gerar responsabilidades legais. Uma pesquisa da IBM Security aponta que em 2022 o custo médio de uma violação foi de US\$ 4,35 milhões [IBM 2022], sendo que 83% das empresas pesquisadas sofreram mais de uma violação. É necessário adotar novas abordagens para mitigar o impacto das violações de dados, considerando que ataques sofisticados podem não ser evitados [Ochôa et al. 2018].

Com base nos desafios apresentados, este trabalho propõe o uso de técnicas de Spyware, que é um tipo de Malware que tem como objetivo espionar a vítima, para monitorar de maneira transparente e privada o uso de computadores por colaboradores em ambientes empresariais. A solução proposta visa centralizar os monitoramentos, como Keylogger's, Sniffer's e Scanner's, e incluir um modelo de predição capaz de classificar discursos de ódio. Os recursos previstos na solução incluem a captura das teclas pressionadas pelo usuário, captura de screenshots da tela do usuário, monitoramento de processos em blacklist, monitoramento do tráfego de internet, verificação de vulnerabilidades em portas do computador e modelos de predição que alertam sobre o uso de ódio em frases digitadas em português, inglês e espanhol.

Dessa forma, utilizando as tecnologias mencionadas em uma arquitetura baseada em microsserviços, é possível fornecer uma solução eficiente que permitirá que as organizações obtenham os subsídios necessários para tomar as medidas apropriadas.

O artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2 são apresentadas as tecnologias e ferramentas que foram empregadas na solução; Na Seção 3 é descrita a arquitetura da solução, bem como traz detalhes da integração dos seus componentes; A Seção 4 tem como foco aspectos da implementação, como as técnicas de Spyware e os modelos de predição aplicados; A seção 5 apresenta resultados de avaliação da solução; Os trabalhos relacionados estão na Seção 6; E por fim, a Seção 7 descreve as considerações finais.

2. Tecnologias e Ferramentas

Nesta seção são exploradas as ferramentas e tecnologias que são empregadas na solução proposta, trazendo aspectos conceituais, características e como são integradas na arquitetura visando alcançar os objetivos propostos.

2.1. SpringBoot Framework

O Spring Boot é um framework que visa simplificar o desenvolvimento de aplicações web em Java e Kotlin, fornecendo recursos integrados e pré-configurados para diferentes áreas de desenvolvimento. Com base no framework Spring, o Spring Boot oferece módulos específicos para persistência de dados, segurança, testes, entre outros,

com o objetivo de reduzir a complexidade e aumentar a produtividade do desenvolvedor [Suryotrisongko et al. 2017].

Os Starters são uma característica fundamental do Spring Boot, fornecendo um conjunto de dependências pré-configuradas para áreas específicas de desenvolvimento, evitando que o desenvolvedor precise configurá-las manualmente. Além disso, o Spring Initializr é uma ferramenta que ajuda a criar e configurar rapidamente um projeto, permitindo personalizar configurações como servidor de aplicação e banco de dados [SpringBoot 2022].

Neste trabalho em particular, o objetivo do uso do SpringBoot é encapsular e dividir as responsabilidades da solução final, fazendo uso dos principais módulos para garantir segurança, confiabilidade e persistência dos dados, além de boa performance e garantia de entrega dos alertas.

2.2. Scikit-learn

O Scikit-learn ou Sklearn é um framework de Python para análise preditiva de dados usando técnicas de Machine Learning. Com código aberto e construído sobre os pacotes NumPy, SciPy e Matplotlib, a biblioteca inclui diversos módulos para pré-processamento, classificação, regressão, clusterização, redução de dimensionalidade e ajuste de parâmetros [ScikitLearn 2022].

Segue uma breve apresentação dos modelos de predição utilizados como base para o treinamento:

- **Regressão Logística:** é um modelo estatístico usado para determinar a probabilidade de um evento acontecer, calculando a relação entre os recursos e o resultado. Ele usa parâmetros distribuídos binomialmente, como a porcentagem de pacientes que se curam com um medicamento depois de serem tratados com o mesmo [Fávero et al. 2009].
- **Multinomial Naive Bayes:** é um classificador probabilístico que utiliza o "Teorema de Bayes" para categorizar textos com base na frequência das palavras utilizadas. O algoritmo é considerado ingênuo, pois desconsidera completamente a correlação entre as variáveis (features) [Ratz 2009].
- **Support Vector Machine:** é um algoritmo de classificação que encontra um hiperplano para separar duas classes distintas maximizando a distância entre os pontos mais próximos de cada classe, chamada de margem. O objetivo é primeiro classificar corretamente as classes e, em seguida, definir a distância entre as margens [Bennett and Campbell 2000].

2.3. Spyware

Um Spyware é um software especializado na captura de informações através de algum script invasor. Este tipo de programa computacional normalmente é utilizado como Malware para conseguir dados privados de usuários [Basumalick 2022]. No contexto deste trabalho este software não terá este objetivo, já que não serão obtidos dados de login do usuário, ou algum dado de acesso.

Este trabalho empregou as seguintes técnicas embutidas em Spyware's:

- **KeyLogger:** é o termo usado para programas que gravam as teclas pressionadas pelo usuário [Basumalick 2022];

- ScreenLogger: tem por objetivo capturar prints da tela do usuário e outras informações, como a posição do cursor do mouse [Singh et al. 2020];
- ProcessLogger's: são usadas para bloquear processos desconhecidos ou em alguma BlackList conhecida, para diminuir a chance de Malwares causarem danos na máquina em questão [Carrier 2022];
- Sniffer: é uma ferramenta de software que possibilita a monitorização do tráfego de internet ao capturar todos os pacotes que entram e saem de um computador [N-able 2021];
- Scanner: é um software usado para localizar vulnerabilidades em sistemas no geral. Eles podem varrer a rede e sites em busca de milhares de riscos de segurança diferentes descrevendo as vulnerabilidades e fornecer etapas sobre como corrigi-las [Rohrman et al. 2017].

3. Arquitetura da Solução

A solução foi projetada com uma arquitetura baseada em eventos, onde cada evento representa a geração de alertas em uma máquina monitorada por um Spyware. Essa abordagem permite que o sistema reaja em tempo real aos eventos que ocorrem no ambiente ou no próprio sistema, sem a necessidade de processamento síncrono ou consultas periódicas em um banco de dados. Isso significa que a arquitetura é escalável, capaz de suportar diversas aplicações, incluindo análise de dados em tempo real, notificações e monitoramento de geração de alertas. Essa escolha arquitetural fornece um sistema capaz de detectar e responder rapidamente a possíveis ameaças à segurança das máquinas monitoradas.

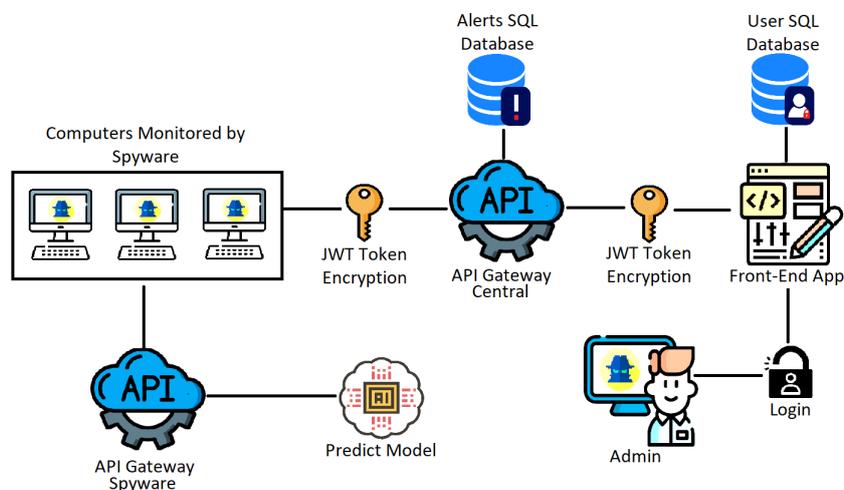
A estratégia de desenvolvimento é modular e pode ser facilmente adaptada a diferentes requisitos. Cada componente do sistema pode ser escalado ou atualizado independentemente, sem afetar o restante do sistema, graças à estratégia de microsserviços adotada, com várias aplicações separadas se comunicando através de API Gateway's e várias camadas de segurança utilizando Token JWT para autenticação. A solução também utiliza recursos do Spring Security, como login e encriptação de senhas, para garantir tanto a autenticação quanto a autorização de determinados endpoints. Essa abordagem arquitetural oferece maior flexibilidade e escalabilidade ao sistema, além de garantir a segurança dos dados por meio de diversas camadas de proteção.

A Figura 1 apresenta a arquitetura adotada, que utiliza um API Gateway central para facilitar a comunicação entre os computadores monitorados pelo Spyware e a aplicação Front-End. O API Gateway fornece endpoints seguros para a geração de alertas, armazenamento de imagens capturadas pelo ScreenLogger, gerenciamento de usuários e atualização dos dados de alertas, todos autenticados via Token JWT. Esta aplicação se conecta a um banco de dados SQL para armazenar e gerenciar essas informações, além de ser o agente principal do sistema para processamento e envio dos dados tratados para a aplicação Front-End.

Através de requisições HTTP, a aplicação Front-End obtém as informações do API Gateway para apresentar as informações em páginas para a visualização e administração dos dados e alertas gerados. Também é possível realizar o cadastro de novos usuários e gerenciar as permissões de acesso. Para garantir a segurança dos dados sensíveis, a aplicação Front-End possui um banco de dados SQL exclusivo para gerenciar seus usuários.

Além disso, a arquitetura conta com um API Gateway (Spyware) dedicado para

Figura 1. Arquitetura proposta



gerenciar a comunicação entre os computadores monitorados pelo Spyware e os modelos de predição que analisam as frases capturadas pelo KeyLogger. Esse API Gateway possui apenas um endpoint para receber a frase capturada, enviando-a para o modelo de predição que realiza a tokenização, normalização e classificação, retornando se a frase contém discurso de ódio ou não. Com base no resultado obtido, o Spyware segue com o fluxo apropriado.

4. Implementação

Nesta seção é explorada a implementação da solução proposta, incluindo as estratégias utilizadas no desenvolvimento e os principais elementos de cada aplicação. Serão abordados os componentes principais da arquitetura e as APIs desenvolvidas para comunicação e exposição dos dados. Além disso, será apresentado em detalhes o modelo de predição treinado, incluindo o processo de tratamento dos dados envolvidos, bem como o script de Spyware desenvolvido para monitoramento.

4.1. Spyware de monitoramento

A solução é um Spyware em Python, que monitora processos, sites, palavras digitadas, portas abertas e a tela do usuário. Para gerar alertas, o script se conecta ao API Gateway e utiliza um Token JWT. O Spyware possui três threads principais: Sniffer para validar sites, Scanner de portas para encontrar vulnerabilidades e KeyLogger para analisar a entrada do usuário. Esses processos são executados simultaneamente com paralelização do processamento. Outras ferramentas utilizadas, desta vez para a captura de informações, são o ProcessLogger e o ScreenLogger isto durante a análise do KeyLogger.

Para delimitar uma frase na captura de teclas é usada a quebra de linha (quando o usuário pressionar a tecla "enter"). Após o usuário quebrar a linha, todos os dados coletados serão analisados através das técnicas citadas, se alguma incongruência for identificada, o ScreenLogger faz um print da tela e captura as outras informações de geração de Alerta, enviando para o API Gateway Central.

4.2. Modelos de Predição

Para realizar uma monitoria eficaz capaz de identificar discursos de ódio é necessário um mapeamento completo dos elementos que compõem esse tipo de discurso. Além disso, são essenciais boas estratégias de treinamento, teste, normalização, vetorização e a escolha de modelos adequados para as três línguas: espanhol, inglês e português. Portanto, esta subseção tratará das estratégias utilizadas para alcançar esse objetivo de forma efetiva.

4.2.1. Dataset e normalização dos dados

Inicialmente, foram selecionados três conjuntos de dados [de Pelle and Moreira 2017], compostos por textos coletados do Twitter em português, espanhol e inglês (Cada um com dez mil frases), que foram divididos em duas categorias: com e sem discurso de ódio. Esses conjuntos de dados foram escolhidos por apresentarem exemplos significativos de preconceito e discriminação, com o objetivo de atacar pessoas por motivos pessoais, políticos e/ou religiosos, e por possuírem uma distribuição equilibrada de diferentes tipos de discurso, permitindo uma classificação mais realista. Em seguida, os dados foram normalizados, removendo elementos que dificultam a análise final, como stopwords, caracteres especiais e tags. As palavras foram então vetorizadas para permitir que os modelos de predição capturem os significados e conceitos das palavras em diferentes frases do conjunto de dados.

4.2.2. Escolha dos Modelos de Predição

Após a etapa de pré-processamento dos dados, é possível iniciar o treinamento dos modelos de predição, utilizando técnicas como Regressão Logística, Support Vector Machine (SVM) e Multinomial Naive Bayes. Esses modelos são amplamente reconhecidos por sua eficácia na classificação de textos devido às suas características e desempenho comprovado [Zulqarnain et al. 2020].

A Regressão Logística é uma técnica de aprendizado supervisionado altamente eficaz na classificação de dados binários ou multiclasse. Ela tem sido amplamente empregada na classificação de textos devido à sua habilidade de identificar as relações entre as palavras e seus significados [Hastie et al. 2009]. Por outro lado, o SVM é um modelo de aprendizado supervisionado usado principalmente em tarefas de classificação, regressão e detecção de outliers. Ele tem se mostrado particularmente eficaz na classificação de textos, permitindo a separação das diferentes classes de texto por meio de um hiperplano, o que permite a identificação de padrões complexos [Cortes and Vapnik 1995]. Por fim, o Multinomial Naive Bayes é um modelo probabilístico simples, mas bastante utilizado para tarefas de classificação de texto, como análise de sentimento e categorização de texto. Sua eficácia na classificação de textos é devida à sua capacidade de capturar a frequência e distribuição das palavras em diferentes classes de texto [Brown and et al. 1992].

Resumindo, esses modelos são amplamente utilizados na classificação de textos devido à sua eficácia em identificar padrões complexos, separar classes e capturar frequência e distribuição de palavras. Para as três línguas, foram treinados nove modelos de predição, cada um empregando essas técnicas de aprendizado supervisionado.

4.2.3. Estratégias de treinamentos

Para aprimorar a precisão dos modelos de predição, foram empregadas técnicas e estratégias através da biblioteca Scikit-learn. Inicialmente, a API determina a língua do texto para encaminhar para os modelos adequados. Para o modelo de Regressão Logística, adotou-se o método L1 (Lasso) como penalidade, adicionando a soma dos valores absolutos dos coeficientes à função de perda. Definiu-se o valor da inversa da força de regularização (C) em 1.2 e utilizou-se o solver "saga", um algoritmo de otimização estocástica. No modelo de Support Vector Machine, empregou-se o kernel "rbf" (função de base radial). Optou-se pelo valor padrão da inversa da força de regularização (C) (1.0) e o gamma foi estabelecido como "scale", que utiliza o cálculo $1 / (n_{\text{features}} * X.\text{var}())$. Por fim, no modelo Multinomial Naive Bayes, atribuiu-se o valor 1 ao parâmetro de suavização Laplace (alpha), que evita a probabilidade zero e lida com casos de palavras novas ou raras. Para o fitprior, utilizou-se a base de dados de treinamento.

5. Resultados

Esta seção apresenta resultados de avaliação da solução proposta nos seguintes aspectos: desempenho dos modelos de predição, desempenho do Spyware e desempenho do API Gateway.

A Figura 2 ilustra o desempenho dos três modelos de classificação utilizados nos testes, medido em termos de acurácia em relação ao número de "folds", que representa o número de subconjuntos em que os dados são divididos durante uma validação cruzada. Os resultados mostram que cada modelo apresentou um desempenho similar e aceitável, com uma média de 87% de acurácia, sendo que o modelo Multinomial Naive Bayes obteve uma ligeira vantagem. Esses resultados foram consistentes para outras duas medidas de desempenho: acurácia balanceada e área sob a curva ROC.

No entanto, é importante notar que os modelos de classificação apresentaram uma taxa de erro média de 13%. Observou-se que em alguns casos, contextos específicos foram classificados incorretamente, como no caso do uso de letras maiúsculas em uma frase inteira, que poderia estar sendo usada para elogiar ou por outros motivos. Esses resultados destacam a importância de considerar cuidadosamente o contexto e o uso de palavras ou expressões incomuns em tarefas de classificação de ódio, a fim de melhorar a precisão do modelo.

Figura 2. Gráfico de acurácia

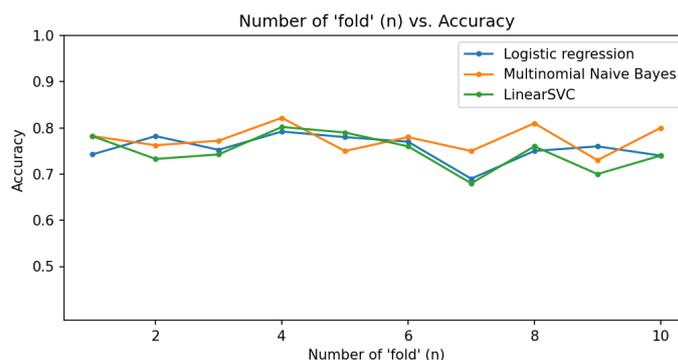


Tabela 1. Resultados dos testes no API Gateway

Cenário	Número de Requisições	Tempo de resposta (ms)	Velocidade (MB/s)	Tamanho das requisições (KB)	90% Line	95% Line
1	500	113	4.4	854	132	155
2	1000	148	4.5	560	181	188
3	2000	252	4.2	740	201	210
4	5000	462	3.9	972	254	280

Os resultados obtidos do Spyware foi medido através de testes em um computador com o seguinte hardware: Processador Intel Core i5-10400F, memória RAM 8GB DDR4 e um SSD de 500GB. Durante a execução do software houve um pico de uso de CPU de cerca de 25% durante a captura de processos, sites acessados e captura de imagem simultaneamente, mas em geral o uso da CPU ficou abaixo de 15%. O uso de memória RAM variou de 24 MB A 28 MB, com picos durante a captura de pacotes. O uso do disco rígido foi mínimo, pois a maioria das informações capturadas pelo spyware foram armazenadas na memória RAM antes de serem enviadas para a API.

Para os testes de performance do API Gateway foi utilizado o mesmo hardware dos testes do Spyware e uma ferramenta de teste de carga e desempenho que permite simular a carga em aplicações web, o JMeter. O teste foi realizado com 500, 1000, 2000 e 5000 gerações de alertas, cada uma com um grupo de três requisições: pegar token, salvar imagem e salvar alerta. Sendo que as requisições eram enviadas por outra máquina na rede local.

Analisando os resultados da Tabela 1 foi observado que a média de tempo de resposta aumentou juntamente com o número de requisições. A velocidade das requisições, porém, manteve-se constante, com uma leve queda apenas no cenário com 5000 requisições. Foram utilizadas as métricas de 90% Line e 95% Line para identificar casos em que uma minoria de requisições pode ter um tempo de resposta significativamente maior do que a maioria, indicando a presença de gargalos ou pontos críticos no sistema que precisam ser otimizados. Observou-se que essas métricas aumentaram pouco à medida que o número de requisições aumentou, o que indica que o sistema pode suportar consideráveis aumentos de requisições.

6. Trabalhos Relacionados

O potencial de ferramentas de monitoramento no ambiente de trabalho vem sendo explorado por empresas, desenvolvedores e pesquisadores, porém ainda não foram identificadas soluções que integrem a detecção de discurso de ódio com técnicas de verificação de vulnerabilidades. Soluções comerciais como o Kickidler [Kickidler 2023], o ActivTrak [ActivTrak 2023] e o FSense [FSense 2023] oferecem recursos como visualização de tela, relatórios de tempo de trabalho e monitoramento de uso de computadores, mas apresentam muitas limitações em suas versões gratuitas.

O sistema proposto por [Paschalides et al. 2020] é uma solução específica para detecção e monitoramento de discurso de ódio online, usando um algoritmo de classificação baseado em ensemble. Já em [Modha et al. 2020] é apresentada uma abordagem para detectar e visualizar agressão nas mídias sociais, com uma interface de usuário baseada em um plug-in de navegador. Existem outros trabalhos aplicados em diferentes contextos e cenários que também podem ser aplicados.

Tabela 2. Comparação dos trabalhos relacionados.

Crítérios	Kickidler	Activtrak	Paschalides	FSense	Modha	Nosso Trabalho
Captura de teclas	X	X	-	-	-	X
Captura de prints	X	X	-	X	-	X
Monitoramento de processos	X	-	-	-	-	X
Monitoramento do tráfego de internet	-	X	X	X	-	X
Alerta de vulnerabilidades	-	-	-	-	-	X
Alerta de discurso de ódio	-	-	Apenas no browser	-	X	X
Dashboard de Gerenciamento	X	X	-	X	X	X
Limite de computadores	6	3	-	10	-	-

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre os trabalhos citados e a solução proposta no texto em relação a algumas funcionalidades. Observa-se que nenhum dos trabalhos integra todas as funções propostas no sistema. Além disso, é importante destacar que as soluções comerciais têm limitações em suas versões gratuitas, como o número de computadores a serem monitorados. Já o sistema proposto não tem limitações quanto ao número de computadores e suas funcionalidades serão de livre acesso. No que diz respeito à detecção de discurso de ódio, as soluções existentes são limitadas a algumas aplicações, enquanto o sistema proposto monitora tudo o que é digitado pelo usuário.

7. Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma proposta de solução para problemas reais das empresas e instituições, tendo como objetivo prover um conjunto de monitoramentos de atividades realizadas nos computadores dos colaboradores de forma centralizada em uma mesma arquitetura.

A arquitetura foi testada em ambiente controlado de homologação, mantendo-se funcionando durante o tempo proposto com cerca de dez mil requisições (gerações de Alertas) simultâneas de forma paralela.

É importante que os colaboradores estejam cientes do processo de monitoramento, que deve ser usado como ferramenta de aprendizado e desenvolvimento em vez de dissuasão. As empresas devem definir no contrato quais comportamentos não serão tolerados, e deve haver uma sistemática de retorno aos colaboradores sobre os alertas gerados no sistema. Isso reflete os compromissos da empresa em manter uma cultura de diversidade, equidade e inclusão, evitando responsabilidades legais por atitudes inadequadas.

Referências

- ActivTrak (2023). Workforce analytics for productivity management. <https://www.activtrak.com/>. Acesso em: 03 jan 2023.
- Basumalick, C. (2022). What is spyware? definition, types, removal, and prevention best practices in 2022. <https://www.spiceworks.com/tech/security/articles/what-is-spyware>. Acesso em: 29 dez 2022.
- Bennett, K. P. and Campbell, C. (2000). Support vector machines: hype or hallelujah? *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 2(2):1–13.
- Brown, P. F. and et al. (1992). Estimating the accuracy of statistical patterns in natural language processing. *Computational Linguistics*, 18(2):467–480.

- Carrier, D. B. (2022). How to detect running malware – intro to incident response triage (part 7). <https://www.cybertriage.com/blog/training/how-to-detect-running-malware-intro-to-incident-response-triage-part-7/>. Acesso em: 19 dez 2022.
- Cortes, C. and Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20:273–297.
- de Pelle, R. P. and Moreira, V. P. (2017). Offensive comments in the brazilian web: a dataset and baseline results. In *6th Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining (BraSNAM)*. to appear.
- Fávero, L. P., Belfiore, P., Silva, F. d., and Chan, B. L. (2009). Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões.
- FSense (2023). fsense: Sistema de monitoramento prático e preciso para estações de trabalho. <https://fsense.com/>. Acesso em: 03 jan 2023.
- Hastie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning*. Springer.
- IBM (2022). Cost of a data breach 2022. <https://www.ibm.com/downloads/cas/NNZMWXZL>. Acesso em: 16 nov 2023.
- Kickidler (2023). Programa para monitorar e controlar computadores de funcionários. <https://www.kickidler.com/br/>. Acesso em: 30 dez 2022.
- Modha, S., Majumder, P., Mandl, T., and Mandalia, C. (2020). Detecting and visualizing hate speech in social media: A cyber watchdog for surveillance. *Expert Systems with Applications*, 161:113725. Acesso em: 03 jan 2023.
- N-able (2021). What is dns blocking, and what should you know about dns security?. <https://www.n-able.com/blog/dns-blocking>. Acesso em: 20 dez 2022.
- Nytime (2022). Jury orders tesla to pay \$137 million to a former worker over racist treatment. <https://www.nytimes.com/2021/10/04/business/tesla-racism-lawsuit.html>. Acesso em: 16 nov 2022.
- Ochôa, I. S., Leithardt, V. R. Q., Zeferino, C. A., and Silva, J. S. (2018). Data transmission performance analysis with smart grid protocol and cryptography algorithms. In *2018 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*, pages 482–486.
- Paschalides, D., Stephanidis, D., Andreou, A., Orphanou, K., Pallis, G., Dikaiakos, M. D., and Markatos, E. (2020). Mandola: A big-data processing and visualization platform for monitoring and detecting online hate speech. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 20(2):1–21.
- Ratz, A. V. (2009). Arthur v. multinomial nave bayes’ for documents classification and natural language processing (nlp). <https://towardsdatascience.com/multinomial-na%C3%AFve-bayes-for-documentsclassification-and-natural-language-processing-nlp-e08cc848ce6>. Acesso em: 28 dez 2022.
- Ravid, D. M., Tomczak, D. L., White, J. C., and Behrend, T. S. (2020). Epm 20/20: A review, framework, and research agenda for electronic performance monitoring. *Journal of Management*, 46(1):100–126.

- Razno, M. (2019). Machine learning text classification model with nlp approach. In *COLINS 2019. Volume II: Workshop*.
- Rohrmann, R. R., Ercolani, V. J., and Patton, M. W. (2017). Large scale port scanning through tor using parallel nmap scans to scan large portions of the ipv4 range. In *2017 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)*, pages 185–187. IEEE.
- ScikitLearn (2022). Getting started. https://scikit-learn.org/stable/getting_started.html. Acesso em: 11 dez 2022.
- Singh, C. et al. (2020). Phishing website detection based on machine learning: A survey. In *2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, pages 398–404. IEEE.
- SpringBoot (2022). Spring boot reference documentation. <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/htmlsingle/>. Acesso em: 11 nov 2022.
- Suryotrisongko, H., Jayanto, D. P., and Tjahyanto, A. (2017). Design and development of backend application for public complaint systems using microservice spring boot. *Procedia Computer Science*, 124:736–743.
- Zulqarnain, M., Ghazali, R., Hassim, Y. M. M., and Rehan, M. (2020). A comparative review on deep learning models for text classification. *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci*, 19(1):325–335. Acesso em: 16 fev 2023.

Algoritmos genéticos aplicados à predição da Lotofácil: um enfoque na otimização de apostas

Camila F. Barcellos¹, Bernardo D. Tomasi¹, João Mário Lopes Brezolin¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense – (IFSul)
CEP 99064-440, nº 150 – Passo Fundo – RS – Brasil

{camilabarcellos.pf003, bernardotomasi.pf002}@academico.ifsul.edu.br
joaobrezolin@ifsul.edu.br

Abstract. *Gambling is a popular form of betting in which the player's success depends solely on luck. Genetic Algorithms (GA) are computational techniques inspired by natural evolution that seek to optimize solutions for complex and probabilistic problems, such as lotteries. The present article aims to develop a number predictor software for the Brazilian gambling game Lotofácil in order to increase the player's chances of winning, by applying genetic algorithms and comparing them with well-known game strategies.*

Resumo. *Jogos de azar são uma popular modalidade de aposta em que o triunfo do jogador depende exclusivamente da sorte. Os Algoritmos Genéticos são técnicas computacionais inspiradas na evolução natural que buscam otimizar soluções para problemas complexos e probabilísticos, como o das loterias. O presente artigo pretende avaliar os resultados do uso dessa técnica visando otimizar a chance de acerto do jogador, aplicando algoritmos genéticos e traçando comparativos entre as estratégias conhecidas para a elaboração de jogos.*

1. Introdução

Os jogos de azar são caracterizados como atividades lúdicas em que o desfecho é exclusivamente determinado pela aleatoriedade, não havendo influência direta de habilidades ou estratégias [Brito e D. 2021]. No contexto brasileiro, a sua prática e exploração são consideradas contravenções penais, conforme estipulado no artigo 50 do Decreto-Lei nº 3.698/41 da Lei das Contravenções Penais [Brasil 1941]. A loteria, entretanto, é uma modalidade de jogo de azar devidamente autorizada e regulamentada pelo Governo Federal ou por empresas privadas parceiras, constituindo-se como um serviço público explorado pelo Estado com o propósito de arrecadar recursos financeiros [Duarte 2006 *apud* Brito e D. 2021]. Amplamente difundida entre os brasileiros, a prática envolve a aquisição de bilhetes numerados que concorrem a prêmios milionários, cujo resultado é determinado por um sorteio aleatório conduzido pelas autoridades competentes.

Nesse contexto, a Lotofácil¹, objeto foco deste artigo, configura-se como uma modalidade de loteria gerenciada pela Caixa Econômica Federal, na qual os participantes selecionam de 15 a 20 números dentre um conjunto de 25 opções disponíveis em uma cartela. O custo das apostas varia de acordo com a quantidade de dezenas escolhidas. O jogador é considerado vitorioso ao acertar de 11 a 15 dos números sorteados, e a premiação é estabelecida com base no número de acertos, com

¹ Lotofácil, disponível no sítio: www.loterias.caixa.gov.br/Paginas/Lotofacil.aspx

valor máximo concedido para 15 acertos [Lotofácil s.d.]. A estratégia mais simples de aumentar as chances de êxito, portanto, seria apostar em um maior número de dezenas. No entanto, tal abordagem implica um aumento considerável no custo da aposta, chegando a mais de R\$45 mil para 20 números selecionados, o que limita o acesso às taxas mais elevadas de sucesso na Lotofácil. Isso ocorre pois somente os jogadores com recursos financeiros suficientes para investirem em apostas mais caras podem usufruir das maiores possibilidades de acerto oferecidas, enquanto a parcela mais expressiva de jogadores opta por apostas de 15 números, com valor de R\$3,00.

Por se tratar de uma loteria de prognósticos numéricos, na qual o apostador busca adivinhar um conjunto de números definido por um sorteio de caráter aleatório e fortuito, é possível empregar o método matemático probabilístico para determinar a probabilidade de sucesso dos jogadores [Silva 2018]. Conforme mencionado por Lotofácil (s.d.) e certificado pelo estudo probabilístico aplicado a loterias realizado por Silva (2018), as apostas simples, nas quais o jogador seleciona 15 dezenas, possuem uma probabilidade de acerto de 1 em 3.268.760 jogos. Tal taxa de vitória aumenta na aposta máxima, que envolve a escolha de 20 dezenas, com uma perspectiva de acerto de 1 em 211 jogos, o que a torna o método mais eficaz para garantir o recebimento do prêmio – desde que o jogador tenha recursos financeiros para arcar com o custo consideravelmente elevado.

Assim sendo, o presente artigo tem como objetivo avaliar o desempenho do uso de Algoritmos Genéticos na geração de jogos com o intuito de avaliar e propor um possível resultado da Lotofácil por meio de apostas simples, sem a necessidade de adquirir apostas mais custosas. A estrutura do artigo é organizada da seguinte maneira: a seção 2 apresenta a fundamentação teórica acerca do uso de Algoritmos Genéticos; a seção 3 descreve o desenvolvimento da solução proposta e as estratégias adotadas; a seção 4 apresenta os resultados obtidos; e, por fim, a seção 5 apresenta as conclusões do trabalho desenvolvido.

2. Algoritmos Genéticos (AG)

O Algoritmo Genético (AG) é um modelo matemático de aprendizado de máquina inspirado na teoria da evolução de Darwin e foi introduzido por John Holland em 1975. O objetivo do AG é formalizar, por meio de modelos matemáticos, os processos naturais de adaptação presentes no desenvolvimento de sistemas artificiais, inspirados na natureza humana [Iyoda 2000]. A técnica se tornou amplamente popularizada por David Goldberg, um discente de Holland, como um método de otimização fundamentado no princípio da seleção natural e sobrevivência do mais apto [Goldberg 1989]. O AG é comumente aplicado no campo de Inteligência Artificial e suas diversas subáreas.

A execução do AG implica na busca iterativa pela melhor solução para um problema pré-definido. Durante o processo de execução, o resultado obtido em cada tentativa é utilizado para aprimorar continuamente a solução encontrada até então. Essa metodologia tem sido aplicada com o objetivo de otimizar processos e solucionar problemas complexos. Para tal, populações de cromossomos artificiais são submetidas a uma avaliação de adaptabilidade que seleciona os mais aptos para compor a próxima geração populacional. A nova população é gerada por meio da aplicação de operadores genéticos que envolvem a avaliação, a seleção, o cruzamento e a mutação de genes,

realizados até atingir um dado critério de parada, como um determinado número de gerações [Pacheco 1999]. O indivíduo mais apto encontrado após os ciclos de evolução é considerado a solução ideal para o problema proposto [Lopes 2011]. A população de cromossomos gerada a cada geração é submetida aos três procedimentos padrões de um AG: avaliação de aptidão, cruzamento (*crossover*) e mutação.

A avaliação da aptidão dos indivíduos desempenha o papel de atribuir uma nota (valor *fitness*) a cada cromossomo, com o objetivo de determinar quais serão selecionados para o cruzamento. O cálculo do valor *fitness* é realizado com base nas características impostas por cada técnica aplicada, sendo que cromossomos que apresentam a característica recebem um aumento no valor de *fitness*, enquanto aqueles que desrespeitam a característica são desvalorizados. Dessa forma, quanto maior o valor *fitness*, mais apto é considerado o indivíduo – ou seja, mais promissor é o jogo representado pelo cromossomo.

O cruzamento, também conhecido como *crossover*, é uma etapa do algoritmo genético que visa recombinar o material genético de dois indivíduos selecionados como pais, resultando na geração de um novo indivíduo. No presente artigo, o método de seleção adotado foi a roleta, uma abordagem linear que consiste em somar a aptidão de todos os indivíduos da população e selecionar os melhores com base nesse critério. Em seguida, é aplicado o operador de *crossover* de ponto aleatório entre os dois pais selecionados, gerando um novo indivíduo. Esse processo ocorre preenchendo-se os genes de um dos pais até um ponto fixo no cromossomo filho, e em seguida preenchendo-se os genes do outro pai após esse ponto [Lacerda e C. 2003].

A mutação é responsável por garantir a diversidade genética entre os indivíduos de uma população. Essa diversidade é importante para evitar a estagnação do algoritmo e permitir a exploração de novas regiões do espaço de busca. No processo de mutação, dois genes são selecionados aleatoriamente em um dado cromossomo e os seus materiais genéticos são trocados de posição, introduzindo variações no material genético do indivíduo mutante [Lacerda e C. 2003].

3. Materiais e Métodos

O algoritmo genético utilizado neste estudo foi desenvolvido por meio da linguagem de programação Java, adotando o paradigma de orientação a objetos, e produziu populações iniciais compostas por 500 indivíduos, cada um representando uma aposta de jogo. Denominados de cromossomos, esses indivíduos consistem em um *array* de dezesseis elementos, sendo quinze dezenas e um valor *fitness*. Os parâmetros variáveis do AG foram definidos de forma igual para todas as execuções e podem ser vistos na Tabela 1.

É importante ressaltar que os valores mencionados foram baseados no estudo conduzido por Barbosa *et al.* (2013), o qual teve como objetivo desenvolver um Algoritmo Genético para a previsão da Lotofácil utilizando apenas a técnica das 14 dezenas² como critério de avaliação. A seção 4 apresenta um comparativo dos resultados obtidos neste trabalho em relação aos observados por Barbosa *et al.* (2013), com valores promissores decorrentes do emprego de diversas técnicas combinadas para a avaliação

² Técnica das 14 dezenas, disponível no site: <https://www.net15.com.br/lotofacil/e-book/LotoFacil.pdf>

de *fitness* em vez de uma técnica isolada. É válido, ainda, destacar que os valores dos parâmetros listados na Tabela 1 podem ser ajustados conforme a necessidade e a preferência do usuário, sendo que taxas de acurácia mais elevadas são geralmente alcançadas ao aumentar o número de gerações, apesar do impacto no tempo de execução do algoritmo.

Tabela 1. Valores dos parâmetros utilizados para o algoritmo para viabilizar comparação com a publicação de Barbosa et al. (2013).

Parâmetro	Valor
tamanhoPopulacao	500
numeroGeracoes	200
taxaMutacao	5%

Os cromossomos correspondentes a apostas, representados na Figura 1, foram gerados aleatoriamente, sem repetição e no intervalo de 1 a 25 – conforme o volante da Lotofácil.

1	3	4	6	8	10	11	13	15	17	18	21	22	23	25	F
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

Figura 1. Representação do array de um cromossomo

No que se refere às técnicas de aposta na Lotofácil, implementaram-se três métodos utilizados como parâmetro para a função de aptidão do AG: *técnica das diagonais*³, *técnica 70 Percent Most Probable Range of Sums*⁴ e técnica de balanceamento numérico – apresentadas mais à fundo, respectivamente, nas seções 3.1, 3.2 e 3.3. A escolha das técnicas foi motivada por critérios de popularidade entre jogadores experientes e constantes discussões em fóruns relacionados ao tema, em que os apostadores compartilham formas de aumentar a chance de acerto.

A técnica "das diagonais", como é conhecida, fundamenta-se na observação de que os números sorteados apresentam uma propensão a formar padrões diagonais na matriz de apostas. Acredita-se que esses padrões ocorram com uma frequência maior do que o esperado aleatoriamente. Por sua vez, a abordagem denominada "*70 Percent Most Probable Range of Sums*" concentra-se na soma dos números selecionados em uma aposta. É suposto que certos intervalos de soma tenham uma probabilidade maior de ocorrer nos resultados dos sorteios. Dessa forma, essa técnica possibilita a seleção de números cuja soma esteja dentro dessa faixa mais provável, aumentando, assim, as chances de acerto nas combinações sorteadas. Por fim, a técnica do "balanceamento numérico" tem como objetivo alcançar uma distribuição equilibrada de números pares e ímpares, assim como de números altos e baixos. Essa estratégia se baseia na observação

³ Técnica das diagonais, disponível no sítio:

<http://www.dicasdeloterias.com/2020/06/Tecnica-Diagonais-Ganhar-Lotofacil-Dica-Gratis-Diagonal.html>

⁴ Técnica *70 Percent Most Probable Range of Sums*, de Gail Howard, disponível no sítio:

<https://www.smartluck.com/gail-howard-balanced-game.htm>

de que os resultados dos sorteios tendem a apresentar uma proporção equilibrada de números com tais características.

É importante destacar que a escolha desses métodos depende exclusivamente das preferências e crenças individuais de cada jogador, e este trabalho considerou as técnicas mais populares. Ressalta-se, entretanto, que, apesar do uso de abordagens estatísticas, o resultado da loteria ainda é essencialmente baseado na aleatoriedade, não havendo garantia absoluta de sucesso. As mecânicas mencionadas são meramente empíricas e têm como único propósito buscar o aumento das chances de acerto, não possuindo embasamento científico comprovado.

Durante a condução deste estudo, adotou-se a estratégia de balanceamento por frequência, utilizando intervalos de 10 concursos como base para cada teste realizado. Essa abordagem foi uma escolha deliberada, embasada na busca por uma diversificação adequada das combinações geradas pelo algoritmo genético e na consideração da distribuição histórica dos números sorteados na Lotofácil. O intervalo de 10 jogos foi selecionado com o objetivo de obter uma amostra representativa dos resultados da Lotofácil e permitir uma análise mais precisa da efetividade do preditor. Essa técnica busca capturar padrões e tendências ao longo de um período de tempo relativamente curto, levando em consideração a dinâmica de sorteios consecutivos. Além disso, é importante mencionar que a escolha de iniciar os testes no jogo 11 da Lotofácil foi uma decisão subliminar dos autores, com o intuito de explorar a geração de combinações desde o início do histórico de sorteios. Essa abordagem permite uma avaliação mais abrangente do desempenho do preditor ao longo de diferentes momentos do jogo, considerando a sua evolução ao longo do tempo.

Tais decisões metodológicas foram tomadas visando garantir uma análise criteriosa e confiável dos resultados do preditor desenvolvido. No entanto, é fundamental ressaltar que estudos futuros podem explorar diferentes intervalos de testes e abordagens metodológicas para ampliar a compreensão e validade dos resultados obtidos.

3.1. Técnica das diagonais

A estratégia conhecida como técnica das diagonais tem como objetivo equilibrar a quantidade de pares de dezenas em diagonal, tanto na diagonal principal quanto na secundária, presentes na aposta. A técnica foi desenvolvida pelo *blog* Dicas de Loterias após uma análise de todos os sorteios realizados até junho de 2020, época em que a estratégia foi apresentada, com o objetivo de identificar as quantidades mínimas e máximas de pares em diagonal presentes nos números sorteados.

A análise dos resultados de sorteios permitiu identificar que o número máximo de pares de dezenas em diagonal presentes em um jogo foi de 17, ao passo que o número mínimo foi de 2. Consequentemente, a técnica das diagonais sugere que jogos que contenham uma quantidade de pares em diagonal entre 2 e 17 são mais promissores para obter êxito. Extrapolando esse intervalo, a possibilidade de acerto torna-se quase ou totalmente nula. Na figura 2, é possível analisar o resultado do concurso 192, destacando os números sorteados e os dois pares em diagonal presentes.

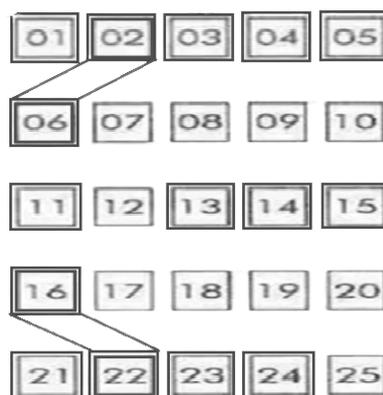


Figura 2. Cartela do concurso 192 com dois pares em diagonal

A técnica das diagonais foi incorporada como um critério de avaliação dos cromossomos no algoritmo genético proposto neste artigo, conferindo uma pontuação positiva para indivíduos cujas apostas respeitam o intervalo de diagonais pré-definido e uma pontuação negativa para aqueles que não cumprem tal critério.

3.2. Técnica 70 Percent Most Probable Range of Sums

A *70 Percent Most Probable Range of Sums* (70% MPRS) é um método estatístico proposto pela escritora e especialista em loterias Gail Howard para aumentar as chances de vitória em loterias. A técnica avalia que a maioria dos sorteios de loterias resultam em somas que estão dentro de uma faixa específica de valores. Essa faixa é chamada de "70% mais provável de somas" e é calculada a partir da análise estatística dos resultados de sorteios anteriores e dos números disponíveis na cartela.

A técnica 70% MPRS foi adaptada ao contexto da Lotofácil e incorporada no cálculo de aptidão (*fitness*) dos cromossomos. As somas da faixa foram calculadas com base nos quinze menores valores disponíveis na cartela, resultando em 120, e nos quinze maiores valores, resultando em 270. A média obtida foi adaptada e estabelecida entre 160 e 200, por uma convenção própria, devido à limitada disponibilidade de números na cartela da Lotofácil, que requer a escolha de um grande número de números para apostar. A técnica foi incorporada na função de cálculo de aptidão dos cromossomos para realizar a avaliação do *fitness* dos indivíduos.

3.3. Técnica de balanceamento numérico

A técnica foi incorporada no método de avaliação do *fitness* dos indivíduos, convencionada com base na distribuição balanceada e na escolha privilegiada dos números – culminando em jogos equilibrados e com maiores chances de acerto. A avaliação valoriza o balanceamento teórico e probabilístico dos cromossomos, considerando a presença dos seguintes critérios:

- Equilíbrio entre números pares e ímpares: verifica a quantidade de números pares e ímpares presentes na combinação do indivíduo e compara com a quantidade teórica esperada (7 números pares e 8 números ímpares). Se a diferença for maior que zero, o valor *fitness* é reduzido;

- Distribuição equilibrada entre números de alto e baixo valor: soma a quantidade de números menores e maiores que 12 existentes na cartela da Lotofácil, e calcula a diferença entre esses valores. Valoriza-se, assim, as combinações que possuem uma diferença próxima a zero, indicando uma distribuição equilibrada;
- Distância mínima entre os números sorteados: soma ao *fitness* a distância entre números consecutivos na cartela da Lotofácil, valorizando assim as combinações que possuem uma distância maior entre seus números consecutivos;
- Quantidade de números primos presentes: soma ao *fitness* a quantidade de números primos (números divisíveis apenas por 1 e por eles mesmos) existentes na cartela da Lotofácil, valorizando assim as combinações que possuem mais números primos;
- Frequência com que cada número apareceu nos últimos dez sorteios: com base em uma tabela de frequência de aparições de cada número possível (1 a 25) nos últimos 10 sorteios, soma o valor de aparições de cada número da cartela ao *fitness* multiplicado por 10. Por exemplo, se a cartela possuir o número 1 e ele tiver um valor de aparição de 9, o valor de *fitness* será incrementado em 90.

4. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos neste estudo demonstram uma notável semelhança com os resultados de um trabalho anterior conduzido por Barbosa *et al.* (2013), que associa algoritmo genético à técnica das 14 dezenas da Lotofácil. No entanto, é importante destacar que este estudo incorporou um conjunto mais abrangente de técnicas matemáticas de balanceamento numérico. Essas técnicas adicionais possibilitaram uma maior diversificação e refinamento das combinações geradas pelo algoritmo genético.

A Tabela 2 apresenta 3 colunas: a primeira referente ao número de execuções; a segunda ao número do concurso da Lotofácil e a terceira ao resultado obtido neste trabalho utilizando um conjunto de técnicas de balanceamento de sorteio associados a AG.

Tabela 2. Resultados obtidos neste trabalho

Testes	Concurso	Alg. Proposto - Acertos
1	11	10
2	22	11
3	33	10
4	44	13
5	55	09
6	66	10
7	77	09

8	88	08
9	99	10
10	110	10
11	121	09
12	132	09
13	143	11
14	154	12
15	165	10

Os resultados obtidos fornecem uma indicação inicial promissora da capacidade do algoritmo genético em gerar combinações com uma maior probabilidade de acerto na Lotofácil. Ao analisar a distribuição de frequência dos acertos, observamos que houve uma diversidade de resultados na tabela. Por exemplo, constatamos que ocorreram 8 acertos uma vez, 9 acertos ocorreram quatro vezes, 10 acertos ocorreram sete vezes, e assim por diante. Ao examinar a distribuição de probabilidade dos acertos, verificamos as chances de cada valor ocorrer na tabela. Por exemplo, a probabilidade de obter 8 acertos é de 1/15 (6,67%), a probabilidade de obter 9 acertos é de 4/15 (26,67%), e a probabilidade de obter 10 acertos é de 7/15 (46,67%), entre outros valores. Essa análise fornece uma compreensão mais clara das probabilidades associadas a cada resultado possível.

Ao analisar o desvio padrão dos acertos, observamos que os valores estão pouco dispersos em torno da média de 10, o que indica uma consistência nas combinações geradas pelo algoritmo genético. A moda dos acertos é 10, o que significa que esse valor foi o mais frequente na tabela, ocorrendo em 7 das 15 linhas. Além disso, a mediana dos acertos também é 10, revelando que metade dos valores são menores ou iguais a 10 e a outra metade são maiores ou iguais a 10.

Com base nos resultados, constatamos que o valor mínimo dos acertos foi 8, enquanto o valor máximo foi 13, evidenciando uma amplitude de 5. Essa variação nos resultados indica uma certa diversidade nas combinações geradas e na capacidade do preditor em abranger diferentes possibilidades.

Ao considerar a média de acertos, que representa 66,67% dos acertos possíveis, observamos que os jogos da tabela, em média, acertaram dois terços dos números sorteados na Lotofácil. Essa média indica uma taxa de sucesso considerável em relação aos resultados esperados.

Dessa forma, os resultados demonstram o desempenho do algoritmo genético no contexto da Lotofácil. A análise minuciosa dos acertos feitos em cada teste permitiu aferir a eficácia do preditor em gerar combinações de números que se aproximam dos resultados sorteados.

5. Conclusão

Este estudo apresentou um preditor de jogos da Lotofácil que utiliza algoritmo genético e técnicas de balanceamento, como distribuição teórica de números pares e ímpares, equilíbrio entre valores altos e baixos, distância mínima entre os números sorteados, presença de números primos e análise da frequência dos números nos últimos dez sorteios. Além disso, foram incorporadas técnicas utilizadas por jogadores experientes, como a "dos 70%" e a "da diagonal".

Os resultados obtidos foram comparados diretamente com os resultados reais dos concursos da Lotofácil, validando os acertos do algoritmo genético por meio da comparação com os números sorteados em cada concurso. Embora os resultados tenham apresentado um desempenho promissor, é importante ressaltar que a natureza da Lotofácil como um jogo de azar impede a previsão exata dos números sorteados. Portanto, o preditor desenvolvido neste estudo deve ser considerado como uma ferramenta que auxilia na seleção de combinações com maior probabilidade de acerto, mas não garante a vitória.

Além disso, este estudo contribui para desmistificar a crença em técnicas milagrosas para ganhar na loteria, comprovando que a verdadeira eficácia reside no balanceamento das combinações na cartela de apostas. As técnicas utilizadas no preditor demonstram que a seleção cuidadosa dos números, baseada em princípios matemáticos, pode aumentar as chances de acerto. Dessa forma, este estudo não apenas oferece uma ferramenta prática, mas também desvenda a ilusão de soluções miraculosas para ganhar na loteria.

Recomenda-se que pesquisas futuras incorporem uma análise estatística mais abrangente, confrontando os números gerados pelo preditor com um conjunto mais amplo de resultados reais, a fim de obter uma validação ainda mais robusta e uma avaliação mais precisa da eficácia do preditor. A contínua investigação nessa área pode contribuir para o aprimoramento das estratégias de seleção de números na Lotofácil e oferecer uma compreensão mais aprofundada sobre os padrões e tendências presentes nos sorteios.

Referências

- Barbosa, F., Lopes, L.C.R.S., Cruciol, M. (2013). *Preditor de números para lotofácil: uma abordagem usando algoritmos evolutivos*. Em Anais do X Encontro Anual de Computação (EnAComp), p. 357. Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Departamento de Informática.
- Brasil (1941). Decreto-Lei Nº 3.688, de 3 de outubro de 1941. Dispõe sobre as contravenções relativas à polícia de costumes. Diário Oficial da União, Brasília - DF. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/Del3688.htm. Acesso em 25 mar. 2023.
- Brito, A. C. e B., M. (2021). *Loot boxes e os jogos de azar: uma análise sob a ótica da psicologia, direito e ações estatais*. Duc In Altun - Cadernos De Direito, 13(30).
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, e machine learning*. Addison-Wesley, 13th edition.

- Iyoda, E. M. (2000). *Inteligência Computacional no Projeto Automático de Redes Neurais Híbridas e Redes Neurofuzzy Heterogêneas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, São Paulo. Disponível em <http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/433773>. Acesso em 25 mar. 2023.
- Lacerda, E. G. M. e C., A. C. P. L. F. (2003). *Introdução aos algoritmos genéticos*. Em Anais de EntreLugar, Rio de Janeiro.
- Lopes, H. S. (2011). *Computação Evolucionária em Problemas de Engenharia*. Omnipax, 22nd edition.
- Lotofácil (s.d.). Loterias CAIXA, s.d. Disponível em <https://loterias.caixa.gov.br/Paginas/Lotofacil.aspx>. Acesso em 16 mar. 2023.
- Pacheco, M. A. C. (1999). *Algoritmos genéticos: Princípios e aplicações*. ICA, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro.
- Silva, A. P. (2018). *Jogos de loteria: Uma aplicação de probabilidade*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio), Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.repositorio-bc.unirio.br:8080/xmlui/bitstream/handle/unirio/13054/Silva%20-%20Ang%C3%A9lica%20Pereira%20da.pdf>. Acesso em 19 mai. 2023.

Seleção Alimentar: uma implementação de Algoritmo Genético

Estéfani Ferlin, Gabrielle Brambilla, João Mário Lopes Brezolin

Bacharelado de Ciência da Computação - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
Passo Fundo, RS.

estefaniferlin.pf011@academico.ifsul.edu.br,
gabriellebrambilla.pf190@academico.ifsul.edu.br,
joabrezolin@ifsul.edu.br

Abstract. *The selection of foods for a healthy diet poses a challenge that demands time in the busy routine of daily life, leading individuals to opt for more convenient options, such as fast food. In light of this, the present article proposes to introduce a solution for food selection utilizing the Genetic Algorithms technique. With the algorithm that was developed, we have achieved favorable outcomes, which have yielded a diversified set of food options organized into food groups and vitamin categories. Thus, we have concluded that with the assistance of Genetic Algorithms, it was possible to generate a combination of foods that have the potential to provide a balanced diet.*

Resumo. *A escolha de alimentos para uma dieta saudável é um desafio que demanda tempo na rotina agitada do dia a dia, fazendo com que as pessoas optem por opções mais fáceis, como o fast food. Por conta disso, o presente artigo propõe apresentar uma solução para a seleção de alimentos utilizando a técnica de Algoritmos Genéticos. Com o algoritmo desenvolvido, chegamos a resultados positivos que apresentaram um conjunto de opções de alimentos diversificados em grupos alimentares e vitaminas. A partir disso, concluímos que com o auxílio dos Algoritmos Genéticos foi possível gerar uma combinação de alimentos que têm o potencial de proporcionar uma dieta balanceada.*

1. Introdução

Segundo estudo realizado pelo Instituto de Medição e Avaliação da Saúde da Universidade de Washington, a má alimentação é uma das principais causas de morte no mundo, ficando à frente até mesmo do cigarro e hipertensão arterial. Com isso, é necessário que as pessoas busquem se alimentar melhor, pois assim irão ingerir alimentos com maior variedade de vitaminas para uma saúde melhor.

Atualmente, se alimentar melhor também demanda tempo na rotina diária para escolher os alimentos certos. Com isso, o processo de busca de alimentos é demorado e os usuários acabam optando por consumir opções mais fáceis e rápidas, como os *fast foods*. A partir disso, a proposta do trabalho é a utilização de Algoritmos Genéticos para o desenvolvimento de uma solução que, para a dieta específica do usuário, seja possível sugerir os melhores alimentos que ele pode consumir. Uma vez tendo todas as opções listadas, se torna muito mais fácil fazer escolhas dos melhores alimentos para manter uma alimentação saudável.

Este artigo está organizado da seguinte forma: A seção 2 apresenta a fundamentação sobre o uso de Algoritmos Genéticos para a solução de problemas combinatórios e trabalhos relacionados; a seção 3 apresenta o desenvolvimento da solução proposta e as estratégias utilizadas; a seção 4 apresenta os resultados obtidos e a seção 5 apresenta as conclusões do desenvolvimento do trabalho.

2. Algoritmos Genéticos

Algoritmo Genético é um método de otimização global desenvolvido por Holland (1975) e foi baseado na Teoria da Evolução, proposta por Charles Darwin sobre a seleção natural para a evolução das espécies. A seleção natural é uma lei da natureza que rege os seres vivos no sentido de manter as características essenciais das espécies para que elas permaneçam em uma população. Essas características essenciais estão presentes na população para garantir sua sobrevivência, e a mutação é um aspecto importante para que as características sejam recombinadas para a geração de novos atributos essenciais à sobrevivência.

Assim como nos conceitos da Teoria da Evolução, um Algoritmo Genético também possui mecanismos que buscam manter as melhores características de uma espécie em uma população. Os principais mecanismos adotados pelos Algoritmos Genéticos são hereditariedade, mutação, seleção natural e recombinação. Existem alguns conceitos essenciais para o entendimento do funcionamento dos Algoritmos Genéticos e das partes que compõem essa estrutura, sendo cinco conceitos básicos: função-objetivo, indivíduo, fitness, população, seleção e reprodução.

A função-objetivo é o objetivo da otimização que irá utilizar Algoritmos Genéticos para suas soluções. Este pode ser um problema de otimização percebido ou ainda não ter conhecimento algum sobre o problema, pois os Algoritmos Genéticos também trabalham em situações onde se recebe um conjunto de entrada e, sabendo seu formato, é possível retornar um valor que deve ser otimizado. O indivíduo é um dos elementos mais importantes dentro de um Algoritmo Genético, pois trata-se de um portador de um código genético que possui uma possível solução para o problema. Este portador, portanto, possui um conjunto de cromossomos ou mesmo genes, que contêm informações acerca das características da solução.

A função de *fitness* ou também conhecida como aptidão é a nota atribuída à solução representada por um indivíduo, ou seja, ela determina o quão boa é esta solução. Essa informação é utilizada pelo algoritmo de seleção. A seleção é uma das funções mais importantes dentro de um Algoritmo Genético, pois ela é a responsável por escolher os indivíduos que possuem mais aptidão para a reprodução dentro de uma população de indivíduos. A seleção é realizada a fim de melhorar a qualidade da próxima geração, uma vez que são selecionados os indivíduos com as características mais relevantes. Apesar dos indivíduos melhores avaliados serem os selecionados, também são selecionados os menores avaliados pois estes também possuem sua diversidade que é essencial para as gerações. Para a seleção são utilizados alguns algoritmos de seleção, como roleta e torneio.

Por sua vez, na reprodução é feita a combinação entre os indivíduos com melhores características que foram selecionados, para então gerar novos indivíduos.

Para a reprodução são usadas técnicas como crossover, que é caracterizada pela combinação dos genes dos pais; ou mutação, que acontece a partir de uma alteração aleatória de um ou mais genes para gerar variações genéticas.

Um Algoritmo Genético ocorre basicamente em uma sequência de 6 etapas, que são: Inicialização, Avaliação, Seleção, Reprodução, Substituição e Critério de parada. Na etapa de inicialização, é feita a criação de uma população inicial que é formada por indivíduos com características de possíveis soluções para o problema. A segunda etapa é a avaliação de cada um dos indivíduos presentes na população inicial, e esta avaliação é feita com base em sua aptidão. A terceira etapa é a seleção dos indivíduos mais aptos da população. Na quarta etapa ocorre a reprodução, onde os indivíduos selecionados são combinados para gerar novos indivíduos. A quinta etapa é a substituição, onde os novos indivíduos gerados na reprodução são incorporados na população para a próxima geração. E a última etapa é o critério de parada da execução do algoritmo, e este pode se tratar de uma aptidão mínima, número máximo de iterações ou o tempo máximo de execução que foi alcançado.

Em trabalhos semelhantes, os Algoritmos Genéticos já foram utilizados para a criação de soluções de seleção alimentar, como apresentado por Moreira, Wanner e Martins (2016), para planejamento de cardápios nutricionais visando a alimentação escolar. Além deste, outro trabalho similar é de Gomes (2012), que propõe a criação de um sistema chamado Pró-dieta para geração automática de cardápios. Por fim, o trabalho de Silva e Corrêa (2018) também contribui para esse tema, com a elaboração de dietas utilizando Algoritmos Genéticos junto com Redes Neurais Artificiais.

3. Materiais e métodos

A partir da problemática encontrada no dia a dia de muitas pessoas quanto a escolha do melhor alimento para suas refeições, surgiu o Algoritmo de Seleção Alimentar. Este algoritmo propõe uma solução para auxiliar o usuário na escolha dos alimentos para entregar variedade em sua dieta. Para compor a base de dados de alimentos para testar o algoritmo, foi utilizada a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, que intitula quais alimentos fazem parte de cada categoria essencial para uma boa alimentação. Para cada alimento selecionado, foi coletado o valor calórico em relação à 100g e a principal vitamina que oferece.

Ao que diz respeito a função de Fitness que determina uma nota para a aptidão de cada elemento, foram considerados alguns parâmetros. O primeiro parâmetro é que a solução proposta possua ao menos 1 alimento de cada grupo alimentar presente na Cadeia Alimentar, a fim de garantir uma solução com uma grande variedade de alimentos de todos os aspectos essenciais de alimentação. Além disso, a combinação de alimentos resultantes na solução deve possuir menor número de kcal somado. Ainda, a solução deve apresentar alimentos com maior variedade de vitaminas, para que não haja carência de nutrientes essenciais para o bem estar do usuário. E por fim, também deve levar em consideração um limite calórico diário, para não exceder o máximo de consumo permitido para o usuário.

O algoritmo¹ foi construído na linguagem de programação Java, usando conceitos de Orientação à Objetos. O conjunto alimentar da entrada do algoritmo foi estruturado em uma classe chamada Alimento, contendo os atributos nome, valor calórico, vitamina e grupo alimentar. Os objetos da classe Alimento são implementados sequencialmente em um *ArrayList*, com os valores atribuídos respectivamente para cada alimento. A execução do algoritmo genético empregado na seleção alimentar ocorre de forma iterativa, repetindo a mesma sequência de passos por cada geração até chegar em uma solução próxima da ideal. Na geração inicial, a população é formada aleatoriamente através da randomização dos genes dos cromossomos para cada indivíduo. A partir disso, no começo da iteração, os primeiros indivíduos serão avaliados através da função de *Fitness*. Com esse resultado, a população pode ser ordenada para fazer com que o indivíduo com a melhor avaliação, chamado de melhor indivíduo, esteja no começo da lista.

Nas gerações posteriores, as novas populações serão geradas através da função de *Crossover*, selecionando pais da geração anterior de forma aleatória. Durante o processo de reprodução dos indivíduos, é ainda calculada a chance (estatisticamente rara) de mutação dos genes, a fim de diversificar as seleções de alimentos disponíveis. Após isso, os indivíduos de cada geração serão avaliados e ordenados, selecionando, assim, o melhor indivíduo daquela população. Todo esse processo, representado na Figura 1, vai se reiterar por um número determinado de vezes até que chegue à última geração. Essa geração final conterá uma solução ótima com uma seleção alimentar que atenda o limite calórico estabelecido, além da diversidade de vitaminas e de grupos alimentares selecionados.

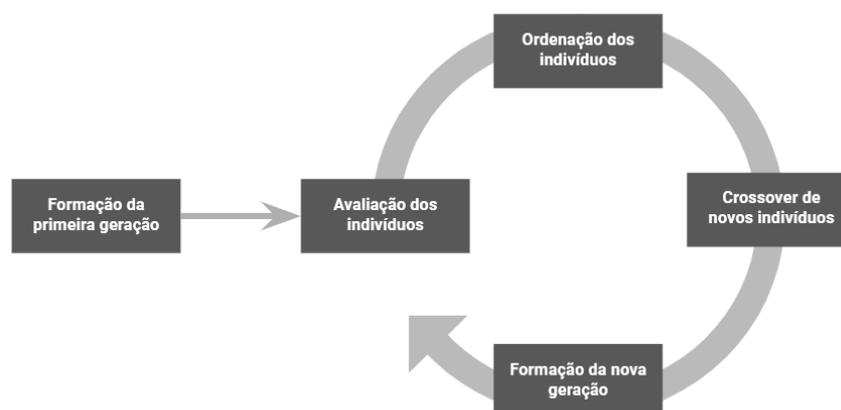


Figura 1. Processo do algoritmo genético

O cromossomo que representa a solução proposta por cada indivíduo é estruturado também através de um *ArrayList*. Por sua vez, cada posição do cromossomo, ou gene, simboliza a presença ou ausência de um alimento na seleção alimentar, correspondendo diretamente à lista de alimentos da entrada. Essa lógica dos genes é

¹ O algoritmo pode ser acessado através do seguinte link para o repositório do GitHub: <https://github.com/brambillagabrielle/algoritmo-selecao-alimentar>

representada de forma binária, com a seleção de um alimento sendo representada por 1 e a não seleção de um alimento sendo representada por 0 (Figura 2). Dessa forma, no início da execução, o cromossomo de cada indivíduo é calculado tendo 50% de chance para cada posição/gene conter ou não conter cada um dos alimentos.

<i>Arroz</i>	<i>Pão</i>	<i>Aveia</i>	<i>Batata</i>	<i>...</i>
1	0	0	1	0 1

Figura 2. Estrutura dos cromossomos em relação aos alimentos

A função de avaliação da solução de cada indivíduo foi construída de forma a verificar os resultados da seleção alimentar representada nos cromossomos em três quesitos:

- 1) Se o total de calorias entre todos os alimentos da solução não ultrapassa o valor calórico estimado
- 2) Se há uma grande variedade de vitaminas na solução
- 3) Se há uma grande variedade de grupos alimentares na solução

Essas características são calculadas dentro da função para chegar à uma nota para a seleção alimentar, sendo levada em consideração na escolha do melhor indivíduo.

A reprodução de novos indivíduos para a criação de gerações futuras ocorre misturando os genes dos indivíduos da geração anterior, selecionados aleatoriamente, através de um ponto de corte gerado também randomicamente.

O valor do ponto de corte representa uma divisão nos cromossomos dos pais. A combinação, dessa maneira, ocorre juntando os genes de um dos pais desde o começo do seu cromossomo até o corte e os genes do cromossomo a partir do corte até o final do cromossomo do outro pai, formando um novo indivíduo. O resto (inverso) dos cromossomos dos pais formam ainda um outro indivíduo, com o restante das características. Essa dinâmica pode ser observada de forma visual na Figura 3.

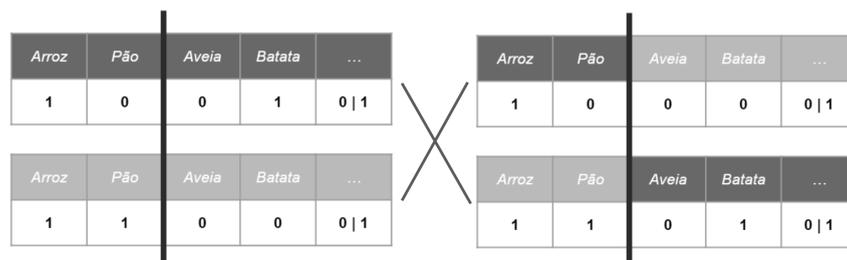


Figura 3. Representação do crossover entre dois cromossomos

Assim, ao fim de cada geração, uma população em igual quantidade será criada a partir das soluções da geração anterior.

A função de mutação vai calcular a possibilidade do cromossomo de um indivíduo ser alterado espontaneamente, levando em consideração uma taxa de mutação especificada. Para tanto, cada gene é analisado, sofrendo mutação caso a taxa seja atendida. Essa mutação no cromossomo ocorre invertendo o valor daquela posição, tornando 0s em 1s e 1s em 0s (Figura 4).



Figura 4. Representação da mutação nos genes de um cromossomo

4. Resultados

A fim de testar o algoritmo proposto para resolver o problema de seleção alimentar, foram realizados testes com o conjunto de dados selecionado em relação à diferentes quantidades de gerações (iterações) do algoritmo genético, sendo: 10, 50, 100 e 200 gerações.

Os resultados obtidos levando em consideração o valor calórico total foram positivos para todos os casos, mantendo-se muito próximo ou igual ao valor calórico estimado de 2000 calorias. Em contrapartida, os resultados mostraram o impacto da quantidade de gerações em relação à variedade de vitaminas e de grupos alimentares: todas as vitaminas começaram a aparecer na seleção alimentar apenas quando testado o algoritmo com 200 gerações (Tabela 1).

Tabela 1. Presença das vitaminas em relação às gerações de teste

Vitaminas	10 gerações	50 gerações	100 gerações	200 gerações
A	✓	✓	✓	✓
B1	X	X	✓	✓
B3	✓	✓	✓	✓
B6	X	X	X	✓
C	✓	✓	✓	✓
D	✓	X	✓	✓
E	✓	✓	✓	✓

Além disso, os resultados também apresentaram um aumento na quantidade de alimentos selecionados conforme a quantidade de gerações aumenta (Figura 5), indicando que há mais alimentos com menos calorias sendo selecionados, criando uma variedade maior na solução.

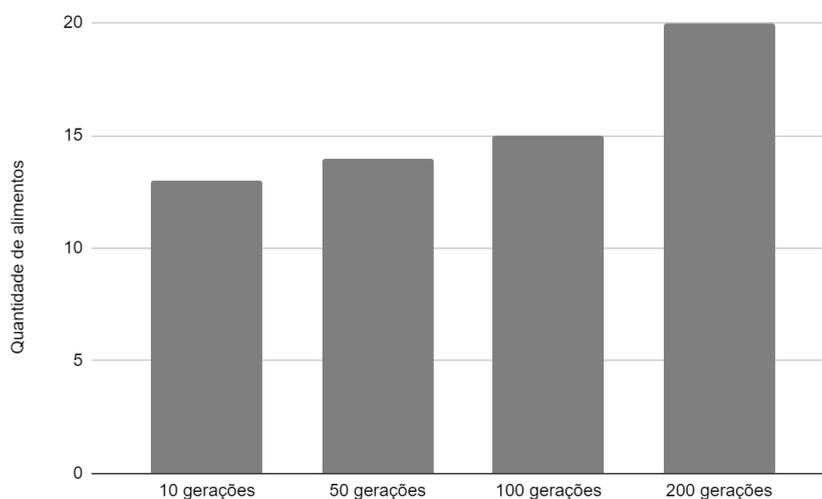


Figura 5. Gráfico da quantidade de alimentos em relação às gerações de teste

Para corroborar isso, houve um crescimento da seleção de alimentos dos grupos alimentares da frutas e verduras no teste de 200 gerações em relação aos demais (Figura 6).

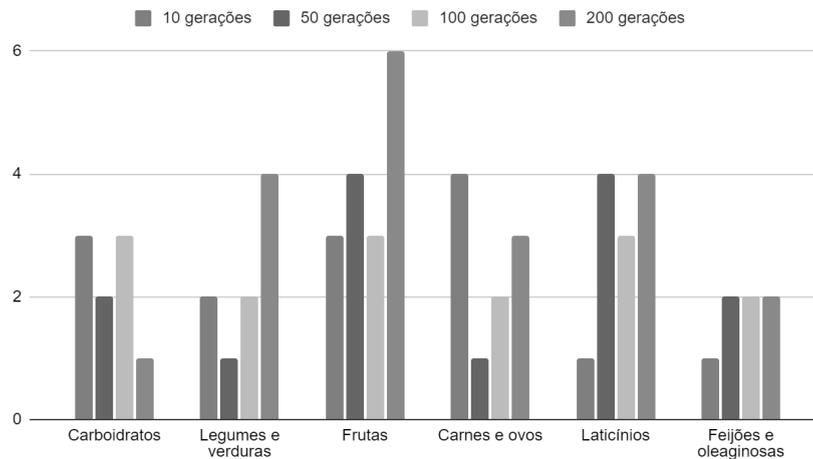


Figura 6. Gráfico da quantidade de alimentos por grupo alimentar em relação às gerações de teste

5. Conclusão

Dado os resultados apresentados, é notável como uma implementação do Algoritmo Genético pode sanar um problema tão presente no cotidiano como a escolha saudável em relação à alimentação. Como trabalhos futuros, seria interessante implementar testes com uma seleção maior de alimentos para testes do algoritmo, pois o conjunto de testes tomou como base 30 alimentos. Além disso, um aspecto que poderia ser melhorado é a própria estruturação da entrada, podendo ser adaptado para um formato de dados como o JSON ou para um banco de dados, de modo a poder ser compartilhado e reproduzido em outras implementações e pesquisas.

Ademais, outros aspectos da alimentação poderiam ser levados em conta, já que a forma de avaliação foi bem simplificada para a construção da seleção apresentada no presente trabalho. Uma característica da alimentação baseada na pirâmide alimentar que poderia ser levada em consideração é, por exemplo, as porções necessárias diariamente para cada grupo alimentar.

Referências

- CARVALHO, A. Algoritmos Genéticos. Disponível em: <<https://sites.icmc.usp.br/andre/research/genetic/>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- GOMES, Frederico Renato. Pró-dieta: gerador automático de cardápios personalizados baseado em algoritmos genéticos. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. DOI <<https://doi.org/10.14393/ufu.di.2012.344>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- HOLLAND, J. H. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with 618 applications to biology, control, and artificial intelligence. 1975.

- IHME. New study finds poor diet kills more people globally than tobacco and high blood pressure. Disponível em: <<https://www.healthdata.org/news-release/new-study-finds-poor-diet-kills-more-people-globally-tobacco-and-high-blood-pressure>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- MIRANDA, M., Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Algoritmos Genéticos: Fundamentos e Aplicações. Disponível em: <<https://sites.icmc.usp.br/andre/research/genetic/>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- MOREIRA, Rafaela Priscila Cruz; WANNER, Elizabeth Fialho; MARTINS, Flávio Vinícius Cruzeiro. Algoritmo genético para elaboração de cardápios nutricionais para alimentação escolar. In: Anais do 12o Congresso Brasileiro de Inteligência Computacional. 2015.
- SILVA, Lucas Cândido de Souza; CORREA FILHO, Marco Aurelio Baldez. Aplicação de Rede Neural, Artificial e Algoritmo Genético na Elaboração de Dietas. 2018.
- Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2023. [Acesso em: 13 abr. 2023]. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tbca>>.

Uma análise sobre Algoritmo Genético na Resolução do Problema das 8 Rainhas

Bianca Hendy, Marina Ferreira, João Mário Lopes Brezolin

Curso Ciência da computação - Instituto Federal Sul-riograndense
(IFSUL)

Estr. Perimetral Sul (Deputado Guaraci Marinho), 150 - Lot. Parque Farroupilha, Passo
Fundo - RS

{biancaevangelista.pf380@academico.ifsul.edu.br,
marinaferreira.pf270@academico.ifsul.edu.br,
joaobrezolin@ifsul.edu.br}

***Abstract:** The queens problem is based on placing 8 queens on a chessboard that contains 64 squares, but they must be placed in such a way that no queen is positioned in the attacking field of another queen. As simple as the resolution seems to be, it is worth noting that the queen, in chess, is the element that moves the most in the game, having a much larger field of attack than the other pieces.*

***Resumo:** O problema das rainhas se baseia em, colocar 8 rainhas em um tabuleiro de xadrez que contém 64 casas, porém devem ser postas de tal maneira que nenhuma rainha fique posicionada no campo de ataque de outra rainha. Por mais simples que a resolução pareça ser, é válido ressaltar que a rainha, no xadrez, é o elemento que mais se move do jogo tendo um campo de ataque bem maior que as outras peças.*

1. Introdução

Nos dias de hoje observa-se que a tecnologia está ficando cada vez mais presente na vida das pessoas, seja auxiliando no desenvolvimento de pequenas ou grandes empresas, ou até mesmo para ver o horário do dia. Esta cresce e se desenvolve muito mais a cada dia, devido a isso ocorre uma expansão de suas possíveis utilizações em diferentes áreas, dentre elas podemos ressaltar Inteligência Artificial (IA).

A Inteligência Artificial é uma área da ciência onde o principal objetivo é estudar, desenvolver e empregar máquinas para que realizem atividades humanas de maneira autônoma.

No entanto, tem muito mais: envolve o agrupamento de várias tecnologias, como redes neurais artificiais, algoritmos genéticos, sistema de aprendizado, entre outros que podem simular capacidades humanas ligadas ao aprendizado, solução de problemas, compreensão da linguagem e tomada de decisões.

O artigo irá relatar um pouco sobre a área de Algoritmos Genéticos e o mesmo está disposto em seções sendo: Seção 2 discorre sobre o que é algoritmo genético tendo sua subseção que comenta o funcionamento por partes, do algoritmo genético; Seção 2.2 apresenta o problema da 8 rainhas; Seção 2.3 comenta sobre quais trabalhos foram utilizados de base para a construção deste; Seção 3 comenta sobre os métodos utilizados neste trabalho e todas as ferramentas; Seção 4 são os testes realizados com o algoritmo após sua construção e por fim na seção 5 está apresentada a conclusão do artigo.

2. Referencial Teórico

Essa seção apresenta os fundamentos da técnica de Algoritmo Genético (AG) e o problema das 8 rainhas.

2.1 Algoritmo Genético

Segundo Rosa (2009), Algoritmo Genético (AG) é uma técnica de Inteligência Artificial (IA) que busca otimizar a solução de problemas complexos. Esta técnica tem seus conceitos e fundamentos na genética e nas teorias de evolução e de seleção natural de Charles Darwin, buscando a solução de problemas de otimização onde o espaço de busca é muito grande e os métodos convencionais não se demonstraram eficientes. Dentre as vantagens do uso dessa técnica pode-se destacar a utilização do conceito de população que ao contrário de outros métodos que trabalham com um só ponto, cujo avalia um candidato por vez, este pode avaliar vários candidatos. Os AG's são constituídos por algumas etapas principais e faz a evolução em suas gerações, mediante aos três métodos: mutação, seleção e cruzamento. A geração inicial da população sorteia indivíduos que tiveram ou tentaram obter a melhor solução para um problema. A geração de tal pode ser feita de forma aleatória ou através de uma seleção heurística.

Após a geração da população, os indivíduos passam por uma avaliação que é a validação do quão apto aquele cromossomo pode ser. O retorno dessa função ordena os

indivíduos baseado na sua adaptação e isso indicará qual é a habilidade que esse possui para sobreviver e fabricar a melhor resposta.

Os indivíduos com o maior grau de aptidão são escolhidos para serem geneticamente alterados nos operadores genéticos. O método de seleção faz-se a partir da sobrevivência dos melhores indivíduos, cujo cromossomos com a maior probabilidade de sobrevivência são copiados de forma semi randômica uma ou n vezes para um novo conjunto que formará a próxima geração de população. Indivíduos que obtiveram baixa aptidão na fase anterior serão descartados.

Os cromossomos que passaram da etapa anterior irão entrar no método de cruzamento que fará o cruzamento dos materiais genéticos de dois indivíduos denominados de pais, produzindo outros dois novos indivíduos denominados como filhos cujo herdarão características genéticas de seus progenitores. Este método pode ser implementado de três maneiras: cruzamento de um ponto, cruzamento de 2 ou mais pontos e cruzamento uniforme.

O método de substituição consiste na modificação da antiga população pela nova, que foi gerada com os cromossomos escolhidos e alterados nas fases anteriores. Para atender o critério de substituição existem quatro modelos: Substituição Geracional (Nessa estratégia, uma nova população é gerada a cada geração, substituindo completamente a população anterior. Os indivíduos selecionados para a reprodução geram descendentes que substituem totalmente a população atual), Substituição por Elitismo (Essa estratégia preserva uma porção dos melhores indivíduos da população atual na próxima geração. Os melhores indivíduos (chamados de elite) são copiados diretamente para a nova geração, garantindo que suas características desejáveis sejam preservadas. Os demais indivíduos são selecionados para a reprodução e geram descendentes que completam a nova população), Substituição por torneio (Nessa estratégia, os indivíduos são selecionados de forma aleatória em pares ou grupos e apenas os melhores de cada torneio são escolhidos para reprodução e os descendentes gerados pelos vencedores do torneio são utilizados para substituir a população atual), Substituição por Ranking (Nessa estratégia, os indivíduos são classificados de acordo com sua aptidão (fitness) e selecionados com base em sua posição do ranking) . Os critérios de parada de um AG pode ser quando o mesmo atingir um número determinado

de gerações ou quando o objetivo do AG for alcançado. Outro critério pode ser quando não há um melhoramento significativo no cromossomo de maior aptidão por um dado número sendo assim o processamento para.

2.2 Problema das 8 rainhas

O problema das 8 rainhas consiste em dispor 8 rainhas em um tabuleiro de xadrez, sem que ocorra qualquer tipo de ataque entre elas (figura 1). Logo nenhuma das rainhas podem ser colocadas em uma mesma linha, coluna ou diagonal.

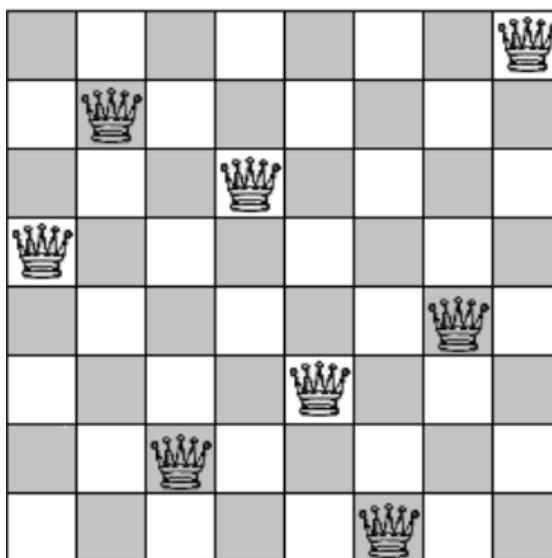


Figura 1 - mostra uma possível solução para o problema

Como pode ser observado, as 8 rainhas estão dispostas de tal forma que nenhuma consegue atacar, logo entende-se que o objetivo foi concluído.

2.3 Trabalhos relacionados

Para que fosse possível chegar a solução desejada foram feitas pesquisas em outros dois artigos os quais foram baseados em diferentes linguagens sendo eles “*Uma Proposta de Algoritmos Genéticos para a Resolução do Problema das 8 Rainhas*” e “*ALGORITMO GENÉTICO APLICADO AO PROBLEMA DAS N RAINHAS*” os quais foram produzidos respectivamente por Valdirene Neves, Douglas Mendes de Brito, Moisés Lima, Raurício Mendes, Fabiano Fagundes e Eldair Fabrício Dornelles, Henrique Augusto Richter, Rodolfo Berlezi, Rogério Samuel De Moura Martins, Sandro Sawicki, Juliano Gomes Weber.

3. Materiais e Métodos

O algoritmo foi implementado na linguagem Java. Na classe principal define-se a quantidade de ataques, e o elitismo como método de seleção dos indivíduos mais aptos.

O principal diferencial da implementação é que pode-se utilizar o mesmo algoritmo para um número maior do que oito rainhas no mesmo tabuleiro, o método elitismo que preserva as melhores soluções da população anterior, garantindo que sejam mantidas nas gerações subsequentes no tabuleiro, a reprodução e a mutação para gerar uma nova população a cada iteração. A reprodução ocorre por meio do cruzamento entre indivíduos selecionados por um método de torneio, enquanto a mutação introduz aleatoriedade na população por meio da alteração de genes individuais. Essas técnicas ajudam a explorar diferentes soluções e evitar que a busca fique presa em mínimos locais. O controle de parâmetros como a quantidade de elitismo, a quantidade de mutação e a quantidade de reprodução que os mesmos podem ser ajustados conforme necessário para otimizar o desempenho e o resultado do algoritmo.

Os testes foram gerados em uma máquina com processador Intel Core i7 vPRO, com 16,0 GB.

4. Resultados e discussões

Esta seção consiste na visualização de dados após a execução do algoritmo, nota-se que nas imagens a seguir mostram a quantidade de gerações que o algoritmo executa para que o mesmo encontre o resultado esperado.

A imagem abaixo (figura 2) foi constituída a partir de uma população de quantidade 10, a mesma mostra que o algoritmo teve que realizar 897 gerações em um tempo de 19ms para conseguir o resultado de 0 ataques, ou seja, arrumar as rainhas de forma que nenhuma ataque a outra.

```
-----  
| | | | | | | R | |  
-----  
| | | R | | | | | |  
-----  
| R | | | | | | | |  
-----  
| | | | | | R | | |  
-----  
| | | | | | | R | Quantidade de Ataques: 0  
-----  
| | | | | R | | | |  
-----  
| | R | | | | | | |  
-----  
| | | | R | | | | |  
-----  
Geracao: 897  
· Tempo de execucao: 19ms  
-----
```

Figura 2 - mostra o resultado da primeira execução do algoritmo com uma população inicial de 10.

No entanto a imagem abaixo foi constituída a partir do mesmo teste porém com uma população inicial de quantidade 10.000, mostrando que o algoritmo teve que realizar apenas 3 gerações em um tempo de 5631 ms para conseguir o resultado de 0 ataques.

```

-----
| | | R | | | | | |
-----
| | | | | | R | | |
-----
| | | | | | | | R |
-----
| R | | | | | | | |
-----
| | | | | R | | | | Quantidade de Ataques: 0
-----
| | | | | | | R | |
-----
| | R | | | | | | |
-----
| | | | R | | | | |
-----
Geracao: 3
Tempo de execucao: 5631ms
-----

```

Figura 3 - mostra o resultado da primeira execução do algoritmo com uma população inicial de 10.000.

Todavia observa-se que quanto maior o número da população, maior será o tempo de execução, porém para encontrar a solução ocorre um número menor de gerações.

5. Conclusão

Contudo conclui-se que o algoritmo genético é uma forma muito eficaz na resolução do problema, pois pode-se dizer que é um algoritmo eficiente porque realiza a solução em um pequeno espaço de tempo porém observa-se que quanto maior a quantidade de indivíduos menor é o tempo para encontrar a melhor solução.

O algoritmo proposto consegue solucionar o problema mesmo que demore milissegundos ou até mesmo segundos a mais, logo a metodologia é eficiente e eficaz.

6. Referências

LINDEN, Roberto. Algoritmo genético. 3ª edição. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, (2012).

OLIVEIRA, Henrique Faria. Aplicação da metaheurística Algoritmos Genéticos na solução do problema das n rainhas. (2006), Faculdade de Santa Marcelina. Disponível em

<<https://www.devmedia.com.br/aplicacao-da-metaheuristica-algoritmos-geneticos-na-solucao-do-problema-das-n-rainhas/4896>>. Acesso em mar. 2023.

Spearmint: Uma solução para armazenamento descentralizado de provas de cyberbullying

João Luiz Daré Pinto¹, Anubis G. M. Rossetto¹, Valderi R. Q. Leithardt²

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense - IFSUL
- 99064-440 – Passo Fundo – RS – Brasil

²VALORIZA—Research Centre for Endogenous Resource Valorization,
Polytechnic Institute of Portalegre, 7300-555 Portalegre, Portugal

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

valderi@ipportalegre.pt

Abstract. *The disruptive potential of technological innovation with decentralized characteristics promises changes to how we interact with the Internet, the economy and society. Such innovations already allow the permanent and decentralized registry of information in a safe and fraud-free way. This work presents a platform for the storage of cyberbullying proof in a distributed ambient. The proof is captured and registered in a way that allows its decentralized storage in long term. The solution incorporates integration with the NFT.Storage platform, which offers free decentralized storage in IPFS and Filecoin, which is permanent and verifiable by many providers. The architecture of the project is composed of two modules: a web browser extension and a web application which allow the gathering of proof of online content in a way which is safe, practical and without cost.*

Resumo. *O potencial disruptivo das inovações tecnológicas com características descentralizadas promete impactos que mudarão a forma como interagimos com a Internet, com a economia e com a sociedade. Tais inovações já possibilitam o registro permanente e descentralizado de informações de forma segura e livre de fraudes. Este trabalho apresenta uma plataforma para o armazenamento de provas de cyberbullying em um ambiente distribuído. As provas são capturadas e registradas de forma a garantir o armazenamento descentralizado de dados a longo prazo. A solução incorpora a integração com a plataforma NFT.Storage, que fornece armazenamento descentralizado gratuito no IPFS e no Filecoin, de forma permanente e verificável por vários provedores. A arquitetura da solução é composta de dois módulos: uma extensão de navegador e uma aplicação web que provêem a coleta de provas de conteúdos online de forma segura, prática e sem custo.*

1. Introdução

A Internet propiciou uma mudança drástica na forma de interação social nas últimas décadas, trazendo inúmeros benefícios, mas também abrindo portas para novos riscos. Neste cenário, muitos jovens usuários de redes sociais são vítimas de cyberbullying, sendo

estes mais vulneráveis às consequências negativas dessa versão tecnológica da prática conhecida como bullying.

Uma pesquisa feita pela fundação Cybersmile [Foundation 2022], aponta que 60% dos usuários da internet testemunharam ou foram alvo de alguma forma de cyberbullying. Diante dessas situações, muitas vítimas buscam na seara criminal a punição para essas condutas. Muito embora, não exista uma lei específica para o cyberbullying no Brasil, determinadas situações podem ser enquadradas em tipos já existentes na legislação, por exemplo, crimes contra a honra, crime de constrangimento ilegal, crime de ameaça, crime de participação em suicídio, pornografia infantil.

Como forma de garantir provas documentais para uso em processos contra os autores, as vítimas são orientadas a fazer o registro em cartórios, com o recurso da ata notarial, uma espécie de escritura pública. Dessa forma, garante-se a prova, mesmo que o conteúdo seja retirado da rede.

No entanto, novas tecnologias podem ser empregadas para agilizar e tornar mais prático o registro desse tipo de provas. A tecnologia blockchain pode ser vista como uma estrutura de armazenamento que usa funções criptográficas para manter a integridade e identidade dos dados. Originalmente sua aplicação foi para criptomoedas, fornecendo um ambiente em que os usuários não precisam confiar uns nos outros, pois a tecnologia garante a confiabilidade. Atualmente há soluções utilizando Blockchain em diversas áreas e aplicações conforme descreve [Sestrem Ochôa et al. 2019], [Ochôa et al. 2019] e [Sega et al. 2022].

A Blockchain possui características que possibilitam que a coleta de provas sobre conteúdos online possa ser efetuada de forma segura. Entre elas, tem-se a imutabilidade dos dados que impede que estes possam ser alterados ou excluídos após o registro [Puthal et al. 2018]. Toda a informação registrada na Blockchain possui um timestamp, ou seja, um carimbo de tempo, que indica com precisão a data e horário da certificação [Di Pierro 2017]. Outro elemento que faz parte da cadeia é o hash (uma identificação criptográfica) calculado a partir de cada documento, garantindo que caso alguma alteração seja feita no relatório com a prova coletada, o novo hash será diferente do original. Consequentemente, é possível provar a sua autenticidade em juízo.

Nesse sentido, esse trabalho apresenta uma plataforma baseada em blockchain, batizada de Spearmint, que possibilita o registro de provas de cyberbullying, garantindo uma coleta de conteúdo segura e prática. Cabe destacar que já existem decisões judiciais reconhecendo que conteúdos autenticados por blockchain são meios suficientes de provas [Canaltech 2019] [Almeida and Ferreira 2020]. Assim, a proposta de uma plataforma online que permita esse registro de forma segura, ágil e com baixo custo, propicia uma pesquisa de questões significativas para a sociedade e que pode se beneficiar da colaboração multidisciplinar, oportunizando ainda caminhos para estudos futuros conforme apresentado nos trabalhos [Ochôa et al. 2018, Perez et al. 2021] e [Correia et al. 2022].

O artigo está organizado da seguinte maneira: Seção 2 apresenta os fundamentos e tecnologias, trazendo conceitos importantes e as tecnologias adotadas na solução. A Seção 3 detalha a arquitetura da solução e aspectos do seu desenvolvimento. E a última seção explana as considerações finais e os trabalhos futuros.

2. Fundamentos e Tecnologias

A principal questão da escolha das tecnologias que baseiam o Spearmint foi a portabilidade entre diversas plataformas visando acessibilidade do público geral.

2.1. Armazenamento Distribuído

Blockchain é uma tecnologia que, embora presente desde 2008, está em forte crescimento, podendo ser utilizada nas mais diversas aplicações, mais popularmente na área econômica na forma de criptomoedas. Uma Blockchain pode ser vista como um livro-razão que armazena registros de transações, validando-os e tornando-os imutáveis [Ribeiro and Mendizabal 2021].

Seu funcionamento se dá com base em uma "cadeia de blocos", onde cada bloco contém diversas transações, assim como um valor hash das informações de todos os blocos anteriores, criando uma lista referenciada até o primeiro bloco. Desta forma, tornam-se difíceis as tentativas de falsificação de informações, e, por várias cópias destas serem armazenadas por diversos nós, tais alterações ilegais são facilmente verificáveis [Nofer et al. 2017]. Por isso, essa tecnologia é reconhecida como uma potencial aplicação para o armazenamento seguro de registros de diversas áreas.

Na área de sistemas Peer-to-Peer¹, a Blockchain é uma das tecnologias mais reconhecidas. Por isso, ela possui diversas ferramentas e plataformas já em amplo uso pela comunidade.

2.2. NFT.Storage

O NFT Storage (estilizado como NFT.Storage) é um serviço de armazenamento que permite fazer upload de dados (especialmente, NFTs) off-chain (fora do blockchain) gratuitamente, com o objetivo de armazená-los como um bem público. Estes dados são armazenados perpetuamente na rede de armazenamento descentralizada Filecoin e disponibilizados via Interplanetary File System (IPFS) por meio de seu ID de conteúdo exclusivo.

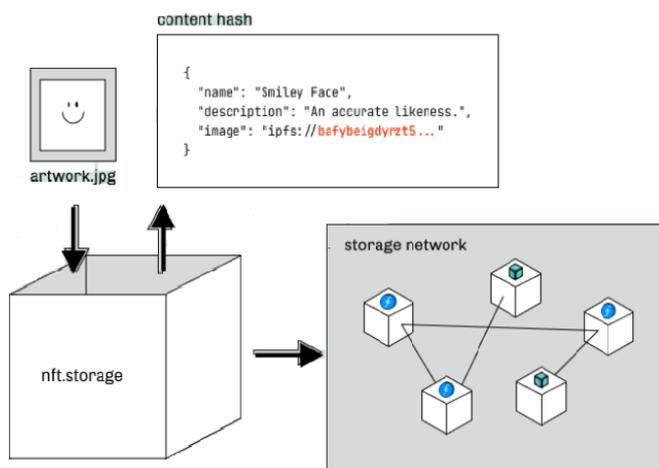
Ao invés de ter um repositório central de arquivos, que poderia vir a causar problemas de segurança e autenticidade, o armazenamento se dá através do protocolo IPFS, onde diversos peers armazenam o mesmo arquivo e seu hash de acesso, certificando, assim, que é o mesmo arquivo referenciado na Blockchain [NFT.Storage 2021].

No entanto, o endereçamento de conteúdo é apenas parte da solução. Assim, o IPFS referencia os dados por meio de seu CID (Content Identifier) e garante que a recuperação do conteúdo desde que pelo menos uma cópia esteja sendo transmitida para a rede. No entanto, o fato de um arquivo ter um CID não significa que estará disponível para sempre. Por isso, o NFT.Storage usa a rede Filecoin e seu token FIL, garantindo que todos participantes forneçam capacidade de armazenamento confiável.

A Figura 1 mostra como funciona esta integração de tecnologias no NFT.Storage. Ao enviar um arquivo para o NFT.Storage é retornado um hash IPFS do conteúdo, o CID, que pode ser usado para formar uma URL do IPFS (`ipfs://CID CID`), com a qual é possível se referir ao dado off-chain como um ponteiro do conteúdo.

¹Peer-to-Peer: Tecnologia baseada em uma rede distribuída, substituindo o modelo de um servidor central por um formado por vários membros que realizam a mesma função.

Figura 1. Esquema NFT.Storage ([NFT.Storage 2021])



Com o Filecoin, o NFT.Storage garante que o conteúdo esteja disponível para recuperação, garantindo assim que o endereçamento baseado em conteúdo fornecido pelo IPFS permaneça resiliente ao longo do tempo. O Filecoin cumpre essa missão usando vários métodos, incluindo criptografia, protocolos de consenso e incentivos teóricos de jogos. Ele possui algoritmos de comprovação que verificam como os provedores de armazenamento podem provar que estão realmente armazenando os dados que dizem estar ao longo do tempo:

- *Proof-of-Replication*: prova que cópias do dado do cliente são armazenados continuamente;
- *Proof-of-Spacetime*: prova que o espaço dedicado ao armazenamento se mantém ao longo do tempo.

Como essas provas acabam on-chain, é possível verificar na blockchain do Filecoin se um determinado conteúdo estava sendo armazenado por esse período de tempo por esses provedores de armazenamento.

2.3. Plataforma Firebase

Firebase é um serviço adquirido pelo Google em 2014 que, desde então, vem se expandindo de diversas formas para suportar novas ferramentas de gerenciamento de backend, permitindo que desenvolvedores web e mobile possam manusear recursos como banco de dados, hospedagem de aplicações e autenticação de usuários sem haver a necessidade de diretamente interagir com essas tecnologias [Firebase 2022]. Por sua variedade de funcionalidades e simplicidade de implementação, alguns serviços do Firebase foram utilizados para o desenvolvimento do Spearmint.

2.3.1. Firebase Cloud Firestore

O Firebase Cloud Firestore é o banco de dados como serviço do Firebase. Ele é baseado em NoSQL, ou seja, seus dados são armazenados em documentos contendo campos para valores de diferentes tipos de informações. O Cloud Firestore permite consultas expressivas, atualizações em tempo real, armazenamento escalável similar ao Google Cloud e suporte offline, mantendo informações pertinentes e modificações no cache [Firebase 2022].

2.3.2. Firebase Authentication

Firebase Authentication é o serviço de autenticação fornecido pelo Firebase, oferecendo opções de cadastro e login com senhas, números de telefone, email e até integração com outros provedores de identidade, como a conta do Google, Facebook e Twitter do usuário, que podem ser ativados ou desativados no console do Firebase. Também oferece recursos para recuperação de senhas, gerenciamento de contas específicas e uma interface básica para testar logins [Araujo 2020].

2.4. Extensão do Chrome

Extensões são ferramentas que estendem as funcionalidades do navegador onde foram instaladas, podendo adicionar temas, serviços de bloqueio de anúncios, entre outras inúmeras possibilidades [Network 2022]. Navegadores baseados em Chromium² podem usufruir comumente das mesmas extensões e possuem uma ótima base para sua instalação e desenvolvimento.

2.5. Framework Flutter

Flutter é um kit de desenvolvimento de software (SDK) de código aberto criado pela Google para desenvolvimento de uma interface de usuário multiplataforma a partir de apenas um código. Ao exportar uma aplicação baseada em Flutter, também é exportado o motor do SDK, garantindo não só a portabilidade do projeto como também sua velocidade de desempenho [Amadeo 2018].

A linguagem que o desenvolvedor utiliza para trabalhar com o Flutter é Dart, que compõe o framework principal do SDK. Este framework cobre o motor do kit, baseado em C++, que se comunica com interfaces específicas das plataformas [Flutter 2022].

3. Trabalhos Relacionados

Esta seção é dedicada a abordar trabalhos relacionados a este, contendo similaridade entre os temas e conceitos. Duas soluções brasileiras baseadas em blockchain que visam o registro de provas de cyberbullying são a OriginalMy e a Verifact. No entanto, cabe ressaltar que são soluções que geram custo para o usuário.

A OriginalMy, criada em julho de 2015, foi a primeira empresa no Brasil a disponibilizar serviços de certificação de propriedade por meio de blockchain [OriginalMy 2022]. A OriginalMy tem uma parceria com um Cartório, fornecendo uma solução voltada para pessoas físicas, onde os documentos registrados na plataforma podem também ser certificados pelo cartório. Na solução, que é paga, os documentos são pré-autenticados em blockchain através da plataforma e posteriormente poderão ser autenticados ou registrados no cartório competente e a critério da empresa. A empresa utiliza o blockchain da rede Ethereum Classic para registrar e verificar a autenticidade de documentos digitais de quaisquer tipos, desde contratos a obras de arte protegidos por propriedade intelectual, sendo possível registrar qualquer arquivo digital, seja um arquivo de texto, imagem ou som. A plataforma possui um serviço específico para coleta

²Chromium: Embora também inclua o Chromium OS, nesse caso, Chromium é o projeto de navegador com código aberto do Google, utilizado para a construção de vários navegadores modernos, como Opera, Microsoft Edge e o próprio Google Chrome [Emmanuel 2022]

de provas, chamado PACWeb, que é uma extensão instalada no navegador, que gera automaticamente um relatório em formato PDF. No relatório são apresentados os dados de quem está coletando a prova, link da postagem, cópia do que está na tela e os metadados que são informações técnicas importantes para demonstrar a veracidade da prova. Mais recentemente a plataforma lançou um serviço com captura em vídeo.

Outra solução brasileira é a Verifact que fornece o serviço de registro de provas virtuais, considerado válido, lícito e seguro para ser utilizado em processos judiciais [Verifact 2022]. A plataforma utiliza alguns recursos para garantir segurança: encriptação “post quantum” assinaturas certificadas ICP/Brasil, comunicação segura entre usuários e servidores (TLS), armazenamento de dados com encriptação e uso de fornecedores confiáveis. A solução não usa blockchain, no entanto utiliza o serviço de carimbo de tempo da ICP Brasil, que cumpre a mesma função. A solução também é paga, sendo possível a captura de provas em redes sociais, chats, webmails, lojas virtuais, Youtube, sistemas internos, blogs e diversos tipos de sites.

A solução proposta neste trabalho se diferencia especialmente dos trabalhos apresentados nesta seção pelo fato de não possuir custo para o usuário. Da mesma forma, os procedimentos e ferramentas adotados nesta solução garantem características que comprovam a autenticidade da prova, quais sejam a imutabilidade, o hash (CID) e o Timestamp (carimbo de tempo).

4. Arquitetura do Spearmint

Buscando alcançar o objetivo de fornecer uma aplicação que possibilite o registro de provas de cyberbullying de forma segura e ágil, registrando-as em um ambiente distribuído que garanta a sua durabilidade e imutabilidade, apresenta-se o desenvolvimento da solução Spearmint.

Utilizando as tecnologias pesquisadas foram produzidos dois módulos: a) a extensão do navegador (Spearmint Capture) e b) o Spearmint App Web. A extensão do navegador foi desenvolvida em JavaScript e a aplicação Spearmint App Web desenvolvida com Flutter, back-end manuseado pelo Firebase e integração com a API do NFT Storage para armazenamento das provas capturadas.

A Figura 2 apresenta a arquitetura do Spearmint, composta pelos seguintes componentes:

- User: usuário que deseja realizar o registro das provas de cyberbullying;
- Spearmint Capture: Extensão de navegador responsável por gerar um arquivo PDF com metadados e captura da tela do navegador;
- Spearmint App Web: Aplicação Web para o usuário fazer o registro das provas de cyberbullying e consulta posterior a estes dados;
- NFT.Storage: serviço que gerencia o armazenamento descentralizado de NFTs;
- IPFS e Filecoin: faz o armazenamento descentralizado do arquivo PDF da prova;
- Cloud Firestore: para persistência dos dados dos usuários e registros.

É possível observar que o usuário interage com os dois módulos. O Spearmint Capture para fazer a captura e, após o login, no Spearmint App Web é possível submeter o arquivo PDF. Quando a aplicação recebe o registro de uma nova prova de cyberbullying, procede com o envio do arquivo para o NFT Storage que por sua vez retornará o CID

referente ao arquivo. Na sequência a aplicação faz a persistência no Firebase Firestore dos seguintes dados: título da prova, descrição, data e hora do registro, nome do arquivo e o seu CID. Estes dados ficam vinculados ao usuário logado na aplicação.

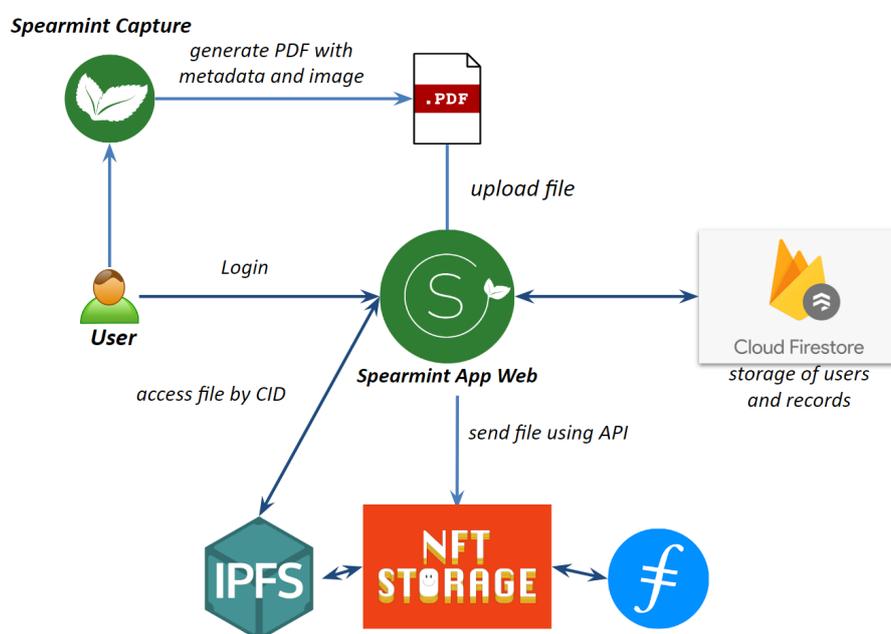


Figura 2. Arquitetura do Spearmint

O módulo da extensão de navegador busca capturar uma prova de cyberbullying que esteja disponível em algum website e gerar um relatório de dados desta captura. Já aplicação web é responsável pelo armazenamento deste conteúdo em um meio distribuído baseado em Blockchain. Pelas implicações legais de seu propósito, foi importante o Spearmint trazer, da melhor maneira possível, a veracidade e integridade dos dados capturados.

O nome Spearmint, menta em inglês, foi escolhido por remeter tranquilidade e simplicidade, como um chá de menta, utilizando também a cor da planta, verde, que comunica esses elementos.

4.1. Requisitos Funcionais

Para a realização do projeto, foram abstraídos os seguintes requisitos:

- Captura de provas: Devem ser realizadas capturas de páginas que contenham cyberbullying, contendo dados da origem da captura e do servidor que armazena o site;
- Registro de usuários: Para verificação dos proprietários dos registros, assim como sua privacidade, é necessário haver um sistema de usuários desassociado do armazenamento dos arquivos;
- Armazenamento distribuído de longo prazo: As provas capturadas devem ser armazenadas de forma distribuída de longo prazo, podendo então serem acessadas posteriormente.

4.2. Requisitos Não Funcionais

Foram pesquisadas soluções baseadas em Blockchain e de desenvolvimento de aplicações multiplataforma que não desviam do foco lógico do projeto e os seguintes requisitos não funcionais foram levantados:

- Extensão do navegador: solução para fazer a captura de tela do navegador e gerar arquivo PDF com os dados;
- NFT.Storage: Serviço de armazenamento distribuído de longo prazo sem custo e que fornece APIs para desenvolvimento;
- Firebase Firestore: Serviço que permite o gerenciamento de back-end da aplicação (autenticação de usuários e persistência de dados) sem custo;
- Framework Flutter: Kit de ferramentas para o desenvolvimento de aplicação multiplataforma.

4.3. Spearmint Capture

A extensão Spearmint Capture, criada para capturar provas de ocorrências de cyberbullying, gera um arquivo de formato PDF contendo a imagem da captura, assim como informações do computador que realizou a captura e do servidor do site capturado. Essas informações são coletadas pelo protocolo WHOIS, protocolo baseado em TCP que busca informações quanto ao domínio [Daigle 2004]. A Figura 3 mostra os metadados apresentados no arquivo PDF.

Figura 3. Metadados apresentados no relatório PDF gerado pelo Spearmint Capture

Relatório de Prova

Dados captura

Item	Valor
IP	blind
Cidade	blind
UF	blind
Local	blind
Data/hora	27/02/2023 14:24:47

URL acessada

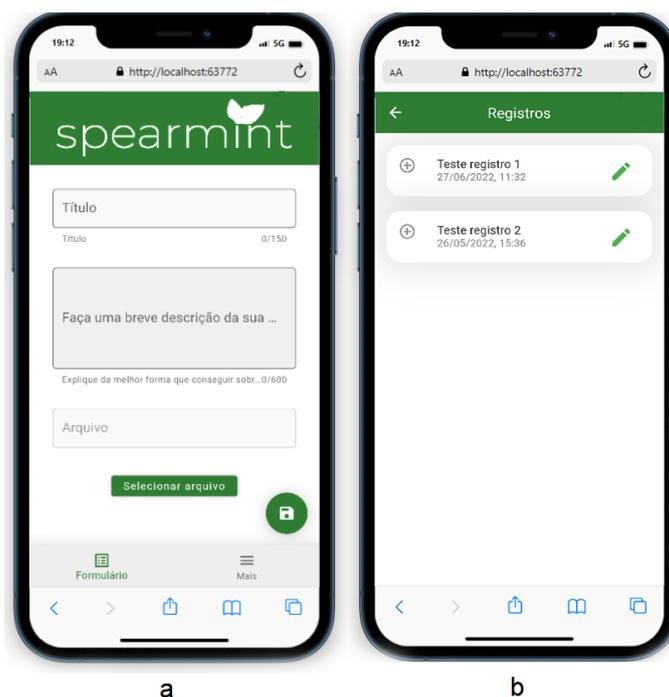
Item	Valor
Domain	blind
IP	blind
IdhName	blind
Owner	blind
Person	blind

4.4. Spearmint App Web

A aplicação principal do Spearmint foi desenvolvida em Flutter, com integração às APIs do NFT Storage e do Firebase Firestore. No primeiro acesso a aplicação o usuário pode realizar seu cadastro que usará para login o email e a senha.

Já na tela inicial é apresentado para o usuário o formulário para registros de provas, conforme Figura (4) (A). O formulário permite anexar o arquivo de captura da prova, assim como fornecer um título e descrição para o registro. Selecionando o botão verde ao lado direito, a prova é registrada e armazenada. Cabe destacar que a aplicação armazena no Firestore também o timestamp, o nome do arquivo e o CID retornado pelo NFT.Storage.

Figura 4. Registro de provas e lista dos registros na aplicação Spearmint



Ao selecionar menu “Mais” apresentado na Figura (4) (B), o usuário terá acesso a outras opções, por exemplo, alterar dados do usuário, sobre a aplicação e lista de registros. Nesta última opção, o usuário tem acesso a todos os seus registros de provas já realizados, podendo visualizar os arquivos PDF via requisição do protocolo IPFS a partir do CID armazenado no Firebase Firestore.

4.5. Integração com o NFT.Storage

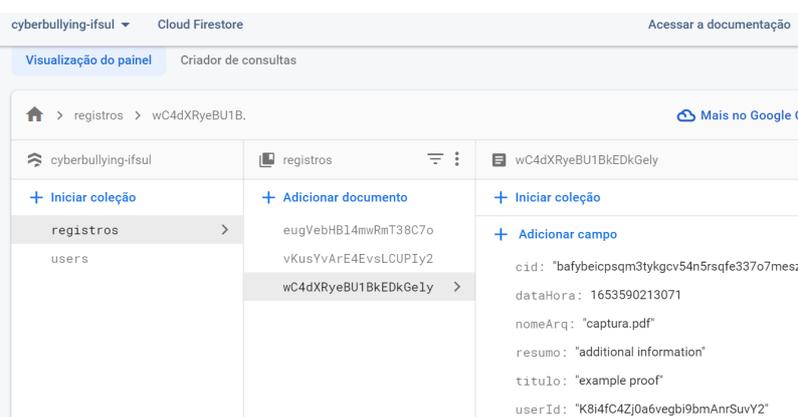
O NFT.Storage é a plataforma que faz o intermédio entre a aplicação e o sistema de arquivos distribuído. A comunicação entre a aplicação e a plataforma foi feita utilizando *HTTP(Hypertext Transfer Protocol) REST(Representational State Transfer)*, e para isso foi necessário primeiramente a *API Key* disponibilizada por ela. O segundo passo para a integração foi a importação da biblioteca *http*, para fazer a requisição POST que, a partir do arquivo selecionado, processa e envia os dados da prova à plataforma.

4.6. Persistência de Dados

Para o armazenamento dos dados dos registros de provas foi utilizado o Cloud Firestore. As informações são mantidas na coleção *users* e *registros*, onde os dados ficam contidos em documentos. Para o processo de autenticação também é usado o mecanismo do Firebase, que registra um usuario na coleção *users* no Firestore e mantém sua identificação

com o *ID* do usuário. A Figura 5 traz a ilustração de um documento da coleção *registros* que armazena os seguintes campos: *CID*(retornado do NFT.Storage), *datahora*(data do registro da prova), *resumo*(com dados adicionais), *nomeArq*(nome do arquivo anexado), *titulo*(titulo do registro da prova) e *userId*(Id do user).

Figura 5. Estrutura de armazenamento do projeto no Firestore



5. Considerações Finais

Abordagens baseadas na tecnologia Blockchain fornecem um carimbo de data/hora forte e, com transações auditáveis que podem fornecer prova de existência. Assim, torna-se um potencial para garantir a autoria de registro de documentos, para fins legais de forma efetiva, como as capturas de tela com cyberbullying. As características da tecnologia trazem benefícios e simplificam o processo de registro de provas, eliminando processos burocráticos e ao mesmo tempo garantindo a possibilidade de auditoria do registro.

Para pessoas vítimas de cyberbullying é fundamental reunir provas quando existe a intenção de buscar reparar de alguma forma os danos causados, encaminhando denúncia e processo judicial. Nesse sentido, uma plataforma que permite o registro online de provas, em qualquer momento e de forma segura, traz agilidade e praticidade para esse tipo de procedimento.

A solução proposta neste trabalho busca proporcionar uma forma de fazer o registro das provas sem custos e assegurar que o registro seja auditável. Desta forma, serve de prova legal por parte da vítima.

A solução empregou diferentes tecnologias para atender seu objetivo. O SDK Flutter permitiu a criação de uma aplicação web; o serviço Google Firebase fez a integração de um back end para autenticação de usuários e persistências dos dados básicos dos registros de provas. A plataforma NFT.Storage foi usada para armazenamento distribuído de longo prazo das provas de cyberbullying, usando IPFS e o Filecoin. Também foi criada a extensão de navegador para captura de tela, gerando um arquivo PDF com dados e imagem.

O uso das tecnologias empregadas na solução proposta ainda são recentes e suscitam desafios, contudo é um caminho inevitável para facilitar e simplificar a proteção de dados, como as provas de cyberbullying e de outros da mesma natureza.

A ferramenta possui algumas melhorias que podem ser implementadas: realizar a captura da tela via vídeo pela própria aplicação web; integrar uma verificação do hash do arquivo antes do upload, certificando que o arquivo realmente foi gerado com as ferramentas requeridas e adicionando mais uma camada preventiva de adulteração; implementar o recurso de selecionar vários arquivos para serem enviados em um único lote; tornar a aplicação totalmente descentralizada, sem o uso da persistência no Cloud Firestore. Ao implementar essas mudanças e realizar testes da plataforma com usuários, essa aplicação pode ser posta em prática, permitindo um amplo desenvolvimento de potenciais funcionalidades graças às várias possibilidades da blockchain e das outras tecnologias utilizadas.

Agradecimento a FAPERGS pela concessão de bolsa de iniciação científica.

Referências

- Almeida, M. P. d. and Ferreira, D. d. C. (2020). O blockchain como meio de prova no direito processual civil brasileiro. *Juris Poiesis-Qualis B1*, 23(33):335–349.
- Amadeo, R. (2018). Google starts a push for cross-platform app development with flutter sdk. <https://arstechnica.com/gadgets/2018/02/google-starts-a-push-for-cross-platform-app-development-with-flutter-sdk/>. Acesso em: 11 ago 2022.
- Araujo, G. (2020). Como abstrair a camada de autenticação com firebase authentication. <https://www.zup.com.br/blog/camada-de-autenticacao-firebase-authentication>. Acesso em: 09 ago 2022.
- Canaltech (2019). Decisão judicial aceita prova em blockchain em tribunal paulista. <https://canaltech.com.br/blockchain/decisao-judicial-aceita-prova-em-blockchain-em-tribunal-paulista-136653/>. Acesso em: 16 ago 2022.
- Correia, S. D., Perez, R., Matos-Carvalho, J., and Leithardt, V. R. Q. (2022). μ json, a lightweight compression scheme for embedded gnss data transmission on iot nodes. In *2022 5th Conference on Cloud and Internet of Things (CIoT)*, pages 232–238.
- Daigle, L. (2004). Whois protocol specification. Technical report.
- Di Pierro, M. (2017). What is the blockchain? *Computing in Science & Engineering*, 19(5):92–95.
- Emmanuel, F. (2022). 10 best chromium-based browsers better than chrome in 2022. <https://thetechtian.com/chromium-based-browsers/>. Acesso em: 11 ago 2022.
- Firestore, G. (2022). Documentação do firestore. <https://firebase.google.com/docs/build>. Acesso em: 09 ago 2022.
- Flutter, G. (2022). Flutter architectural overview. <https://docs.flutter.dev/resources/architectural-overview>. Acesso em: 11 ago 2022.
- Foundation, C. (2022). Stop cyberbullying day. <https://stopcyberbullyingday.org/>. Acesso em: 16 ago 2022.
- Network, M. D. (2022). What are extensions? https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Mozilla/Add-ons/WebExtensions/What_are_WebExtensions. Acesso em: 11 ago 2022.
- NFT.Storage, P. L. (2021). Nft.storage. <https://nft.storage/docs/quickstart/>. Acesso em: 07 jul 2022.

- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., and Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*, 59(3):183–187.
- Ochôa, I., Calbusch, L., Viccelli, K., de Paz, J., Leithardt, V., and Zeferino, C. (2019). Privacy in the internet of things: A study to protect user's data in lpr systems using blockchain. In *2019 17th International Conference on Privacy, Security and Trust (PST)*, pages 1–5.
- Ochôa, I. S., Leithardt, V. R. Q., Zeferino, C. A., and Silva, J. S. (2018). Data transmission performance analysis with smart grid protocol and cryptography algorithms. In *2018 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*, pages 482–486.
- OriginalMy (2022). Originalmy. <https://originalmy.com/>. Acesso em: 11 ago 2022.
- Perez, R., Leithardt, V. R. Q., and Correia, S. D. (2021). Lossless compression scheme for efficient gns data transmission on iot devices. In *2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, pages 1–6.
- Puthal, D., Malik, N., Mohanty, S. P., Kougianos, E., and Yang, C. (2018). The blockchain as a decentralized security framework [future directions]. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7(2):18–21.
- Ribeiro, L. and Mendizabal, O. (2021). Introdução à blockchain e contratos inteligentes. Technical report.
- Sega, C. L., Rossetto, A. G. d. M., Correia, S. D., and Leithardt, V. R. Q. (2022). An architectural proposal to protect the privacy of health data stored in the blockchain. In *2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pages 1–6.
- Sestrem Ochôa, I., Silva, L. A., de Mello, G., Alves da Silva, B., de Paz, J. F., Villarrubia González, G., Garcia, N. M., and Reis Quietinho Leithardt, V. (2019). Prichain: A partially decentralized implementation of ubipri middleware using blockchain. *Sensors*, 19(20).
- Verifact (2022). Verifact - registro de provas digitais. <https://www.verifact.com.br/>. Acesso em: 07 jul 2022.

Desenvolvedores web com deficiência visual : Investigação da acessibilidade dos ambientes de desenvolvimento

Jorge Luis Boeira Bavaresco¹, Telmo de Cesaro Junior¹,
Mauro André Ré Júnior¹, Róger Matheus Lasch¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL)
Passo Fundo – RS – Brasil

{jorgebavaresco,telmojunior}@ifsul.edu.br, {mauroree,rogerlasch}@gmail.com

Abstract. *The objective of this work is to investigate web development tools and their use by visually impaired users. The context addressed involves a totally blind student, enrolled in a Computer Science course participating in a research project at the Instituto Federal Sul-Rio-Grandense - Campus Passo Fundo. The study addresses the usability and accessibility of the tools used, taking into account the difficulties encountered and revealing solutions that helped in the development tasks. The results obtained contribute to carry out inclusive practices for blind people.*

Resumo. *O objetivo deste trabalho é investigar as ferramentas de desenvolvimento web e sua utilização por usuários com deficiência visual. O contexto abordado envolve um aluno cego total, matriculado em um curso de Ciência da Computação participando de um projeto de pesquisa no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense - Campus Passo Fundo. O estudo aborda a usabilidade e acessibilidade das ferramentas utilizadas, levantando em conta as dificuldades encontradas e revelando soluções que auxiliaram nas tarefas de desenvolvimento. Os resultados obtidos contribuem para realizar práticas inclusivas para pessoas cegas.*

1. Introdução

A tecnologia com o passar do tempo se tornou indispensável na sociedade, tanto para a modernização de processos quanto para a criação de recursos que facilitem a vida cotidiana. Os recursos tecnológicos são desenvolvidos por profissionais da computação que aprendem a programar utilizando um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), o qual apresenta recursos visuais indicando erros no código bem como outras facilidades para desenvolver e executar um aplicativo. Sendo assim, a visão facilita a tarefa de escrever, depurar e manter um código.

Para programadores cegos os recursos visuais comumente utilizados por programadores videntes não estão disponíveis, ou pelo menos não da mesma maneira, o que acarreta dificuldades e desafios para se programar quando não se consegue enxergar [Baker et al. 2015]. Atualmente existem recursos tecnológicos que reduzem as barreiras enfrentadas por deficientes visuais como programas de leitura de texto, além de outras ferramentas.

Levando em consideração o contexto do desenvolvimento web moderno, utilizando frameworks e bibliotecas baseadas na linguagem de programação JavaScript, este

se constitui por codificação, testes e manutenção em diversos componentes de software. Para um sistema web convencional, normalmente é necessário a utilização de um sistema gerenciador de banco de dados, um backend de uma aplicação API (Application Programming Interface) que acessa este banco de dados, e o frontend de uma aplicação, que consiste na interface de usuário. Desta forma, um desenvolvedor necessita executar instruções em prompt de comando, testar requisições HTTP (Hypertext Transfer Protocol) em uma API, e utilizar a interface de usuário.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é investigar as ferramentas de desenvolvimento web e sua utilização por usuários com deficiência visual. O contexto abordado envolve um aluno cego total, matriculado em um curso de Ciência da Computação participando de um projeto de pesquisa no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense - Campus Passo Fundo. O estudo aborda a usabilidade e acessibilidade das ferramentas utilizadas, levantando em conta as dificuldades encontradas e revelando soluções que auxiliaram nas tarefas de desenvolvimento. Os resultados obtidos contribuem para realizar práticas inclusivas para pessoas cegas.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a seção 3 descreve a metodologia e o desenvolvimento da pesquisa; por fim, a última seção demonstra os resultados e apresenta a conclusão do estudo.

2. Referencial teórico

Esta seção apresenta dados sobre a população cega no Brasil e os leitores de tela que são fundamentais para a inclusão dos cegos em cursos relacionados a computação.

2.1. Cegos no Brasil

Segundo o censo demográfico realizado em 2010 no Brasil 23,9% da população residente possuíam pelo menos uma das deficiências investigadas: visual, auditiva, motora e mental ou intelectual [Oliveira et al. 2012]. De acordo com os dados apresentados na Cartilha do Censo 2010 de Pessoas com Deficiência [Oliveira et al. 2012], a deficiência visual apresentou a maior ocorrência, afetando 18,6% da população brasileira.

Em 2010, 8,3% da população brasileira apresentava um tipo de deficiência severa, sendo 3,46% deficiência visual severa. Das 45.606.048 pessoas com deficiência 1,6% são totalmente cegas. Dos deficientes visuais por grupos de idades, de 0 a 14 anos são 5,3%, de 15 a 64 anos são 20,1%, e acima de 65 anos 49,8% [Oliveira et al. 2012]. Em números absolutos cerca de 528.624 pessoas tem cegueira total, 6.056.654 tem baixa visão, ou algum outro tipo de deficiência na visão, e outros 29 milhões de pessoas relataram ter alguma dificuldade com a visão mesmo usando lentes, ou óculos.

A deficiência é um tema pertencente aos direitos humanos que obedece ao princípio que todo o ser humano tem o direito de ter as condições necessárias para o desenvolvimento de suas habilidades e aspirações, sem que seja submetido a qualquer tipo de discriminação.

Asseguração dos direitos das pessoas com deficiências na prática tem como objetivo principal diminuir a lacuna que existe entre as condições das pessoas com deficiência e das pessoas sem deficiência. A Declaração dos direitos humanos considera essencial que eles sejam protegidos pelo Estado de Direito e que sua compreensão sobre os direitos

e liberdades seja de vital importância para que o Estado cumpra os compromissos assumidos. Nesse sentido, a Constituição Federal Brasileira reconhece os direitos humanos estabelecidos pelo direito internacional como direitos constitucionais (individuais e coletivos) e assumindo a obrigação de realizá-los por meio do tratamento igual de todos os brasileiros. [Oliveira et al. 2012].

2.2. Leitores de tela - Histórico no Brasil

Uma pessoa cega sofre limitações que trazem dificuldades para sua vivência em sociedade. Essas limitações podem ser diminuídas com uma educação adaptada e, aliada ao uso da tecnologia, diminuir as lacunas e proporcionar a essas pessoas recursos que melhorem sua qualidade de vida possibilitando um aprendizado produtivo.

A lacuna entre pessoas que possuem deficiência visual e a educação pode ser observada no custo para acesso a cultura, que se torna maior, visto que para produzir um livro em braile é muito mais caro do que para produzir um livro comum [Borges 1996] e jornais em braile não existem.

Desde a década de 70 foram desenvolvidos diversos equipamentos junto de grandes computadores com o objetivo de possibilitar o seu uso por uma pessoa cega. Destinado para analistas de sistemas ou programadores cegos trabalharem, se tornaram equipamentos relativamente caros e seu uso foi inviabilizado para a população em geral [Borges 1996].

No Brasil uma história que se destaca é a da criação do sistema DOSVOX. Uma das razões para sua criação foi solucionar um problema encontrado em várias universidades brasileiras: poucos alunos cegos conseguem entrar no curso superior e poucos que conseguem entram conseguem concluí-lo [Cardoso et al. 2009]. De acordo com Oliveira [Oliveira 2007] existem alguns fatores que acabam levando a esta situação. Embora a constituição brasileira de 1988 prevê que todo brasileiro tem direito a educação, grande parte dos professores podem não ter sido capacitados para educar estes alunos, impedindo que a educação básica seja satisfatória e conseqüentemente seu acesso e manutenção na educação superior.

O projeto do Dosvox iniciou em 1992, na UFRJ, que tinha um total de sete alunos deficientes visuais, sendo um deles do Curso de Informática e se chamava Marcelo Luís Pimentel. No início do curso ele não teve problemas com matérias teóricas, pois contava com a ajuda de colegas e de seus pais. Ele escrevia com a ajuda de uma máquina de datilografia Perkins que formava letras do alfabeto braile. As provas eram realizadas oralmente com as respostas transcritas para o braile. Porém, os professores não sabiam braile o que criou uma barreira entre o deficiente visual e o vidente [Cardoso et al. 2009].

O aluno descobriu que no SERPRO (Serviço Federal de Processamento de Dados) existiam cegos que trabalhavam com a computação e que utilizavam um mainframe IBM com um terminal de vídeo, conectado a um sintetizador de voz. Dessa forma, imaginou que este modelo poderia ser imitado caso fosse possível fazer com custos menores.

Com a sugestão de um professor, o estudante entrou para um projeto de iniciação científica para desenvolver uma tecnologia similar. Marcelo utilizava o antigo sistema operacional DOS (Disk Operating System), porém dependia da ajuda de colegas para ler o conteúdo da tela. Tinha uma alternativa que era um programa que dava um feedback

sonoro pelo autofalante, contudo a qualidade sonora era baixa. Aos poucos a pesquisa foi evoluindo e começou-se a utilizar a voz gravada para produzir o som de cada letra e produzir feedback das teclas digitadas. Assim surgiu o sistema VOX que culminou no desenvolvimento do DOSVOX.

A partir desse ponto, o sistema evoluiu para um sistema gerenciador, com menus falados, opções de abrir e editar um texto e de salvar ou carregar um arquivo. Iniciaram-se cursos de DOSVOX e professores contribuíram para o desenvolvimento de utilitários acessíveis como agendas, calculadoras, jogos, navegação na internet, entre outros.

O DOSVOX marcou o seu tempo, permitindo aos deficientes visuais o acesso a informação e a cultura, possibilitando a eles por exemplo ler um jornal sem ajuda de um vidente, ou então escrever um texto que poderia ser lido por qualquer pessoa sem o conhecimento do braile.

2.3. Trabalhos relacionados

Atualmente o tema da inclusão escolar é algo bastante debatido em muitos trabalhos e pesquisas desenvolvidas. Na questão da inclusão dos cegos, as tecnologias auxiliam e muito esse processo. Assim, nesta seção serão discutidos alguns trabalhos relacionados a acessibilidade da web para pessoas cegas.

A pesquisa desenvolvida por Campos, Sánchez e Souza [de Borba Campos et al. 2013] apresentou um estudo sobre a acessibilidade da web do ponto de vista do acesso as informações e à comunicação por pessoas com deficiência visual e por desenvolvedores web. A pesquisa revelou frustrações por parte dos usuários com deficiência visual, pois ocorre que os desenvolvedores web não implementam as recomendações de acessibilidade do World Wide Web Consortium (W3C). Isso se explica, segundo a pesquisa, porque parte dos desenvolvedores web acredita que sites acessíveis somente são úteis por pequena parte da população, e seu design exige aumento de trabalho e custo financeiro. Essas questões podem ser consideradas uma barreira ao crescimento da acessibilidade na web.

A utilização de leitores de tela é algo comum por usuários cegos em cursos relacionados a computação. O trabalho de Gonçalves et al. [Gonçalves et al. 2020] aborda essa questão, no quesito dos problemas enfrentados por programadores cegos ao programar. A pesquisa coletou dados durante aulas da disciplina de linguagem de programação 1 utilizando o leitor de tela DOSVOX e compiladores da linguagem C. Algumas dificuldades reveladas pela pesquisa são que alguns caracteres digitados não são pronunciados pelo leitor de tela. O leitor de tela não diferencia letras maiúsculas de minúsculas, o que acarreta erro sintático pela linguagem de programação, além de não identificar caracteres depois do ponto e vírgula, bem como caracteres duplicados escritos em sequência não são lidos. São problemas que podem gerar erros ao compilar um programa e revelam que apesar da evolução dos leitores de tela ainda existem algumas barreiras a serem superadas para a programação por usuário cegos.

Por fim o trabalho de Pansanato, Silva e Rodrigues [Pansanato et al. 2012] aborda ações desenvolvidas para possibilitar a inclusão de um estudante cego na educação superior em computação. Um estudante cego matriculou-se no curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e a primeira ação foi uma entrevista com o estudante para conhecer suas habilidades e limitações. Nessa entrevista, o estudante re-

velou a preferência da leitura por meio de um leitor de tela e não por braile. Porém, o braile foi utilizado ao longo do curso em diagramas para por exemplo criar legendas em representações táteis.

Outra ação foi capacitar o corpo docente para a aprendizagem de pessoas com deficiência visual. Os professores sempre forneciam o material ao aluno com antecedência, em apresentações do power point com figuras forneciam legendas. A busca por materiais na web por parte do estudante foi incentivada, todavia encontrava barreiras, já que nem todos os sites seguem as regras de acessibilidade. Também foram necessárias algumas adaptações curriculares para o aluno. Segundo esta pesquisa, o autor concluiu que é possível incluir um aluno cego em cursos de computação, seguindo as necessidades específicas para cada aluno.

3. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido no contexto de um projeto de pesquisa em andamento no Instituto-Federal Sul-Rio-Grandense, Campus Passo Fundo, no Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GPCA). Um primeiro projeto foi aprovado em um edital de pesquisa da PROPESP 09-2022, intitulado “Arquiteturas de software para desenvolvimento de sistemas web utilizando frameworks JavaScript”. O objetivo do projeto de pesquisa era investigar padrões arquiteturais para o desenvolvimento de sistemas web com frameworks JavaScript, buscando construir um padrão de arquitetura para seus componentes, como o backend e frontend.

O mesmo projeto de pesquisa foi submetido ao Edital PROPESP 10-2022, que tratou de bolsas de iniciação científica nas ações afirmativas. As ações afirmativas tem como objetivo promover a inclusão socioeconômica historicamente privadas do acesso a oportunidades. O edital de ações afirmativas visa ampliar a oportunidade de formação técnico-científica de estudantes, cuja inserção no ambiente acadêmico se deu por uma ação afirmativa para ingresso no Ensino médio técnico ou graduação.

Dessa forma, o projeto de pesquisa submetido aos dois editais conseguiu aprovação e captou dois bolsistas, do curso de Bacharelado em Ciência da Computação, sendo um deles oriundo de entrada por ações afirmativas. O aluno bolsista captado no edital de ações afirmativas possui deficiência visual, atestado como cego total.

O projeto de pesquisa aprovado envolve desenvolvimento web e a utilização de diversas ferramentas, como a integração de componentes de software como APIs Rest (Representational State Transfer) e interfaces de usuário. Costumeiramente, o desenvolvimento web envolve a utilização de um banco de dados, um projeto de software contendo a API Rest que realiza a comunicação entre o banco de dados, e um projeto de software contendo a interface de usuário do sistema web.

Nesse caso, a linguagem de programação utilizada foi a JavaScript utilizando o ambiente de execução NodeJS. Empregou-se como ambiente de desenvolvimento integrado a IDE Visual Studio Code. Outras ferramentas normalmente utilizadas nesse formato de desenvolvimento são softwares para realizar requisições HTTP como Postman e curl.

Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo investigar as ferramentas de desenvolvimento web e a utilização das mesmas por usuário com deficiência vi-

sual. Pretende-se verificar a usabilidade e acessibilidade destas ferramentas, investigando as facilidades e dificuldades encontradas pelo aluno bolsista do projeto durante a sua utilização.

Pretende-se fazer uma compilação dos pontos positivos e negativos de cada ferramenta utilizada no desenvolvimento a partir da perspectiva do bolsista com deficiência visual.

3.1. Utilização do leitor de tela

O NVDA (NON Visual Desktop Access) é um dos leitores de telas mais populares do Windows atualmente. Isso deve-se a sua base de usuários e sua facilidade em estender funcionalidades extras por meio de “Addons”. Segundo dados retirados da página de estatísticas do projeto NVDA Project, no Brasil diariamente ele é executado em até de 3250 computadores diferentes ¹.

O NVDA fornece feedback sonoro por meio de sintetizadores de voz como o Microsoft Sapi, ou por outras vozes em formatos de addons, ou pelo seu sintetizador nativo, o Speak NG ². Possui também capacidade de fornecer saída braille para diversos modelos de linhas brailles. Também utiliza a Biblioteca LibLouis para fazer a tradução de textos para braille ³.

No projeto de pesquisa, foi utilizado o NVDA versão 2022 para realizar os testes propostos com as ferramentas curl, postman, VSCode, e NodeJS por meio de linha de comando para configurar o projeto. O sistema operacional utilizado foi o Windows 10, e o navegador web foi o Google Chrome. Não foram realizados testes em outros navegadores como Mozilla Firefox, contudo a acessibilidade de ferramentas web normalmente não diferem muito entre navegadores, exceto em casos muito específicos quando um navegador usa um mecanismo diferente para apresentar algum elemento.

3.2. Utilização do Visual Studio Code

O Visual Studio Code, conhecido comumente como “vscode” é um editor de código altamente versátil por oferecer um grande leque de recursos aos desenvolvedores. Oferece recursos como depuração de código integrado para várias linguagens, integração com ferramentas de gerenciamento de versões, suporte a vários terminais e suporte a personalização de atalhos de teclados. São facilmente expansíveis por meio de um sistema de plugins que podem ser desenvolvidos pela comunidade e compartilhados livremente.

O VSCode é um dos editores mais utilizados atualmente para a escrita de códigos. Para utilização por deficientes visuais ele possui diversos recursos de acessibilidade como o suporte nativo a leitores de tela, suporte a alto contraste, indicação de erro de sintaxe por meio de indicações sonoras, zoom e suporte a linhas braille. Além desses recursos, há uma equipe de acessibilidade no Github que responde rapidamente sempre que uma falha é reportada. Isso ocorreu no final de 2022 quando uma atualização fez com que os atalhos para ler a saída do terminal não funcionassem mais. Desde então, vem se testando melhorias e novas formas de se acessar a saída do widget do terminal ⁴.

¹<http://community.nvda-project.org/usersByCountry.html>

²<https://github.com/espeak-ng/espeak-ng>

³<https://github.com/liblouis/liblouis>

⁴<https://github.com/microsoft/vscode/issues/164684>

A acessibilidade continua na parte do editor de texto quando precisa-se escolher uma opção nas sugestões do auto completar código. Na maioria das IDEs, esta parte é um tanto complicada com problemas que vão desde a inacessibilidade completa, lentidão ao se acessar as sugestões, até excesso de informações que as vezes não condiz com o contexto. Esse problema também pode se dar por falhas de algumas APIs de acessibilidade ou pelo modo como os elementos são expostos para os leitores de tela.

Outra característica importante no desenvolvimento de software é a detecção de erros e como eles são apresentados ao usuário. Isso pode se dar de várias formas, examinando a saída do compilador e verificando linha a linha as mensagens, examinando a janela de problemas, ou ainda erros do compilador que fornecem muitos recursos extras para solucioná-los. O VSCode, tem uma janela dedicada aos erros de fácil acesso. Com essa IDE aberta basta teclar o atalho “ctrl+shift+” para saltar diretamente para essa janela. É apresentada assim, uma lista organizada em forma de árvore, o que ajuda muito quando se quer ignorar determinados erros, ou ignorar os erros de um arquivo específico. Ao pressionar a tecla “enter” sobre um dos erros apresentados, o editor encaminha para o arquivo em que aconteceu o erro e a linha. Dessa forma, pode-se corrigir o erro e repetir o processo enquanto for necessário. Em outros editores de código, o comportamento é semelhante, porém normalmente fica um pouco a quem do desejado.

Em resumo, o VSCode é um excelente editor de código para o público cego e está disponível em diversas plataformas como Windows, Mac e Linux, com o mesmo suporte a acessibilidade em todas essas plataformas. Não foram obtidos relatos de usuários de Mac quanto a acessibilidade, mas no Linux trabalha de maneira muito satisfatória.

3.3. Ferramentas para testes em APIs REST

Ao se desenvolver sistemas que utilizam a arquitetura REST em suas APIs, existe a necessidade de realizar testes sobre as operações realizadas na API. As operações são realizadas sobre o protocolo HTTP, assim sendo necessário o uso de alguma ferramenta que realize esse tipo de requisição. Existem várias ferramentas para tal finalidade, como a Postman⁵, curl⁶ ou Insomnia⁷, e ainda o plugin para o VSCode Thunder Client⁸. Nesta seção será discutida a utilização da ferramenta Postman e curl em ambientes utilizando leitores de telas.

3.3.1. Ferramentas para testes em APIs REST : Postman

O Postman é um aplicativo que permite criar, testar documentar e compartilhar APIs. Fornece uma interface bem acessível a leitores de tela, porém sua usabilidade não é satisfatória podendo o usuário perder bastante tempo para localizar as opções que deseja modificar.

Por falta de marcações em sua interface, o usuário precisa navegar com tab ou com as setas, dificultando acessar os trechos mais relevantes ou o momento do teste. O

⁵<https://www.postman.com/>

⁶<https://curl.se/>

⁷<https://insomnia.rest/>

⁸<https://www.thunderclient.com/>

que obriga o usuário a ter um ritmo menor na execução de suas tarefas com esta ferramenta. Para realizar requisições simples usando o verbo GET ou POST do HTTP a ferramenta não é tão problemática na questão acessibilidade, pois não são necessários muitos parâmetros de navegação.

Todavia, ao criar e configurar uma requisição post, os problemas de usabilidade começam a aparecer. Nesse tipo de requisição é comum ser necessário enviar no corpo da requisição (body) um ou mais objetos no formato JSON, por exemplo. Na Figura 1⁹ pode-se visualizar uma tela do Postman que consta a realização de uma requisição a uma API usando o verbo POST. Existe um espaço no qual informa-se o objeto JSON a ser enviado no corpo da requisição, e um outro local onde observa-se o resultado da requisição.

Como exemplo para realizar a requisição POST, deve-se informar o endereço da API, e o verbo a ser utilizado. Depois, é necessário navegar até o espaço onde será escrito o objeto JSON a ser enviado, usando a tecla TAB ou conjuntos de teclas como 'ctrl + tab'. Após, deve-se navegar até o botão 'SEND', e então navegar novamente até a parte da tela onde apresenta o resultado da requisição. Nesse caso, são inúmeras teclas para realizar a navegação entre os elementos. A ferramenta vai 'ler' corretamente para o usuário em que trecho se encontra, mas para um usuário que não seja vidente isso pode ser muito difícil devido a essa complexidade. Ainda nesse contexto, o usuário precisa verificar o resultado da requisição para entender se o teste ocorreu corretamente.

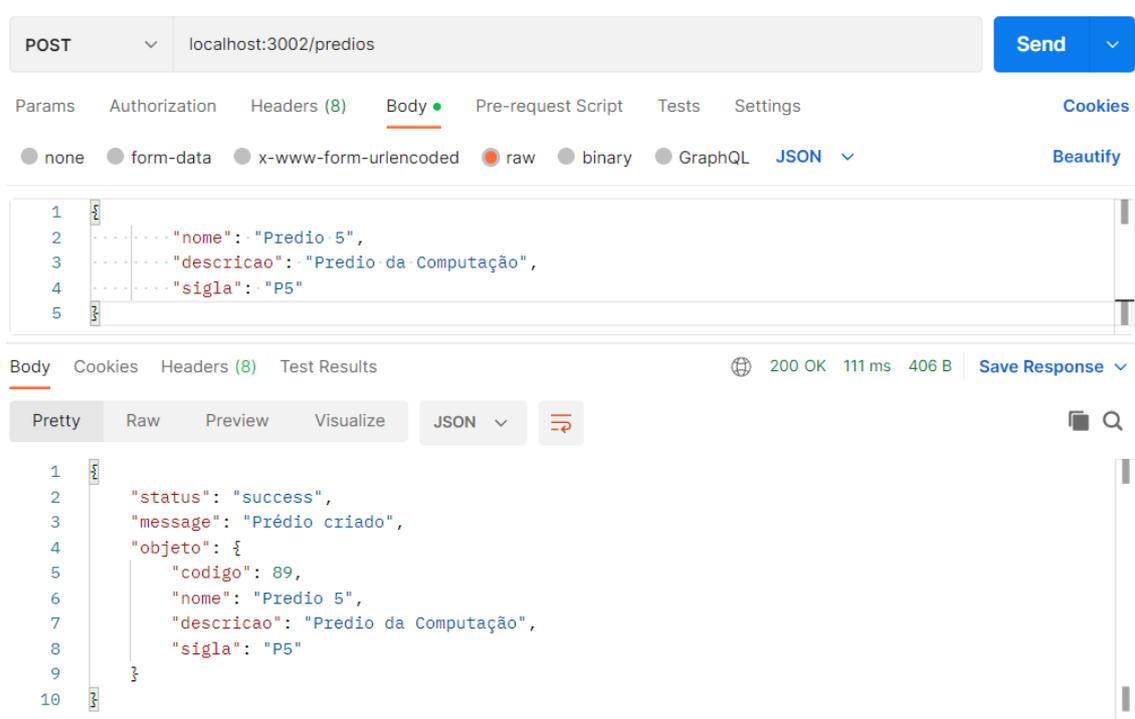


Figura 1. Tela do Postman para execução de uma requisição como o verbo POST

Seus atalhos de teclado permitem automatizar algumas ações como abrir painel

⁹Texto acessível da Figura 1: Tela com um campo para digitar o endereço da API, um botão de seleção com o tipo do verbo a ser utilizado, um botão SEND para realizar a requisição, um campo para informar o valor a ser enviado no corpo da requisição, e uma região da tela contendo o resultado da requisição

de coleções e criar nova requisição, entre outros atalhos que facilitam a vida do usuário cego, porém não é uma solução completa. Existem alternativas como o Insomnia e o Thunder cliente que são mais acessíveis e usáveis, que podem ser analisadas em outra pesquisa. O Thunder cliente é um plugin para o VSCode, e tem praticamente as mesmas funcionalidades que o Postman. Relatos de usuários confirmam que é uma boa alternativa, já que o autor do plugin se mostrou receptivo a sugestões de melhoria de acessibilidade.

3.3.2. curl

O curl é uma ferramenta de linha de comando, presente no Windows, no Linux e em outras plataformas. Permite enviar e receber dados de diversos protocolos de rede tais como, http/https, ftp, SMTP, POP3, entre muitos outros protocolos. Assim como o OpenGL é a palavra final quando falamos de computação gráfica, o Curl tem quase o mesmo status no campo de redes. Além de uma ferramenta de linha de comando, também tem diversas bibliotecas para serem utilizadas em várias linguagens de programação como C, PHP, Python, java, .net entre outras. O curl é muito utilizado para testes de API e para depuração de conexões, pois é capaz de trabalhar com uma alta verbosidade caso seja solicitado ao fazer.

Para desenvolvedores cegos, no entanto, o curl é uma importante ferramenta quando se precisa testar APIs. Como é uma ferramenta de linha de comando, ele é acessível por natureza. Basta abrir um prompt de comando qualquer, e desde que o curl esteja instalado, realizar seus testes específicos que o resultado será ecoado diretamente na saída padrão. Pode ainda ter sua saída redirecionada em um arquivo para uma revisão mais detalhada.

A requisição mais simples que pode ser feita com o curl pode ser executada da seguinte forma: "curl www.example.com". Nesse caso, o curl irá retornar o conteúdo da página diretamente no console.

Neste artigo serão demonstrados o protocolo http e o formato json para requisições post, put e delete, utilizando o sistema operacional windows 10 executando as instruções no prompt de comando. No http, serão quatro verbos utilizados na requisição. Eles são os seguintes:

- GET: Utilizado para realizar consultas em um recurso no servidor.
- PUT: Usado para criar ou atualizar um recurso no servidor.
- POST: Utilizado para criar um recurso, ou realizar alguma ação específica.
- DELETE: Instrui o servidor a excluir o recurso.

Uma requisição com o verbo GET pode ser utilizado da seguinte forma:

```
curl -X GET http://example.com/timestamp
```

Neste exemplo, o curl exibirá na tela o carimbo de data/hora retornado pelo servidor.

Para uma requisição como o verbo POST deve ser informado o conteúdo do corpo da requisição bem como parâmetros utilizados no cabeçalho. Com o exemplo abaixo pode-se realizar um requisição POST enviando um objeto JSON ({"nome": "Prédio 6", "sigla": "P6"}) no corpo da requisição ao endereço "http://localhost:3002/predios". É im-

portante ressaltar que é necessário usar a contra barra “\” antes das aspas duplas como caractere de escape.

```
curl -X POST -H "Content-Type: application/json"
-d "{\"nome\":\"Predio 6\", \"sigla\":\"P6\"}"
http://localhost:3002/predios
```

O retorno depende da aplicação, mas também poderia ser um outro json indicando uma mensagem de sucesso ou alguma outra estrutura especificada pela aplicação. Em vez de passar os dados puramente em texto na opção -d, pode-se especificar um nome de arquivo que contém os dados a serem passados. Para isso, antes do nome do arquivo, usa-se um “@” para enviar os dados de um arquivo e não de uma string. Exemplo:

```
curl -X POST http://www.example.com/insert -H
"Content-Type: application/json" -d "@myfile.json"
```

Para facilitar a execução dos testes durante a pesquisa criou-se um script .bat que executa várias requisições e armazena em um arquivo (output.txt) o resultado da execução, facilitando a análise. O script pode ser visualizado abaixo:

```
@echo off
call :sub >output.txt
exit /b
:sub
echo Fazendo uma requisição get com curl...
curl -X GET http://www.example.com/timestamp
echo Adicionando dados com requisição post...
curl -X POST http://www.example.com/insert
-H "Content-Type: application/json"
-d "{\"id\":4, \"name\":\"Maria\"}"
echo Atualizando dados com PUT...
curl -X POST http://www.example.com/update
-H "Content-Type: application/json"
-d "{\"id\":4, \"name\":\"Ana\"}"
echo Removendo recurso com DELETE...
curl -X DELETE http://www.example.com/remove/1
echo Testes Finalizados!
```

Pode-se afirmar que o curl é uma ferramenta útil para se testar APIs. Existem outras ferramentas com interface de usuário, que fornecem a mesma coisa ou com recursos extras como armazenamento de credenciais chaves, de API entre outros recursos mais avançados. Contudo a ferramenta curl é fácil de usar, extremamente flexível e fornece uma excelente agilidade aos desenvolvedores para testarem seus aplicativos web, e principalmente para usuários cegos é uma alternativa funcional.

4. Conclusão

O presente artigo teve como objetivo investigar as ferramentas de desenvolvimento web e sua utilização por usuários com deficiência visual. O contexto abordado envolve um aluno cego total, matriculado em um curso de Ciência da Computação participando de

um projeto de pesquisa no Instituto Federal Sul-Rio-Grandense - Campus Passo Fundo. O estudo aborda a usabilidade e acessibilidade das ferramentas utilizadas, levantando em conta as dificuldades encontradas e revelando soluções que auxiliaram nas tarefas de desenvolvimento. Os resultados obtidos contribuem para realizar práticas inclusivas para pessoas cegas.

Pode-se afirmar que os objetivos do trabalho foram atingidos. Abordou-se a utilização de um leitor de tela, no caso o NVDA cujo uso se mostrou satisfatório auxiliando o usuário em todas as tarefas necessárias durante o processo de desenvolvimento. A pesquisa também analisou o uso da IDE VSCode, que se revelou bastante acessível na questão de indicação de erros de sintaxe e nas sugestões de autocompletar código. Outro ponto positivo foi o acesso aos erros encontrados durante a programação, bem como uma equipe de acessibilidade no GITHUB que responde a possíveis falhas.

Um ponto que apresentou dificuldades por parte do usuário cego foi a utilização de ferramentas para testes de apis. No caso a ferramenta Postman se revelou acessível, mas com uma usabilidade difícil que impossibilitou seu uso. A solução encontrada foi a utilização da ferramenta curl, que permitiu a realização de requisições normalmente.

Dessa forma, a presente pesquisa atingiu seus objetivos, apresentando relatos de ferramentas que funcionam de forma acessível no contexto do desenvolvimento web, auxiliando estudantes cegos na área da computação. Espera-se com este estudo contribuir para o crescimento da inclusão na área da computação.

Referências

- Baker, C. M., Milne, L. R., and Ladner, R. E. (2015). Structjumper: A tool to help blind programmers navigate and understand the structure of code. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 3043–3052.
- Borges, J. A. (1996). Dosvox-um novo acesso dos cegos à cultura e ao trabalho. *Benjamin Constant*, (3).
- Cardoso, D. R. M., D’Ascenzi, I. F., and Neto, J. M. (2009). Dosvox: a história de uma revolução entre os cegos. *Revista SBC Horizontes*.
- de Borba Campos, M., Sánchez, J., and de Souza, T. C. (2013). Acessibilidade na web no brasil: percepções dos usuários com deficiência visual e desenvolvedores web. *Proceedings of the Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*, pages 325–333.
- Gonçalves, R. S., Santana, R. S., Neto, F. A., Benevides, S. C., and dos Santos, N. S. (2020). Análise dos desafios para programar sem enxergar: estudo de caso na disciplina linguagem de programação 1. In *Anais Estendidos do XVI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 17–20. SBC.
- Oliveira, L. C. P. (2007). Trajetórias escolares de pessoas com deficiência visual: da educação básica ao ensino superior.
- Oliveira, L. M. B. et al. (2012). Cartilha do censo 2010: pessoas com deficiência. *Brasília: Sdh-pr/snpd*, page 17.
- Pansanato, L. T., Silva, C. E., and Rodrigues, L. (2012). Uma experiência de inclusão de estudante cego na educação superior em computação. In *XX Workshop sobre Educação em Computação*.

Aplicando conceitos de Clean Code no desenvolvimento de uma API com NodeJS, Express e PostgreSQL

Jorge Luis Boeira Bavaresco¹, Telmo de Cesaro Junior¹,
Mauro André Ré Júnior¹, Róger Matheus Lasch¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense (IFSUL)
Passo Fundo – RS – Brasil

{jorgebavaresco,telmojunior}@ifsul.edu.br, {mauroree,rogerlasch}@gmail.com

Abstract. *The objective of this work is to investigate architectural patterns for the development of web systems with JavaScript frameworks, seeking to build an architectural pattern for its components. Focusing on writing the code of an API that accesses a database, applying clean architecture concepts and SOLID principles in a simplified way. As a result, the research obtained an example of an architectural pattern for building APIs, which can be replicated in a simple way.*

Resumo. *O objetivo deste trabalho é investigar padrões arquiteturais para o desenvolvimento de sistemas web com frameworks JavaScript, buscando construir um padrão de arquitetura para seus componentes. Com foco na escrita do código de uma API que acessa um banco de dados, aplicar conceitos de arquitetura limpa e princípios SOLID de forma simplificada. Como resultado a pesquisa obteve um exemplo de padrão arquitetural para construção de APIs, que permite ser replicado de forma simples.*

1. Introdução

Na Computação o projeto de arquitetura preocupa-se em definir como um sistema de software e sua estrutura devem ser organizadas. No processo de desenvolvimento de software o projeto da arquitetura faz parte do primeiro estágio do desenvolvimento, e nele são definidos os principais componentes estruturais do sistema e seus relacionamentos [Sommerville 2011]. O objetivo principal da arquitetura de software é projetar sistemas visando facilitar a sua construção e manutenibilidade, reduzindo custos e tempo de desenvolvimento.

Atualmente existem diversos frameworks de desenvolvimento de sistemas web baseados na linguagem JavaScript, porém nenhum deles adota ou obriga o desenvolvedor a utilizar padrões arquiteturais, o que resulta em softwares funcionais, porém com difícil manutenção e evolução. Essa flexibilidade dos frameworks entrega algumas vantagens como diminuir a curva de aprendizado dos desenvolvedores e uma adoção incremental da tecnologia. Contudo, a falta de uma arquitetura definida revela desvantagens como a ausência de um padrão de desenvolvimento, o que prejudica a manutenção do software [Thung et al. 2010]. Dessa forma, é importante que se adote um padrão de desenvolvimento visando melhorar a qualidade do projeto.

Existem alguns estilos arquiteturais que utilizam elementos de arquitetura limpa ou princípios SOLID que podem ser aplicados nesses frameworks de desenvolvimento.

O objetivo deste trabalho é investigar padrões arquiteturais para o desenvolvimento de sistemas web com frameworks JavaScript, buscando construir um padrão de arquitetura para seus componentes.

O artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada a fundamentação teórica; na seção 3 é descrita a metodologia e o desenvolvimento da pesquisa, e na última seção são apresentados os resultados e exposta a conclusão.

2. Referencial teórico

Esta seção apresenta conceitos de arquitetura limpa e de princípios SOLID, assim como, trabalhos relacionados com o tema do artigo.

2.1. Arquitetura Limpa

Arquitetura limpa é um conceito para o desenvolvimento de software, focado na separação de responsabilidades, o que pode ser atingido separando o código em camadas. É importante que se divida o sistema em pelo menos uma camada para as regras de negócio, uma camada para o usuário e uma camada com as interfaces do sistema [Martin et al. 2018].

De modo geral espera-se que o desenvolvimento ocorra de forma modular, com a escrita e manutenção de códigos limpos. Com isso espera-se facilitar a compreensão do código por outros programadores ou leitores, reduzindo custos de manutenção e aplicação do código. Se esse é facilmente entendido é facilmente utilizado [LEWIS 2020].

Segundo Martin et al. (2018), um sistema construído com arquitetura limpa deve ser:

- Independente de frameworks: A arquitetura não deve depender da existência de determinadas bibliotecas, permitindo que elas sejam usadas como ferramentas, em vez do sistema depender de suas limitações;
- Testável: A arquitetura deve possibilitar que se executem testes das regras de negócio, independente da interface do usuário, banco de dados ou servidor web;
- Independente da UI: A interface do usuário deve ser passível de modificações, sem alterar o funcionamento do sistema ou de regras de negócio;
- Independente do banco de dados: As regras de negócio não deve ser atreladas a um banco de dados específico;
- Independente de qualquer agência externa: As regras de negócio não devem saber nada sobre as interfaces externas.

A arquitetura limpa preza por uma organização entre os elementos ou camadas do software. A Figura 1 ilustra de forma gráfica como a arquitetura limpa deveria ser organizada. Entre os detalhes das camadas descritas estão:

- Entidades: São responsáveis por regras de negócio que podem assumir entidades ou casos de uso. Entidades seriam classes comuns para as várias partes de um sistema;
- Casos de uso: Um caso de uso pode ser definido como uma regra de negócio única em um sistema, como o fluxo de cadastro de um usuário com os seus requisitos;
- Adaptadores: Partes do sistema com a função de converter ou adaptar dados de um formato para outro, entregues a uma camada de destino.
- Frameworks externos: Camada com frameworks externos ou de terceiros, responsáveis por recursos como persistência de dados ou construção de interfaces.

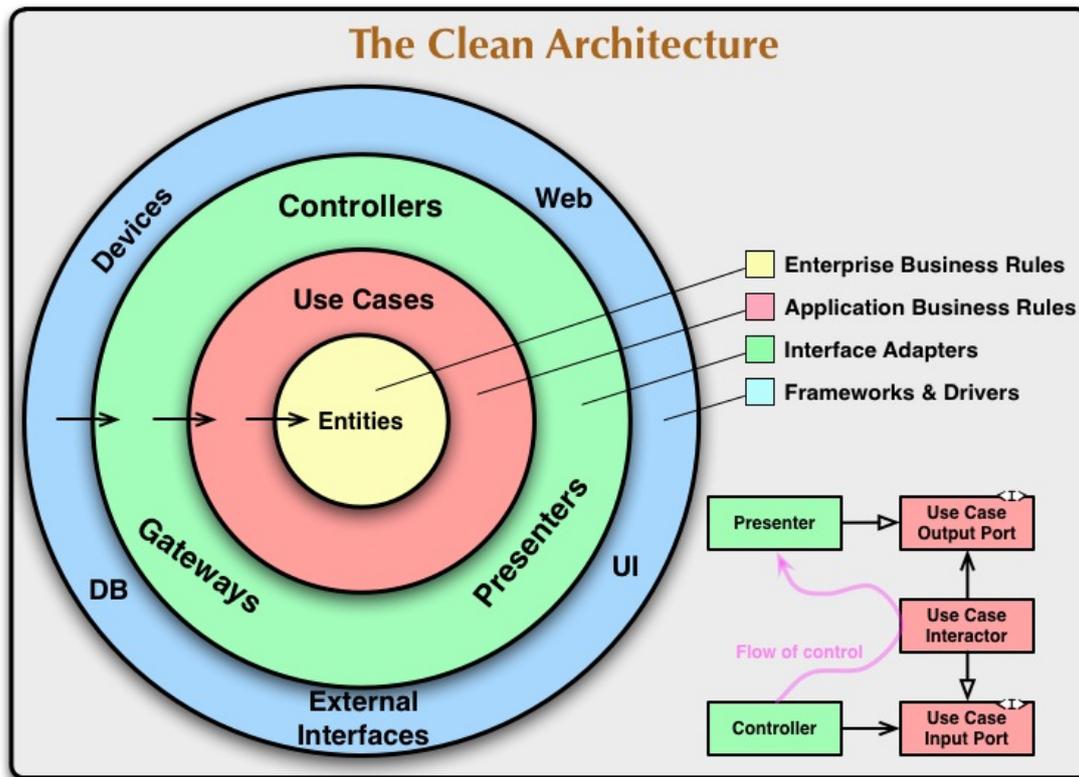


Figura 1. Arquitetura Limpa [Martin et al. 2018]

2.2. Princípios SOLID

Os princípios SOLID basicamente são um conjunto de diretrizes que mostram como construir as funções e estruturas de dados em classes, além de mostrar como se relacionam. O conceito de classes refere-se a um conjunto de atributos e métodos, entretanto os princípios SOLID não são unicamente aplicados a programação orientada a objetos [Martin et al. 2018]. É possível adotar no desenvolvimento de aplicações com utilização de conceitos de programação funcional, algo que se torna pertinente ao se utilizar Java Script.

De acordo com Martin et al. (2018), a sigla SOLID se refere aos seus cinco princípios:

- Princípio de responsabilidade única (Single responsibility principle): Prevê que os componentes do sistema possuam uma única responsabilidade, de forma a quebrar grandes componentes em componentes menores com responsabilidades pequenas;
- Princípio aberto-fechado (Open closed principle): Prevê que um módulo do sistema deva ser considerado aberto se ainda estiver disponível para receber extensões ou novos códigos. E fechado, caso esteja a disposição para ser utilizado por outros módulos;
- Princípio da substituição de Liskov (Liskov substitution principle): Prevê que a utilização de herança e implementação de interfaces seja feita de uma forma que não altere o comportamento atual do sistema, sendo o sistema composto de partes substituíveis. Dessa forma, um sistema deve ser projetado para quando ocorrer

uma mudança de um banco de dados PostgreSQL para um banco MySQL, o sistema não necessite que sejam tratadas exceções ou que correções sejam aplicadas, e tais mudanças ocorram de forma transparente;

- Princípio de segregação de interface (Interface segregation principle): Prevê que uma classe não deve implementar métodos que não irá utilizar;
- Princípio de Inversão de Dependência (Dependency inversion principle): Este princípio diz que um código de alto nível não deve depender dos detalhes de baixo nível. Dessa forma, em um componente que faz uma conexão com o banco de dados, no momento da sua utilização o desenvolvedor não necessariamente deve saber como exatamente essa conexão irá ocorrer, e apenas utilizar a funcionalidade em um nível alto de abstração.

De certa forma pode-se dizer que os princípios SOLID são um meio para tornar possível a aplicação de conceitos da arquitetura limpa e melhorar de forma geral o código. Também pode não ser necessário ou possível aplicar todos os princípios em uma aplicação, mas irá contribuir na construção de um código mais limpo ou de mais fácil manutenção.

2.3. Trabalhos relacionados

Nesta seção será realizado um breve relato sobre trabalhos relacionados com o tema do artigo, nos quais se encontram similaridades e contribuições.

No artigo Uma Proposta de Arquitetura de Software Limpa baseada em Microsserviços escrito por Francisto Dantas [Dantas 2021] o autor apresenta uma proposta de arquitetura limpa baseada em microsserviços. São apresentados padrões de projeto envolvendo o ciclo de desenvolvimento, permitindo um desenvolvimento modular. O autor apresenta uma organização de pastas para conter os elementos de software conforme o que prega a arquitetura limpa, associando as camadas com o estilo arquitetural dos microsserviços. Dessa forma, o autor conseguiu aplicar a arquitetura limpa em camadas bem estruturadas e independentes.

Outro trabalho relevante é o artigo “Estudo Comparativo da Utilização de Design Patterns no Desenvolvimento de Uma API REST com TypeScript” escrito por Lucas de Rossi Bernardi [Bernardi 2022]. O autor aborda como a aplicação de padrões de design pode melhorar a arquitetura de uma API REST. O artigo fornece uma análise comparativa de diferentes padrões de design que podem ser aplicados na construção de uma API REST, como o padrão de Injeção de Dependência, o padrão Singleton e o padrão Factory. Ao implementar esses padrões, a arquitetura da API se torna mais organizada e flexível. O autor também enfatiza a importância de se utilizar TypeScript em projetos que envolvem uma API REST, pois a tipagem estática fornece uma maneira mais segura e robusta de manter o código.

Os trabalhos relacionados mencionados ilustram como a aplicação da arquitetura limpa pode ser benéfica para o desenvolvimento de sistemas e aplicações. Cada um dos artigos explora diferentes abordagens para implementar os princípios da arquitetura limpa em uma API REST, apresentando exemplos práticos de como organizar o código em camadas, separar as responsabilidades e tornar as aplicações mais flexíveis e fáceis de testar e manter. Em resumo, a arquitetura limpa é uma abordagem valiosa para desenvolvedores que buscam criar aplicações de alta qualidade e sustentáveis.

3. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido no contexto de um projeto de pesquisa em andamento no Instituto-Federal Sul-Rio-Grandense, Campus Passo Fundo, no Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada (GPCA). O projeto foi aprovado em um edital de pesquisa da PROPESP 09-2022, intitulado “Arquiteturas de software para desenvolvimento de sistemas web utilizando frameworks JavaScript”.

O projeto de pesquisa envolve desenvolvimento web com a utilização de diversas ferramentas, bem como a integração de componentes de software como APIs Rest (Representational State Transfer) e interfaces de usuário. Normalmente o desenvolvimento web abrange a utilização de um banco de dados, um projeto de software contendo a API Rest que realiza a comunicação com o banco de dados, e um projeto de software contendo a interface de usuário do sistema web.

Nesse caso a linguagem de programação utilizada foi a JavaScript, utilizando o ambiente de execução NodeJS. Utilizou-se como ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) a IDE Visual Studio Code. Outras ferramentas normalmente aplicadas nesse formato de desenvolvimento são softwares para realizar requisições HTTP (Hypertext Transfer Protocol) como Postman e curl. O SGBD utilizado foi o PostgreSQL.

Sendo assim, a presente pesquisa tem como objetivo apresentar um padrão arquitetural para o desenvolvimento de uma API aplicando conceitos de arquitetura limpa e princípios SOLID. A API irá realizar interação com um banco de dados, possibilitando a realização de operações CRUD em tabelas. A API representa o backend de uma aplicação, e entre o cliente (frontend) e o serviço (backend) irão trafegar objetos no formato JSON (JavaScript Object Notation) sobre o protocolo HTTP.

Pretende-se apresentar um padrão simplificado da aplicação de conceitos de arquitetura limpa e princípios SOLID fornecendo um modelo para quem desejar replicar.

3.1. Aplicando arquitetura limpa de forma simplificada no desenvolvimento da API

Nesta seção, será abordado como foram aplicados os conceitos da arquitetura limpa no desenvolvimento do código de uma API REST.

O objetivo foi melhorar sua qualidade, facilitar a manutenibilidade e torná-la mais fácil de ser compreendida por outras pessoas que podem precisar realizar manutenções no código. Serão discutidas as boas práticas para nomeação de variáveis, funções e classes, a importância de manter as funções simples e claras, e como aplicar padrões de arquitetura na API para torná-la mais modular e flexível. Dessa forma, será apresentada uma proposta de construção de uma API REST, aplicando uma forma simplificada de conceitos da arquitetura limpa e princípios SOLID, de modo que facilite o entendimento e replicação do código. Serão comentados trechos do código da API, e o código completo pode ser obtido no repositório do GITHUB deste projeto¹.

O estudo de caso abordado na API envolve um sistema para realizar a manutenção de duas tabelas em um banco de dados. Serão mantidos dados de prédios de uma instituição e as salas de aulas existentes em cada prédio. A Figura 2 apresenta o modelo entidade-relacionamento do estudo de caso, representando a estrutura existente no banco de dados.

¹https://github.com/jlbavaresco/sisgee_api_beta

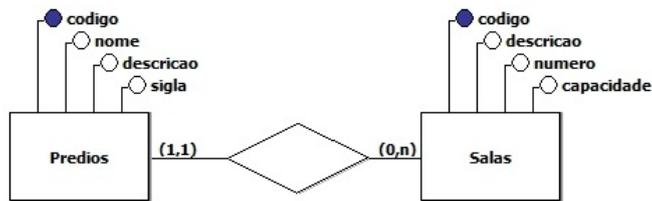


Figura 2. Modelo Entidade-Relacionamento do estudo de caso

A estrutura do projeto foi organizada seguindo os conceitos da arquitetura limpa, a Figura 3 mostra a definição dos principais elementos que compõem a API, incluindo os controladores, entidades e os casos de uso, além de outros arquivos necessários para o seu funcionamento. A organização dos elementos seguindo esse padrão de nomenclatura permite que a API seja facilmente escalável e que as suas funcionalidades possam ser compreendidas e mantidas facilmente por qualquer desenvolvedor que tenha acesso ao código. Além disso, essa estrutura também torna mais fácil a implementação de testes automatizados, contribuindo para a qualidade do código e a confiabilidade da API.

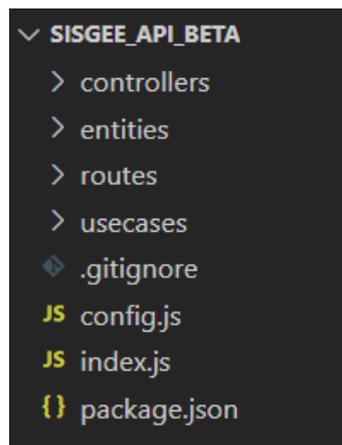


Figura 3. Estrutura de pastas do projeto

A estrutura da API está definida basicamente em controladores, entidades, casos de uso e rotas, que será descrita a seguir com explicação de cada pasta e os elementos de software contidos nela, bem como os seus papéis no conjunto do software da API.

- **Entities:** Contém classes que representam os objetos do domínio da aplicação. Essas contêm atributos compatíveis com as tabelas do banco de dados. Dessa forma, se tem um modelo de dados para ser utilizado pelas outras camadas da aplicação;
- **UseCases:** Contém cenários que descrevem a interação dos usuários com o sistema e definem as funcionalidades que o sistema deve oferecer para atender às suas necessidades. Basicamente devem implementar requisitos levantados durante a análise, e nesse contexto os casos de uso representam requisitos que levam a ser manutenções de entidades no banco de dados;
- **Controllers:** Os controladores são responsáveis por receber as requisições HTTP da API, processá-las e gerar uma resposta HTTP para o cliente;

- Routes: O elemento de software Routes organiza as rotas que a API irá expor, tratando a rota e o verbo HTTP associado a ela, assim chamados métodos existentes nos controladores conforme a necessidade.

A seguir serão detalhados como foram construídos os códigos fonte de cada um dos elementos de software da API.

As entidades representam o núcleo da aplicação, ou seja, objeto e suas propriedades contendo elementos necessários para implementar requisitos levantados durante a análise. Nesse caso, representam dados existentes nas tabelas do banco de dados, entretanto com uma estrutura independente dele. Possuem um construtor para que se possa criar um objeto e um módulo responsável para que outras partes do software possam utilizar.

O Código Fonte 1 com a classe “Predio” representa exatamente os atributos existentes na tabela “predio” do banco de dados, porém no Código Fonte 2 contendo a classe Sala, pode-se observar que ela não representa exatamente a tabela “predio” do banco de dados. Contém mais um atributo, no caso o nome do prédio, que será resultante de uma consulta SQL com junção entre a tabela “predio” e a tabela “sala”. Assim, as entidades representam objetos que serão utilizados pela API, tanto no recebimento das requisições quanto na geração de respostas. Dessa forma, o programador observando essas classes saberá quais informações deverá tratar na aplicação, independente do banco de dados utilizado.

```
1 class Predio {
2     constructor(codigo, nome, descricao, sigla) {
3         this.codigo = codigo;
4         this.nome = nome;
5         this.descricao = descricao;
6         this.sigla = sigla;
7     }
8 }
9
10 module.exports = Predio;
```

Código Fonte 1. Classe Prédio

```
1 class Sala {
2     constructor(codigo, numero, descricao, capacidade, predio,
3         nomepredio) {
4         this.codigo = codigo;
5         this.numero = numero;
6         this.descricao = descricao;
7         this.capacidade = capacidade;
8         this.predio = predio;
9         this.nomepredio = nomepredio;
10    }
11 }
12 module.exports = Sala;
```

Código Fonte 2. Classe Sala

A camada de casos de uso é responsável por implementar regras de negócio da aplicação, ou seja, requisitos levantados durante a análise. No contexto deste estudo de

caso ela irá conter métodos necessários para realizar as manutenções CRUD nas tabelas do banco de dados, implementando as instruções SQL para fornecer dados para as outras camadas da aplicação.

No Código Fonte 3 pode-se observar trechos da implementação dos casos de uso para interagir com a tabela “predios”. É necessário utilizar a classe “Predio” da camada entities para fornecer um modelo de como os dados devem ser gerados. No método “getPrediosDB” que se inicia na linha 4 do Código Fonte 3 é realizada uma consulta SQL retornando todos os registros da tabela “predios”. Após na linha 7 se retorna uma lista de objetos da classe Predio instanciados a partir do resultado obtido da consulta. Já o método “addPredioDB” que se inicia na linha 13 realiza a inserção de um registro na tabela “predios” retornando um objeto Prédio com o código gerado pelo banco de dados.

Pode-se afirmar que nesse componente de software se implementa alguns dos princípios SOLID. No caso o “S” (Single responsibility principle) que é o princípio de responsabilidade única, onde o “predioUseCases” somente tem a responsabilidade de executar a consulta SQL no banco de dados, e o “L” (Liskov substitution principle) que é princípio da substituição de Liskov, onde qualquer alteração neste componente será feita de forma a não impactar os outros componentes que o utilizam. Como por exemplo uma mudança no banco de dados ou na forma como a consulta SQL é realizada.

```
1  const { pool } = require('../config');
2  const Predio = require('../entities/predio')
3
4  const getPrediosDB = async () => {
5    try {
6      const { rows } = await pool.query('SELECT * FROM predios
7        order by codigo');
8      return rows.map((predio) => new Predio(predio.codigo,
9        predio.nome, predio.descricao, predio.sigla));
10   } catch (err) {
11     throw "Erro : " + err;
12   }
13 }
14
15 const addPredioDB = async (body) => {
16   try {
17     const { nome, descricao, sigla } = body;
18     const results = await pool.query(`INSERT INTO predios (nome
19       , descricao, sigla)
20       values ($1, $2, $3) returning codigo, nome, descricao,
21       sigla`,
22       [nome, descricao, sigla]);
23     const predio = results.rows[0];
24     return new Predio(predio.codigo, predio.nome,
25       predio.descricao, predio.sigla);
26   } catch (err) {
27     throw "Erro ao inserir: " + err;
28   }
29 }
30
31 module.exports = {
32   getPrediosDB, addPredioDB
33 }
```

Código Fonte 3. predioUseCases.js

Os componentes de software armazenados na pasta “controllers” são responsáveis por receber as requisições HTTP do cliente, interpretá-las e coordenar as ações necessárias para processar a solicitação que foi realizada, gerando um resposta HTTP. Basicamente recebem as requisições e chamam os casos de uso correspondentes para acessar a lógica de negócio de comunicação com o banco de dados, gerando a resposta posteriormente.

O controlador apresentado no Código Fonte 4 importa métodos do caso de uso “prediosUseCases” como “getPrediosDB” e “addPredioDB”, utilizando-os como por exemplo no método “addPredio”, iniciado na linha 12. Esse método recebe o objeto “request” vindo do cliente repassando-o para o caso de uso, que realiza a lógica de negócio e após o resultado é adicionado no objeto “response” que retorna para o cliente. Da forma que foi implementado consegue-se isolar os componentes de software de forma que cada um cumpra o seu papel de forma independente.

```
1  const { getPrediosDB, addPredioDB } = require('../usecases/
   prediosUseCases')
2
3  const getPredios = async (request, response) => {
4    await getPrediosDB()
5      .then(data => response.status(200).json(data))
6      .catch(err => response.status(400).json({
7        status: 'error',
8        message: 'Erro ao consultar o predio: ' + err
9      }));
10 }
11
12 const addPredio = async (request, response) => {
13   await addPredioDB(request.body)
14     .then(data => response.status(200).json({
15       status: "success", message: "Predio criado",
16       objeto: data
17     }))
18     .catch(err => response.status(400).json({
19       status: 'error',
20       message: err
21     }));
22 }
23
24 module.exports = {
25   getPredios, addPredio
26 }
```

Código Fonte 4. prediosController.js

As rotas são responsáveis por definir o endpoint de uma determinada funcionalidade da API, e também especificar qual função ou método deve ser executado quando essa rota for acessada juntamente com o verbo HTTP que a chamou. As rotas recebem dados de requisições HTTP e passam para a camada de aplicação correspondente, que será responsável por processar esses dados e retornar uma resposta adequada.

Como o objetivo desse artigo é criar e demonstrar uma API que use os princípios da arquitetura limpa, com uma estrutura bem definida e escalável, as rotas precisam ser independentes da camada de aplicação, ou seja, elas não precisam conhecer os detalhes de implementação de outras camadas.

Para isso as rotas foram separadas da implementação dos controladores. No Código Fonte 5 para criar as rotas da API são importados os métodos dos controladores para cada endpoint. Depois, é necessário criar uma instância de router, que será responsável por definir as rotas da API, associando elas a um verbo e um método específico para ser executado. No Código Fonte 5 na linha 7 se cria uma rota da API com o endereço “/predios”, que quando chamado pelo verbo HTTP “GET” executa o método “getPredios” e pelo verbo “POST” o método “addPredio”.

Com esta forma de implementação consegue-se simplificar a aplicação e tornar mais simples que ela se escale para um aplicação de maior porte.

```
1  const { Router } = require('express');
2
3  const { getPredios, addPredio } = require('../controllers/
   prediosController');
4
5  const rotas = new Router();
6
7  rotas.route('/predios')
8     .get(getPredios)
9     .post(addPredio)
10
11 module.exports = rotas;
```

Código Fonte 5. rotas.js

Por fim, o Código Fonte 6 exibe a implementação do servidor do serviço em si. Esse é o arquivo principal da aplicação, e como foi realizada uma separação de todos os componentes de software da aplicação, ficou com uma implementação bem simples. O código importa o componente “rotas.js” que por sua vez vai acessando as outras partes, o que torna mais fácil realizar manutenções, como por exemplo tratar partes de segurança sem impactar no restante dos componentes.

```
1  const express = require('express');
2  const cors = require('cors');
3  const rotas = require('./routes/rotas');
4
5  const app = express();
6
7  app.use(express.json());
8  app.use(express.urlencoded({extended:false}));
9  app.use(cors());
10 app.use(rotas);
11
12 app.listen(process.env.PORT || 3002, () => {
13   console.log('Servidor da API rodando...');
14 });
```

Código Fonte 6. index.js

4. Conclusão

O presente artigo teve como objetivo investigar padrões arquiteturais para o desenvolvimento de sistemas web com frameworks JavaScript no contexto de um projeto de pesquisa em andamento no Instituto-Federal Sul-Rio-Grandense, Campus Passo Fundo. De forma mais específica buscou-se construir um padrão de arquitetura para os componentes de uma API aplicando conceitos de arquitetura limpa e princípios SOLID fornecendo um modelo para quem desejar replicar.

Pode-se afirmar que os objetivos do trabalho foram atingidos, pois foi possível desenvolver uma API aplicando um padrão simplificado dos conceitos de arquitetura limpa e princípios SOLID. Criaram-se camadas para as entidades, que representam o núcleo da aplicação e seu modelo de dados, de casos de uso que representam requisitos da aplicação. Nesse contexto, implementaram regras de comunicação com o banco de dados. Criou-se, também, uma camada de controladores, que recebem requisições e geram respostas HTTP para os clientes, e por fim organizou-se as rotas da uma API de forma separada em um arquivo que seria chamado pelo componente principal do servidor.

Dessa forma, a presente pesquisa atingiu seus objetivos, apresentando um padrão arquitetural simples e organizado, separando cada componente com o seu papel específico e evitando que possíveis mudanças de implementação cause impacto nas outras camadas. Espera-se com este estudo contribuir para a área da computação com um modelo para construção de APIs utilizando-se JavaScript.

Referências

- Bernardi, L. d. R. (2022). Estudo comparativo da utilização de design patterns no desenvolvimento de uma api rest com typescript.
- Dantas, F. C. (2021). Uma proposta de arquitetura de software limpa baseada em microsserviços.
- LEWIS, E. (2020). *CLEAN CODE: Advanced and Effective Strategies To Use Clean Code Methods*.
- Martin, R. C., Grenning, J., Brown, S., Henney, K., and Gorman, J. (2018). *Clean architecture: a craftsman's guide to software structure and design*. Number s 31. Prentice Hall.
- Sommerville, I. (2011). Engenharia de software. 9ª edição.
- Thung, P. L., Ng, C. J., Thung, S. J., and Sulaiman, S. (2010). Improving a web application using design patterns: A case study. In *2010 International Symposium on Information Technology*, volume 1, pages 1–6. IEEE.

Sistema inteligente de reconhecimento de placas veiculares para automação de portões eletrônicos

Vanessa R. Debarba¹, João M. L. Brezolin²

¹Instituto Federal Sul-Rio-Grandense - Câmpus Passo Fundo (IFSUL)
Estrada Perimetral Leste, 150 – 99064-440 – Passo Fundo – RS – Brazil

vanessa.rossidebarba2000@gmail.com, jmbrezolin@gmail.com

Abstract. *This article discusses the development of an intelligent system of license plate recognition for electronic processing automation. The aim is to facilitate access for the people in their private properties, ensuring greater security and practicality. This system offers several benefits, such as greater security, agility and access control in private places. In addition, it is an affordable and easy-to-install technological solution for people who are searching to automate the entry and exit of vehicles on their properties.*

Resumo. *Este artigo aborda o desenvolvimento de um sistema inteligente de reconhecimento de placas veiculares para automação de portões eletrônicos. O objetivo é facilitar o acesso de veículos a propriedades privadas, garantindo maior segurança e praticidade para os usuários. O sistema inteligente de reconhecimento de placas veiculares oferece diversos benefícios, como maior segurança, agilidade e controle de acesso em locais privados. Além disso, é uma solução tecnológica acessível e de fácil instalação para quem busca automatizar a entrada e saída de veículos em suas propriedades.*

1. Introdução

Nos últimos anos, o uso de sistemas de reconhecimento de caracteres em placas tem se tornado cada vez mais comum em diversas aplicações, desde a automação de estacionamentos até o controle de tráfego em diversas cidades. Esses sistemas são capazes de capturar imagens de placas de veículos e, a partir delas, extrair informações como a placa do veículo, sua cor, modelo e outras características relevantes. Observa-se, nesse sentido, a necessidade de sistemas dinâmicos e seguros para dar conta das demandas da rotina diária das pessoas. Os sistemas de controle de acesso veicular existentes geralmente demandam o uso de controles, o que pode tornar o acesso às garagens inseguros, uma vez que o usuário pode perder o dispositivo de acesso.

Objetivando uma solução para esse problema, foi elaborado um sistema que busca oferecer uma alternativa aos sistemas de acesso veicular convencionais. O sistema consiste no reconhecimento de caracteres em placas veiculares envolvendo uma série de desafios, incluindo a construção de um algoritmo que por meio da visão computacional, seja capaz de reconhecer os caracteres de diversas placas, sendo elas o padrão atual e o modelo novo o padrão Mercosul, ambos vigentes atualmente no Brasil.

Este artigo apresentará um protótipo de um sistema de reconhecimento de caracteres em placas veiculares, com base em experimentos realizados em diferentes ângulos da câmera utilizada, o reconhecimento dos dois modelos de placas e outras variáveis.

Serão discutidas as principais dificuldades enfrentadas na implementação do sistema e apresentadas algumas sugestões para aprimoramento dos resultados obtidos tais como os possíveis trabalhos futuros.

2. Referencial

Nessa seção serão apresentados os conceitos de inteligência artificial, automação e visão computacional que são utilizados para o desenvolvimento do projeto. Tais conceitos embasam o desenvolvimento da presente pesquisa.

2.1. Automação

A automação residencial vem criando bastante espaço no mercado nos últimos anos e também vem ajudando em diversas áreas, onde:

”O crescente avanço da tecnologia e dos produtos direcionados para atender as necessidades humanas tem conquistado espaço na vida cotidiana da população, seja no trabalho, moradia, e em objetos. E essa constante busca pelo conforto, praticidade e rapidez criam um cenário propício para pesquisas e desenvolvimentos de serviços e produtos que se adaptam melhor a realidade dos usuários em geral e para públicos específicos.”[Thaíssa Alves Doering 2020].

Com a interligação de inteligência artificial a automação se tornou cada vez mais robusta e eficiente não só serviços domésticos mas em diversas áreas, onde esses serviços estão se adaptando mais para atender desde as necessidades mais simples como ligar a luz automaticamente por meio de voz ou sensores conectados na rede e até algumas necessidades mais complexas como o auxílio em tomadas de decisões um exemplo seria *AlphaGo* que por meio do aprendizado de máquina consegue jogar o jogo de tabuleiro *Go* [Heetae Yang 2018].

”Atualmente, devido ao desenvolvimento tecnológico, um serviço de casa inteligente monitora as atividades do usuário e o ambiente interno da casa. Além disso, uma casa inteligente fornece serviços que atendem às demandas e necessidades de um usuário.”[Heetae Yang 2018].

Onde, por meio de mecanismos que, sem a necessidade da interferência humana, podem ser aplicados sobre um processo que precisa ser repetitivo, se torna possível e viável transformar uma ação ou uma coisa que seria feito de maneira manual para uma forma automática, poupando assim tempo e tornando o processo mais eficiente.

Existem vários tipos de automatizar um portão eletrônico, um deles seria a interligação com um sistema de segurança como um *Digital Video Recording (DVR)* e alguns modelos de portões eletrônicos que possuem essa função para conseguir realizar a abertura por meio do aplicativo que conecta nesse sistema de segurança.

São sistemas que por meio da rede se comunicam através de um sinal para realizar a abertura desse portão, mas também são específicos (limitados a alguns modelos de portão) e com um custo mais elevado. Por meio da utilização da automação com a inteligência artificial pode ser possível e viável realizar essa abertura automática de um portão residencial.

2.2. Inteligência artificial

Conforme Luger [Luger 2013] tudo se iniciou com filósofos e matemáticos, tais como Francis Bacon com *Novum Organum* [Bacon 1620], Blaise Pascal com a Pascaline, Gottfried Wilhelm von Leibniz com a Roda de Leibniz, entre vários outros fascinados com a possibilidade de criar uma máquina capaz de automatizar uma lógica.

Tradições empirista e racionalista da filosofia são questões usadas como base para pesquisas em inteligência artificial, de maneira resumida separa-se da seguinte maneira:

- Racionalista - matemática, um enfoque disso é a questão de se desligar de tudo que é de sua referência, onde tem o seu significado definido independente de suas referências iniciais, onde mesmo que os parâmetros sejam diferentes o conceito ainda teria o mesmo significado. Inteligência artificial tem muito desse aspecto.
- Empirista - mostra que os sentidos podem ser a entrada para uma ideia em nossa mente. Percepção de um lado, pensamento, memória e imaginação do outro. No sentido em que a percepção é algo sentido, e o pensamento e a ideia são algo mutáveis.

Dois casos de exemplos do uso da técnica de solução de problemas, a busca, que explora sistematicamente várias possibilidades para a solução de um mesmo problema. Resumidamente, a problemática que deu início ao estudo da inteligência artificial tratou-se da questão do desenvolvimento de um sistema que pudesse solucionar problemas complicados, o que gerava incontáveis teoremas prováveis, muitos deles irrelevantes em sua busca, sendo assim não eficiente.

A solução desse problema seria um sistema especialista que resolve o problema de gerar inúmeras respostas até chegar em resultados satisfatórios, por ser um sistema especializado em uma certa área de sua atuação, a partir da captura dessa especialidade de um conhecimento humano, que assim passa para uma forma em que o computador consiga utilizá-lo em problemas parecidos. Mas também tem problemas, e um desses problemas é não conseguir adquirir o conhecimento mais profundo e completo dessa área do problema [Luger 2013].

Dessa forma pode-se definir o conceito de inteligência artificial como a capacidade de soluções tecnológicas capazes de resolver problemas de modo inteligente, utilizando assim de várias tecnologias, como redes neurais, sistemas de aprendizado, algoritmos, entre vários outros que simulam a capacidade humana, como exemplo: a habilidade de tomada de decisão, percepção e raciocínio [Alessandro Allegra 2022]. O uso de Inteligência artificial para processos de tomada de decisão está se tornando cada vez mais tendência, pois seus recursos incluem a capacidade de executar tarefas, repetitivas, simples e demoradas em que a otimização de tempo poupa recursos.

2.3. Visão Computacional

A visão computacional é uma área da inteligência artificial que se dedica ao processamento e análise de imagens para extrair informações relevantes e úteis. Uma das aplicações mais comuns da visão computacional é o reconhecimento de placas de veículos, que pode ser usado para automatizar processos de controle de acesso, estacionamento e fiscalização de trânsito.

O processo de reconhecimento de placas de veículos geralmente envolve uma série de etapas, como a detecção da placa na imagem, a segmentação dos caracteres alfanuméricos e o reconhecimento dos caracteres individuais. Cada uma dessas etapas pode ser realizada por algoritmos e técnicas específicas de visão computacional.

A segmentação consiste em diversas técnicas para particionar uma imagem em regiões, em que “O nível de detalhamento em um processo de segmentação depende da tarefa a ser executada e da resolução da imagem que se tem”(2009). A resolução da imagem para processos iguais altera o tratamento que será realizado na imagem para chegar em um mesmo resultado, sendo esse tratamento o processo de segmentação.

3. Revisão Sistemática

O reconhecimento de caracteres em placas veiculares é uma tarefa importante em muitos sistemas de segurança e monitoramento de tráfego. Com a crescente disponibilidade de dados e aprimoramentos tecnológicos, a aplicação de técnicas de inteligência artificial (IA) tornou-se cada vez mais relevante nesse contexto e também se tornou mais acessível para a implementação desses sistemas como em residências e condomínios. Nesta pesquisa sistemática, iremos revisar estudos sobre o uso de IA para o reconhecimento de caracteres em placas veiculares.

A pesquisa foi conduzida em bases de dados eletrônicas como IEEE Xplore, ACM Digital Library e Google Scholar. Os termos de busca utilizados foram: “reconhecimento de placas veiculares”, “reconhecimento de caracteres em placas veiculares”, “inteligência artificial para reconhecimento de placas veiculares”, “visão computacional para reconhecimento de placas veiculares”. Foram encontrados vários estudos que exploraram o uso de IA para o reconhecimento de caracteres em placas veiculares. A maioria desses estudos se concentraram em técnicas de visão computacional, que são bem conhecidas por sua habilidade no processamento e análise de imagens para extrair informações relevantes e úteis. Alguns dos estudos mais relevantes são:

O projeto desenvolvido por André (2020) fala sobre o reconhecimento de placas veiculares por meio da visão computacional para o acesso de um condomínio residencial, esse projeto tem a ideia parecida com a proposta apresentada no presente projeto, onde será feita captura da imagem que contém a placa e assim processando-a para retirar as informações necessárias para posteriormente validar essa placa no banco de imagens para o acesso do condomínio. Esse projeto fez o uso do sistema *Matlab* para reconhecimento dos caracteres das placas de carros.

O projeto citado também apresenta semelhanças, como a extração da imagem que faz um pré-processamento utilizando filtros e alguns operadores morfológicos, utilizando o *Template Matching* que é um modelo de processamento de imagem digital em que encontra partes pequenas de uma imagem, a biblioteca *OpenCV* contém esse método em que pesquisa e localiza uma parte menor da imagem em um modelo de imagem maior ele também fala sobre a dificuldade com a aquisição das informações das imagens retiradas, por diversos fatores como: condições climáticas. A conclusão tirada foi que esse trabalho conclui com uma taxa de 83 por cento de acerto para a região em que a placa se localiza [FILHO 2019].

Já o trabalho de Leonardo (2017) utilizou visão computacional para a leitura e reconhecimento de placas veiculares, utilizando um sistema mais simples para poupar re-

curso como uma *Webcam* e um computador padrão. Utilizando a linguagem *Python* que construiu um sistema capaz de ler placas veiculares e assim gerenciar estacionamentos, também controlando entrada e saída para uso em diversos lugares. O reconhecimento e validação dessa placa foi por meio da leitura dos caracteres recebidos em tempo real que foi utilizado a biblioteca *OpenCV* com seus filtros para realizar esse reconhecimento.[Leonardo Leite 2017]

A semelhança entre os dois projetos anteriormente citados com esse que está em desenvolvimento é o uso da tecnologia *OpenCV* para realizar a captura de imagens e assim fazer filtros para validar a placa veicular.

4. Descrição do sistema proposto

Nesta seção, serão apresentados em detalhes os recursos empregados no processo de desenvolvimento, assim como a metodologia adotada para a criação do sistema e sua subsequente avaliação. O sistema inteligente é desenvolvido na linguagem *Python*, juntamente com as bibliotecas *OpenCV* e *PyTesseract OCR*, integrado com uma câmera que realiza a leitura da placa de um veículo.

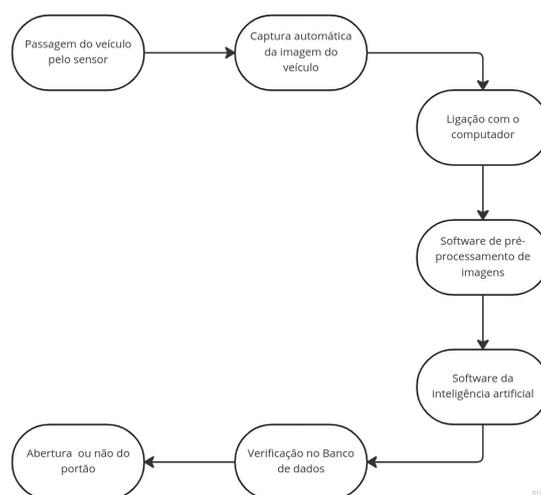


Figura 1. Funcionamento do sistema

O processo do sistema inicia com um sensor de aproximação acoplado no portão que quando um veículo se aproximasse, fosse acionado a câmera que realizaria a captura automática da imagem do veículo. Passando então para o sistema dividido em duas etapas:

A primeira etapa de pré processamento de imagem que retornaria caracteres das informações da placa do veículo com a biblioteca *OpenCV*. E seguindo então para a segunda etapa da inteligência artificial com *PyTesseract OCR* que realiza as validações das informações recebidas e também realiza a verificação da existência da mesma no banco de dados, cujo contém o registro de todas as placas que tem o acesso para aquele portão.

4.1. Pré-Processamento das imagens

A captura é realizada por uma câmera IP, que se comunica através de cabos da rede de internet, assim passando para a etapa de correção de imagem com a biblioteca *OpenCV*, onde essa detecção da placa geralmente envolve o uso de técnicas de detecção de bordas e

contornos, que permitem identificar a região da imagem onde a placa está localizada. Em seguida, a segmentação dos caracteres é realizada para extrair os caracteres alfanuméricos da placa. Essa etapa é realizada por técnicas de processamento de imagem que é capaz de aplicar filtros para melhorar a imagem recebida.

4.2. Validações da inteligência artificial

Essa parte começa com a biblioteca *PyTesseract OCR* que contém uma base de dados pré treinada para processamentos de caracteres de forma a identificar e capturar as palavras únicas, que será usado para extração dos textos contidos na imagem tratada no passo anterior.

Após esse processamento dos caracteres, passa para a etapa de validação e verificação da existência e veracidade dessa placa veicular. Como existem vários tipos de placas veiculares, assim existiriam alguns filtros focados em validar alguns tipo de placas, para garantir alguma segurança no processo de abertura desse portão.

Também contém banco de dados específico para cada portão eletrônico onde vai existir os cadastros com os dados da placa de cada veículo que pode ter acesso ao mesmo.

4.3. Avaliação do sistema

Os testes têm início com a utilização de dados de entrada fictícios para ajustar a inteligência artificial e garantir a segurança e a precisão da leitura da placa, a fim de permitir a abertura do portão eletrônico. Após isso, ocorre a integração da verificação com o banco de dados das placas já existentes, tendo em vista a alta precisão na leitura e verificação da placa para que possa avançar para a próxima fase.

Em seguida, ocorre a integração da leitura da câmera IP com a biblioteca *OpenCV*, que realiza os filtros necessários para a correção da imagem, especialmente no que diz respeito à iluminação em fotos muito distorcidas. Com todos os aspectos mencionados anteriormente, os testes práticos são realizados com dados reais, em situações reais, em que o projeto é testado junto com todas as partes e fases citadas. A câmera é utilizada em conjunto com o sensor e a inteligência artificial, bem como o banco de dados do próprio portão que será usado, para determinar se a abertura do portão terá ou não sucesso.

5. Resultados e Discussões

O sistema desenvolvido foi aprimorado através do treinamento com o Banco RodoSol, que consiste em uma coleção de mais de 20.000 imagens capturadas por câmeras estáticas instaladas nos pedágios da Rodovia do Sol, administrada pela concessionária Rodovia do Sol. Esse banco de dados abrange uma variedade de veículos, mas, para o propósito deste sistema, foram utilizadas principalmente as imagens de carros. As imagens possuem qualidade mediana e algumas delas apresentam condições climáticas desfavoráveis para o reconhecimento adequado. [Rayson Laroca 2022]

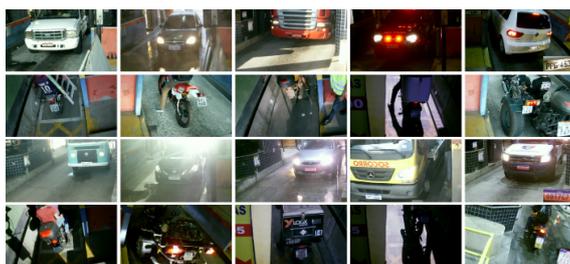


Figura 2. RodoSol-ALPR dataset

A utilização do Banco RodoSol permitiu realizar testes em diversos cenários, acelerando assim o desenvolvimento do sistema. Essa ampla variedade de casos e condições presentes nas imagens contribuiu para o aprimoramento do desempenho do sistema, possibilitando que ele se tornasse mais robusto e capaz de lidar com diferentes desafios encontrados na prática.

A seguir, são apresentadas duas imagens representando casos reais de teste, cada uma com um modelo de placa veicular diferente. A primeira imagem mostra o modelo de placa utilizado como entrada no sistema para permitir o acesso a uma residência por meio do portão eletrônico.



Figura 3. Exemplo imagem de entrada caso 1

A figura 3 foi usada em um dos testes, onde contém o modelo da placa do Mercosul. E a figura 4 contém o padrão de placa mais antigo.

Durante alguns testes realizados com o modelo da placa do veículo sendo padrão Mercosul, foi constatado que havia algumas dificuldades em relação à leitura de alguns caracteres, como o "T" e o número "0" que se assemelha à letra "Q". Para superar essas dificuldades, foi necessário um treinamento mais específico na OCR utilizada, que no caso foi o Tesseract, a fim de permitir uma leitura precisa de todos os caracteres da placa.



Figura 4. Exemplo imagem de entrada caso 2

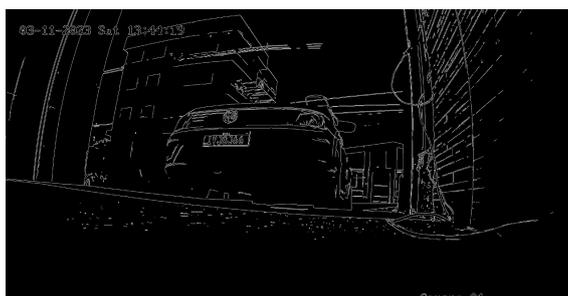


Figura 5. Tratamento da imagem

A figura 5 mostra um dos tratamentos realizados pelo *OpenCV*, após esses tratamentos na imagem se torna possível detectar os contornos da placa e assim recortar apenas a região da placa para depois com o *PyTesseract OCR* retirar o texto.

```
[57] for contorno in contornos:
    x, y, w, h = cv2.boundingRect(contorno)
    proporcao = float(w)/h
    if proporcao >=3 and proporcao <= 4.5:
        placa = imagem[y:y+h, x:x+w]
        valor, regioao_interesse = cv2.threshold(placa, 0, 255, cv2.THRESH_BINARY | cv2.THRESH_OTSU)
        #regiao_interesse = clear_border(regiao_interesse)
        cv2.imshow(placa)
        cv2.imshow(regiao_interesse)

IVJ0J66
IVJ0J66
IVJ0J66
IVJ0J66

[58] config_tesseract = '--tesdata-dir tessdata --pnm 0'
texto = pytesseract.image_to_string(regiao_interesse, lang='por', config = config_tesseract)
print(texto)
L YJ0J66 |

[46] texto_extraido = re.search('\w(3)\d(1)\w(1)\d(2)', texto)
texto_extraido
```

Figura 6. Resultado de um dos casos

Sem esse treinamento, a leitura das placas poderia resultar em falha, uma vez que a OCR não seria capaz de identificar corretamente todos os caracteres. Com o treinamento adequado, no entanto, houve uma melhora significativa no desempenho da OCR em tais situações. No entanto, a maior dificuldade encontrada durante os testes estava relacionada às condições ambientais e climáticas, bem como aos fatores de iluminação, que podem interferir significativamente na leitura das placas em alguns casos.

Utilizando o Banco de Dados que armazena as placas dos carros com acesso a um determinado Portão eletrônico, este sistema emprega os dados para lidar com situações em que o Tesseract não consegue reconhecer corretamente alguns caracteres. Para solucionar esse problema, uma lógica foi implementada para verificar a existência da placa

no Banco de Dados e, caso não seja encontrada, são aplicados tratamentos nos caracteres que possam ter sido reconhecidos incorretamente pelo Tesseract. Os casos mais frequentes envolvem os caracteres 'I' e 'O', nos quais essa lógica, combinada com os dados do Banco de Dados, permite a identificação correta da placa.

6. Conclusão

A partir da análise realizada, podemos concluir que o sistema de reconhecimento de caracteres em placas apresenta um grande potencial, no entanto, a implementação desse sistema se torna complexa, pois o algoritmo utilizado necessita ser genérico para ser capaz de funcionar em diversos ambientes e com diversos modelos de placas veiculares.

Os experimentos realizados demonstraram que o desempenho do sistema pode ser afetado por diversas variáveis, como iluminação e também os modelos das placas que por conterem caracteres diferentes, exige um treinamento específico e aprofundado para o OCR utilizado, para assim tornar esse sistema mais eficiente. No entanto, os resultados obtidos também indicam que é possível obter um bom desempenho mesmo em condições adversas, desde que sejam adotadas as estratégias corretas.

Para garantir mais segurança nesse sistema, como uma ideia de trabalho futuro, seria ideal utilizar essa captura do veículo em um ângulo que seja possível reconhecer a cor e o modelo do mesmo, dessa forma, evitando a fraude das placas e tornando o sistema mais seguro.

Referências

- Alessandro Allegra, Alessandro Tonacci, R. S. S. G. C. M. G. P. S. G. (2022). Machine learning and deep learning applications in multiple myeloma diagnosis, prognosis, and treatment selection. *National Library of Medicine*.
- Bacon, F. (1620). *Novum Organum*. São Paulo: Nova Cultura.
- FILHO, A. W. L. O. (2019). Reconhecimento de placas de carro para o controle de acesso a um condomínio residencial.
- Heetae Yang, Wonji Lee, H. L. (2018). Iot smart home adoption: The importance of proper level automation. *Advanced Internet of Things and Big Data Technology for Smart Human-Care Services*.
- Leonardo Leite, R. A. (2017). Identificação automática de placa de veículos através de processamento de imagem e visão computacional.
- Luger, G. F. (2013). *Inteligência artificial*. Pearson Universidades; 6ª edição.
- Rayson Laroca, Everton V. Cardoso, D. R. L. V. E. D. M. (2022). On the cross-dataset generalization in license plate recognition.
- Thaíssa Alves Doering, A. F. C. d. C. (2020). Inteligência artificial e internet das coisas aplicada a automação residencial. page 10.

Análise da vacinação da COVID-19 no Brasil utilizando Apache Spark

Katarine M. M. Leal¹, Mayara L. Rasini¹, Manoel F. Leal¹

¹Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)
Caixa Postal 80215-901 – Curitiba – PR – Brazil

{katarine.leal,mayara.ligia}@pucpr.edu.br, manael.leal@pucpr.br

Abstract. *Vaccination is considered one of the most efficient and beneficial public health policies for disease control and prevention. Vaccines were the main ally of governments in reducing cases and deaths during the COVID-19 pandemic. This work aims to analyze the vaccination campaigns carried out in Brazil using the Big Data framework Apache Spark for the treatment and analysis of data made available by the Brazilian Ministry of Health. The results showed that there was a drop in adherence to vaccination campaigns in their second year and in the application of booster doses.*

Resumo. *A vacinação é considerada como uma das políticas de saúde pública mais eficiente e de maior benefício para controle e prevenção de doenças. As vacinas foram a principal aliada dos governos na redução de casos e de mortes durante a pandemia da COVID-19. Este trabalho tem como objetivo analisar as campanhas de vacinação realizadas no Brasil utilizando o framework de Big Data, Apache Spark, para o tratamento e análise de dados disponibilizados pelo Ministério da saúde do Brasil. Os resultados apontaram que houve uma queda na adesão das campanhas de vacinação no seu segundo ano e na aplicação de doses de reforço.*

1. Introdução

Conhecido como COVID-19, pertencente à família de vírus que causam doenças que vão desde gripes comuns a síndromes respiratórias agudas severas (SARS), o coronavírus SARS-CoV-2 foi descoberto no final de dezembro de 2019, quando a Organização Mundial de Saúde (OMS) foi alertada sobre diversos casos de uma enfermidade respiratória de origem desconhecida, emergindo principalmente de uma província situada na China. Cerca de um mês depois, com diversos pacientes demonstrando sintomas similares à uma pneumonia viral, e um número crescente de casos e mortes pela doença, a OMS declarou o surto como uma emergência sanitária global [Chung et al. 2020].

Em pouco tempo, a COVID-19 se espalhou pelo mundo, e em junho de 2020 a maior parte das regiões mais populosas do mundo já haviam confirmando casos de contágio pelo vírus [Levien and Roskopf 2021]. Devido à falta de intervenções farmacológicas, ou medicamentos aceitos amplamente como tratamento de cura ou vacinas, foram difundidas Intervenções Não Farmacológicas (NPIs, *non-pharmaceutical interventions*) para tentativa de controle da epidemia. Medidas foram tomadas pela OMS para reduzir o contágio, como a prática de isolamento social, o uso de máscaras e a higienização frequente das mãos com água e sabão e/ou com uso de álcool em gel [Francês et al. 2020].

Adicionalmente, a falta de vacinas e tratamentos contra a COVID-19 impulsionou investimentos em ciência, tecnologia e inovação à nível global, se fazendo necessário a produção de imunizantes em um tempo mais curto que a média - visto que o período de desenvolvimento de vacinas geralmente acontece entre 10 e 20 anos [Pazelli et al. 2022].

Durante a COVID-19, a proliferação de diversos e volumosos bancos de dados contendo dados médicos, monitoramento de redes sociais e dados de sensores em dispositivos móveis para identificar o descolamento de pessoas foram um grande fonte de informação que facilitou pesquisadores, governos e instituições no desenvolvimento de aplicações que auxiliassem na determinação de providências a serem tomadas durante a pandemia, como medidas de recomendação para reduzir o contágio. A necessidade de investigar perturbações na saúde e preparar respostas estratégicas mais rapidamente que o ritmo da proliferação do vírus fomentou o uso de análises de *Big Data* no sistema de saúde. Dessa forma, foi possível estudar a crise de maneira ampla, compreender seus efeitos, facilitar as estratégias em relação à pandemia e descobrir vacinas e tratamentos em um curto intervalo de tempo [Galetsi et al. 2022].

O *Big Data*, de um ponto de vista evolucionário, não é algo novo, e pode ser considerado como mais e diferentes tipos de dados do que é normalmente tratado pelos sistemas tradicionais de gerenciamento de bancos de dados relacionais (RDBMSs). Em outras palavras, *Big Data* pode ser caracterizado por ter alto volume (quantidade de dados), alta velocidade (taxa de criação de dados) e alta variedade (diferentes tipos de dados) [Watson 2014]. A análise de *Big Data* (*Big Data Analytics*, ou BDA), por sua vez, abrange tecnologias, técnicas, sistemas, metodologias, práticas e aplicações que analisam desses volumes de dados para auxiliar organizações, em geral, a entender o mercado e na tomada de decisões [Chen et al. 2012]. Dessa maneira, o uso de métodos e técnicas de BDA se tornou um importante processo para obter recomendações e perspectivas para empresas e instituições ao definir medidas estratégicas [Doumpos and Zopounidis 2016].

Com o passar dos anos, o *Big Data* tem sido aprimorado para processar cada vez maiores quantidade de dados, refinando algoritmos para as mais diversas aplicações e aumentando a precisão de seus resultados. Com maior poder de processamento e possibilidade de uso de servidores em nuvem, técnicas com aprendizado de máquina (ML) aliadas à inteligência artificial (AI) no setor da saúde para previsão e simulação, por exemplo, tem sido cada vez mais utilizadas. Além disso, ferramentas para análise de *Big Data* tem auxiliado em estudos tanto no mercado quanto na medicina, como sistemas de gestão de banco de dados (*MongoDB*, *Apache Cassandra* são alguns) para integração e coleta de dados, e *softwares de framework* que permitem o processamento distribuído de grandes bancos de dados em grupos de computadores para análise e refinamento (*Apache Hadoop*, por exemplo) [Wang et al. 2018, Galetsi et al. 2019, Galetsi et al. 2022].

No começo de abril de 2021, 710 milhões de doses foram administradas pelo mundo, reportando vacinações realizadas em 169 países. Cinco por cento da população mundial recebeu pelo menos uma dose de umas das vacinas aprovadas, o que aponta desigualdades relevantes no acesso universal aos imunizantes [Mathieu et al. 2021]. Com o andamento das campanhas, diversos fatores influenciaram os números de aderência da vacinação, desde a efeitos colaterais [Ahamad et al. 2022] a posicionamentos políticos [Massarani and Neves 2021]. À vista disso, o objetivo deste estudo é analisar dados das campanhas de vacinação contra COVID-19 no Brasil, e refletir sobre sua adesão e anda-

mento por parte da população, explorando a usabilidade de *Big Data* para análise com o uso de uma ferramenta de *framework* para processamento de *Big Data*, o Apache Spark.

Este estudo segue com a seguinte ordem, seção 2 contempla os trabalhos relacionados, em seguida a seção 3 metodologia. Os resultados deste estudo, discussões e conclusões são apresentados nas seções 4, 5 e 6, respectivamente.

2. Trabalhos relacionados

O uso de análise de *Big Data* na saúde oferece várias vantagens significativas, como o tratamento de um grande quantidade dados de diferentes fontes e formatos para identificar padrões e tendências, além de auxiliar no diagnóstico de doenças e tratamentos. O estudo de [Wang et al. 2018] destaca que com um volume muito maior de informações digitais sendo geradas, tem-se a necessidade de consolidar e consumir esses dados para melhorar a qualidade dos serviços de saúde. Além disso, aponta os benefícios da consolidação de recursos de TI, reduzindo redundâncias de sistema, aumentando a qualidade e acurácia de decisões clínicas, processando um grande número de registros de dados em segundos. O uso de BDA na saúde, também é relatado no estudo de [Aslam and Yue 2022] como uma ferramenta de monitoramento das informações da COVID-19, bem como no processo para simplificar a distribuição de vacinas aos países mais pobres.

Quanto a percepção da população em relação às campanhas de vacinação, o estudo [Shahriar et al. 2022] realizou uma análise de sentimentos das publicações de usuários da plataforma Twitter em relação às fabricantes de vacinas pelos seus *tweets* a nível de gênero. Extraíndo informações relevantes do Twitter os *datasets* com análise preditiva aplicada em vários modelos de *deep learning*, foi possível verificar que há um número maior de sentimentos positivos em relação à vacina entre homens do que em mulheres - apontando uma afinidade maior pelas marcas de vacinas Covaxin, Sputnik V, e Moderna por parte deles, e Pfizer e AstraZeneca pelas mulheres.

No Brasil, a vacinação encontrou-se num contexto de disputa política que marcou a gestão da pandemia no país. Tópicos relacionados a obrigatoriedade da vacinação, da eficácia dos imunizantes e da aquisição das doses fizeram parte das discussões nas redes sociais, e, por vezes, eram apresentadas informações contrárias ao que as principais instituições científicas estavam divulgando. Extraíndo *datasets* de publicações feitas a partir de uma lista de palavras chave do Instagram e Facebook, o estudo [Carvalho et al. 2022] procurou verificar a atenção desprendida pela temática das vacinas nas duas redes sociais, e apontar atores que permearam as discussões dos temas, o que evidenciou as vacinas Pfizer, CoronaVac, AstraZeneca e Janssen como foco nos debates sendo então permeados por meios de comunicação ligados ao jornalismo, e páginas e perfis ligados a políticos e celebridades.

Utilizando técnicas de visualização de dados, o estudo de [Meng et al. 2022] analisou durante a pandemia da COVID-19 distribuição da mortalidade e da vacinação nos EUA. O estudo aponta que houve uma maior distribuição de número de vacinas nos estados democratas.

Os artigos ilustram vários métodos de análise de *Big Data* para analisar os sentimentos e interações em torno da vacina e da COVID-19, principalmente em redes sociais, utilizando técnicas de mineração de texto. Quanto a este trabalho, iremos apresentar os dados da vacinação do COVID-19 no Brasil de uma forma analítica e visual.

3. Metodologia

Para atingir o objetivo de analisarmos os dados de vacinação utilizando *frameworks* de *Big Data*, dividimos a abordagem em etapas: (i) Obtenção de dados; (ii) Configuração do ambiente Apache Spark; (iii) Tratamento e análise dos dados e (iv) Visualização dos dados.

3.1. Obtenção de dados

Os dados referentes a vacinação da COVID-19 no Brasil, foram coletados do Sistema de Informação do Programa Nacional de Imunização (*SI-PNI*) e disponibilizado pelo Ministério de Saúde do Brasil, por meio da RNDS (*Rede Nacional de Dados em Saúde*)¹, de forma anonimizada, ou seja, as colunas foram tratadas onde não é possível a identificação da pessoa vacinada.

A base disponibilizada contém dados do início da vacinação, janeiro de 2021 até o início do mês de março de 2023, em um total de 20 arquivos no formato CSV, cada um com aproximadamente 12GB de tamanho, totalizando uma média de 240GB.

3.2. Configuração do ambiente Apache Spark

O ambiente Apache Spark versão 3.2.2, foi configurado em uma máquina com processador M1 Apple, 8GB de memória RAM e sistema operacional MacOS Ventura 13.2.1. Além disso, utilizamos configuramos Project Jupyter² como uma forma de facilitar a implementação por meio de *notebooks* permitindo um melhor fluxo e organização dos códigos e documentações.

3.3. Tratamento e análise dos dados

Utilizamos a biblioteca PySpark³ versão 3.2.2, para o processo de carga e manipulação de dados, enquanto para análise e exploração dos dados utilizamos o `spark.sql` (pertencente a biblioteca do Pyspark) para que pudéssemos executar consultas na base de forma mais simples usando linguagem SQL.

Após a análise exploratória dos dados, definimos um recorte temporal nos dados, carregando as aplicações realizadas entre os anos de 2021 e 2022 para realizarmos as comparações entre os dois anos completos.

3.4. Visualização dos dados

Utilizamos Python versão 3.6 e as bibliotecas Pandas 2.01.1, Matplotlib 3.7.1 e Seaborn 0.12 para a plotagem de gráficos. Embora o Pandas em si seja utilizado para a manipulação de *dataframe* e análise de dados, todas as métricas geradas foram de uso exclusivo do Apache Spark e Pyspark.

4. Análise dos dados

Em 2021, primeiro ano em que as vacinas foram disponibilizadas no Brasil, a quantidade de aplicações ultrapassou a marca de 240 milhões. Já no ano seguinte, houve uma redução de 52% (240 milhões para 114 milhões), como mostra a Figura 1.

¹<https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/covid-19-vacinacao/resource/301983f2-aa50-4977-8fec-cfab0806cb0>

²Project Jupyter: <https://jupyter.org/>

³PySpark: <https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/>

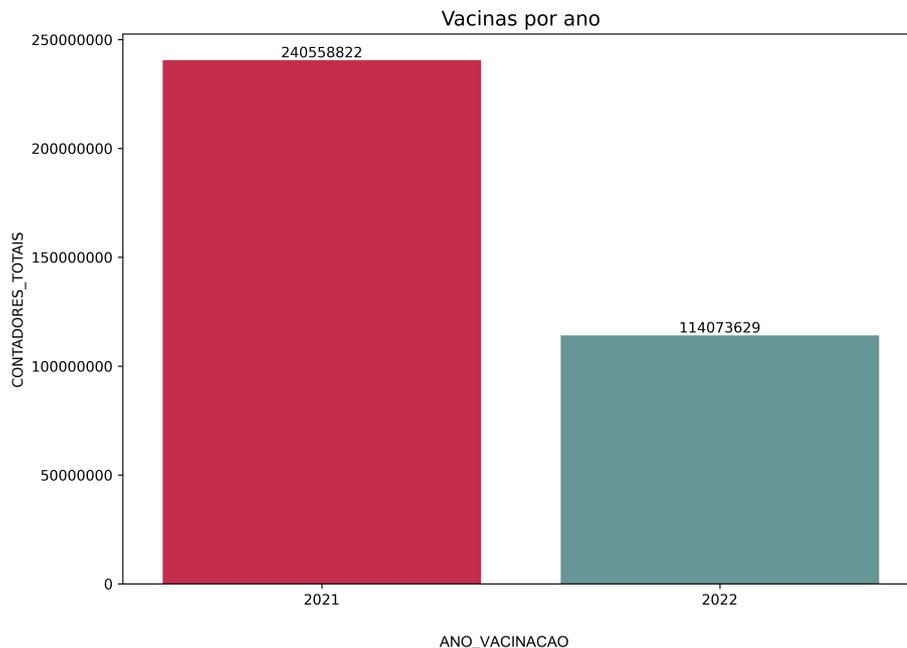


Figura 1. Evolução da vacinação do Brasil
 Fonte: Autores (2023)

Ao observarmos a distribuição por tipo de dose e gênero, e desconsiderando dados do gênero definido como "Indefinido" na tabela de base e contabilizando apenas as primeiras 4 campanhas de vacinação, como mostra a Figura 2, nota-se uma queda entre a primeira e segunda dose tanto nos homens quanto nas mulheres. Tais números reduziram aproximadamente em 12% para os homens (61 milhões para 54 milhões) e 9% para as mulheres (66 milhões para 60 milhões). Quanto comparamos a dose de reforço em relação a primeira, temos uma queda de 48% entre os homens (61 milhões para 31 milhões) e 39% entre as mulheres (66 milhões para 40 milhões). A terceira e quarta dose, que foram aplicadas em 2022 tiveram uma queda de aproximadamente 99% em ambos os gêneros quando comparadas a primeira dose.

A quantidade de vacinas totais entre 2021 e 2022 em relação aos Estados do Brasil, como mostra a Figura 3, e utilizando a população estimada pelo Ministério da Saúde de 2021, é possível ver que São Paulo foi o Estado com mais vacinações, um pouco mais que 93 milhões, uma vez que possui 46.649.132 residentes estimados. Em segundo e terceiro lugares, temos os Estados de Minas Gerais com 36.482.559 vacinações e de Rio de Janeiro com 29.023.407 vacinações, correspondendo por 21.411.923 e 17.463.349 residentes estimados respectivamente. Tais números são esperados visto que São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro são os estados mais populosos do país. Em contraste, o Estado com menos vacinações, assim como um dos menos populosos, Roraima, teve apenas 722.647 vacinações, enquanto sua população residente estimada em 2021 é de 652.713 pessoas. Situação semelhante à outros dois estados menos populosos, Amapá com 1.037.752 vacinações e 877.613 residentes, e Acre com 1.190.266 vacinações e 906.876 residentes.

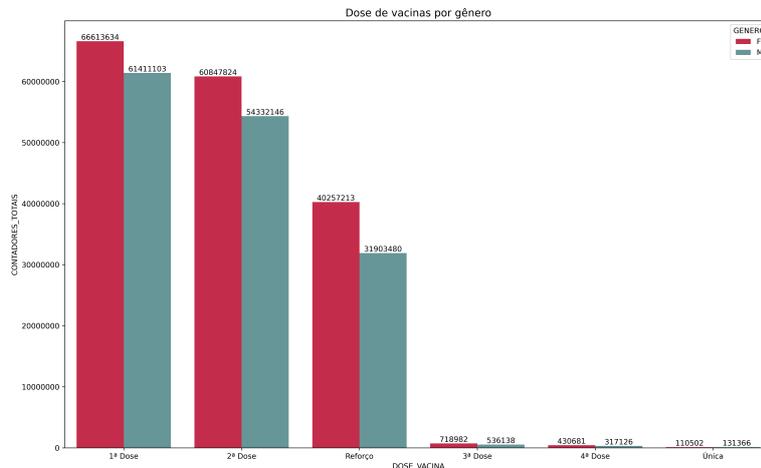


Figura 2. Distribuição das vacinas por tipo e gênero
 Fonte: Autores (2023)

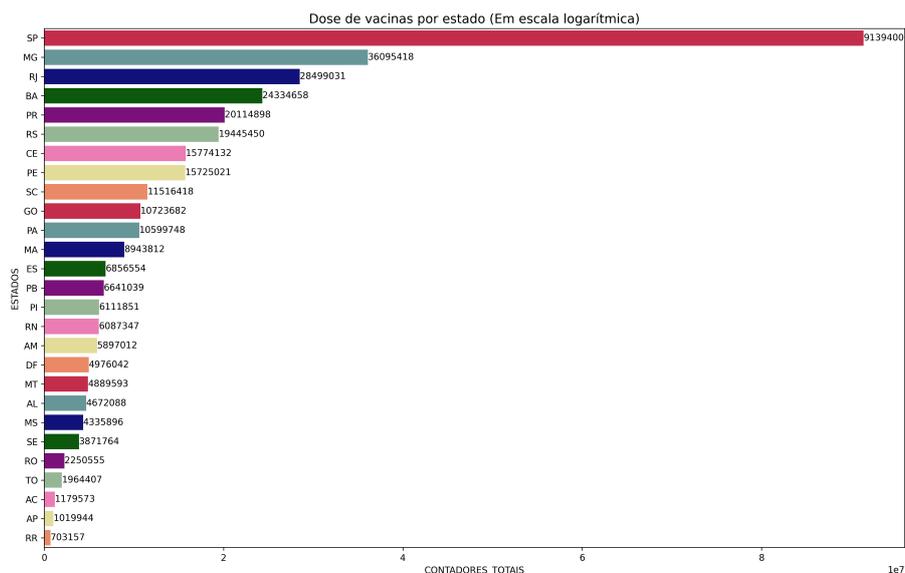


Figura 3. Distribuição da vacinação por estado
 Fonte: Autores (2023)

5. Discussão

Até o final de 2020, pandemia da COVID-19 registrou 73 milhões de casos e mais de 1,6 milhões de mortes no mundo, fazendo com que houvesse um esforço sem precedentes para disponibilização de vacinas a fim de conter a crescente onda de hospitalizações pelos casos agudos da doença [Massarani and Neves 2021].

Apesar de apresentar uma grande adesão no primeiro ano, o número inferior de vacinações a partir do segundo ano, como visto na Figura 1, pode se dar por uma série de fatores pertinentes do período - a crença individual de não precisar se imunizar com mais doses, ceticismo quanto aos efeitos do COVID-19, acessibilidade comprometida

aos locais de vacinação, e contraindicações são alguns exemplos [Guedes 2022]. Além disso, as vacinas contra COVID-19 apresentaram um pequeno número de efeitos adversos particularmente em indivíduos com comorbidades pré-existentes significativas, como diabetes, condições alérgicas e pressão alta de sangue, o que pode ter contribuído na maior hesitação por parte da população para seguir com as doses [Ahamad et al. 2022]. Por fim, estudos apontam que mídias sociais desempenharam um grande papel no compartilhamento de notícias, reações e opiniões da população sobre desdobramentos da pandemia [Shahriar et al. 2022, Thelwall et al. 2021, Carvalho et al. 2022, de Camargo Penteadó et al. 2021], em que posicionamentos políticos e reverberação de grupos de conspiração anti-vacina [Massarani and Neves 2021] afetaram na adesão da vacinação.

Os níveis de adesão a vacinação como mostram as Figuras 1 e 2 apontam os níveis adesão às campanhas em contraste com as doses. Com as novas variantes do coronavírus, a COVID-19 se tornou cada vez mais contagiosa, a Omicron, por exemplo, chegou a atingir um índice de infecção de 3 a 6 superior à variante Delta [Callaway and Ledford 2021], trazendo, assim, a necessidade de manter e/ou aumentar os níveis de imunização da população a fim de evitar o avanço da pandemia. Tais resultados de alcance de vacinação ressaltam a convicção individualista da população em não necessitar de mais doses, em um mesmo momento em que as medidas tomadas para conter a pandemia começaram a ser afrouxadas ou até revogadas.

São vários os fatores que levam a população em geral, principalmente a preta, a não participar de programas públicos de vacinação em massa. No entanto, no caso da COVID-19, uma grande parte da desconfiança tem origem na disseminação descontrolada de *fake news* na área médica, especialmente pelo fato das redes sociais terem um alto alcance e forte influência na opinião da população. Outro fator importante é que o Brasil possui um histórico de usar notícias falsas como ferramenta de desestabilização política e espalhar conflitos entre os mais diversos grupos sociais e de interesses ideológicos, como por exemplo, a Revolta das Vacinas em 1904 [Braga and Izaú 2021].

Por fim, há espaço para análise e discussão quanto à diversidade, acessibilidade e fatores socio-econômicos que podem ter afetado a vacinação de maneira localizada [Mathieu et al. 2021], procurando investigar a possível ausência de campanhas de vacinação em populações em classe baixa, assim como de locais utilizados em campanhas sem consideração pela mobilidade de cadeirantes, por exemplo - porém, tais dados não são fornecidos pela base utilizada.

6. Conclusão

O principal objetivo deste trabalho foi explorar dados de vacinação contra a COVID-19 no Brasil, aplicando técnicas e ferramentas de análise de *Big Data*. Os resultados obtidos destacam as vantagens do uso do Apache Spark, especialmente em relação à agilidade e praticidade no processo de carga e tratamento dos dados, especialmente em volumes elevados. Com base nisso, foi possível gerar visualizações de dados que contribuiriam para a formação de um perfil abrangente da vacinação no país, proporcionando uma análise mais detalhada e oferecendo *insights* valiosos sobre os números em diversas perspectivas.

Especificamente sob a ótica dos números de vacinação na pandemia do coronavírus no Brasil, podemos observar que Spark viabilizou a análise e consolidação de

bancos que, juntos, totalizam aproximadamente 240GB de volume, em poucos minutos em uma máquina pessoal. Referente aos dados analisados, o Apache Spark possibilitou a manipulação, filtragem e consulta dos dados de uma forma simples e rápida, permitindo que pudéssemos ter um melhor entendimento das métricas e tendo maior abrangência na exploração dos dados.

Com o desenvolvimento contínuo de tecnologias para análise de Big Data, processamento de máquinas (virtuais ou físicas), e crescimento do volume de informações digitais no sistema de saúde, notamos grandes oportunidades futuras para decisões e estudos estratégicos por parte de instituições médicas e/ou políticas embasadas em dados relevantes, independente da estrutura ou fonte. Assim como outras vantagens, tais como aumentar a qualidade e acurácia de decisões clínicas e processamento um grande número de registros de dados em segundos.

Quanto as limitações, a base não nos fornece dados sócio econômicos, de mobilidade, ou de diversidade, para que pudéssemos realizar análises mais profundas sobre os contextos de cada paciente, de forma a termos um melhor entendimento do perfil dos vacinados, e reduzir a falta de transparência da distribuição e implementação das campanhas de vacinação como um todo.

Em relação à futuros trabalhos sobre este estudo, nos aprofundaremos no perfil população vacinada. Além disso, seria interessante a realização de uma análise de carga utilizando o Azure Synapse Analytics para comparação de desempenho.

Referências

- Ahamad, Md. M., Aktar, S., Uddin, Md. J., Rashed-Al-Mahfuz, Md., Azad, A. K. M., Uddin, S., Alyami, S. A., Sarker, I. H., Khan, A., Liò, P., Quinn, J. M. W., and Moni, M. A. (2022). Adverse Effects of COVID-19 Vaccination: Machine Learning and Statistical Approach to Identify and Classify Incidences of Morbidity and Postvaccination Reactogenicity. *Healthcare*, 11(1):31.
- Aslam, F. and Yue, Y. (2022). Big data analytics and covid-19 vaccine. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, 2:100062.
- Braga, A. and Izaú, V. R. (2021). Da revolta da vacina ao povo sem vacina contra a covid-19: reflexões sobre pandemia, raça e exclusão social. *Revista Aurora*, 14(2):73–90.
- Callaway, E. and Ledford, H. (2021). How bad is Omicron? What scientists know so far. *Nature*, 600:197–199.
- Carvalho, E. d. M., Santos Junior, M. A. d., Neves, L. F. F., Oliveira, T. M. d., Massarani, L., and Carvalho, M. S. (2022). Vacinas e redes sociais: o debate em torno das vacinas no Instagram e Facebook durante a pandemia de COVID-19 (2020-2021). *Cad. Saúde Pública*, 38:e00054722.
- Chen, H., Chiang, R. H. L., and Storey, V. C. (2012). Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact on JSTOR. *MIS Quarterly*, 36(4):1165–1188.
- Chung, M., Bernheim, A., Mei, X., Zhang, N., Huang, M., Zeng, X., Cui, J., Xu, W., Yang, Y., Fayad, Z. A., Jacobi, A., Li, K., Li, S., and Shan, H. (2020). CT Imaging Features of 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV). *Radiology*.

- de Camargo Penteado, C. L., Ferreira, M. A. S., Pereira, M. A., and Chaves, J. M. S. (2021). #Vacinar ou não, eis a questão! As emoções na disputa discursiva sobre a aprovação das vacinas contra a Covid-19 no Twitter. *Polít. Soc.*, 20(49):104–133.
- Doumpos, M. and Zopounidis, C. (2016). Editorial to the special issue “business analytics”. *Omega*, 59:1–3.
- Francês, C., Silva, D., Carvalho, A., Carvalho, S., Nandamudi, L., Cardoso, E., Harbi, M., Santos, M., Teixeira, C., and Gomes, V. (2020). Análise da evolução da pandemia de covid-19 no brasil—o estado do pará. *Nota Técnica. Belém: UFPA, Laboratório de Tecnologias Sociais*.
- Galetsis, P., Katsaliaki, K., and Kumar, S. (2019). Values, challenges and future directions of big data analytics in healthcare: A systematic review. *Soc. Sci. Med.*, 241:112533.
- Galetsis, P., Katsaliaki, K., and Kumar, S. (2022). The medical and societal impact of big data analytics and artificial intelligence applications in combating pandemics: A review focused on Covid-19. *Soc. Sci. Med.*, 301:114973.
- Guedes, V. D. d. S. (2022). *Adesão à segunda dose da vacinação Covid-19 : um relato de intervenção de enfermagem*. PhD thesis.
- Levien, S. and Roskopf, D. H. (2021). COVID-19 no Brasil: um olhar social sobre a pandemia. *Revista Thema*, 20:1–16.
- Massarani, L. and Neves, L. F. F. (2021). Communicating the “Race” for the COVID-19 Vaccine: An Exploratory Study in Newspapers in the United States, the United Kingdom, and Brazil. *Front. Commun.*, 6.
- Mathieu, E., Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E., Roser, M., Hasell, J., Appel, C., Giattino, C., and Rodés-Guirao, L. (2021). A global database of COVID-19 vaccinations. *Nat. Hum. Behav.*, 5(7):947–953.
- Meng, B., Cheng, S., and Kumar, A. (2022). Big data visualization analysis: Distribution of covid-19 mortality and vaccination in the us. In *2022 International Symposium on Electrical, Electronics and Information Engineering (ISEEIE)*, pages 8–12. IEEE.
- Pazelli, G. S., Chudzinski-Tavassi, A. M., and Vasconcellos, A. G. (2022). Desenvolvimento de Vacinas: o potencial do Instituto Butantan na Pandemia de Covid-19. *CP*, 15(4):1041–1055.
- Shahriar, K. T., Islam, M. N., Anwar, Md. M., and Sarker, I. H. (2022). COVID-19 analytics: Towards the effect of vaccine brands through analyzing public sentiment of tweets. *Inf. Med. Unlocked*, 31:100969.
- Thelwall, M., Kousha, K., and Thelwall, S. (2021). Covid-19 vaccine hesitancy on English-language Twitter. *Profesional de la información*, 30(2).
- Wang, Y., Kung, L., and Byrd, T. A. (2018). Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technol. Forecasting Social Change*, 126:3–13.
- Watson, H. J. (2014). Tutorial: Big Data Analytics: Concepts, Technologies, and Applications. *AIS Electronic Library (AISEL)*, 34(1):65.