codeflex – aplicação web de programação competitivA

miguel antónio ferrão Brito

RELATÓRIO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE LICENCIADO

EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Mês/Ano (conclusão do estágio/projeto)

Ficha de Identificação

Aluno: Miguel António Ferrão Brito

Nº 1011695

Licenciatura: Engenharia Informática

Estabelecimento de Ensino:

Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico da Guarda

Orientador de Estágio:

Nome: Professor Celestino Gonçalves

Grau académico: Mestre

Agradecimentos

Resumo

Abstract

# Índice

# Siglário

# Introdução

## Motivação

Nos dias que correm existe uma grande procura no que diz respeito à área das Tecnologias da Informação, sendo a programação um dos focos do mercado. Nesta área, a prática e o estudo de conceitos como algoritmos e estruturas de dados é um dos fatores nucleares para o crescimento enquanto programador.

Sendo o meio académico um dos principais locais onde é feita a introdução à programação e são desenvolvidas bases fundamentais, é essencial que haja um aumento na quantidade de exercícios resolvidos por parte dos alunos, que se encontra, no entanto, longe de ideal devido ao trabalho envolvido na avaliação dos mesmos. [1]

Neste contexto, as aplicações web de programação competitiva têm uma grande importância como um método de preparação, estudo e avaliação, e como tal, existe a necessidade de uma aplicação que possa reunir problemas tipo para facilitar uma maior imersão dos utilizadores com a resolução de problemas recorrendo à programação.

A nível pessoal, o interesse surgiu pela participação em alguns torneios no passado e pela consideração deste desafio como interessante para aplicar e solidificar os conhecimentos adquiridos ao longo da licenciatura e explorar novas tecnologias.

## Objetivos

Este projeto tem como objetivo a implementação de uma aplicação *web* que permitirá a prática de programação competitiva. Esta prática consiste na criação de soluções para um determinado problema, proposto por outros utilizadores, recorrendo a código que é posteriormente compilado e executado relativamente a *inputs* predefinidos. Caso o código submetido pelo utilizador gere os *outputs* pretendidos considera-se a resposta como válida. Tendo em vista o proposto, a plataforma deverá cumprir os seguintes objetivos:

1. Plataforma *online*.
2. Sistema de autenticação de utilizadores.
3. Desafios para prática sem limitações de tempo organizados por categorias.
4. Torneios limitados por tempo.
5. Classificação de utilizadores por ELO.
6. Editor de texto embutido.
7. Compilação e avaliação das soluções submetidas.
8. Criação de torneios privados por parte do utilizador final.

## Estrutura do Documento

# Estado da Arte

A realização do estudo e de uma análise crítica das restantes plataformas da área é um passo essencial para identificar e procurar colmatar as falhas existentes no modelo de aplicações atual.

Inicialmente foram realizadas pesquisas acerca das principais aplicações atuais e das suas principais características das quais resultou a Tabela 1.

Esta pesquisa foi baseada nos seguintes parâmetros:

1. Características inovadoras
2. Semelhança com os objetivos apresentados
3. Conhecimento e experiência anterior de algumas das plataformas

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Plataforma  Características | Codeflex | TopCoder | LeetCode | HackerEarth | HackerRank | CodeChef | Codeforces |
| Torneios | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Prática de desafios | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Simulação de Torneios | Não | Não | Sim | Não | Não | Não | Não |
| Conquistas | Não | Sim | Não | Não | Sim | Sim | Não |
| Classificação | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Procura de Emprego | Não | Sim | Não | Sim | Sim | Não | Não |
| Networking/Discussão | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim |
| Mock interviews | Não | Não | Sim | Não | Não | Não | Não |
| Torneios Privados | Sim | Não | Não | Não | Não | Não | Não |
| Classificação global Alexa | -- | 27773 | 2878 | 7381 | 3844 | 7145 | 7524 |

Tabela - Comparação de funcionalidades por plataformas

## Aplicações existentes

Das aplicações apresentadas anteriormente foram escolhidas a *LeetCode* e *HackerRank* para uma análise mais aprofundada e crítica comparativamente à solução que se pretende desenvolver tendo em vista as suas semelhanças e completude.

### LeetCode

A plataforma *LeetCode* [2]é uma das plataformas mais populares da atualidade e conta em especial com uma enorme variedade de problemas de preparação para entrevistas de emprego na área da programação. Existem categorias de problemas redirecionados para entrevistas a grandes empresas da área como por exemplo Google, Facebook, Amazon, Microsoft, Apple entre outras. Oferece também sessões de *mock interviews* para utilizadores com subscrição *premium* na tentativa de simular o ambiente de pressão de uma entrevista.

Para além das categorias de preparação focadas em empresas possuí também uma variedade de tópicos para aprendizagem genérica de Algoritmos e Estruturas de Dados. Até à atualidade a plataforma disponibiliza um total de 816 problemas para resolução. [3]

Na Figura 1 podem ser observadas algumas das categorias anteriormente referidas.



Figura 1 - Categorias da plataforma LeetCode

Apesar da plataforma conter todo um foco para preparação e aprendizagem não deixa aquém na parte competitiva. São realizados torneios semanais regularmente e cada um destes torneios conta com um conjunto de 4 questões de dificuldade progressiva com uma duração total de 90 minutos.

Outro dos pontos de inovação desta plataforma é a possibilidade de um utilizador poder simular a realização de um torneio que já decorreu.

A plataforma contém um editor de texto *online*, proporcionado pela *framework Codemirror* que pretende simular a existência de um *IDE*. Esta *framework* processa também *syntax* de acordo com a linguagem escolhida o que torna o editor mais apelativo e o código mais legível, possuí ainda algumas características básicas de *code completion*.

Existe também a possibilidade de escolher o modo do editor de texto: *Vim, Emacs* ou Normal e escolher entre uma variedade de temas disponibilizados.

A plataforma disponibiliza compiladores para as seguintes linguagens: C++, Java, Python, Python 3, C, C#, Javascript, Ruby, Swift, Go, Scala e Kotlin. Não disponibiliza no entanto qualquer informação sobre se utiliza um serviço de *APIs* para a compilação e avaliação dos problemas como por exemplo o *Sphere Engine* ou se contém uma *API* proprietária.

No geral, esta aplicação oferece uma interface intuitiva e fácil de utilizar com uma enorme variedade e qualidade de problemas para qualquer utilizador que tenha a curiosidade e/ou necessidade de estudar as áreas propostas.

### HackerRank

A plataforma *HackerRank* [4] é até á data a plataforma com mais utilizadores registados na sua *leaderboard* (inserir citação para anexo). Comparativamente com o *LeetCode* esta plataforma contém algum foco na preparação para entrevistas e na procura de trabalho, sendo usada a nível empresarial para realização de entrevistas técnicas.



Figura 2 - Landing page da plataforma HackerRank

A oferta de problemas tipo estende-se a várias categorias como por exemplo Algoritmos, Estruturas de Dados, Inteligência Artificial, Base de Dados entre outras.

No que diz respeito a nível competitivo a oferta é bem mais variada pela oferta de problemas de duração semanal, *Week of Code*, que se realizam mensalmente, pelas competições de duração de 60 minutos, *Hour of Code*, também realizadas mensalmente, para além de todas as outras competições e *Hackathons* promovidos por empresas.

A plataforma contém um editor de texto *online*, proporcionado também pela *framework Codemirror* [5] não variando muito a sua customização relativamente á plataforma anterior.

A lista de compiladores disponíveis por esta plataforma é bastante extensiva, oferecendo BASH, C, Clojure, C++, C++14, C#, D, Erlang, F#, Go, Groovy, Haskell, Java 7, Java 8, Javascript, LOLCode, Lua, Objective-C, OCaml, Pascal, Perl, PHP, Python 2, Python 3, R, Racket, Ruby, Rust, Scala, Swift e VB.Net. Estima-se que a plataforma recorra a um serviço de compilação e avaliação externo e não a software proprietário dada a variedade de compiladores disponibilizados.

Esta plataforma possibilita a criação e gestão de torneios por parte dos utilizadores algo que não é possível na maioria das plataformas estudadas, no entanto estes torneios são sempre públicos e estão disponíveis para todos os utilizadores.

No geral esta plataforma obteve a sua popularidade pela facilidade com que um utilizador novato se pode introduzir no mundo da programação competitiva, quer pelo seguimento de problemas aconselhados ou pela regularidade de torneios mais ‘amigáveis’.

## Análise crítica das soluções existentes

Ambas as soluções apresentadas são excelentes soluções que abrangem na sua maioria os objetivos propostos para a criação da nova solução.

A plataforma *LeetCode* tem como principais pontos de destaque o seu foco para preparação de entrevistas e aprendizagem, no entanto não possibilita ao utilizador a criação de torneios e a diversidade de torneios é inferior ao *HackerRank*.

O *HackerRank* é uma solução bastante sólida e é a plataforma que mais se assemelha aos objetivos pretendidos, no entanto a funcionalidade de criação de torneios não permite que sejam classificados como privados.

A criação de torneios privados é um dos principais problemas que a nova solução pretende colmatar. Fornecerá uma maior facilidade ao utilizador por exemplo em situações de realização de *Hackathons*/competições *onsite* e também poderá ser utilizado como um método de avaliação e/ou preparação de alunos para disciplinas envolvendo programação.

Tendo em conta que um dos desafios da plataforma passa pela compilação e avaliação do código submetido pelos utilizadores, será feita uma breve análise do principal serviço da área. O serviço *Sphere Engine* [6]é utilizado por várias aplicações (*ex.: ideone, codechef*)*,* para realizar a compilação e execução das submissões de utilizadores. É um serviço pago com foco em prestação de serviços a nível empresarial. A oferta de compiladores é extremamente extensiva abrangendo 66 linguagens [7].

As principais características que o serviço fornece são:

1. Compilação de submissões
2. Execução de casos de teste relativos a uma submissão
3. Avaliação parcial das submissões
4. Limitações de execução para tempo de CPU e memória
5. Análise da complexidade dos algoritmos

Espera-se que a solução apresentada seja capaz de realizar os 4 primeiros pontos listados anteriormente.

https://www.quora.com/What-is-the-most-popular-platform-in-competitive-programming

# Metodologia

Uma metodologia de *software* é um conjunto de atividadesque tem um papel fundamental na estruturação, planeamento e controlo do processo de desenvolvimento de *software*. É o seguimento de uma metodologia que permite que o desenvolvimento seja realizado de forma focada para com as exigências do cliente e com um maior grau de organização e qualidade.

A metodologia Ágil surgiu com o objetivo de trazer mais flexibilidade para o processo de planeamento e desenvolvimento de *software* relativamente às metodologias clássicas (ex.: *Waterfall*), nas quais, os seus processos rígidos e pouco iterativos dificultam os ambientes que necessitam de atualização constante, quer por parte da introdução de novas tecnologias, ou por exigências do cliente.

Sendo assim, a metodologia Ágil caracteriza-se, segundo o seu manifesto [8] por priorizar:

* Indivíduos e interações sobre processos e ferramentas – Existe a participação de todos os intervenientes do processo (designers, gestores de projeto e produto, programadores, utilizadores, etc.) a cada iteração.
* *Software* funcional sobre documentação – A implementação dos requisitos e a sua validação por testes é preferível à extensiva realização de documentação
* Colaboração entre clientes sobre negociação de contratos.
* Responder e adaptar às mudanças sobre seguir a rigidez do plano – As mudanças que se consideram como importantes para a evolução do projeto devem ser aplicadas mesmo que não façam parte do plano atual.

Dentro do espetro da metodologia Ágil optou-se pela utilização do modelo Scrum.

## Metodologia de desenvolvimento: Scrum

O Scrum é uma *framework* baseada em metodologia Ágil que se destaca pela grande iteratividade e possibilidade da realização de um processo incremental. É um modelo eficaz quando ainda não está claro o que se pretende desenvolver na totalidade do projeto. O funcionamento deste modelo pode ser observado pela Figura 3 e descreve-se como o seguinte:

1. Os requisitos obtidos pelo estudo do mercado e a interação com o cliente são armazenados (*Product Backlog*) de forma ordenada de acordo com a sua prioridade.
2. São selecionados *n* requisitos do *Product Backlog* para o planeamento de um Sprint (período de tempo no qual a equipa se propõe a realizar o que for definido) de acordo com a sua prioridade e métricas (ex.: tempo de implementação) obtidas por experiência passada. Os Sprints duram tipicamente entre 1 a 4 semanas. Nesta fase determina-se essencialmente quem faz o quê.
3. Ao longo do Sprint são realizadas reuniões diárias de curta duração e informais, envolvendo toda a equipa onde cada interveniente deve procurar responder às seguintes questões:
   1. “O que fiz desde a última reunião?”
   2. “O que pretendo ter feito até à próxima reunião?”
   3. “Que dificuldades estou a ter?”

Estas questões pretendem transmitir à equipa o estado do trabalho atual, planear trabalho futuro e criar um espírito de entreajuda para situações de dificuldade.

1. No fim de cada Sprint é feita uma revisão para avaliar quais os objetivos cumpridos. Por norma, a equipa demonstra as funcionalidades implementadas. É também importante nesta fase realizar uma retrospetiva tendo em vista analisar o que pode ser melhorado para Sprints futuros.
2. Cada Sprint contará como um incremento no avanço do projeto.O processo descrito realiza-se várias vezes até que o cliente se encontre satisfeito com o resultado.



Figura 3 - Diagrama de funcionamento do Scrum, Fonte [9]

A escolha do Scrum para a utilização como metodologia de planeamento e desenvolvimento resultou das incógnitas inicias associadas ao rumo de alguns módulos da aplicação e da pouca experiência inicial de algumas das tecnologias. A realização de reuniões semanais com o orientador é também um facto que suporta o uso deste modelo visto que simula as revisões e o curto período de tempo de um Sprint. Nestas reuniões pretende-se apresentar e avaliar o que foi feito e planear o que será feito na próxima semana.

(FALAR DO TRELLO)

# Análise de Requisitos

Os requisitos de um sistema são um conjunto de informação sobre o que se espera que a plataforma faça e permita fazer. Foi feita uma análise tendo em conta os objetivos iniciais traçados e criado um conjunto de diagramas recorrendo à linguagem UML onde será planeada a implementação dos casos de uso.

A aplicação apresentada terá que possibilitar a interação com 2 tipos de utilizadores. O ‘Programador’ que será o principal utilizador a interagir com o sistema e o ‘Gestor de Conteúdos’ que será o utilizador com mais permissões e um maior leque de funcionalidades.

## Diagrama de Contexto

O diagrama de contexto é um diagrama que demonstra sobretudo

## 

## Atores e respetivos casos de uso

A Tabela 2 demonstra os atores intervenientes na plataforma e os respetivos casos de uso.

|  |  |
| --- | --- |
| Atores | Casos de Uso |
| Programador | Consultar categorias de problemas práticos  Consultar lista de problemas de uma categoria  Submeter solução(código) para o problema  Consultar classificação global  Consultar classificação de torneio  Consultar submissões para determinado problema  Consultar torneios  Participar em torneios  Adicionar e gerir torneio privado  Adicionar e gerir problemas de um torneio  Adicionar e gerir casos de teste de um problema |
| Gestor de Conteúdos | Todas as funcionalidades do utilizador programador.  Gerir categorias  Gerir problemas públicos  Gerir casos de teste associados a problemas públicos |

Tabela - Atores e respetivos casos de uso

## Diagrama de casos de uso

# 

## Descrição dos casos de uso e Diagramas de Sequência

No processo de desenvolvimento

# Implementação da Solução

Feito o estudo de algumas das soluções existentes no mercado e análise do rumo que a aplicação pretende seguir, através da recolha e planeamento de requisitos, segue-se a construção da aplicação *web*.

Como tal, foi escolhido um grupo de tecnologias que permita o desenvolvimento da forma mais adequada e eficiente possível.

## Tecnologias Utilizadas

### Java EE

A linguagem *Java* encontra-se no topo como uma das linguagens mais utilizadas das últimas décadas [10], o facto da *Java Virtual Machine* ser multiplataforma concede uma enorme versatilidade a esta linguagem sendo usada para desenvolvimento em dispositivos móveis, aplicações *desktop*, *backend* de aplicações *web*, robótica, entre outros.

Para o desenvolvimento de *backend* de aplicações *web* recorre-se à versão *Enterprise Edition* desta linguagem que fornece um conjunto de APIs para gestão de pedidos *HTTP, WebSockets, web services RESTful,* processamento de *JSON*, persistência de dados, etc.

A curiosidade de explorar a parte *enterprise* desta linguagem teve um grande pesar na escolha relativamente ao *nodejs,* em especial por ser uma solução bastante sólida e por se encontrar em utilização na indústria desde o final dos anos 90 [11].

Na tentativa de tornar o processo de desenvolvimento mais eficiente optou-se pelo uso de várias *frameworks.*

#### Spring

O uso desta *framework* tem vindo a crescer nos últimos tempos de forma exponencial encontrando-se já no topo de popularidade [12] de *frameworks Java* mais utilizadas. É constituída por uma grande variedade de módulos que variam desde c*loud* a *mobile*. No desenvolvimento foram utilizados os seguintes:

* Spring Boot: Módulo que facilita a criação e toda a configuração inicial e que como tal permite ter um projeto inicial pronto em poucos minutos.
* Spring Data JPA: Módulo que recorre à *Java Persistence API* para facilitar a criação de modelos de dados.
* Spring Security: Módulo que facilita a implementação de autenticação na aplicação.

#### Hibernate

Esta *framework* tem como principal função mapear um conjunto de objetos em lógica relacional de base de dados, removendo assim a necessidade de haver a criação manual das tabelas e a lógica que ligará essas tabelas aos objetos. Conta também com uma linguagem própria para fazer *queries* orientadas a objetos (*Hibernate Query Language)* no entanto o suporte a *SQL* também está presente.

### JavaScript

*JavaScript* é uma linguagem de programação interpretada (não necessita de ser compilada) que conta com características do paradigma orientado a objetos [13]. É conhecida sobretudo por ser utilizada num ambiente de páginas *web* na qual permite uma interação com o *DOM* e assim uma maior interatividade entre o utilizador e a página, no entanto esta não se restringe ao ambiente do *browser* e é usada em especial pelo *nodejs* e *electron* [14].

As principais bibliotecas *JavaScript* utilizadas nesta aplicação são: jQuery, ReactJS e MathJax.

### ReactJS

*React* é uma framework baseada em *JavaScript* criada pelo *Facebook.* Esta *framework* possui uma versão para desenvolvimento *mobile,* denominada de *React Nactive* e também a sua versão *frontend* para criação de páginas *web* interativas, denominada de ReactJS.

Um dos principais pontos fortes desta *framework* passa pela modularidade com que as interfaces são desenvolvidas recorrendo ao uso de componentes. Esta modularidade permite que recorrendo a uma *Virtual DOM* apenas os componentes que são alterados são renderizados de novo, algo que não acontece com o típico *DOM* onde cada mudança exige a uma renderização completa da página o que implica um maior uso de recursos e mais tempo de processamento. Esta diferença pode ser observada pela figura Figura 4.

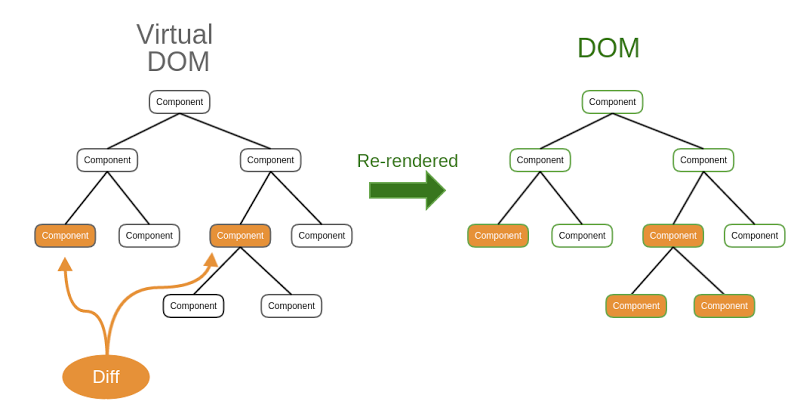


Figura 4 - React Virtual DOM vs Typical DOM

### MySQL

O MySQL é um sistema de gestão de bases de dados relacionais *open-source* baseado em SQL. A sua popularidade resulta sobretudo de estar presente nas famosas *stacks* *WAMP/LAMP.* Este sistema de gestão de BD foi escolhido essencialmente por ser *open-source,* fácil de instalar e possuí todas as características necessárias.

### HTML

Acrónimo para *Hypertext Markup Language* é a linguagem de marcação padrão para páginas *web*, é com esta linguagem que se criam os elementos fundamentais de uma página *web* recorrendo a *tags*, que são depois interpretadas por um *web browser* e exibidos ao utilizador.

### CSS

*CSS* é o mecanismo que permite ao programador adicionar estilos e animações aos elementos criados em linguagens de marcação, na maioria dos casos *HTML*. Por norma esta aplicação de estilos e animações é feita num ficheiro à parte o que permite uma melhor organização, no entanto é possível colocar estilos juntamento com o *HTML*. O seu nome surge da prioridade de como são aplicadas as formatações.

Para que a aplicação da formatação seja possível é necessário saber em primeiro lugar qual/quais os elementos a que se pretende aplicar a formatação. De forma a resolver este problema são usados seletores que fazem a seleção dos elementos e depois aplicam a formatação indicada aos mesmos.

Com base em alguma experiência passada optou-se pela utilização da *framework* *bootstrap* [15]visto que esta é composta por uma enorme variedade de classes predefinidas que foram desenhadas e otimizadas para uma experiência responsiva e amigável para um grande leque de resoluções e *browsers*.

### Git

Git é um sistema de gestão de versões grátis e *open-source*. Um sistema de gestão de versões permite a criação de diferentes versões ao longo do desenvolver do projeto através de *commits*, versões essas que podem ser consultadas a qualquer altura. Este tipo de *software* também fornece funcionalidades que facilitam o desenvolvimento em equipas de trabalho pela gestão de conflitos e a possibilidade de criação de *branches*.

Para o decorrer deste projeto recorreu-se à plataforma GitHub onde será armazenado todo o código e registada a evolução do projeto.

### Diversos Compiladores

Tendo em vista a avaliação das soluções submetidas pelos utilizadores, estas têm de ser compiladas e executadas de acordo com um compilador específico à linguagem. A lista de compiladores disponíveis pode ser observada pela Tabela 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Linguagem | Versão de Compilador |
| Java | Java 8 |
| Python |  |
| C# |  |
| C++ |  |
| Haskell |  |
| Prolog |  |

Tabela - Linguagem e seu compilador

## Arquitetura

A arquitetura de um sistema é o modelo conceitual como a estrutura, o comportamento e todas as suas interações ocorrem [16]. A definição da arquitetura de um sistema deve ser um passo tomado com consciência de todos os elementos envolventes no projeto e em possíveis elementos a serem adicionados futuramente.

No presente projeto, optou-se pelo uso de uma arquitetura de *web services*, esta que é uma arquitetura bastante flexível e modular visto que cria um nível de abstração entre o que se pretende expor (dados, lógica de negócio) e o que se pretende consumir. Esta exposição-consumo de dados é feita através de uma linguagem universal (ex.: *JSON, XML, CSV*) e como tal podem existir servidores a correrem aplicações em *Java* a comunicar com um servidor que corre em *JavaScript*. Outro dos principais pontos que levou à escolha desta arquitetura é a possibilidade de fazer uma separação *frontend*-*backend* que permite uma melhor organização do projeto, melhor controlo tanto da parte de negócio como da parte da interface do utilizador e utilizar o modelo de negócio para consumir dados para diferentes aplicações, quer sejam *web*, *desktop*, *mobile, Smart Tv,* etc.

A arquitetura do sistema implementado é demonstrada pela Figura 5.

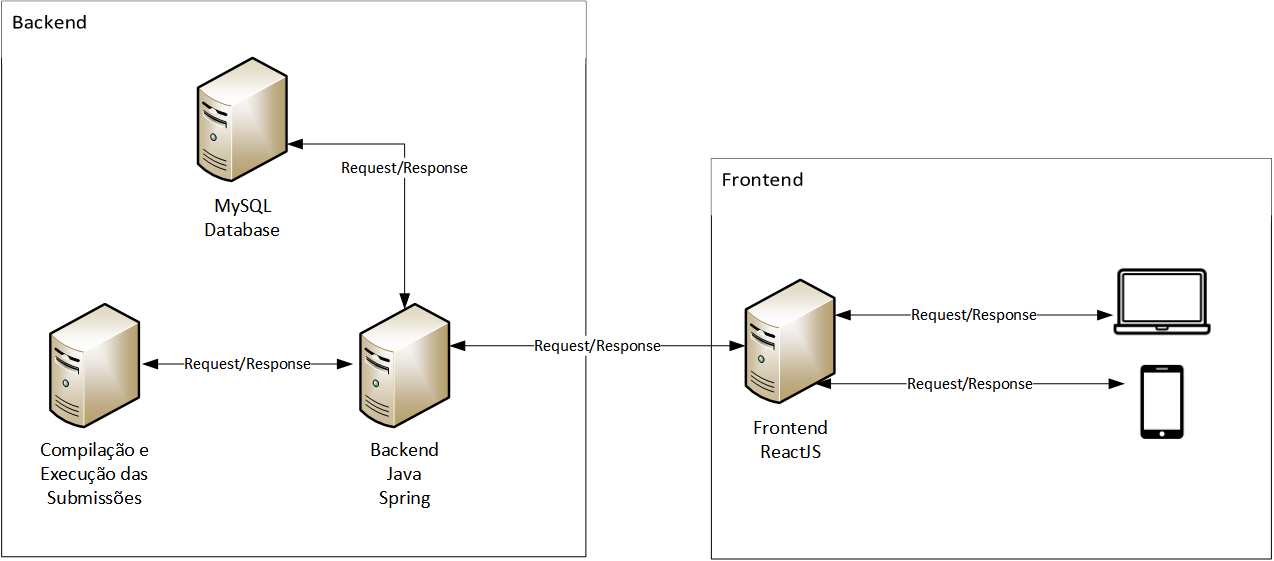


Figura - Arquitetura do sistema

# Bibliografia

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | A. K. A. L. W.-C. O. Brenda Cheanga, “Avaliação automatizada de exercícios de programação numa instituição académica,” *On automated grading of programming assignments in an academic institution,* Setembro 2003. |
| [2] | “LeetCode Landing Page,” [Online]. Available: https://leetcode.com/. [Acedido em 12 Junho 2018]. |
| [3] | “Leet Code Problem Set,” [Online]. Available: https://leetcode.com/problemset/all/. [Acedido em 13 Junho 2018]. |
| [4] | “HackerRank Landing Page,” [Online]. Available: https://www.hackerrank.com/. [Acedido em 12 Junho 2018]. |
| [5] | “Codemirror Landing Page,” [Online]. Available: https://codemirror.net/. [Acedido em 12 Junho 2018]. |
| [6] | “Sphere Engine Landing Page,” [Online]. Available: https://sphere-engine.com/. [Acedido em 13 Junho 2018]. |
| [7] | “Sphere Engine compiler support,” [Online]. Available: https://sphere-engine.com/demo/1-online-compiler. [Acedido em 13 Junho 2018]. |
| [8] | “Agile Manifesto,” [Online]. Available: http://agilemanifesto.org/. [Acedido em 18 Junho 2018]. |
| [9] | “Scrum Portugal,” [Online]. Available: http://www.scrumportugal.pt/scrum/. [Acedido em 14 Junho 2018]. |
| [10] | “Ranking linguagens,” [Online]. Available: https://www.tiobe.com/tiobe-index/. [Acedido em 2 7 2018]. |
| [11] | “Timeline da evolução do Java,” [Online]. Available: http://oracle.com.edgesuite.net/timeline/java/. [Acedido em 2 7 2018]. |
| [12] | “Gráficos de comparação de uso de frameworks Java,” [Online]. Available: https://redmonk.com/fryan/2017/06/22/language-framework-popularity-a-look-at-java-june-2017/. [Acedido em 2 7 2018]. |
| [13] | D. Flanagan, “JavaScript is an interpreted programming language with object-oriented(OO) capabilites.,” *JavaScript: The Definitive Guide,* p. 1, Agosto 1996. |
| [14] | “Javascript | MDN,” [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript. [Acedido em 2 Agosto 2018]. |
| [15] | “Bootstrap,” [Online]. Available: https://getbootstrap.com/. [Acedido em 2 Julho 2018]. |
| [16] | H. J. a. B. Thalheim, “Architecture-driven modelling methodologies,” em *Proceedings of the 2011 conference on Information Modelling and Knowledge Bases XXII.* , 2011. |