

# Gomoku - Projeto Web

Alec Oliveira Coelho\*, Luan Rodrigo da Silva Costa\*

\*Departamento de Informática e Estatística (INE), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil

**Resumo**—Este artigo descreve a implementação de um projeto web completo para a disciplina INE5646 - Programação para Web da UFSC. O projeto consiste em um jogo Gomoku (ou Five in a Row), desenvolvido com uma arquitetura de aplicação web. O *backend* foi implementado em Python utilizando o *framework* FastAPI. O *frontend* foi desenvolvido em React com TypeScript. O armazenamento de dados, incluindo perfis de usuário, estados de jogo e gravações de partidas, é gerenciado pelo banco de dados NoSQL MongoDB, um requisito obrigatório do projeto. A comunicação em tempo real entre jogadores, como o *chat* e a sincronização de movimentos, é realizada via WebSockets. Funcionalidades como gravação de partidas usando FFMPEG também foram implementadas a fim de cumprir com todos os requisitos do projeto.

**Palavras-chave**—Gomoku, Programação Web, FastAPI, React, TypeScript, MongoDB, WebSocket, FFMPEG, Arquitetura MVC.

## I. INTRODUÇÃO

O projeto web desenvolvido para a disciplina INE5646 - Programação para Web da UFSC teve como objetivo a criação de uma aplicação web implementando o jogo de estratégia Gomoku, também conhecido como "Five In a Row".

### A. Motivação

A principal motivação do projeto foi aplicar os conceitos e técnicas abordados na disciplina em um cenário prático. A escolha de um jogo *multiplayer* estratégico permite grande liberdade na escolha e aplicação das tecnologias de *backend* e *frontend* a serem utilizadas. O desafio consistia em construir um sistema robusto, e que integrasse as diversas ferramentas exigidas pelo plano de ensino, gravação de partidas e o protocolo HTTPS.

### B. Problema

O problema central do projeto foi desenvolver uma aplicação *full-stack* que suportasse múltiplos modos de jogo (PvP online, PvP local e PvE contra IA), autenticação de usuários, comunicação em tempo real e funcionalidades de mídia, como a gravação de partidas. A solução deveria seguir o padrão de projeto MVC (Model-View-Controller), ser responsiva (desktop e mobile) e atender a diversos requisitos de segurança e infraestrutura, incluindo o *deploy* obrigatório em um servidor VPS-UFSC.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) (INE5646). Correspondência ao autor: Alec Coelho (email: aleccoelho50@gmail.com) e uanL otaC (email: luanrodrigossilvacosta@gmail.com).

### C. Trabalhos Relacionados

A implementação computacional do Gomoku tem sido objeto de estudo tanto na engenharia de software quanto na inteligência artificial. Uma abordagem seminal foi apresentada por Freisleben [2], que desenvolveu uma rede neural capaz de aprender a jogar Gomoku através de treinamento supervisionado, demonstrando que arquiteturas conexionistas poderiam capturar as nuances estratégicas do jogo sem depender exclusivamente de algoritmos de busca exaustiva.

Enquanto o trabalho de Freisleben foca na otimização do agente inteligente e na predição de movimentos baseada em padrões aprendidos, este projeto adota uma abordagem de sistemas distribuídos. O foco aqui não é apenas a eficiência algorítmica da IA, mas a construção de uma arquitetura *web* robusta que integre persistência de dados, comunicação em tempo real via WebSockets e processamento de mídia.

### D. Contribuição do Trabalho

A principal contribuição deste trabalho é a integração bem-sucedida de todas as tecnologias apresentadas durante o semestre letivo. Demonstra-se uma arquitetura desacoplada onde o *backend* atua como uma API RESTful e um servidor WebSocket, o *frontend* (React) utiliza esses serviços e os traduz de forma visual, e o MongoDB gerencia a persistência de dados.

### E. Organização do Trabalho

Este artigo está organizado da seguinte forma: A Seção II apresenta a fundamentação teórica sobre as principais tecnologias utilizadas. A Seção III detalha os materiais e métodos, incluindo a arquitetura do sistema e o roteiro de instalação. A Seção IV discute os resultados obtidos, a estrutura do projeto, os problemas encontrados e as soluções de segurança. Finalmente, a Seção V apresenta as conclusões do trabalho.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção aborda os conceitos teóricos das principais tecnologias que formam a *stack* do projeto Gomoku.

### A. FastAPI

FastAPI é um *framework* web Python, baseado em Starlette (para a parte assíncrona ASGI) e Pydantic (para validação de dados) [6]. Sua arquitetura permite o desenvolvimento de APIs RESTful e o gerenciamento de conexões WebSocket, sendo ideal para aplicações que exigem baixa latência e I/O intensivo, como o *backend* deste projeto.

### B. React e TypeScript

React é uma biblioteca JavaScript para a construção de interfaces de usuário (UI) baseada em componentes [7]. Ele utiliza um *Virtual DOM* para otimizar as atualizações da UI, resultando em uma experiência de usuário fluida. TypeScript é um *superset* do JavaScript que adiciona tipagem estática [8], utilizado no projeto para garantir a manutenibilidade, robustez e escalabilidade do código do *frontend*.

### C. MongoDB

MongoDB é um banco de dados NoSQL orientado a documentos, que armazena dados em estruturas BSON (*Binary JSON*) [9]. Foi o banco de dados obrigatório para o projeto e é utilizado para persistir dados de usuários, jogos e placares. O projeto utiliza Volumes Docker para armazenar arquivos grandes, como as gravações de vídeo das partidas, visando performance de I/O.

### D. WebSocket

O protocolo WebSocket fornece um canal de comunicação bidirecional e *full-duplex* sobre uma única conexão TCP. Diferente do ciclo de requisição-resposta do HTTP, o WebSocket mantém uma conexão persistente, permitindo que o servidor envie dados ao cliente proativamente. Esta tecnologia é a base para as funcionalidades em tempo real do projeto, como o chat, o *lobby* e a sincronização dos movimentos no tabuleiro.

### E. FFMPEG

FFMPEG é uma suíte de *software* livre para manipulação, gravação, conversão e *streaming* de áudio e vídeo [10]. Conforme os requisitos do projeto, o FFMPEG é utilizado no *backend* para processar e gravar as partidas no formato WebM, que são subsequentemente armazenadas no sistema de arquivos do servidor.

## III. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção descreve a arquitetura do projeto, as ferramentas utilizadas e o processo de configuração e instalação para replicação do ambiente.

### A. Arquitetura da Aplicação

A aplicação segue um padrão de projeto próximo ao MVC (Model-View-Controller), desacoplado em dois serviços principais:

- **Backend (API):** Implementado em FastAPI, serve como o *Controller* e o *Model*. Ele expõe uma API RESTful para gerenciamento de usuários e jogos, e um *endpoint* WebSocket para comunicação em tempo real (chat, lobby, jogadas). Ele se comunica com o banco de dados MongoDB (usando o *driver* assíncrono Motor) para persistir os dados.
- **Frontend (View):** Implementado em React com TypeScript, é a camada de visualização. Consome a API RESTful do *backend* para operações de dados e se conecta ao WebSocket para atualizações em tempo real. O estado

da aplicação é gerenciado localmente nos componentes e através de Contexts do React.

- **Banco de Dados:** O MongoDB (hospedado no MongoDB Atlas em produção) atua como a camada de persistência.
- **Infraestrutura:** A aplicação é orquestrada utilizando Docker e Docker Compose, facilitando os ambientes de desenvolvimento e produção.

### B. Tecnologias, Frameworks e APIs

A Tabela I e a Tabela II resumem as principais tecnologias usadas no *backend* e *frontend*, respectivamente.

Tabela I  
STACK DO BACKEND

Tecnologia	Descrição
FastAPI	Framework web assíncrono (ASGI)
Motor	Driver MongoDB assíncrono
Uvicorn	Servidor ASGI
WebSockets	Comunicação em tempo real
python-jose	Autenticação JWT
ffmpeg-python	Wrapper para gravação de vídeo

Tabela II  
STACK DO FRONTEND

Tecnologia	Descrição
React	Biblioteca de UI
TypeScript	Tipagem estática para JavaScript
Axios	Cliente HTTP (REST)
Native WebSocket	API nativa do navegador
React Router	Roteamento de páginas

### C. Estrutura do Projeto (MVC)

O *backend* foi estruturado seguindo o padrão MVC, adaptado para o FastAPI:

- **Models:** Definidos em `'backend/models/'`, usando Pydantic para validação de dados de API e classes para os modelos do MongoDB.
- **Views (Templates):** O *backend* é *headless* (sem *view*), sendo o React a camada de visualização desacoplada.
- **Controllers (Rotas):** Definidos em `'backend/routers/'`. Cada arquivo (e.g. `'auth.py'`, `'games.py'`, `'websocket.py'`) agrupa a lógica de negócios para um conjunto de *endpoints*, recebendo requisições, interagindo com os serviços e retornando respostas JSON.
- **Services:** A lógica de negócios complexa (ex: cálculo de ELO, gravação FFMPEG) foi abstraída em `backend/services/`, como `ranking_service.py` e `ffmpeg_service.py`.
- **Game Manager:** Singleton em memória (`game_manager.py`) que gerencia a fila de *matchmaking* e estados transitórios antes da persistência no banco.

A Figura 1 ilustra a árvore de diretórios principal do *backend*.

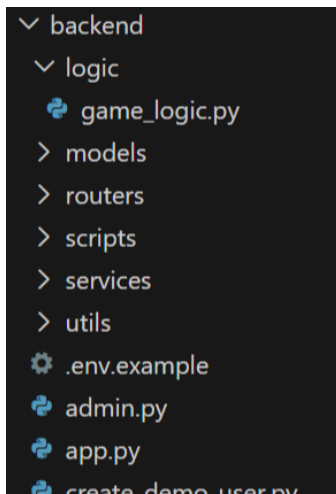


Figura 1. Estrutura de diretórios do serviço de backend.

#### D. Roteiro de Pacotes

Além dos *frameworks* principais, o projeto utiliza um ecossistema de bibliotecas específico para implementação de todos os requisitos sem conflitos.

1) *Backend (Python)*: As dependências gerenciadas pelo `pip` e listadas no `requirements.txt` incluem:

- **Motor**: Driver assíncrono para MongoDB, essencial para manter a natureza não-bloqueante do FastAPI durante operações de banco de dados.
- **Python-jose**: Biblioteca utilizada para a criação, assinatura e verificação de tokens JWT (JSON Web Tokens) no processo de autenticação.
- **Passlib [bcrypt]**: Responsável pelo *hashing* seguro e verificação de senhas de usuários, garantindo que credenciais não sejam armazenadas em texto plano.
- **FFmpeg-python**: *Wrapper* que permite a orquestração de comandos do FFMPEG diretamente via código Python para o processamento de vídeos das partidas.
- **Pydantic**: Fundamental para a validação de dados, serialização e definição de esquemas de entrada e saída da API.

2) *Frontend (Node.js)*: No ecossistema JavaScript/TypeScript, as principais bibliotecas incluem:

- **React Router Dom**: Gerencia a navegação e o roteamento do lado do cliente (*Client-Side Routing*), permitindo a construção de uma *Single Page Application* (SPA) fluida.
- **Axios**: Cliente HTTP baseado em *promises*, utilizado para realizar todas as requisições assíncronas para a API REST do *backend*.
- **TypeScript**: Adiciona tipagem estática ao projeto, aumentando a segurança do código e facilitando a manutenção e refatoração.

#### E. Softwares e Roteiro de Instalação

O projeto é desenhado para ser executado com Docker e Docker Compose, simplificando a configuração do ambiente.

##### 1) Pré-requisitos:

- Docker
- Docker Compose
- Git

2) *Roteiro de Instalação (Produção)*: O processo de *deploy* em modo de produção é feito com o Docker Compose, que constrói e orquestra os contêineres do *backend*, *frontend* (servido via Nginx) e MongoDB.

```
1 # Clone o repositório
2 git clone https://github.com/Coelho50/Gomoku.git
3 cd Gomoku
4
5 # Execute em modo produção (com Nginx)
6 docker-compose -f docker-compose.yml up -d --profile production
```

Listing 1. Comandos para execução em modo produção

3) *Roteiro de Instalação (Desenvolvimento)*: O modo de desenvolvimento utiliza o Docker Compose para subir os serviços com *hot-reloading* no *backend* (Uvicorn) e *frontend* (React Scripts), além de expor um painel de administração do MongoDB (Mongo Express).

```
1 # Execute com MongoDB Admin Interface
2 docker-compose --profile debug up
3
4 # Portas em Modo Debug:
5 # Frontend: http://localhost:9001
6 # Backend API: http://localhost:9000
7 # MongoDB Admin: http://localhost:8081
```

Listing 2. Comandos para execução em modo desenvolvimento

#### F. Links do Projeto

- **Repositório** **GitHub**: <https://github.com/piloto-life/Gomoku>
- **Link** **da** **Aplicação** **(VPS-UFSC)**: <https://web.luan.costa.vms.ufsc.br/>

## IV. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados da implementação, a estrutura final do projeto, os problemas encontrados durante o desenvolvimento e as soluções de segurança aplicadas.

#### A. Funcionalidades Implementadas

O projeto implementou com sucesso todas as funcionalidades requisitadas:

- **Gravação com FFMPEG**: O `'ffmpeg_service.py'` gerencia a gravação de partidas, com APIs para iniciar, parar e listar gravações. Os vídeos são armazenados no sistema de arquivos e podem ser acessados via *streaming* por uma URL.
- **Sistema de Ranking ELO**: O `'ranking_service.py'` calcula o ELO dos jogadores após cada partida online (Fator  $K=32$ ), armazena estatísticas e fornece *endpoints* para um *leaderboard* global.
- **Administração CRUD**: O `'routers/admin.py'` implementa um conjunto completo de rotas protegidas para

gerenciamento de usuários, jogos e configurações do sistema.

- **Design Responsivo:** Conforme detalhado em `'DESIGN_IMPLEMENTATION_SUMMARY.md'`, foi implementado um sistema de design responsivo completo, garantindo a usabilidade em dispositivos *mobile* e *desktop*.
- **Modo Espectador:** Funcionalidade que permite a usuários assistirem partidas em andamento em tempo real via WebSocket, sem permissão de interação no tabuleiro.

As Figuras 2 e 3 mostram *screenshots* da aplicação final.

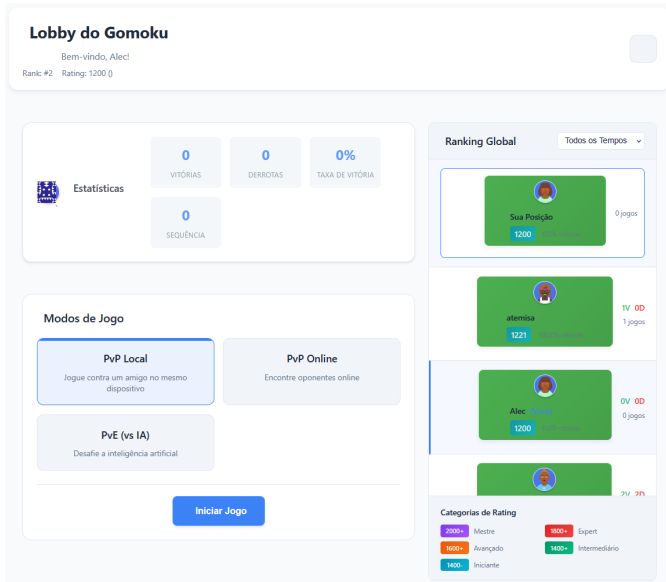


Figura 2. Interface do lobby de jogos, mostrando a seleção de modo de jogo e a lista de jogadores no rank.

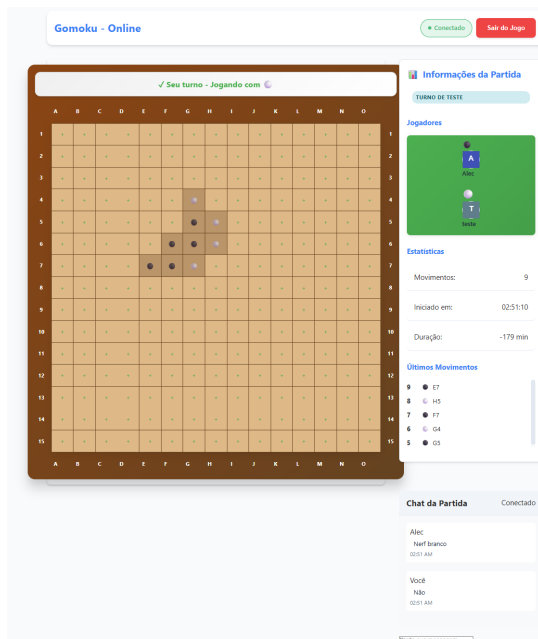


Figura 3. Interface de partida PvP online.

## B. Problemas Encontrados e Soluções

Durante o desenvolvimento, diversos desafios técnicos surgiram:

- **Instabilidade de Conexão WebSocket:** O *lobby* desconectava imediatamente após a conexão. A causa raiz era que o *backend* aceitava a nova conexão *antes* de fechar a conexão antiga do mesmo usuário. A correção envolveu reordenar o fluxo para: 1) Autenticar token, 2) Fechar conexão antiga, 3) Aceitar nova conexão.
- **Matchmaking com Reconexão:** Jogadores desapareciam da fila ao reconectar. A função `'disconnect_from_lobby()'` removia o usuário de `'online_players'`. A solução foi modificar a lógica para, durante uma reconexão, apenas remover o *socket* antigo, mantendo o usuário na lista de jogadores online.
- **Modal de Vitória Exibido como Erro:** Um bug visual fazia com que a tela de vitória fosse renderizada como um modal de erro. A correção foi feita no `'Game.tsx'`, garantindo que o estado `'isGameOver'` com um vencedor disparasse o componente `'GameSuccessModal'` ao invés de um modal de erro genérico.
- **Dessincronização de Protocolo de Chat:** O Frontend esperava um objeto aninhado e um tipo específico (`'chat_message'`), enquanto o Backend enviava um objeto plano com tipo genérico (`'chat'`). A solução foi a padronização das interfaces de mensagem entre cliente e servidor.
- **Consistência de Estado no Lobby:** Jogos abandonados permaneciam listados. A solução foi implementar um *garbage collector* acionado por eventos de desconexão do WebSocket que verifica salas vazias e atualiza o status no MongoDB atômicamente.

## C. Testes de Vulnerabilidade

Para validar a robustez das implementações de segurança, a aplicação foi submetida a testes de intrusão controlados utilizando ferramentas padrão da indústria.

O *Burp Suite* foi utilizado como um *proxy* de interceptação para analisar o tráfego HTTP e WebSocket entre o cliente React e o servidor FastAPI. Foram realizados testes de manipulação de dados em tempo real (*Man-in-the-Middle*), onde *payloads* JSON enviados via WebSocket foram interceptados e modificados na tentativa de executar movimentos ilegais no tabuleiro ou personificar outros jogadores. O sistema demonstrou resiliência, com o *backend* validando corretamente a integridade das mensagens e rejeitando dados que não correspondiam ao estado atual do jogo ou à assinatura do *token* JWT.

Adicionalmente, utilizou-se a ferramenta *Surfshark VPN* para simular conexões a partir de múltiplos endereços IP e localizações geográficas distintas. O objetivo foi verificar a estabilidade da conexão persistente (WebSocket) sob latências variadas e testar se o servidor expunha informações sensíveis da infraestrutura interna (como IPs reais da rede Docker) durante trocas de rota. Os testes confirmaram que o Nginx atuou como *gateway*, anonimizando a topologia da rede interna.

#### D. Soluções de Segurança

A segurança foi um pilar do projeto, conforme os requisitos da disciplina:

- **Autenticação:** Implementada com JSON Web Tokens (JWT), utilizando *tokens* de acesso (curta duração) e *refresh tokens* (longa duração) armazenados de forma segura.
- **HTTPS:** O *deploy* no VPS utiliza Nginx como *proxy* reverso com certificados SSL/TLS, garantindo a criptografia.
- **CORS:** O *backend* FastAPI é configurado para permitir requisições apenas das origens do *frontend* definidas em variáveis de ambiente.
- **Prevenção de Injeção:** O uso de um *driver* Motor para o MongoDB mitiga riscos de NoSQL Injection, pois as consultas são parametrizadas. A validação de entrada é feita pelo Pydantic.
- **XSS/CSRF:** Medidas de sanitização de *inputs* no *frontend* (especialmente em campos de chat) e *headers* de segurança (via Nginx/Helmet.js) foram planejadas para prevenir XSS e CSRF.

#### E. Estrutura de Arquivos do Projeto

A estrutura final de arquivos do projeto, após a exclusão de dependências e arquivos de configuração de ambiente local, organiza-se da seguinte maneira, evidenciando a separação clara entre *frontend*, *backend* e infraestrutura:

```

1 Gomoku/
2 |-- backend/
3 |   |-- logic/
4 |   |   |-- game_logic.py
5 |   |-- models/
6 |   |   |-- game.py
7 |   |   |-- user.py
8 |   |   |-- database.py
9 |   |-- routers/
10 |   |   |-- auth.py
11 |   |   |-- games.py
12 |   |   |-- lobby.py
13 |   |   |-- websocket.py
14 |   |-- services/
15 |   |   |-- ffmpeg_service.py
16 |   |   |-- ranking_service.py
17 |   |-- app.py
18 |   |-- database.py
19 |   |-- game_manager.py
20 |   |-- main.py
21 |   |-- requirements.txt
22 |-- frontend/
23 |   |-- public/
24 |   |-- src/
25 |   |   |-- components/
26 |   |   |   |-- GameBoard.tsx
27 |   |   |   |-- GameChat.tsx
28 |   |   |   |-- ...
29 |   |   |-- contexts/
30 |   |   |   |-- AuthContext.tsx
31 |   |   |   |-- GameWebSocketContext.tsx
32 |   |   |-- hooks/
33 |   |   |   |-- useGameWebSocket.ts
34 |   |   |-- pages/
35 |   |   |   |-- Game.tsx
36 |   |   |   |-- Lobby.tsx
37 |   |   |   |-- Login.tsx
38 |   |   |-- services/
39 |   |   |   |-- api.ts
40 |   |   |-- App.tsx
41 |   |   |-- index.tsx
42 |   |-- Dockerfile
43 |   |-- package.json
44 |   |-- tsconfig.json

```

```

45 |-- nginx/
46 |   |-- nginx.conf
47 |-- tests/
48 |-- docker-compose.yml
49 |-- Makefile
50 |-- README.md

```

#### V. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do projeto Gomoku Web atingiu seus objetivos principais, entregando uma aplicação *full-stack* robusta que cumpre os requisitos básicos do jogo, mas também implementa um conjunto de funcionalidades avançadas e complexas. A arquitetura escolhida, baseada em FastAPI para o *backend* e React para o *frontend*, provou ser altamente eficaz. O FastAPI gerenciou com excelência as operações assíncronas de WebSockets e as requisições da API, enquanto o React forneceu uma interface de usuário fluida e responsiva. A integração de FFMPEG e um sistema de ranking ELO demonstrou a capacidade de estender a aplicação com serviços ao nível requisitado. Os desafios encontrados, especialmente na estabilidade da comunicação em tempo real e no *design* responsivo, foram superados e resultaram em um sistema mais resiliente e polido.

#### REFERÊNCIAS

- [1] W. B. da Silva, "Instruções para o PW" *Moodle UFSC - INE5646*, 2025. Acessado em: 05/11/2025. [Disponível em: Gomoku/docs/projeto.md]
- [2] B. Freisleben, "A neural network that learns to play five-in-a-row," in *Proceedings of 1994 IEEE International Conference on Neural Networks (ICNN'94)*, vol. 7, pp. 4602-4606, 1994.
- [3] A. O. Coelho e L. R. da S. Costa, "FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS - Gomoku Project," *Documentação do Projeto*, 2025. [Disponível em: Gomoku/FUNCIONALIDADES\_IMPLEMENTADAS.md]
- [4] A. O. Coelho e L. R. da S. Costa, "Gomoku - Projeto Web UFSC," *Documentação do Projeto (README.md)*, 2025. [Disponível em: Gomoku/README.md]
- [5] A. O. Coelho e L. R. da S. Costa, "requirements.txt," *Dependências do Backend*, 2025. [Disponível em: Gomoku/backend/requirements.txt]
- [6] *FastAPI*, Tiangolo. [Online]. Disponível: <https://fastapi.tiangolo.com/>
- [7] *React*, Meta. [Online]. Disponível: <https://react.dev/>
- [8] *TypeScript*, Microsoft. [Online]. Disponível: <https://www.typescriptlang.org/>
- [9] *MongoDB Documentation*, MongoDB Inc. [Online]. Disponível: <https://www.mongodb.com/docs/>
- [10] *FFMPEG*, FFMPEG.org. [Online]. Disponível: <https://ffmpeg.org/>

#### APÊNDICE A

##### CÓDIGO FONTE DE CONFIGURAÇÃO

Principais arquivos de configuração do projeto, que definem a infraestrutura com Docker, as dependências do *backend* e *frontend*.

- A. *docker-compose.yml*
- B. *package.json (Frontend)*