



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Software de Formação e Repositório Digital: Plataforma Escalável para a Educação e Gestão de Recursos

Pedro Guedes Monteiro

Trabalho de Projeto

Mestrado em Engenharia Informática - Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Paulo Tomé

Dezembro de 2025



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Software de Formação e Repositório Digital: Plataforma Escalável para a Educação e Gestão de Recursos

Pedro Guedes Monteiro

Trabalho de Projeto

Mestrado em Engenharia Informática - Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Paulo Tomé

Dezembro de 2025

À minha mãe, pelo amor incondicional e apoio incessante, que sempre me motivaram a alcançar os meus objetivos. Ao meu pai, que tantas vezes repetiu: "Põe quanto és no mínimo que fazes" e cuja memória me inspira a perseverar diariamente. E a todos os meus familiares e amigos, que caminharam ao meu lado e me deram força em cada etapa deste percurso. A todos, o meu sincero obrigado.

Agradecimentos

A todos os meus familiares e amigos que me acompanharam e apoiaram ao longo desta jornada, deixo a minha mais profunda gratidão. Aos meus amigos Carlos Silva, Tiago Almeida e Miguel Batista deixo um agradecimento especial por terem sido excelentes companheiros ao longo do meu percurso universitário, contribuindo de forma significativa para esta etapa da minha vida. Agradeço igualmente à Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, enquanto instituição de ensino, por todo o conhecimento transmitido e pelas condições proporcionadas para o desenvolvimento académico e pessoal. Agradeço também à Findmore Solutions, aos seus colaboradores e amigos, pela oportunidade de desenvolver este projeto e pelo ambiente inspirador que proporcionaram ao longo de todo o trabalho. Expresso ainda um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Doutor Paulo Tomé, pela orientação, paciência e incentivo constantes, que foram fundamentais para a concretização deste projeto.

A todos, o meu sincero obrigado.

Nota Prévia

Este projeto deu origem ao artigo científico intitulado *A Scalable Microservices-Based Architecture for E-learning Platforms*, publicado na conferência *16th International Conference on eLearning (ELEARNING25)*, Monteiro and Tomé (2025).

Resumo

O presente projeto apresenta o desenvolvimento de uma plataforma escalável de *e-learning* e repositório digital, concebida pela empresa Findmore Solutions, com o propósito de colmatar as limitações evidenciadas em soluções educacionais existentes, sobretudo durante a pandemia de COVID-19. As plataformas de *e-learning* assumem, hoje, um papel fundamental na democratização do acesso ao conhecimento, fomentando a flexibilidade de horários, a aprendizagem contínua e a possibilidade de integração de recursos tecnológicos inovadores.

O projeto foi, então, desenvolvido com o objetivo de responder a limitações identificadas em soluções disponíveis no mercado, partindo de uma visão que combina funcionalidades avançadas de aprendizagem à distância com um centro de conhecimento colaborativo, promovendo uma aprendizagem personalizada, uma interação eficaz entre utilizadores e uma gestão eficiente de conteúdos educativos.

A arquitetura criada baseia-se em microsserviços suportados por uma base de dados e um conjunto de APIs que asseguram a comunicação entre os diversos componentes do sistema. O frontend, desenvolvido de forma integral e, posteriormente, avaliado por um grupo de utilizadores, revelou uma *interface* clara, consistente e agradável, com elementos iniciais de gamificação destinados a aumentar o envolvimento dos utilizadores. A integração de IA, embora planeada, não chegou a ser implementada, mas encontra-se delineada como um pilar fundamental para o futuro, com potencial para oferecer suporte automatizado e recomendações personalizadas.

No seu conjunto, o projeto permite estabelecer uma base sólida para a criação de uma plataforma robusta, flexível e intuitiva, capaz de responder eficazmente às exigências do contexto educativo e corporativo. Espera-se que a solução proposta facilite a aprendizagem adaptativa e promova a colaboração ativa entre os diversos intervenientes, contribuindo para a transformação digital na área da educação.

Palavras-Chave: E-learning; Centro de Conhecimento; Gamificação; Inteligência Artificial; Microsserviços; Plataforma Digital.

Abstract

This project presents the development of a scalable e-learning and digital repository platform, designed by the company Findmore Solutions, with the purpose of addressing the limitations observed in existing educational solutions, particularly during the COVID-19 pandemic. E-learning platforms now play a fundamental role in democratizing access to knowledge, promoting schedule flexibility, continuous learning, and the integration of innovative technological resources.

The project was therefore developed with the goal of responding to limitations identified in solutions available on the market, based on a vision that combines advanced distance-learning functionalities with a collaborative knowledge center. This approach aims to foster personalized learning, effective interaction among users, and efficient management of educational content.

The adopted architecture is based on microservices supported by a database and a set of API's that ensure communication between the various components of the system. The Frontend, fully developed and later evaluated by a group of users, demonstrated a clear, consistent, and user-friendly interface, with initial gamification elements designed to increase user engagement. Although the integration of AI was planned, it was not implemented; however, it is outlined as a key pillar for the future, with the potential to provide automated support and personalized recommendations.

Overall, the project establishes a solid foundation for the creation of a robust, flexible, and intuitive platform capable of effectively meeting the demands of the educational and corporate contexts. The proposed solution is expected to facilitate adaptive learning and promote active collaboration among the various stakeholders, contributing to the digital transformation of the education sector.

Keywords: E-learning; Knowledge Hub; Gamification; Artificial Intelligence; Microservices; Digital Platform.

Índice

Nota Prévia	v
Glossário	xiii
Lista de Acrónimos	xxv
1 Introdução	1
1.1 Motivação	2
1.2 Contextualização	2
1.3 Definição do Problema	3
1.4 Objetivos	4
1.5 Resultados Esperados	5
1.5.1 Resultados Técnicos Esperados	5
1.5.2 Resultados Pedagógicos Esperados	6
1.6 Plano de Trabalho	6
1.7 Estrutura da Tese	9
2 Revisão da Literatura	11
2.1 Introdução	11
2.2 Bases Teóricas e Conceptuais	13
2.2.1 Plataformas de E-Learning: Evolução e Limitações	13
2.2.2 Knowledge centers: Conceito e Relevância	14
2.2.3 Gamificação em Ambientes de E-learning	15
2.2.4 Personalização e IA na Educação	15
2.2.5 Arquitetura Baseada em microserviços	16
2.2.6 Integração de Big data e Tecnologias Inteligentes em E-learning	16
2.2.7 Metodologias Ágeis e Scrum: A Sua Relevância na Gestão de Projetos	17
2.2.8 Integração de Perspetivas Criativas e Modelos Orientados ao Utilizador no Design Thinking Educativo	17
2.3 Trabalho Relacionado	18
2.3.1 <i>Aplicação de Métodos Híbridos de Inteligência Artificial às Plataformas Gamificadas</i>	18

2.3.2	Provisionamento de Recursos Computacionais com <i>Deep Learning</i> em Plataformas <i>E-Learning</i>	19
2.3.3	Plataformas de Aprendizagem Online Baseadas em DevOps para Ensino de Aplicações na Nuvem	20
2.3.4	<i>Blockchain</i> em Plataformas de <i>E-Learning</i> : Oportunidades e Desafios	21
2.3.5	Exploração de Dados Educativos e <i>Learning Analytics</i>	22
3	Metodologia e Métodos	25
3.1	Introdução	25
3.2	Pesquisa Bibliográfica	26
3.2.1	Metodologia Usada	27
	Metodologia de Desenvolvimento – <i>Scrum</i>	28
	Tecnologias de <i>frontend</i> – <i>NextJs</i> (<i>React</i>)	28
	Tecnologias de <i>backend</i> – <i>Fastify</i>	28
	Armazenamento de Dados – <i>PostgreSQL</i>	29
	<i>Containerização</i> – <i>Docker</i> e Orquestração – <i>Kubernetes</i>	29
3.3	Requisitos do Projeto	29
3.3.1	Requisitos Funcionais	30
3.3.2	Requisitos Não Funcionais	31
4	Análise de Soluções Existentes	35
4.1	Plataformas analisadas	35
4.1.1	Moodle	35
4.1.2	Canvas LMS	36
4.1.3	Open EdX	37
4.1.4	Coursera	37
4.1.5	Udemy	38
4.1.6	Sakai	38
4.2	Comparação entre plataformas	39
4.2.1	Análise Qualitativa: Pontos Fortes e Limitações	39
4.2.2	Análise Comparativa Resumida	40
5	Resultados	43
5.1	Metodologia de Avaliação	43
5.2	Resultados	44
5.2.1	Caracterização dos Utilizadores	44
5.2.2	Usabilidade Geral	45
5.2.3	Navegação e Organização	47
5.2.4	Design Visual e Acessibilidade	49
5.2.5	Feedback, Erros e Desempenho	52

5.2.6	Funcionalidade específicas	53
5.2.7	Perguntas Abertas / Comentários Finais	57
5.3	Discussão dos Resultados	58
5.4	Limitações do Estudo	60
6	Conclusão	61
6.1	Análise do trabalho desenvolvido	61
6.1.1	Etapas desenvolvidas	62
6.1.2	Etapas não desenvolvidas	62
6.2	Trabalhos futuros	62
6.2.1	Expansão da Gamificação	63
6.2.2	Implementação de Inteligência Artificial	63
6.2.3	Conclusão do Backend	63
6.2.4	Correção de falhas e melhorias identificadas	63
6.3	Considerações finais	64
	Referências	65
	Anexo A Questionário Realizado para Avaliação da Plataforma	69

Lista de Tabelas

4.1	Comparação entre plataformas de e-learning analisadas	39
4.2	Resumo comparativo das plataformas de e-learning analisadas	41

Lista de Figuras

1.1	Diagrama de Gantt	7
3.1	Arquitetura geral da plataforma proposta	27

Lista de Gráficos

5.1	Resultados do item relativo à facilidade de utilização da plataforma .	45
5.2	Resultados da avaliação da capacidade de encontrar rapidamente o que se procura na plataforma	46
5.3	Resultados da avaliação da confiança dos utilizadores ao realizar tarefas na plataforma	46
5.4	Resultados da avaliação da frequência de utilização da plataforma .	46
5.5	Resultados da avaliação da recomendação da plataforma	47
5.6	Resultados da avaliação da navegação intuitiva da plataforma	47
5.7	Resultados da avaliação dos menus, ícones e etiquetas da plataforma	48
5.8	Resultados da avaliação da sensação de se sentir perdido dentro da plataforma	48
5.9	Resultados da avaliação da eficácia da pesquisa e dos filtros na plataforma	49
5.10	Resultados da avaliação da facilidade de leitura do texto na plataforma	50
5.11	Resultados da avaliação da clareza dos botões e campos dos formulários na plataforma	50
5.12	Resultados da avaliação da compreensão das cores e destaques na plataforma	51
5.13	Resultados da avaliação da adaptação da plataforma ao dispositivo do utilizador	51
5.14	Resultados da avaliação do <i>feedback</i> fornecido pela plataforma	52
5.15	Resultados da avaliação das mensagens de erro da plataforma	53
5.16	Resultados da avaliação do desempenho da plataforma	53
5.17	Resultados da avaliação da facilidade de acesso aos cursos na plataforma	54
5.18	Resultados da avaliação da facilidade de acesso aos artigos na plataforma	54
5.19	Resultados da avaliação da facilidade de visualização e conclusão de um curso na plataforma	55
5.20	Resultados da avaliação da facilidade de resposta a quizzes na plataforma	55
5.21	Resultados da avaliação da facilidade de submissão de tarefas na plataforma	56
5.22	Resultados da avaliação da facilidade de visualização e acesso à informação de um artigo na plataforma	56

5.23 Resultados da avaliação da facilidade de uso da área de comentários/discussões na plataforma	57
5.24 Resultados da avaliação do acompanhamento de progresso na plataforma	57

Glossário

Affero GNU General Public License v3 (AGPLv3)

Licença de software livre que obriga à disponibilização do código-fonte também em distribuições baseadas na web (SaaS), promovendo maior transparência na redistribuição de software.

Apache HTTP Server

Servidor web *open-source* amplamente utilizado para servir conteúdos web. Suporta múltiplos módulos de extensão, permitindo funcionalidades como autenticação, compressão, segurança SSL/TLS e balanceamento de carga. É uma das tecnologias mais utilizadas em servidores Linux.

Apache License 2.0

Licença de software livre que permite utilização, modificação e distribuição do código-fonte, com cláusulas permissivas e proteção de patentes.

Apereo Foundation

Organização sem fins lucrativos dedicada ao desenvolvimento e manutenção de soluções *open-source* para o ensino superior e pesquisa. Coordena projetos como o *Sakai*, *CAS* e outros sistemas de apoio à gestão académica e aprendizagem digital. Promove colaboração comunitária e inovação aberta no ecossistema educacional.

APPII

Plataforma digital baseada em blockchain que permite a verificação de identidades, qualificações e experiências profissionais, facilitando a criação de currículos autenticados e imutáveis para indivíduos e organizações.

Backend

Componente de uma aplicação que lida com a lógica de negócio, processamento de dados e interações com o servidor e a base de dados.

Big Data

Grandes conjuntos de dados caracterizados por volume, variedade e velocidade, exigindo métodos e tecnologias específicos de armazenamento e análise.

Blockcerts

Protocolo *open-source* baseado em blockchain para a emissão e verificação de certificados digitais, garantindo autenticidade, segurança e transparência. É amplamente utilizado para diplomas, certificações profissionais e outros tipos de credenciais verificáveis.

Blockchain

Tecnologia de registro distribuído que armazena informações em blocos encaixados e protegidos por criptografia, garantindo transparência, imutabilidade e segurança. É amplamente utilizada em criptomoedas, contratos inteligentes e sistemas que requerem confiança descentralizada.

Bootstrap

Framework frontend para desenvolvimento web responsivo.

Burndown Chart

Gráfico utilizado em metodologias ágeis para monitorizar o progresso de um sprint ou projeto, mostrando o trabalho restante ao longo do tempo, de forma a facilitar o acompanhamento da equipa e identificar potenciais atrasos.

Canvas

Plataforma de gestão de aprendizagem (*Learning Management System* - LMS) baseada na nuvem, desenvolvida pela *Instructure*. Suporta integração com ferramentas externas e oferece uma interface moderna, funcionalidades para cursos online, avaliações, fóruns, e gestão de conteúdos. É amplamente utilizada por universidades e empresas.

Cassandra

Base de dados NoSQL distribuída e altamente escalável, orientada para grandes volumes de dados.

Chatbot

Programa de computador projetado para simular e processar conversas humanas, permitindo que os utilizadores interajam com sistemas digitais de forma natural e em linguagem escrita ou falada.

Cloud Computing

Modelo de computação que disponibiliza recursos e serviços através da internet, em infraestruturas escaláveis.

Clustering

Técnica de aprendizagem de máquina não supervisionada que agrupa dados com características semelhantes em subconjuntos, chamados de clusters. É amplamente utilizada em análise de dados, segmentação de mercado, reconhecimento de padrões e outras áreas que envolvem a identificação de relações intrínsecas entre dados.

Container

Unidade de *software* leve e isolada que empacota código e todas as suas dependências, garantindo que a aplicação funcione de forma consistente em diferentes ambientes. Containers são amplamente utilizados em práticas de *DevOps*, sendo gerenciados por plataformas como *Docker* e *Kubernetes*.

Coursera

Plataforma global de cursos online desenvolvida em parceria com instituições acadêmicas. Oferece conteúdos estruturados com vídeos, avaliações e certificações, sendo orientada para o ensino em larga escala.

CSS

Cascading Style Sheets, linguagem de estilos para a web.

Datasets

Conjuntos organizados de dados, frequentemente estruturados em tabelas, utilizados para análise, treino de modelos de aprendizagem de máquina ou outras aplicações. Um *dataset* pode conter diferentes tipos de dados, como números, textos ou imagens, e geralmente inclui metadados que descrevem as informações contidas.

Deep Learning

Subcampo da aprendizagem de máquina que utiliza redes neurais artificiais com múltiplas camadas para processar grandes volumes de dados e aprender representações complexas. É amplamente aplicado em áreas como visão computacional, processamento de linguagem natural e reconhecimento de voz.

Deployment

Processo de disponibilização e instalação de uma aplicação ou sistema num ambiente de produção, tornando-o acessível aos utilizadores finais. Envolve etapas como configuração do ambiente, transferência de código, testes finais e monitorização pós-implementação.

Design Thinking

Abordagem centrada no ser humano para a resolução de problemas complexos, que combina criatividade, empatia e pensamento crítico para gerar soluções inovadoras. O processo é geralmente dividido em etapas como empatia, definição, idealização, prototipagem e teste.

DevOps

Conjunto de práticas e metodologias que promovem a integração entre desenvolvimento (Dev) e operações (Ops), acelerando a entrega de aplicações e serviços.

Django

Framework web de alto nível escrito em Python, orientado para o desenvolvimento rápido de aplicações web seguras e escaláveis.

Docker

Plataforma que permite a criação, distribuição e execução de aplicações em *containers*.

E-learning

Ensino eletrônico ou aprendizagem online que utiliza tecnologias digitais para facilitar o processo educativo à distância.

Educational Community License 2.0 (ECL 2.0)

Licença de software *open-source* derivada da licença Apache 2.0, adaptada para projetos educacionais. Permite livre utilização, modificação e distribuição do software, com cláusulas de proteção de propriedade intelectual e atribuição dos autores originais. É utilizada em projetos como o *Sakai* e outras soluções desenvolvidas sob a Apereo Foundation.

Edge Computing

Modelo de computação distribuída que aproxima o processamento de dados da fonte, reduzindo latência e dependência de uma nuvem central.

Endpoints

Pontos de comunicação numa rede ou API que permitem a troca de dados entre sistemas. Numa API, um endpoint é um URL específico que recebe pedidos e devolve respostas, normalmente seguindo um protocolo como HTTP. Cada endpoint corresponde a uma funcionalidade específica, como obter, criar, atualizar ou eliminar dados.

Fadiga de Zoom

Fenômeno de exaustão mental, física e emocional causado pela participação prolongada em reuniões virtuais, devido a fatores como a necessidade constante de atenção visual, falta de interação presencial e sobrecarga de comunicação não-verbal.

Fastify

Framework web *open-source* para Node.js, focada em desempenho e eficiência, oferecendo suporte à criação de APIs rápidas e escaláveis.

Findmore Solutions

Empresa que propôs o desafio e colaborou no desenvolvimento da plataforma mencionada.

Framework

Conjunto de ferramentas, bibliotecas e regras que fornece uma estrutura padrão para o desenvolvimento de software.

Frontend

Parte de uma aplicação ou website com a qual o utilizador interage diretamente, incluindo interfaces gráficas e elementos de design.

Gamificação

Aplicação de elementos e técnicas de design de jogos em contextos não lúdicos para aumentar o envolvimento e a motivação dos utilizadores.

GitHub

Plataforma de alojamento e gestão de código baseada em *cloud*, que utiliza o sistema de controlo de versões Git. Permite o armazenamento, partilha e colaboração em projetos de *software*, oferecendo funcionalidades como controlo de versões, revisão de código, gestão de *issues*, integração contínua e automação de fluxos de desenvolvimento.

GNU General Public License v3 (GPLv3)

Licença de software livre desenvolvida pela Free Software Foundation, que garante liberdade de utilização, modificação e redistribuição do software, exigindo que qualquer redistribuição mantenha a mesma licença (copyleft).

HTML

HyperText Markup Language, linguagem de marcação para a web.

IIS

Internet Information Services, servidor web desenvolvido pela Microsoft, integrado no sistema operativo Windows Server. Suporta aplicações ASP.NET, autenticação integrada com Active Directory e configuração centralizada através do IIS Manager.

Java

Linguagem de programação multiplataforma amplamente utilizada em aplicações empresariais e web.

JavaScript

Linguagem de programação orientada para o desenvolvimento web.

JSON Schema

Especificação para a validação, definição e estruturação de dados em formato JSON, permitindo descrever a estrutura esperada de um documento JSON, como tipos de dados, restrições de valores e relacionamentos entre atributos.

Knowledge Center

Plataforma centralizada que permite a criação, gestão e partilha colaborativa de conteúdos e conhecimento.

Kubernetes

Plataforma *open-source* para orquestração de *containers*, permitindo automatizar a implementação, o dimensionamento e a gestão de aplicações em *containers*.

LDAP

Lightweight Directory Access Protocol, protocolo para acesso e autenticação em diretórios de identidade.

LTI

Learning Tools Interoperability, padrão para integração de ferramentas externas em plataformas LMS.

Machine Learning

Subcampo da *IA* que se concentra no desenvolvimento de algoritmos que permitem aos computadores aprender e fazer previsões ou decisões baseadas em dados.

MariaDB

Derivação (*fork*) *open-source* do MySQL, criada para garantir a continuidade do desenvolvimento sob licença livre após a aquisição do MySQL pela Oracle. É totalmente compatível com MySQL, oferecendo otimizações de desempenho e funcionalidades adicionais.

Microsoft SQL Server (MSSQL)

Sistema de gestão de bases de dados relacionais desenvolvido pela Microsoft. Suporta a linguagem T-SQL, integra-se nativamente com o ecossistema Windows e Azure, e oferece funcionalidades avançadas de análise de dados, segurança e replicação.

Microserviços

Arquitetura de *software* que estrutura uma aplicação como um conjunto de pequenos serviços independentes que comunicam entre si.

MongoDB

Base de dados NoSQL orientada a documentos, utilizada para armazenamento de dados não relacionais.

Moodle

Plataforma de gestão de aprendizagem (*Learning Management System* - LMS) *open-source*, amplamente utilizada para criar, distribuir e gerir cursos online. Oferece funcionalidades como fóruns, quizzes, submissão de trabalhos e monitorização de progresso dos alunos.

MySQL

Sistema de gestão de bases de dados relacionais *open-source*, amplamente utilizado em aplicações web. Suporta SQL como linguagem de consulta, transações ACID e armazenamento eficiente de dados estruturados. Faz parte do ecossistema LAMP.

Next.js

Framework open-source baseada em React, utilizada para o desenvolvimento de aplicações web otimizadas, com suporte integrado a renderização do lado do servidor (SSR), geração de sites estáticos (SSG) e funcionalidades avançadas como roteamento dinâmico e APIs.

Nginx

Servidor web e *reverse proxy open-source*, conhecido pelo seu alto desempenho, baixa utilização de recursos e capacidade de gerir grandes volumes de

conexões simultâneas. É frequentemente utilizado em arquiteturas modernas para balanceamento de carga, cache de conteúdo e como proxy para aplicações backend.

Node.js

Ambiente de execução de JavaScript do lado do servidor, baseado no motor V8 do Chrome, permitindo executar JavaScript fora do navegador.

OAuth2

Open Authorization 2.0, protocolo de autorização para acesso seguro a recursos protegidos.

ODEM

Plataforma *blockchain* para gestão educacional que conecta alunos, educadores e instituições, permitindo a criação, personalização e certificação de experiências de aprendizagem. Oferece transparência, rastreabilidade e autenticação de credenciais acadêmicas.

Onboarding

Processo de integração e adaptação de novos utilizadores a uma plataforma ou sistema, visando facilitar a sua familiarização e utilização eficaz.

Open edX

Sistema de gestão de aprendizagem *open-source*, desenvolvido pelo *MIT* e *Harvard*. Utiliza tecnologias como *Python*, *Django* e *React*, permitindo a personalização e a integração com ferramentas externas.

Open edX Plugins

Mecanismo de extensão modular da plataforma *Open edX*, que permite adicionar, modificar ou personalizar funcionalidades sem alterar o núcleo do sistema. Os *plugins* facilitam a integração de novas funcionalidades, conectores externos ou alterações de comportamento de forma sustentável e isolada.

Oracle Database

Sistema de gestão de bases de dados relacionais, amplamente utilizado em ambientes empresariais de grande escala. Oferece suporte avançado a transações, alta disponibilidade, replicação e otimizações para processamento analítico e operacional de dados.

PHP

Hypertext Preprocessor, linguagem de programação server-side.

Pipelines

Sequências automatizadas de etapas ou processos utilizados em desenvolvimento de software, integração contínua (CI) e entrega contínua (CD), para construir, testar, validar e implantar aplicações de forma eficiente e repetível.

PostgreSQL

Sistema de gestão de bases de dados objeto-relacional *open-source*, reconhecido pela sua robustez e conformidade com os padrões SQL.

Product Backlog

Lista priorizada de requisitos, funcionalidades, melhorias e correções de um produto, gerida pelo *Product Owner*, que serve como fonte de trabalho para a equipa de desenvolvimento em metodologias ágeis como *Scrum*.

Python

Linguagem de programação de alto nível, amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicações web e científicas.

React

Biblioteca *JavaScript open-source* para a construção de interfaces de utilizador, desenvolvida pelo *Facebook*, amplamente utilizada em aplicações web e móveis, devido à sua abordagem baseada em componentes e à eficiência do Virtual DOM.

Redis

Base de dados em memória do tipo NoSQL, utilizada para armazenamento de dados temporários e cache em sistemas distribuídos.

RESTful

Arquitetura de software baseada nos princípios do *Representational State Transfer* (REST), utilizada para projetar APIs que permitem a comunicação entre sistemas, seguindo padrões como o uso de métodos HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) e identificação de recursos por meio de URLs.

Ruby on Rails

Framework de desenvolvimento web em Ruby, orientado para aplicações web escaláveis e de rápido desenvolvimento.

Sakai

Ambiente virtual de aprendizagem *open-source*, desenvolvido por um consórcio de universidades. Apresenta uma arquitetura modular baseada em *Java*,

composta por um *kernel* central e ferramentas independentes e permite uma personalização elevada.

SAML

Security Assertion Markup Language, protocolo de autenticação federada utilizado em ambientes institucionais.

Scrum

Metodologia ou *framework* ágil para gestão e planeamento de projetos, promovendo a colaboração e a entrega incremental de produtos.

Shibboleth

Sistema *open-source* de autenticação federada e controlo de acesso, amplamente utilizado em instituições académicas e organizações para implementar o Single Sign-On (SSO) e partilha segura de identidade entre diferentes domínios. Suporta o protocolo SAML para troca de atributos de autenticação entre entidades.

SQL

Structured Query Language, linguagem de consulta de bases de dados.

Stakeholders

Indivíduos ou grupos com interesse, influência ou impacto direto num projeto, organização ou sistema, podendo ser internos, como colaboradores, ou externos, como clientes, fornecedores e investidores.

tCRIL

The Center for Reimagining Learning, organização sem fins lucrativos responsável pela manutenção e desenvolvimento do *Open edX* após a sua transição do MIT e Harvard. Atua na promoção de soluções abertas para educação digital e apoio à comunidade global de utilizadores da plataforma.

Tomcat

Servidor de aplicações Java de código aberto, utilizado para executar aplicações web baseadas em Java.

Typescript

Linguagem de programação baseada em JavaScript, mas com tipagem estática opcional e recursos mais avançados.

Udemy

Plataforma de ensino online orientada para o mercado profissional e informal, com modelo de *marketplace*. Permite que qualquer utilizador crie e venda

cursos. É utilizada para aprendizagem contínua e formação técnica individualizada, sendo o acesso realizado por compra de cursos avulso.

Udemy Business

Versão corporativa da plataforma *Udemy*, orientada para a formação contínua de colaboradores em empresas e organizações. Oferece acesso a uma vasta biblioteca de cursos profissionais, funcionalidades de gestão de aprendizagem, relatórios de progresso e integrações com sistemas internos de RH e LMS.

Webhooks

Mecanismo de comunicação entre sistemas em que um serviço envia automaticamente uma requisição HTTP a um endpoint configurado sempre que ocorre um determinado evento. Permite integrações em tempo real e comunicação assíncrona entre aplicações, sendo amplamente utilizado em APIs e serviços web.

Lista de Acrónimos

2FA	<i>Two-factor authentication</i>
ACID	<i>Atomicity, Consistency, Isolation, Durability</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
BARICA	<i>Beautiful ARTificial Intelligence Cognitive Agent</i>
CD	<i>Continuous Delivery/Deployment</i>
CI	<i>Continuous Integration</i>
COVID-19	<i>Coronavirus Disease 2019</i>
EDM	<i>Educational Data Mining</i>
FCNN	<i>Fully Connected Neural Networks</i>
GCP	<i>Google Cloud Platform</i>
GENI	<i>Global Environment for Network Innovations</i>
GraphQL	<i>Graph Query Language</i>
HAI	<i>Hybrid Artificial Intelligence</i>
HMAS	<i>Holonic Multi-Agent Systems</i>
HTTPS	<i>Hyper Text Transfer Protocol Secure</i>
IA	<i>Inteligência Artificial</i>
IaC	<i>Infrastructure as Code</i>
IPV	<i>Instituto Politécnico de Viseu</i>
JWT	<i>JSON Web Token</i>
LA	<i>Learning Analytics</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>

LSTM	<i>Long Short-Term Memory</i>
MAPE	<i>Monitor, Analyze, Plan, Execute</i>
MCD	<i>Mizzou Cloud DevOps</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MMORPGs	<i>Massively Multiplayer Online Role-Playing Games</i>
MOOC	<i>Massive Open Online Course</i>
NLP	<i>Natural Processing Language</i>
PRP	<i>Pacific Research Platform</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RGPD	Regulamento Geral de Proteção de Dados
RNN	<i>Recurrent Neural Network</i>
SaaS	<i>Software as a Service</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SGE	<i>Sony Global Education</i>
SSG	<i>Static Site Generation</i>
SSO	<i>Single Sign-on</i>
SSR	<i>Server-Side Rendering</i>
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
UI	<i>User Interface</i>
UNIC	<i>Universidade de Nicosia</i>
UX	<i>User Experience</i>
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>

Capítulo 1

Introdução

A transformação digital tem redefinido o panorama educativo, impulsionando o desenvolvimento de plataformas de *e-learning* mais acessíveis, colaborativas e personalizadas. Contudo, persistem desafios significativos, nomeadamente, na integração eficaz de tecnologias robustas, abordagens pedagógicas inovadoras e ferramentas que cativem os utilizadores.

Problemas como suporte técnico inadequado, interação limitada entre utilizadores, ausência de estratégias de gamificação e adaptação insuficiente através de Inteligência Artificial (IA) representam barreiras críticas à eficácia destas plataformas.

O projeto, ao qual se refere o presente documento, procura responder a estas lacunas através do desenvolvimento de uma solução escalável e tecnologicamente avançada. É expectável que este seja capaz de oferecer uma experiência de aprendizagem personalizada e adaptada a diferentes contextos educativos mas, também, corporativos.

O presente capítulo apresenta o contexto e a relevância do tema, seguido pela definição clara do problema de investigação, dos objetivos gerais e específicos e dos resultados esperados. Por fim, delinea-se o plano de trabalho estruturado e a organização da tese, proporcionando uma visão clara das etapas que orientam este projeto.

1.1 Motivação

Na atualidade, devido à constante evolução digital, o rápido acesso à informação torna-se essencial quando o assunto é a aprendizagem, quer esta seja a nível empresarial, quer a nível escolar. Assim, surge a necessidade de adaptação de plataformas educativas que disponibilizem conteúdos *online*.

O confinamento, provocado pelo *Coronavirus Disease 2019* (COVID-19), levou à adoção de várias plataformas já existentes, expondo assim várias limitações nas mesmas. Dificuldades na adaptação a novas metodologias de ensino, interação deficiente entre estudantes e professores e acessibilidade limitada foram alguns dos maiores problemas encontrados.

A falta de ferramentas e mecanismos que possibilitem a obtenção de conteúdos de forma mais rápida e personalizada, que facilitem a colaboração entre utilizadores e que sejam escaláveis são alguns dos pontos-alvo de uma análise levada a cabo pela empresa Findmore Solutions. Com isto, a entidade apresenta o seguinte desafio: a criação de uma solução inovadora e escalável que possa apresentar soluções para algumas das lacunas encontradas nas plataformas educativas atuais.

1.2 Contextualização

Durante a pandemia de COVID-19, as plataformas de *e-learning* enfrentaram uma pressão sem precedentes para adaptar e otimizar a experiência de ensino digital. Estudos como o de Almaiah et al. (2020) identificaram problemas críticos, incluindo limitações tecnológicas, ausência de suporte técnico adequado, gestão ineficaz de mudanças e barreiras culturais. Estas lacunas, observadas e analisadas pela Findmore Solutions, evidenciaram uma necessidade urgente de soluções mais eficazes e adaptáveis.

Em resposta a esses desafios, a empresa propôs o desenvolvimento de uma plataforma que combine características de *e-learning* com um conceito emergente de *knowledge center*. O conceito de *knowledge center* refere-se a um espaço digital colaborativo que integra funcionalidades para criação, partilha e gestão de conteúdos educativos. Em contraste com as plataformas tradicionais, o *knowledge center* promove um ambiente interativo e dinâmico, onde utilizadores podem consumir informações, mas também contribuir ativamente para o seu enriquecimento.

Para superar desafios como falta de interação e suporte inadequado, o *knowledge center* proposto pela Findmore Solutions inclui funcionalidades como a abertura de *tickets* de suporte técnico e pedagógico para resolução rápida de problemas, a interação contínua entre utilizadores por meio de comentários e fóruns colaborativos e a publicação direta de conteúdos por utilizadores, facilitando a partilha de conhecimento.

Além disso, a aplicação de técnicas de análise de dados e *feedback* adaptativo, conforme destacado por Feng (2024), permite personalizar a experiência de aprendizagem. Essas técnicas analisam o desempenho e os padrões de comportamento dos utilizadores para ajustar dinamicamente o conteúdo, oferecendo recomendações mais precisas e alinhadas às necessidades individuais.

A entidade empregadora enfatizou, ainda, a necessidade de adotar arquiteturas modernas, como microsserviços suportados por Docker (2025) e Fastify (2025), para assegurar escalabilidade e eficiência em plataformas de larga escala, tal como referido pelos autores Tapia et al. (2020). Segundo estes, arquiteturas baseadas em microsserviços, quando integradas com ferramentas leves e de alto desempenho como o *Fastify*, permitem maior modularidade e autonomia entre os serviços, garantindo que diferentes módulos operem de forma independente, facilitando manutenções, atualizações incrementais e a expansão da plataforma conforme o aparecimento de novas necessidades.

Ainda assim, tendo em conta o estudo levado a cabo por Asgari et al. (2021), áreas práticas como a engenharia enfrentam desafios únicos na adaptação ao ensino remoto, incluindo dificuldades na replicação de experiências laboratoriais e a crescente fadiga de Zoom. Para enfrentar essas barreiras, o projeto propõe soluções inovadoras, como demonstrações gravadas de práticas laboratoriais (através da disponibilização de vídeos) e o desenvolvimento de *kits* de aprendizagem prática que podem ser utilizados remotamente (através de integrações com plataformas externas).

Essas estratégias visam manter a qualidade e eficácia das atividades práticas, mesmo fora do ambiente presencial tradicional. A combinação dessas abordagens tecnológicas e pedagógicas fortalece a proposta do projeto, criando uma solução robusta, escalável e adaptada às necessidades contemporâneas do ensino digital.

1.3 Definição do Problema

Apesar dos avanços que se têm vindo a observar na área da educação digital, ainda existem algumas lacunas, como a falta de interação entre utilizadores, inexistência de suporte técnico adequado e ausência de abordagens pedagógicas adaptadas, problemas que, quando analisados num todo, representam um desafio maior que se denotou em várias plataformas analisadas, a saber, a falta de integração de tecnologias robustas e abordagens colaborativas. Este obstáculo compromete diretamente a eficácia das plataformas de *e-learning*, uma vez que há uma restrição na oferta de experiências educativas personalizadas e alinhadas às necessidades dos utilizadores.

Perante este cenário, surge a seguinte questão central: Como desenvolver uma plataforma de *e-learning* que seja escalável, abrangente e que integre um *knowledge*

center robusto, de forma a promover uma aprendizagem personalizada e colaborativa?

Diante desta premissa, é expectável a implementação de tecnologias capazes de permitir não só a criação e disponibilização de conteúdos originados por utilizadores, mas também capazes de proporcionar suporte técnico adequado, experiências de utilização mais agradáveis, devido à existência de elementos gamificados, e, por último, disponibilizar recursos especificamente orientados para cada utilizador, devido à existência de métodos de *machine learning* e IA.

1.4 Objetivos

Como já referido na secção anterior, o principal objetivo do projeto, em resposta ao desafio proposto pela empresa Findmore Solutions, é desenvolver uma plataforma de *e-learning* que seja escalável, abrangente e que integre um *knowledge center* robusto de forma a promover uma aprendizagem colaborativa, personalizada e que possa ser acessível em qualquer dispositivo. É ainda de salientar que a plataforma deve adaptar os seus conteúdos perante diferentes contextos e utilizadores.

Perante isto, o objetivo principal pode ser dividido em objetivos mais específicos, a fim de proporcionar um entendimento mais pormenorizado do projeto, facilitando a visão e a compreensão do mesmo. Assim sendo, pretende-se:

- A criação de uma plataforma *web* com um *design* flexível, para que o seu acesso seja possível em qualquer tipo de dispositivo, assegurando uma experiência de utilização otimizada e permitindo o acesso democrático a partir de qualquer ambiente tecnológico;
- A implementação de funcionalidades de gamificação, como sistemas de pontos, atribuição de medalhas e *leaderboards*, de forma a aumentar o interesse dos utilizadores no uso da plataforma e tendo em vista tornar a sua experiência de aprendizagem mais atrativa;
- A criação de um *knowledge center* interativo, que permita a publicação de conteúdos pelos utilizadores, a abertura de *tickets* de suporte e a interação entre as pessoas por meio de comentários e *likes*, a fim de proporcionar uma comunidade ativa;
- A utilização de uma base de dados *PostgreSQL*, implementada em *containers Docker*, para garantir que a plataforma possa ser escalável e que tenha um desempenho mais eficiente, mesmo em cenários de vários acessos simultâneos;
- A integração de um *chatbot* com IA, para que seja possível fornecer aos utilizadores suporte imediato e personalizado, reduzindo barreiras no acesso a informações importantes;

- A aplicação de algoritmos de *machine learning*, para recomendação de conteúdos adaptados às necessidades individuais dos utilizadores, oferecendo assim uma experiência de aprendizagem personalizada e mais adequada;
- A adaptação da plataforma para cenários de formação empresarial e escolar, garantindo flexibilidade para diferentes perfis e necessidades de utilizadores.

1.5 Resultados Esperados

Após o desenvolvimento do projeto, como resultado espera-se uma plataforma escalável, eficiente e que integre, além de um *knowledge center*, componentes de IA, *machine learning* e cujo *design*, além de apelativo, seja dinâmico.

Como tem sido referido ao longo do presente documento, a plataforma deve ser capaz de colmatar algumas das lacunas que vêm sendo evidenciadas e, assim, proporcionar uma aprendizagem personalizada e centrada no aluno, oferecer um ambiente mais interativo entre utilizadores e que seja capaz de se adaptar tanto a contextos empresariais como a contextos escolares.

Como forma de obtenção de *feedback*, espera-se que sejam elaborados questionários sobre a plataforma, o seu modo de funcionamento, *designs* e componentes. Estes serão depois distribuídos a todos os indivíduos que a utilizarem, principalmente durante as fases de desenvolvimento, para se poder ter uma visão mais abrangente sobre a usabilidade e a estabilidade da plataforma.

Para avaliar a parte técnica, serão analisadas métricas como o desempenho do sistema, a sua escalabilidade e tempos de resposta. Quanto à dimensão pedagógica, serão considerados fatores como a satisfação dos participantes, taxas de abandono e análise de dados de desempenho, de forma a verificar a eficácia da plataforma na sua componente de aprendizagem.

1.5.1 Resultados Técnicos Esperados

Apresentam-se, neste ponto, os resultados técnicos a esperar da implementação do projeto. A plataforma, para que possa, além de ser escalável, ter um desempenho consistente em cenários de elevado acesso, deverá ter uma estrutura baseada em microsserviços.

Em relação à *interface* da aplicação *web*, esta deverá ser otimizada ao ponto de permitir o acesso à plataforma em qualquer tipo de dispositivo, para além de ser intuitiva e responsiva. Para esse objetivo é expectável o uso de boas práticas de *User Interface* (UI)/*User Experience* (UX) combinadas com componentes devidamente construídos.

De forma a permitir a gestão, publicação e categorização de conteúdos educativos, serão desenvolvidos componentes que contarão com algoritmos de *machine*

learning e IA. Espera-se ainda que estas funcionalidades, quando aliadas a outras funcionalidades colaborativas, como fóruns e sistemas de comentários, venham a facilitar a interação entre os vários utilizadores da plataforma.

Para aumentar o interesse dos utilizadores no uso da aplicação, serão utilizados elementos gamificados, a saber, sistemas de pontos, medalhas, *rankings* e desafios. A sua incorporação servirá para criar uma competição saudável no processo de aprendizagem e, ao mesmo tempo, através da disponibilização de *dashboards* analíticos, servirá como forma de acompanhamento do desempenho individual de cada utilizador.

Por fim, a integração de IA servirá para otimizar a experiência dos utilizadores, uma vez que serão desenvolvidos algoritmos de recomendação baseados no comportamento de cada pessoa e, quanto ao suporte, será implementado um *chatbot* para que todos os utilizadores consigam obter ajuda em qualquer tipo de operação.

1.5.2 Resultados Pedagógicos Esperados

Em relação aos resultados do ponto de vista pedagógico, a plataforma deverá oferecer uma aprendizagem mais centrada em cada utilizador, através da apresentação de conteúdos baseados nas preferências de cada um. Com isso, pretende-se criar um ambiente mais atrativo, auxiliado pela utilização de componentes gamificados.

Já na vertente mais orientada aos ambientes empresariais, a implementação de ferramentas relacionadas com o *knowledge center* visa criar espaços para a partilha de conhecimento. O objetivo principal desta vertente da plataforma é incentivar a interação entre os utilizadores, de forma a originar soluções para as possíveis dúvidas que existam.

1.6 Plano de Trabalho

Apresentam-se, agora, as etapas necessárias para o desenvolvimento do projeto descrito no presente documento. A figura 1.1 demonstra a duração de cada etapa e, no texto que a precede, são explicadas cada uma, de forma a facilitar a compreensão do projeto. É ainda de referir que, para permitir uma melhor gestão de tempo e para facilitar o processo de implementação, fez-se uso da *framework* Scrum (2025).

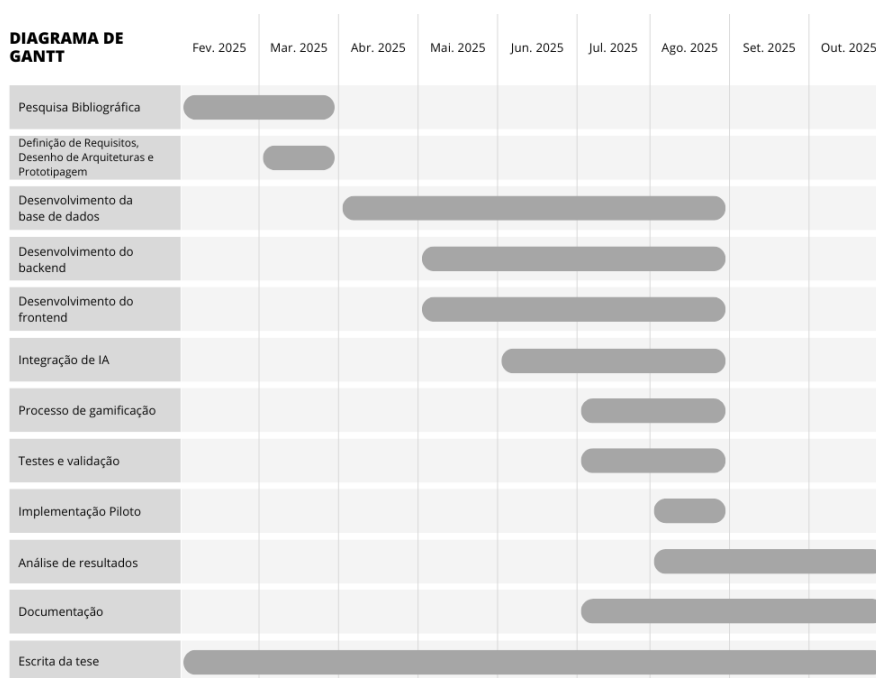


Figura 1.1: Diagrama de Gantt

O plano inicia-se com uma fase de **Pesquisa Bibliográfica**, na qual se procede à análise da literatura existente. Este processo tem como objetivo principal, identificar quais as melhores práticas e quais as lacunas existentes nas áreas que serão abordadas - neste caso, a área do *e-learning*, da gamificação, IA e arquiteturas escaláveis. Como resultado desta pesquisa, é esperado um relatório técnico com as melhores práticas e soluções tecnológicas identificadas.

Segue-se o processo de **Definição de Requisitos, Desenho de Arquiteturas e Prototipagem**, etapas que foram previamente concluídas em conjunto com a Findmore Solutions. Estas serviram para identificar quais as melhores ferramentas a utilizar no desenvolvimento do projeto, quais os requisitos funcionais e não funcionais da aplicação e, por último, foram etapas cruciais no desenho da plataforma.

O **Desenvolvimento da Plataforma Web** representa o núcleo do projeto e, como se pôde verificar pela figura 1.1, é a que requer mais tempo de trabalho. O objetivo da mesma é a implementação da aplicação *web* e, para isso, contará com um *Backend* que será desenvolvido utilizando o *Fastify* para se desenvolver uma *Application Programming Interface* (API) robusta que conte com *endpoints Representational State Transfer* (REST) e onde serão ainda implementados mecanismos de autenticação e autorização com *JSON Web Token* (JWT), e *Graph Query Language* (GraphQL) para comunicação eficiente entre os serviços. Esta fase representa o núcleo do projeto e, como se pôde verificar pela figura 1.1, é a que requer mais tempo de trabalho. O objetivo da mesma é a implementação da plataforma *web* e, para isso, contará com um *Backend* que será desenvolvido utilizando o *Fastify* para

se desenvolver uma API robusta que conte com *endpoints* REST e onde serão ainda implementados mecanismos de autenticação e autorização com JWT, e GraphQL para comunicação eficiente entre os serviços.

Quanto ao *Frontend*, será utilizado o *Next.js* para garantir *interfaces* dinâmicas e responsivas. O *design* será orientado por boas práticas de usabilidade (UI/UX), de forma a proporcionar uma experiência intuitiva. E, para finalizar esta etapa, a base de dados será criada em *PostgreSQL*, com suporte a *containers Docker*, permitindo um armazenamento modular e distribuído. Serão, ainda, usadas estratégias para garantir a integridade dos dados, tais como *backup* automatizado e otimização de consultas.

Num momento subsequente, decorre a **Integração de IA**, elemento essencial para personalização e otimização da experiência dos utilizadores na plataforma. Entre as principais funcionalidades planeadas, destaca-se o desenvolvimento de um *chatbot*, de forma a fornecer suporte aos utilizadores. Adicionalmente, serão implementados algoritmos de *machine learning* para gerar recomendações personalizadas de conteúdos e cursos, ajustando-se dinamicamente ao perfil de cada utilizador. A análise preditiva também será integrada para identificar possíveis dificuldades de aprendizagem com base nos padrões de interação dos utilizadores. Como resultado desta etapa, espera-se que a plataforma seja capaz de oferecer uma experiência de aprendizagem personalizada.

Paralelamente, avança-se com o **Processo de gamificação** que tem como principal objetivo o aumento da participação dos utilizadores, através da criação de uma competição saudável entre os mesmos. Algumas das funcionalidades a implementar são sistemas de pontos, medalhas e desafios e, para ajudar na monitorização do desempenho de cada aluno, serão ainda fornecidos *dashboards* analíticos.

Após estas etapas, segue-se a fase de **Testes e Validação**, composta por testes unitários, testes de desempenho e testes de segurança. Estas verificações têm como objetivo identificar falhas, inconsistências e possíveis otimizações no sistema. Além disso, serão, ainda, realizados questionários a todos os indivíduos que tenham utilizado a plataforma durante a fase de implementação, como forma de obtenção de *feedback* sobre o funcionamento e estado da mesma.

A fase seguinte corresponde à **Implementação Piloto**, que será realizada em ambiente real e em colaboração com a Findmore Solutions. O objetivo é recolher mais *feedback* dos utilizadores finais para identificar possíveis problemas não antecipados e realizar ajustes finais antes do lançamento definitivo. Espera-se que desta etapa resulte uma versão funcional, validada e ajustada, de acordo com as necessidades dos utilizadores.

Concluídas todas estas fases, procede-se à **Análise de Resultados e Documentação**, que envolve a análise detalhada dos resultados obtidos, com base em todos os testes feitos e *feedback* obtido. Serão avaliados o desempenho da plataforma,

a adesão e o interesse dos utilizadores, a eficácia das funcionalidades implementadas e o impacto geral do sistema. Além disso, será elaborada documentação técnica completa, abordando a arquitetura, metodologias utilizadas, desafios enfrentados e soluções adotadas ao longo do projeto.

Por fim, decorre a **Redação da tese**, realizada de forma contínua ao longo do desenvolvimento do projeto. Embora a redação acompanhe todas as etapas do projeto, a sua conclusão apenas será possível após o término de todos os trabalhos, momento em que será possível apresentar uma análise global e integrada de todo o processo, dos resultados alcançados e dos contributos do projeto.

1.7 Estrutura da Tese

A presente tese está organizada em capítulos que seguem uma sequência lógica, visando garantir uma compreensão clara e estruturada do desenvolvimento do projeto.

O primeiro capítulo corresponde à **Introdução**, onde se apresenta o contexto em que o projeto se insere, a motivação para a sua realização, a definição clara do problema a ser resolvido, os principais objetivos traçados e o plano de trabalhos que orientará as etapas subsequentes.

Segue-se a **Revisão da Literatura**, na qual são analisados os principais trabalhos relacionados, quais as tecnologias mais relevantes a serem utilizadas e os fundamentos teóricos que sustentam a investigação. O objetivo é identificar as melhores práticas e possíveis lacunas existentes no estado da arte.

O capítulo dedicado à **Metodologia e Métodos** descreve detalhadamente os métodos e procedimentos adotados ao longo do desenvolvimento do projeto, incluindo abordagens técnicas, ferramentas utilizadas e estratégias metodológicas que sustentam a execução das atividades planeadas.

Posteriormente, o capítulo de **Análise de Soluções Existentes** explora e analisa diversas plataformas de *e-learning*, atualmente disponíveis no mercado, com o objetivo de compreender as suas arquiteturas, as funcionalidades que oferecem e as suas abordagens tecnológicas.

O capítulo dos **Resultados** apresenta os principais resultados obtidos com o desenvolvimento da plataforma, acompanhados de uma análise crítica sobre o cumprimento dos objetivos propostos e uma reflexão sobre os impactos do projeto.

Por fim, a **Conclusão** sintetiza as principais contribuições do projeto, destacando os resultados alcançados e propondo novas implementações, melhorias e possíveis estudos a ter em conta em trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

De forma a identificar, analisar e sintetizar as principais contribuições científicas relacionadas com o tema proposto na presente tese, procedeu-se à revisão da literatura existente. Assim, este capítulo tem como objetivo apresentar o estado da arte sobre plataformas de *e-learning*, destacando os principais desafios, soluções tecnológicas e tendências atuais no desenvolvimento e aplicação dessas ferramentas educativas.

2.1 Introdução

O aparecimento da pandemia de COVID-19 aumentou a procura de plataformas que possibilitassem o ensino digital, revelando assim uma série de limitações estruturais e tecnológicas nas plataformas existentes. Nesse contexto, tornou-se evidente a necessidade de soluções mais robustas, escaláveis e adaptáveis, capazes de promover uma experiência de aprendizagem eficaz, personalizada e inclusiva.

Diante desse cenário, a presente revisão incide sobre um conjunto de áreas fundamentais para a compreensão das lacunas existentes e das tendências emergentes no desenvolvimento de plataformas educativas. Entre essas áreas, destacam-se a evolução das plataformas de *e-learning*, o papel dos *knowledge centers*, a aplicação de gamificação em ambientes educativos, a personalização do ensino através da integração de IA, as arquiteturas baseadas em microsserviços, a utilização de *Big Data*, as metodologias ágeis como o *Scrum* e as abordagens centradas no utilizador, como o *Design Thinking*.

As plataformas de *e-learning* são o foco principal desta análise. Para se compreender as suas limitações e pontos fortes, é essencial explorar a sua evolução histórica, os desafios enfrentados ao longo dos últimos anos e as limitações que persistem, tanto a nível de escalabilidade como a nível de usabilidade, personalização e suporte à aprendizagem colaborativa.

No âmbito dos *knowledge centers*, será discutido o seu papel na promoção de ambientes colaborativos e na facilidade de acesso a recursos educativos, através da centralização de conteúdos e ferramentas. A integração destes centros em plataformas de *e-learning* pode representar uma mais-valia significativa, ao fomentar a partilha de conhecimento e a interação entre os utilizadores.

A gamificação é outro tema relevante, uma vez que a sua aplicação em contextos educativos tem demonstrado potencial para aumentar o envolvimento dos alunos e melhorar os resultados de aprendizagem. Serão explorados os principais elementos de gamificação, bem como as melhores práticas para a sua implementação eficaz.

A personalização do ensino, através da utilização de IA, é um tópico emergente que merece especial atenção. A capacidade de adaptar conteúdos e metodologias pedagógicas às necessidades individuais dos alunos pode transformar a experiência educativa, tornando-a mais eficaz e motivadora.

A arquitetura baseada em microsserviços será analisada como uma solução técnica para enfrentar os desafios de escalabilidade e manutenção. Esta abordagem permite a criação de sistemas modulares, facilitando a integração de novas funcionalidades e a adaptação a diferentes contextos de utilização.

A utilização de *Big Data* em plataformas de *e-learning* também será abordada, destacando como a análise de grandes volumes de dados pode informar decisões pedagógicas e melhorar a experiência do utilizador.

As metodologias ágeis, com ênfase no *Scrum*, serão discutidas no contexto da gestão de projetos de desenvolvimento de plataformas educativas, evidenciando os benefícios da flexibilidade e da entrega iterativa de valor.

Por fim, o *Design Thinking* será explorado como uma abordagem centrada no utilizador, o que pode contribuir para a criação de soluções educativas mais intuitivas e eficazes.

Ao longo de todas as secções acabadas de referir, serão identificadas as principais lacunas existentes na literatura, discutidas as melhores práticas e, ainda, apresentadas as tendências que têm vindo a surgir. A presente análise crítica serve para contextualizar o projeto no panorama científico atual e, também, reforçar a relevância do estudo proposto, justificando a sua contribuição para o avanço das plataformas de ensino digital.

Em suma, esta revisão da literatura procura estabelecer as bases necessárias para responder à pergunta central desta pesquisa: *Como desenvolver uma plataforma*

de e-learning escalável, robusta e centrada no utilizador, que integre um knowledge center e promova uma aprendizagem colaborativa e personalizada?

2.2 Bases Teóricas e Conceptuais

Apresentam-se, agora, os principais conceitos, modelos e teorias que sustentam o projeto que se pretende desenvolver. Pretende-se, assim, fornecer uma base sólida para a compreensão dos temas abordados, nomeadamente, as plataformas de *e-learning*, os *knowledge center*, a gamificação, a integração de IA na educação, as arquiteturas baseadas em microsserviços, a integração de *Big Data*, as metodologias ágeis e o *Design Thinking*.

2.2.1 Plataformas de E-Learning: Evolução e Limitações

Como já referido anteriormente, o aparecimento da pandemia de COVID-19 veio expor vulnerabilidades nas infraestruturas das plataformas de *e-learning*. A insuficiência da capacidade tecnológica em diversos contextos educativos, tal como referido no estudo de Almaiah et al. (2020), tornou-se especialmente notória na gestão de picos de utilização e na capacidade de suportar ambientes de aprendizagem síncronos e assíncronos sem que a qualidade do serviço saísse comprometida.

Esta transição abrupta para o ensino digital revelou a resistência de docentes e discentes na adoção deste tipo de práticas educativas. Segundo Tapia et al. (2020), este fenómeno foi influenciado por fatores como a falta de formação adequada, a insegurança digital e a dificuldade na adaptação de conteúdos utilizados no ensino presencial. Os autores referem, ainda, que um dos aspetos fundamentais para a eficácia educativa é a manutenção das interações e do interesse dos alunos, no entanto, é ainda mencionado que estes foram os maiores desafios da transição.

Perante estes desafios, as plataformas de *e-learning* são forçadas a criar funcionalidades que promovam tanto a colaboração como a comunicação, a fim de aumentar o interesse individual de cada utilizador. Alguns exemplos de implementações a ter em conta são salas de discussão interativas ou *fóruns* e gamificação de tarefas educativas, como a atribuição de pontos pela conclusão de cursos.

Outro conceito essencial abordado na investigação é a inclusão digital. A pandemia evidenciou desigualdades no acesso às Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), com muitos estudantes a enfrentar obstáculos no acesso a dispositivos adequados e a uma ligação estável à internet, tal como referem os autores Almaiah et al. (2020). Este problema não se revela apenas técnico, mas também socioeconómico, exigindo abordagens integradas que promovam a equidade no acesso à educação digital.

Além disso, a resiliência das plataformas de *e-learning* tornou-se um foco de estudo crítico. Este conceito refere-se à capacidade de adaptação destes sistemas a

mudanças quando submetidos a condições peculiares, como picos inesperados de utilização ou interrupções na infraestrutura tecnológica. Isto implica o desenvolvimento de soluções robustas que possam suportar cargas elevadas e garantir a continuidade pedagógica sem falhas significativas, tal como referido por Tapia et al. (2020).

Por conseguinte, é evidente que o aparecimento da pandemia trouxe à tona a necessidade de se repensar e melhorar as plataformas de *e-learning*, assegurando que estas não sejam apenas competentes a nível técnico, mas também a nível pedagógico e social. Investir no desenvolvimento de infraestruturas resilientes, na formação contínua de educadores e na implementação de práticas pedagógicas inovadoras são passos que se devem considerar, se se pretende garantir a sustentabilidade e a eficácia do ensino digital no futuro.

2.2.2 Knowledge centers: Conceito e Relevância

Os *knowledge centers* ou, em português, “centros de conhecimento”, são repositórios digitais que permitem aos utilizadores obter informações sobre assuntos comuns, isto é, são espaços onde cada utilizador é capaz de criar e partilhar artigos de forma a obter mais informação, normalmente através de comentários feitos por outros indivíduos, ou com o objetivo de fornecer ajuda sobre determinado assunto. É típico que os artigos, depois de publicados, possam ser acedidos por quaisquer outros utilizadores.

Janes et al. (2023), no seu artigo, salientam que este tipo de soluções, além de promoverem um ambiente de autoajuda, fornecerem informação atualizada, o que faz com que a implementação deste tipo de ferramentas em plataformas de *e-learning* seja de grande interesse, uma vez que, além de promoverem a interação entre os utilizadores, aumentam o interesse dos mesmos, combatendo assim uma das lacunas evidenciadas anteriormente.

Estudos recentes, como o de Feng (2024), têm demonstrado que a integração de tecnologias modernas, como a IA, pode otimizar as funcionalidades dos centros de conhecimento. A implementação de ferramentas que possibilitem a obtenção de *feedback* personalizado e de aprendizagem adaptativa, têm mostrado reduzir a carga cognitiva dos utilizadores e conseguido melhorar os resultados educativos. O autor comprova essa afirmação após a realização de um estudo com estudantes que, após utilizarem as metodologias mencionadas, apresentaram melhorias consideráveis nas suas competências.

Como é possível verificar, a combinação de ambientes colaborativos com ferramentas baseadas em IA revela-se uma proposta promissora para otimizar o processo de aprendizagem digital, devido à redução de barreiras cognitivas e ao desenvolvimento de um ambiente mais atrativo para os utilizadores.

2.2.3 Gamificação em Ambientes de E-learning

O conceito de gamificação refere-se à aplicação de elementos e princípios do *design* de jogos em contextos não relacionados com jogos. Esta abordagem vem-se a destacar ao longo do tempo devido à sua capacidade de criar ambientes envolventes e motivadores.

A integração de componentes como pontos, medalhas, desafios e tabelas de classificação, visa estimular a motivação dos utilizadores através da criação de um ambiente competitivo. Por exemplo, Bouchrika et al. (2021) observaram um crescimento significativo na participação e no envolvimento dos estudantes em plataformas de *e-learning* que adotaram elementos de jogos, mesmo em contextos iniciais de baixa adesão.

Contudo, o interesse dos utilizadores pode vir a diminuir ao longo do tempo, devido ao “efeito novidade”. Para evitar esta situação, é recomendado que se faça uma avaliação periódica das estratégias utilizadas, incorporando *feedback* dos utilizadores, para que se possam ir ajustando as mecânicas para manter níveis de entusiasmo e interesse adequados, tal como sugerido pelos autores Bouchrika et al. (2021).

No entanto, apesar deste tipo de ferramentas apresentar regalias, a sua implementação deve ser planeada cuidadosamente, assegurando que os elementos gamificados estejam alinhados com os objetivos pedagógicos. É ainda de ressaltar que uma adoção excessiva ou descontextualizada pode causar efeitos negativos nos utilizadores, tais como sobrecarga cognitiva e frustração, o que pode acabar por comprometer a eficácia da estratégia.

Em suma, a gamificação representa uma ferramenta poderosa para melhorar a motivação e o envolvimento dos estudantes, desde que integrada de modo coerente e alinhada com uma visão pedagógica sólida.

2.2.4 Personalização e IA na Educação

A IA tem vindo a afirmar-se como um catalisador de profundas transformações no panorama educativo, oferecendo ferramentas que possibilitam uma maior personalização dos processos de ensino e aprendizagem.

Por meio de algoritmos avançados de *machine learning* e sistemas adaptativos, torna-se viável monitorizar o progresso dos alunos, identificar lacunas de conhecimento e ajustar os conteúdos pedagógicos em função das necessidades e preferências de cada estudante (Ilic et al., 2023). Este grau de personalização promove ganhos de eficiência nos resultados educativos, incentivando a um maior envolvimento por parte dos alunos.

Tais sistemas baseados em IA podem também integrar *chatbots* inteligentes e assistentes virtuais, capazes de oferecer apoio contínuo, promovendo o pensamento crítico e a autonomia do discente.

No entanto, subsistem desafios éticos e técnicos relevantes, como a privacidade dos dados, a transparência dos algoritmos e a possibilidade de reprodução de enviesamentos existentes em *datasets* (Ilic et al., 2023).

A conformidade com regulamentos como o Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD) é, pois, essencial para assegurar a proteção de informações sensíveis e mitigar riscos inerentes ao uso generalizado da IA em contextos educativos.

2.2.5 Arquitetura Baseada em microsserviços

Segundo Tapia et al. (2020), uma arquitetura monolítica é um modelo tradicional de desenvolvimento de *software* que incorpora todos os componentes da aplicação num só local, no entanto, o surgimento da arquitetura baseada em microsserviços vem contrariar esse último modelo. O objetivo dos microsserviços é dividir as funções da aplicação de forma a torná-las independentes. Essa divisão, por sua vez, permite que as aplicações sejam mais tolerantes a falhas, uma vez que a falha de um serviço não afeta toda a aplicação.

Os autores salientam, ainda, que este tipo de abordagem possibilita uma melhor gestão de recursos, principalmente quando a orquestração dos microsserviços é feita em *containers*, com recurso a softwares como o *Docker* e o *Kubernetes*. A utilização destes *softwares* faz com que a gestão dos recursos seja feita de forma automática e otimizada, garantindo assim uma disponibilidade mais elevada, mesmo em períodos de grande volume de acessos.

Em cenários de *e-learning*, a arquitetura de microsserviços permite isolar componentes como as análises preditivas, a integração de conteúdos interativos ou a personalização do ensino. Segundo Asgari et al. (2021), a utilização desta arquitetura em ambientes de *e-learning* permite maior robustez e escalabilidade aos sistemas, preparando-os para picos de acesso e, em caso de falha, permite a utilização parcial das plataformas.

Em suma, a utilização desta arquitetura traz inúmeras vantagens, no entanto, é de notar que a sua implementação também conta com alguns desafios, dos quais se destacam uma maior curva de aprendizagem, devido à quantidade de serviços que é necessário conhecer, um consumo de recursos mais elevado, a necessidade de implementação de mais segurança, principalmente associado ao elevado número de APIs e pedidos feitos a cada uma, e, ainda, um custo inicial mais elevado.

2.2.6 Integração de Big data e Tecnologias Inteligentes em E-learning

O crescimento exponencial do ensino online tem conduzido a uma explosão do volume de dados educativos, criando oportunidades para a aplicação de *Big Data* e outras tecnologias inteligentes no sentido de melhorar a eficácia e a personalização das plataformas digitais.

De acordo com Liu and Yu (2023), os *Learning Management System* (LMS) tradicionais são cada vez mais insuficientes para lidar com a complexidade dos ambientes de *e-learning*, que incluem milhares (ou milhões) de interações diárias.

A integração de tecnologias de *Big Data* permite analisar padrões de utilização em larga escala, identificando comportamentos e dificuldades de forma preditiva. Este tipo de abordagem não só apoia a personalização dos percursos de aprendizagem, como também possibilita uma intervenção pedagógica em tempo real, maximizando o sucesso dos utilizadores.

Paralelamente, o recurso a modelos de armazenamento distribuído e processamento em tempo real reforça a escalabilidade e a capacidade de adaptação das plataformas (Liu and Yu, 2023).

2.2.7 Metodologias Ágeis e Scrum: A Sua Relevância na Gestão de Projetos

A adoção de metodologias ágeis, como o *Scrum*, tem vindo a ganhar relevância no âmbito do desenvolvimento de plataformas e soluções educativas devido à sua flexibilidade e foco na entrega iterativa de valor (Beck et al., 2001).

O *Scrum* organiza o trabalho em *sprints* e promove revisões periódicas, facilitando a incorporação de *feedback* frequente e permitindo ajustes contínuos aos requisitos do projeto. Elementos como o *Product Backlog* e o *Burndown Chart* contribuem para a transparência, enquanto a auto-organização das equipas encoraja a comunicação eficaz (Hron and Obwegeser, 2022).

Ainda assim, a implementação de metodologias ágeis em ambientes educativos pode requerer adaptações específicas, tendo em conta as particularidades institucionais e as necessidades dos utilizadores.

Práticas de Engenharia de Requisitos ajustadas, como a validação de protótipos e a definição de testes de aceitação, ajudam a manter o foco nos objetivos pedagógicos e a alinhar as soluções tecnológicas aos resultados de aprendizagem esperados (Ochodek and Kopczynska, 2018).

2.2.8 Integração de Perspetivas Criativas e Modelos Orientados ao Utilizador no Design Thinking Educativo

A criação de soluções capazes de combinar um bom *design* com uma boa experiência de utilização é algo que se tem vindo a revelar cada vez mais necessário e, conseqüentemente, a adoção de metodologias, cujo foco são os utilizadores, acaba por ser mais comum. Perante este cenário, a utilização da abordagem denominada de *Design Thinking* e, cujo objetivo é criar soluções capazes de satisfazer o maior número de utilizadores, tem vindo a ganhar bastantes adeptos.

Esta metodologia, como já referenciado, é centrada no utilizador e baseia-se em cinco etapas sequenciais que se denominam de empatia, definição, idealização, prototipagem e testes e, cujo objetivo é perceber quais são as necessidades e desafios dos utilizadores para, ao longo das restantes etapas, formular soluções capazes de atender a essas necessidades.

Os autores (Yang et al., 2022) abordam o presente tema no seu artigo e mencionam que o pensamento criativo e o pensamento experimental não são independentes, mas, sim, dimensões complementares que, quando se conciliam, conseguem potenciar a inovação, principalmente em ambientes educativos. A combinação destes processos permite o desenvolvimento de estratégias que estimulam a imaginação dos alunos, sem comprometer o rigor científico.

Já, Lu et al. (2023) propõem um modelo prático de *Design Thinking* estruturado em três fases: preparação, criação e avaliação que, embora tenha sido concebido para o *design* de produtos, pode ser adaptado a cenários educativos. Uma vez que a recolha de dados qualitativos, a definição de árvores de objetivos e a avaliação contínua do impacto das soluções desenvolvidas são estratégias que favorecem a empatia e a correspondência entre as necessidades reais dos utilizadores e os objetivos pedagógicos, seja qual for o cenário de implementação.

Em suma, a junção de criatividade, foco no utilizador e metodologias ágeis reforça o potencial transformador do *Design Thinking* em projetos educativos e, quando associado a práticas como a prototipagem e a validação de tecnologias, esta abordagem contribui para o desenvolvimento de soluções centradas no utilizador, alinhadas com as exigências tecnológicas e pedagógicas dos contextos de *e-learning* atuais.

2.3 Trabalho Relacionado

De forma a identificar contribuições relevantes, principais desafios e oportunidades de avanço, são analisados, neste ponto, os principais estudos e pesquisas que abordam diretamente os temas apresentados na revisão teórica.

2.3.1 *Aplicação de Métodos Híbridos de Inteligência Artificial às Plataformas Gamificadas*

Os autores Schatten et al. (2020) apresentam uma investigação sobre a aplicação de métodos híbridos de IA, *Hybrid Artificial Intelligence* (HAI), às plataformas que utilizam processos de gamificação nas áreas da educação e da telemedicina. No seu artigo, apresentam uma *framework* baseada na combinação de IA, de forma a otimizar os processos de aprendizagem e interação por parte dos utilizadores. A arquitetura proposta, sendo baseada em microsserviços, permite mais rentabilidade e mais facilidade na integração de várias tecnologias, nomeadamente, *machine learning*, *Natural Processing Language* (NLP) e agentes cognitivos, criando, assim,

ambientes que se conseguem adaptar de forma fácil e rápida, como acontece nos *Massively Multiplayer Online Role-Playing Games* (MMORPGs) e nas plataformas de saúde.

O núcleo fulcral da proposta apresentada é o agente cognitivo *Beautiful ARTificial Intelligence Cognitive Agent* (BARICA), projetado especificamente para dar apoio aos utilizadores. Este agente, uma vez que utiliza um sistema *Holonic Multi-Agent Systems* (HMAS), consegue ajustar as suas respostas em tempo real com base nas interações que tem com os indivíduos. A par com este agente, estão os processos de gamificação que, ao oferecerem abordagens que integram desafios e recompensas, juntamente com a aprendizagem adaptativa, geram conteúdos mais apelativos para os utilizadores, aumentando, assim, o seu interesse e a sua motivação. É, ainda, referido que o uso desta abordagem, na área da telemedicina, seria uma mais-valia, principalmente nos processos de monitorização de pacientes crónicos. A disponibilização de informações específicas do paciente auxiliaria tanto os profissionais de saúde como os utentes em situações que possam surgir, como, por exemplo, sobre tratamentos.

Schatten et al. (2020) evidenciam, ainda, alguns entraves que encontraram, nomeadamente, a eficiência da solução, a integração da mesma em sistemas heterogéneos e a privacidade dos dados, especialmente quando esta é sujeita a normas como o RGPD. No entanto, referem que a forma de contornar esses desafios é o uso de tecnologias como o *blockchain* e contratos inteligentes, embora informem que este tipo de implementação, além de ter custos bastante elevados, necessita de uma regulamentação adequada. Desta forma, o estudo levanta algumas questões sobre a viabilidade da abordagem apresentada, uma vez que a modularidade dos microsserviços favorece a compatibilidade entre plataformas, mas a falta de um padrão pode ser um grande obstáculo e, quanto ao agente BARICA, apesar deste conseguir personalizar as suas interações com base no utilizador, a sua eficácia depende diretamente da qualidade dos dados a que tem acesso.

2.3.2 Provisionamento de Recursos Computacionais com *Deep Learning* em Plataformas *E-Learning*

Ariza et al. (2021), no seu artigo, apresentam uma solução que pretende otimizar o provisionamento de recursos computacionais em plataformas *e-learning* alojadas em nuvem. A solução, contando com um modelo prévio baseado em *Deep Learning*, surge como resposta a algumas lacunas analisadas, nomeadamente, a fraca rentabilidade, a falta de otimização de recursos e fraca gestão de cargas de trabalho, observadas principalmente em períodos onde existiam picos de acesso, sobretudo durante avaliações síncronas e transmissões ao vivo.

Os autores apresentam, assim, uma proposta que combina *Recurrent Neural Network* (RNN) e *Fully Connected Neural Networks* (FCNN) para antecipar o consumo de recursos como a CPU, RAM, rede e armazenamento e, assim, fazer a alocação de recursos de forma dinâmica e eficiente. É, ainda, referido que os modelos utilizados foram treinados com mais de 17.000 registos provenientes de uma implementação real da plataforma *Moodle* alojada numa máquina virtual do *Google Cloud Platform* (GCP).

A metodologia adotada para a análise dos dados segue um ciclo adaptativo inspirado no modelo *Monitor, Analyze, Plan, Execute* (MAPE), que permite caracterizar o sistema, monitorizar dados em tempo real e detetar comportamentos anómalos. Foram, também, utilizadas *Long Short-Term Memory* (LSTM) na análise de padrões e previsão de números de acesso, permitindo um provisionamento proativo. Os autores referem ainda que a implementação deste tipo de abordagem traz a redução de custos operacionais, melhora a performance do sistema e ainda diminui os tempos de resposta. Tudo isto conta com uma arquitetura modular baseada em microsserviços, que facilita as integrações com pipelines *Continuous Integration* (CI)/*Continuous Delivery/Deployment* (CD) e novas funcionalidades.

Os resultados apresentados na pesquisa demonstram que a arquitetura consegue gerar ganhos significativos no que toca à eficiência de alocação de recursos, nomeadamente, nas plataformas de larga escala. No entanto, é feito um alerta sobre a necessidade de serem feitos ajustes contínuos aos modelos de forma que estes consigam continuar a lidar com os picos de acesso. Além disso, é referido que a implementação inicial pode exigir investimentos consideráveis em infraestrutura e em equipas especializadas.

O estudo destaca, ainda, o potencial de *Edge Computing* de forma a equilibrar o desempenho e os custos em regiões com infraestrutura limitada, sugerindo estratégias híbridas que combinem nuvem pública e servidores locais com soluções robustas de segurança e gestão distribuída. Em suma, a pesquisa demonstra que a aplicação de *Deep Learning* e ciclos adaptativos de monitorização acaba por ser uma solução viável para quem procura rentabilidade e eficiência em plataformas de *e-learning*. Contudo, Ariza et al. (2021) alertam para a necessidade de investimentos contínuos, infraestruturas adequadas e políticas claras que consigam garantir a segurança e o uso ético dos dados, o que se pode revelar um entrave em muitos casos.

2.3.3 Plataformas de Aprendizagem Online Baseadas em DevOps para Ensino de Aplicações na Nuvem

Neupane et al. (2024), no seu estudo, evidenciam que desenvolveram uma plataforma *e-learning* baseada em *DevOps*, denominada de *Mizzou Cloud DevOps* (MCD). Esta plataforma, cujo principal objetivo principal é instruir os seus utilizadores sobre conceitos ligados, precisamente, ao *DevOps*, conta com uma arquitetura baseada em

microserviços e *pipelines* automatizadas, que permitem que esta esteja dividida em módulos, o que origina um sistema adaptável, flexível e personalizável.

Quanto ao ensino disponibilizado, também este é composto por módulos e, em cada um deles, são abordados temas diretamente relacionados com a área. Além disso, a plataforma integra também ferramentas *Infrastructure as Code* (IaC), que permitem a monitorização contínua e a automação de processos, consolidando uma experiência alinhada com práticas modernas de desenvolvimento e operações.

Segundo os autores, o núcleo fulcral da abordagem apresentada é o conceito de “aprendizagem inspirada por aplicações”. Assim, pretende-se criar uma perspetiva, onde se interligam as bases teóricas com cenários práticos. Um exemplo evidenciado no artigo, é a existência de módulos que exploram fluxos de trabalho reais associados à transmissão de vídeo, redes de ciberdefesa automatizadas, gestão bioinformática com *Edge Computing* e ao desenvolvimento de modelos de *machine learning* para a área da saúde.

A plataforma, para motivar os seus utilizadores, conta com um sistema de medalhas e usa elementos de gamificação para aumentar o envolvimento dos mesmos. Além disso, são disponibilizados painéis interativos, com análises de desempenho, a todos os instrutores. A integração com *Amazon Web Services* (AWS), GCP, *Pacific Research Platform* (PRP) e *Global Environment for Network Innovations* (GENI) permite a interação dos alunos com ambientes reais de produção, reforçando a aplicabilidade daquilo que foram aprendendo ao longo dos módulos.

Assim, a MCD representa uma abordagem inovadora no ensino de *DevOps* em ambientes educativos, ao integrar cenários práticos, tecnologias avançadas e uma estrutura pedagógica centrada no aluno. Além disso, testes realizados à MCD, conduzidos por meio de workshops e estudos de usabilidade com mais de 200 utilizadores, mostraram avanços significativos no domínio das ferramentas *DevOps*. No entanto, foram identificadas algumas dificuldades, tais como a falta de clareza nas instruções para novos utilizadores e a necessidade de melhorias na *interface*.

2.3.4 *Blockchain* em Plataformas de *E-Learning*: Oportunidades e Desafios

A *blockchain*, sendo uma tecnologia que permite o armazenamento e a gestão de informações de forma transparente e segura, torna a sua utilização aliciante em ambientes académicos. Assim sendo, Bidry et al. (2023) exploram as propriedades e as limitações desta tecnologia e apresentam uma análise estruturada sobre o uso da mesma no ensino digital.

Entre as principais características evidenciadas, os autores salientam a imutabilidade dos registos, uma vez que esta tecnologia salvaguarda a integridade dos dados e impede perdas e/ou alterações indesejadas de dados importantes. Apontam melhorias ao nível do controlo de dados, visto que é possível saber qual a origem

dos dados, garantindo, assim, a autenticidade e a qualidade dos mesmos e, por fim, a segurança, devido à criptografia existente na *blockchain*.

Os autores fazem referências a projetos que integram esta tecnologia, nomeadamente, ao projeto *Blockcerts*, desenvolvido pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), e às plataformas *ODEM* e *APPPII*. No primeiro caso, a tecnologia é utilizada na emissão e na verificação de diplomas digitais, enquanto nos outros dois, é utilizada na validação de currículos e na área dos pagamentos. Outras referências a ter em conta são a *Sony Global Education* (SGE) e a *Universidade de Nicosia* (UNIC), uma vez que utilizam e tiram partido dos benefícios da *blockchain* na área da educação, nomeadamente, no controlo de dados.

No entanto, além dos vários pontos fortes apresentados, os autores ressaltam, também, alguns entraves, nomeadamente a falta de interoperabilidade entre vários sistemas *blockchain*, a limitação da capacidade da arquitetura e, em certos casos, a imutabilidade excessiva, o que dificulta a correção de possíveis erros nos dados. Além disso, fazem referência aos elevados custos de implementação e às políticas rigorosas de privacidade de dados, que devem estar de acordo com os RGPD.

Em suma, além dos entraves evidenciados por Bidry et al. (2023), o uso desta tecnologia, ao nível da educação digital, é bastante promissor. Espera-se, assim, que a adoção de contratos inteligentes facilite os procedimentos administrativos e que as plataformas descentralizadas, que contam com currículos próprios e personalizados, possam vir a revolucionar a experiência do ensino digital. Mais uma vez, claro está, para todas essas implementações, devem-se ter em consideração não só a dimensão dos custos como a conformidade com o RGPD.

2.3.5 Exploração de Dados Educativos e *Learning Analytics*

Em contexto académico, a falta de personalização de conteúdos, aliada à identificação tardia de situações de risco, apresenta um forte indicador de abandono escolar. Nesse sentido, os autores Romero and Ventura (2020), apresentam um estudo sobre a integração de técnicas de *Educational Data Mining* (EDM) e de *Learning Analytics* (LA). Nesse estudo, afirmam que as técnicas agem como complementos e, através da combinação de algoritmos de regressão, redes neuronais, métodos de *Clustering* e *machine learning*, os indicadores de abandono escolar podem vir a diminuir.

Como o foco do EDM é a identificação e a previsão de comportamentos anómalos nos dados, e o papel da LA é a aplicação prática dessas análises, a conjugação destas técnicas é capaz de fornecer indicadores importantes que auxiliem na tomada de decisões e na disponibilização de conteúdos devidamente adaptados a cada utilizador. Simultaneamente, a integração destas técnicas com *blockchain* garante uma maior segurança e transparência nos dados analisados, assegurando a integridade dos registos académicos. Ainda assim, as questões de privacidade e regulamentação,

especialmente no contexto do RGPD, exigem uma gestão cuidadosa e a implementação de algoritmos transparentes e auditáveis.

Os autores sugerem que a fusão de EDM, LA, IA e *Big Data* irá transformar o cenário da educação digital, fornecendo ferramentas indicadoras cada vez mais avançadas que, não só permitirão monitorizar o progresso académico em tempo real, mas, também, permitirão a antevisão de possíveis problemas, propondo, assim, intervenções personalizadas e adaptadas a cada caso.

Por outro lado, o estudo evidencia a existência de um entrave técnico bastante relevante: a interoperabilidade entre múltiplos sistemas. Este problema dificulta a junção de dados oriundos de várias plataformas e, além disso, a interpretação de modelos complexos requer especialistas capacitados, algo que pode não ser possível em certos meios.

Em suma, embora a conjugação de EDM e LA ofereça um potencial significativo para dinamizar o *e-learning*, a implementação bem-sucedida dependerá de investimentos em infraestrutura, de políticas robustas de proteção de dados e da formação adequada dos profissionais envolvidos no processo educativo.

Capítulo 3

Metodologia e Métodos

A abordagem metodológica adotada no desenvolvimento da plataforma proposta é, aqui, descrita de forma clara e estruturada. Assim, são apresentadas as ferramentas e *frameworks* selecionadas, o processo de definição dos requisitos, as estratégias de implementação e a justificação das escolhas tecnológicas, construindo um panorama detalhado do percurso de conceção e validação do projeto.

3.1 Introdução

Neste capítulo, é apresentada a abordagem metodológica adotada para o desenvolvimento da plataforma proposta. Através de uma descrição detalhada dos métodos, ferramentas e tecnologias utilizadas, procura-se explicar como o projeto foi planeado, implementado e validado de forma sistemática e fundamentada.

Inicialmente, descreve-se a abordagem geral da metodologia, evidenciando as razões pelas quais certas ferramentas e *frameworks* foram escolhidas em detrimento de outras, bem como os métodos que guiaram cada etapa do processo de desenvolvimento. Em seguida, apresenta-se a pesquisa bibliográfica, destacando as fontes científicas consultadas, os principais tópicos investigados e os métodos utilizados para recolher e analisar informações relevantes.

Posteriormente, detalha-se o processo de implementação, dividido em fases claras, desde a definição dos requisitos até à fase de testes e monitorização. As ferramentas tecnológicas utilizadas, tais como *Next.js*, *Fastify*, *Docker* e *PostgreSQL*, são

igualmente descritas, justificando-se as suas funcionalidades e aplicação no contexto do projeto.

Além disso, especificam-se os requisitos funcionais e não funcionais, que representam os parâmetros essenciais para garantir que a plataforma atende às necessidades dos utilizadores e aos objetivos definidos inicialmente.

Por fim, procede-se a uma justificação crítica das escolhas metodológicas e tecnológicas, realçando como cada decisão contribuiu para o sucesso do projeto e de que forma estas opções se alinham com as melhores práticas de desenvolvimento de plataformas digitais educacionais.

Este capítulo visa, assim, oferecer uma visão clara, estruturada e detalhada de como o projeto foi concebido, desenvolvido e validado, assegurando a transparência e a reprodutibilidade dos processos adotados.

3.2 Pesquisa Bibliográfica

A pesquisa bibliográfica desempenha um papel central na fundamentação teórica e metodológica deste estudo, fornecendo uma compreensão aprofundada das áreas-chave envolvidas no desenvolvimento da plataforma. Este processo identifica as melhores práticas, tecnologias emergentes e abordagens metodológicas aplicadas em contextos semelhantes, assegurando que as decisões tomadas ao longo do projeto estejam alinhadas com as tendências atuais e com os desafios enfrentados nesta área.

Para garantir rigor e qualidade nas informações, adotou-se uma abordagem sistemática, com recurso a fontes científicas de referência, como *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *Web of Science* e *ACM Digital Library*. A seleção dos estudos priorizou publicações recentes (entre 2018 e 2025), relevantes para temáticas como **plataformas digitais de aprendizagem, IA aplicada à educação, gamificação e arquiteturas escaláveis baseadas em microsserviços**.

Durante esse processo, utilizaram-se palavras-chave específicas (*e-learning*, IA na educação, gamificação, arquitetura de microsserviços e *Scrum Framework*), com o intuito de localizar estudos que apresentassem aplicações práticas, casos de estudo ou abordagens tecnológicas inovadoras. A análise centrou-se em aspetos como implementação, eficácia e capacidade de adaptação às exigências do ensino digital.

A revisão da literatura organizou-se em quatro áreas fundamentais. Primeiramente, abordaram-se plataformas de *e-learning*, analisando arquiteturas tecnológicas, usabilidade e modelos híbridos de aprendizagem. Em seguida, explorou-se a IA aplicada à educação, com ênfase em algoritmos adaptativos, *chatbots* inteligentes e sistemas de recomendação personalizados. Num terceiro ponto, examinou-se a gamificação, considerando elementos motivacionais como pontos, desafios e *rankings*. Por fim, investigou-se a arquitetura de microsserviços, sublinhando a aplicação de

ferramentas como *Docker* e *Kubernetes* para garantir escalabilidade, manutenção simplificada e alta disponibilidade.

Os métodos de análise adotados incluíram uma abordagem comparativa entre diferentes soluções tecnológicas, uma revisão sistemática das principais fontes disponíveis e casos de estudo reais implementados em plataformas semelhantes. Esta linha de investigação possibilitou a identificação de padrões, desafios recorrentes e oportunidades de inovação, contribuindo diretamente para a estruturação e implementação do projeto.

Em suma, a pesquisa bibliográfica não estabeleceu apenas as bases teóricas deste estudo, como também forneceu *insights* valiosos para orientar as escolhas tecnológicas, arquiteturais e metodológicas ao longo do desenvolvimento da plataforma proposta.

3.2.1 Metodologia Usada

O desenvolvimento da plataforma seguiu uma abordagem metodológica cuidadosamente planeada, integrando práticas de gestão ágil com tecnologias modernas. A arquitetura geral da solução pode ser observada na figura 3.1, que apresenta as diferentes camadas da plataforma e a forma como estas interagem entre si.

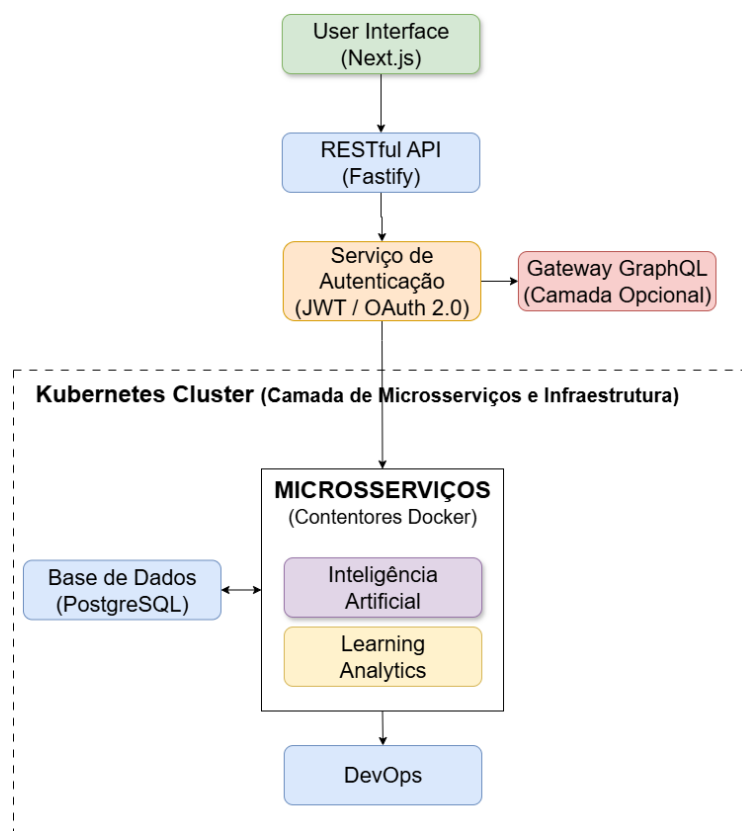


Figura 3.1: Arquitetura geral da plataforma proposta

Metodologia de Desenvolvimento – *Scrum*

Assim, para gerir o desenvolvimento do projeto, escolheu-se usar a metodologia ágil *Scrum*, devido à flexibilidade, à colaboração intensiva que promove e à capacidade de responder rapidamente a alterações de requisitos. Desta forma, é possível identificar e resolver problemas de maneira precoce, minimizando qualquer tipo de riscos e garantindo entregas regulares e cuidadas.

O uso desta metodologia tem como objetivo estruturar o desenvolvimento da plataforma através da definição de metas claras para cada iteração e, através de reuniões diárias, avaliar as dificuldades e progressos de forma a ajustar qualquer tipo de implementação. Além disso, a realização de uma reunião no final de cada *sprint* foi de grande ajuda para se verificarem quais os resultados alcançados e para a apresentação de melhorias, quando aplicáveis.

Concluindo, a utilização do *Scrum* serviu para organizar todo o desenvolvimento da aplicação através da divisão do mesmo em entregas mais pequenas, de forma a aumentar a qualidade de cada implementação e facilitando qualquer tipo de adaptação que foi necessária fazer.

Tecnologias de *frontend* – *NextJs (React)*

Para o desenvolvimento do *Frontend*, selecionou-se o *Next.js*, uma vez que, além de possuir funcionalidades avançadas como *Server-Side Rendering* (SSR) e *Static Site Generation* (SSG), proporciona um ambiente de desenvolvimento bastante equilibrado a nível de flexibilidade e de desempenho, o que permite a criação de *interfaces* dinâmicas, eficientes e acessíveis.

Esta metodologia, como já referido, ao possibilitar SSR e SSG faz com que as páginas construídas sejam carregadas mais rapidamente, melhorando assim a experiência de utilização da aplicação. Em termos de ajuda no desenvolvimento, pode-se contar com um sistema de rotas automático, o que facilita muito o processo de definição das mesmas e, além disso, a possibilidade de criar componentes reutilizáveis faz com que o tempo necessário para o desenvolvimento de páginas seja reduzido significativamente.

Assim, a adoção desta metodologia teve em vista oferecer aos utilizadores uma experiência de utilização mais fluida e otimizada, mesmo em dispositivos com recursos mais limitados e, no que toca à parte do desenvolvedor, procurou-se facilitar o processo de criação de todo o *design* e estrutura da aplicação *web*.

Tecnologias de *backend* – *Fastify*

À semelhança do que foi referido sobre a tecnologia do *Frontend*, um dos principais objetivos para a escolha da metodologia de *Backend*, *Fastify*, é facilitar o processo de implementação. Além disso, devido à sua arquitetura, esta ferramenta

apresenta performances muito boas, permitindo efetuar cerca de 48441 pedidos no espaço de 1 segundo (dados retirados do *website* da ferramenta).

Utilizou-se a presente metodologia na criação de *endpoints RESTful* e micro-serviços que fossem capazes de suportar situações de picos de acesso e, acima de tudo, que fossem seguros, utilizando outra das funcionalidades oferecidas pela ferramenta: a validação de esquemas através de *JSON Schema*. É ainda de ressaltar que o *Fastify* é uma *framework* para *Node.js*, o que permite o uso de *typescript*, a mesma linguagem que foi usada no desenvolvimento do *Frontend*.

Armazenamento de Dados – *PostgreSQL*

Para o armazenamento e gestão dos dados utilizados na plataforma, utilizou-se o sistema de gestão de bases de dados *PostgreSQL* que, além de garantir a integridade dos dados, é altamente disponível e oferece suporte a transações *Atomicity, Consistency, Isolation, Durability* (ACID). A utilização desta ferramenta beneficiou o desenvolvimento da plataforma através da disponibilização de maior segurança ao nível dos dados, rapidez na gestão dos mesmos devido à possibilidade de criação e otimização de consultas e, uma vez que permite o *backup* de dados, evita a perda de informação importante.

Containerização – *Docker* e Orquestração – *Kubernetes*

Para a *containerização*, fez-se uso do *Docker*, enquanto a orquestração ficou a cargo do *Kubernetes*, permitindo a execução isolada, eficiente e escalável de cada componente. Desta forma, o *Docker* foi responsável por encapsular cada serviço em *containers* independentes enquanto o balanceamento de carga e a gestão da escalabilidade estão a ser feitos pelo *Kubernetes*. Através da combinação destas duas ferramentas, alcança-se uma plataforma mais disponível, escalável e com maior eficiência ao nível dos processos de implantação.

3.3 Requisitos do Projeto

Os requisitos de um projeto representam uma descrição detalhada das características, funcionalidades e restrições necessárias para alcançar os objetivos propostos. Estes servem como um guia para o desenvolvimento, implementação e avaliação do sistema, assegurando que o produto final atenda às expectativas e necessidades dos utilizadores e *stakeholders* envolvidos.

A presente secção tem como objetivo apresentar os requisitos identificados para a implementação da plataforma de *e-learning* e *knowledge center*, categorizados em **requisitos funcionais** e **requisitos não funcionais**. A distinção entre estas

categorias é essencial para clarificar as funções específicas do sistema, bem como os critérios que garantem a qualidade e robustez do produto.

Nesta fase do projeto, a análise dos requisitos permite:

- Definir com clareza as funcionalidades indispensáveis para o correto funcionamento do sistema;
- Identificar as propriedades técnicas que asseguram um desempenho adequado, bem como os parâmetros de segurança, escalabilidade e usabilidade;
- Fornecer uma base sólida para orientar o desenvolvimento técnico, garantindo o alinhamento entre os objetivos estratégicos e as soluções implementadas.

Os requisitos apresentados foram definidos com base numa análise das necessidades dos utilizadores, bem como em princípios de *design* centrado no utilizador e boas práticas no desenvolvimento de plataformas digitais.

3.3.1 Requisitos Funcionais

Os **requisitos funcionais** representam as funcionalidades específicas que o sistema deve possuir para atender às necessidades dos utilizadores. Descrevem o que o sistema *deve fazer*, estando diretamente relacionados com os objetivos do projeto e as suas aplicações práticas.

O intuito desta subsecção é apresentar as funções e características que garantem a operacionalidade da plataforma, especificando os serviços que devem ser oferecidos aos diferentes perfis de utilizadores (como estudantes, professores e administradores). Tais requisitos são fundamentais para assegurar que o sistema cumpra o seu propósito principal: promover a aprendizagem colaborativa, personalizada e acessível.

No que respeita ao acesso à plataforma, esta deve funcionar de forma consistente nos principais navegadores *web*, como *Google Chrome*, *Mozilla Firefox* e *Safari*, entre outros. Paralelamente, a *interface* deve ser responsiva, adaptando-se automaticamente a diferentes tamanhos de ecrã, de forma a ser possível o seu acesso através de qualquer tipo de dispositivo, seja ele um computador, *tablet* ou *smartphone*.

Ao nível da gestão de conteúdos educativos, a plataforma deve possibilitar o carregamento, categorização e administração de materiais nos formatos *PDF*, vídeo, apresentações e *quizes*.

A promoção da interação e da colaboração entre os utilizadores constitui outro requisito fundamental. Para tal, a plataforma deve disponibilizar fóruns de discussão associados a cada curso ou módulo, com a possibilidade de moderação por administradores ou docentes, bem como permitir a inserção de comentários sobre os materiais educativos. Estes mecanismos visam incentivar a troca de ideias, o esclarecimento de dúvidas e a construção colaborativa de conhecimento.

Para reforçar a motivação e o compromisso dos participantes, prevê-se a integração de mecanismos de gamificação. Entre estes, incluem-se sistemas de progressão baseados na acumulação de pontos por atividades como a conclusão de cursos ou a participação em fóruns, bem como a utilização de classificações (ou *leaderboards*) para fomentar a competição saudável e o envolvimento contínuo.

A personalização da experiência de aprendizagem é apoiada por funcionalidades de recomendação. Para tal, a plataforma deve recorrer a algoritmos de IA capazes de sugerir cursos e conteúdos com base no histórico de utilização e nas preferências dos utilizadores. Além disso, deverão ser disponibilizados relatórios personalizados que indiquem o progresso, as dificuldades e áreas de melhoria para cada estudante.

No âmbito do suporte ao utilizador, a plataforma deve incorporar um sistema de apoio automatizado que combine um *chatbot* baseado em IA, vocacionado para prestar suporte técnico e pedagógico, com um mecanismo de registo de pedidos através de *tickets*, permitindo acompanhar a resolução de problemas de forma estruturada.

Quanto ao registo e gestão de utilizadores, prevê-se a utilização de mecanismos de autenticação simplificados, como o *Single Sign-on* (SSO), através de serviços como o *Google* e a *Microsoft*. A plataforma deve suportar diferentes níveis de acesso (administradores, docentes, estudantes), cada um com permissões específicas, e possibilitar a sincronização de perfis com diretórios corporativos ou académicos.

No que toca às métricas e relatórios, a plataforma deve disponibilizar painéis analíticos que permitam monitorizar o desempenho dos estudantes, a taxa de conclusão dos cursos e o nível de interação com os conteúdos e fóruns. Os dados e respetivas análises devem ser exportáveis em formatos como *PDF*, *Excel* ou *CSV*, de forma a facilitar a sua utilização em outros contextos.

Por fim, é importante que a plataforma ofereça suporte à aprendizagem em contextos corporativos. Para tal, os cursos deverão poder ser adaptados a necessidades organizacionais específicas, incluindo a emissão de certificações digitais. Adicionalmente, a plataforma deve ser capaz de se integrar com outros sistemas de gestão de aprendizagem (LMS), potenciando, assim, a sua utilização em ambientes empresariais.

3.3.2 Requisitos Não Funcionais

Os **requisitos não funcionais** referem-se às propriedades e qualidades gerais do sistema, definindo como este deve funcionar, ao invés de *o que* este deve fazer. Estes requisitos garantem que o sistema opere de forma eficiente, segura e confiável, mesmo em cenários de elevado tráfego ou condições adversas.

Em contraste com a subsecção anterior, esta serve para descrever os critérios técnicos e de qualidade que asseguram a robustez e o desempenho do sistema. Assim, os requisitos não funcionais são essenciais para satisfazer as expectativas dos

utilizadores em termos de acessibilidade, escalabilidade, segurança e facilidade de manutenção.

No que diz respeito à escalabilidade, pretende-se que a plataforma suporte picos de utilização através de uma infraestrutura escalável na nuvem, recorrendo, por exemplo, a tecnologias como o *Kubernetes* e o *Docker*. A arquitetura deve permitir tanto a escalabilidade horizontal como vertical, de forma a gerir adequadamente o processamento e o armazenamento, acompanhando o crescimento do número de utilizadores e do volume de dados.

Relativamente ao desempenho, a plataforma deve apresentar tempos de resposta reduzidos, garantindo uma navegação fluida e eficiente, mesmo em cenários de utilização intensiva. O sistema está projetado para suportar uma capacidade elevada de utilizadores em simultâneo, assegurando uma experiência consistente e sem interrupções, independentemente do volume de tráfego.

A manutenção e a atualização do sistema são apoiadas por práticas de *DevOps*, com especial ênfase em *pipelines* de integração contínua (CI/CD), que permitam a introdução de novas funcionalidades e a correção de erros de forma controlada. Além disso, o sistema deve incluir mecanismos de registo de *logs* para monitorização e resolução de erros, facilitando a identificação e correção de problemas.

No domínio da segurança de dados, a plataforma deve cumprir rigorosamente o RGPD, garantindo a proteção de informação sensível dos utilizadores. Os dados devem ser encriptados tanto em trânsito, através de protocolos como *Hyper Text Transfer Protocol Secure* (HTTPS)/*Transport Layer Security* (TLS), como em repouso. Para contas críticas, a implementação de autenticação multifator (*Two-factor authentication* (2FA)) é obrigatória, de forma a reforçar ainda mais a segurança do acesso.

A disponibilidade da plataforma é outro requisito crucial, com o objetivo de minimizar interrupções e garantir o acesso contínuo aos utilizadores. O sistema deve incluir mecanismos para recuperação de falhas e estratégias de armazenamento de cópias de segurança, assegurando a integridade dos dados e a resiliência perante situações imprevistas.

No que concerne à usabilidade e acessibilidade, a plataforma deve cumprir as normas *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG), garantindo que utilizadores com necessidades especiais possam aceder e utilizar os recursos disponíveis. Testes regulares de usabilidade serão realizados para assegurar uma experiência intuitiva e agradável para todos os perfis de utilizadores.

A integração com serviços externos é facilitada através de APIs *RESTful*, permitindo a comunicação e interoperabilidade com outras plataformas de disponibilização de cursos e sistemas de gestão de aprendizagem.

Por fim, a robustez e resiliência do sistema são garantidas através de um *design* que assegura a recuperação eficiente em caso de falhas, minimizando o impacto para

os utilizadores e garantindo a continuidade das operações. Mecanismos preventivos serão implementados para evitar sobrecargas e assegurar o funcionamento estável da plataforma, mesmo em cenários de elevada utilização.

Capítulo 4

Análise de Soluções Existentes

Aquando do desenvolvimento de uma plataforma de *e-learning*, é fundamental proceder à análise de soluções já existentes no mercado, a fim de se conhecer as abordagens arquitetônicas adotadas, os modelos de licenciamento utilizados, bem como as funcionalidades disponibilizadas por essas plataformas. O presente capítulo tem, assim, como objetivo, identificar boas práticas e reconhecer algumas limitações técnicas e operacionais que possam ser superadas.

4.1 Plataformas analisadas

Assim sendo, foram selecionadas seis plataformas bastante reconhecidas no campo da aprendizagem digital: *Moodle*, *Canvas*, *Open edX*, *Coursera*, *Udemy* e *Sakai*, que vão ser analisadas individualmente a seguir.

4.1.1 Moodle

O *Moodle* é uma LMS amplamente adotada a nível global e, segundo a sua documentação oficial, Moodle HQ (2025a), está licenciada sob a GNU General Public License v3 (GPLv3). Esta licença permite a utilização, modificação e redistribuição do código-fonte, promovendo uma forte comunidade internacional de desenvolvimento.

A nível tecnológico, a plataforma é desenvolvida maioritariamente em PHP, com suporte adicional de tecnologias *web* como JavaScript, HTML, CSS e SQL, conforme

descrito em Moodle HQ (2025a). Esta base assegura a compatibilidade com servidores *web* (Apache HTTP Server, Nginx, IIS) e com sistemas de gestão de bases de dados como MySQL, *PostgreSQL*, MariaDB, Oracle Database e Microsoft SQL Server (MSSQL).

A sua arquitetura modular, como detalhado no repositório oficial (Moodle HQ, 2025b), permite a personalização extensiva através de *plugins* e temas. Além disso, disponibiliza APIs *RESTful* e serviços *web* que possibilitam integrações com sistemas externos, tais como sistemas de informação académica, bibliotecas digitais e ferramentas de videoconferência (Moodle HQ, 2025a).

Relativamente à *interface*, o *Moodle* utiliza o tema *Boost*, baseado em Bootstrap, garantindo responsividade e acessibilidade em diversos dispositivos (Moodle HQ, 2025a). No domínio da segurança e autenticação, suporta protocolos como LDAP, OAuth2, SAML e Shibboleth, permitindo a integração com infraestruturas de identidade federada (Moodle HQ, 2025a).

4.1.2 Canvas LMS

O *Canvas* é uma LMS desenvolvida pela empresa norte-americana *Instructure* e, segundo a sua documentação oficial, Instructure Inc. (2025a), disponibiliza uma versão *open-source* sob a licença Affero GNU General Public License v3 (AGPLv3). Esta licença permite a utilização, modificação e redistribuição do código-fonte, exigindo a partilha de modificações mesmo em ambientes *Software as a Service* (SaaS), promovendo colaboração e transparência.

A nível técnico, a plataforma é maioritariamente desenvolvida em Ruby on Rails, complementada com JavaScript, HTML, CSS e SQL, conforme descrito em Instructure Inc. (2025a). Suporta servidores *web* como Apache HTTP Server e Nginx, e utiliza o *PostgreSQL* como sistema de gestão de bases de dados (Instructure Inc., 2025b).

A sua arquitetura modular permite extensões e integrações por meio de APIs *RESTful* e suporte ao padrão LTI, facilitando a ligação a diversas ferramentas externas (Instructure Inc., 2025a). Além disso, disponibiliza *webhooks* e *endpoints* para sincronização de dados em tempo real (Instructure Inc., 2025b).

Em termos de *interface*, o *Canvas* adota um *design* responsivo e acessível, alinhado com as diretrizes WCAG 2.1, garantindo a compatibilidade com múltiplos dispositivos e promovendo a inclusão (Instructure Inc., 2025a). A nível de segurança e autenticação, suporta protocolos como SAML, LDAP e OAuth2, assegurando integração com infraestruturas de identidade complexas (Instructure Inc., 2025a).

4.1.3 Open EdX

O *Open edX* é uma LMS de código aberto desenvolvida inicialmente pelo MIT e pela universidade de Harvard, atualmente mantida pela comunidade *Open edX* e pela empresa tCRIL Open edX Consortium (2025a). Está licenciada sob a Apache License 2.0, permitindo uma ampla liberdade de utilização, modificação e redistribuição do código-fonte.

Do ponto de vista tecnológico, é desenvolvido majoritariamente em Python, utilizando o *framework* Django, além de recorrer a JavaScript, HTML, CSS e SQL (Open edX Consortium, 2025a). Suporta servidores *web* como Nginx e Apache HTTP Server e utiliza bases de dados como MySQL e MongoDB (Open edX Consortium, 2025b).

A arquitetura é baseada em microsserviços e módulos independentes, permitindo uma escalabilidade mais elevada e melhor personalização. Oferece APIs *RESTful*, suporte a LTI e integração com ferramentas externas, através de *Open edX plugins* (Open edX Consortium, 2025a). Disponibiliza, ainda, *webhooks* para sincronização de dados com sistemas externos (Open edX Consortium, 2025b).

O *Open edX*, na sua *interface*, adota um *design* responsivo, alinhado com as diretrizes WCAG 2.1, assegurando a acessibilidade e compatibilidade com vários dispositivos (Open edX Consortium, 2025a). A nível de segurança, suporta protocolos como OAuth2 e SAML, garantindo integração com sistemas institucionais (Open edX Consortium, 2025a).

4.1.4 Coursera

O *Coursera* é uma LMS comercial de base SaaS, fundada em 2012 por professores da Universidade de Stanford, com o objetivo de disponibilizar cursos *Massive Open Online Course* (MOOC) a nível global Coursera Inc. (2025b). Enquanto plataforma proprietária, não disponibiliza o código-fonte, operando sob licenciamento institucional e corporativo.

Em termos de tecnologia, é desenvolvido com uma arquitetura distribuída e baseada em microsserviços (Coursera Inc., 2025a). Utiliza linguagens e tecnologias como Java, Python, JavaScript, HTML, CSS e bases de dados como MySQL, MongoDB e Cassandra, operando essencialmente em infraestruturas de Cloud Computing pública (AWS).

A sua integração com sistemas externos é assegurada através de APIs *RESTful* e suporte a LTI, além de disponibilizar *Software Development Kit* (SDK)s e *webhooks* para parceiros educativos e plataformas institucionais (Coursera Inc., 2025c).

No que concerne a *interface* do *Coursera*, este adota um *design* responsivo e acessível, alinhado com as diretrizes WCAG 2.1 (Coursera Inc., 2025b). A segurança e gestão de identidade são suportadas por protocolos como OAuth2 e SAML,

assegurando integração com infraestruturas de autenticação federada (Coursera Inc., 2025b).

4.1.5 Udemy

Fundada em 2010, a *Udemy* é uma plataforma de cursos online que opera segundo um modelo comercial fechado Udemy Inc. (2025c). Diferente das plataformas *open-source*, não disponibiliza o código-fonte, sendo o acesso regulado por subscrição individual ou via *Udemy Business*, voltada para organizações (Udemy Inc., 2025a).

Em termos técnicos, a sua infraestrutura baseia-se numa arquitetura de micro-serviços distribuídos (Udemy Inc., 2025b). A plataforma utiliza Python, *React*, JavaScript, HTML, CSS e bases de dados como MySQL e Redis, operando em ambientes Cloud Computing sustentados pela AWS.

Embora não ofereça uma API pública extensiva, são possíveis integrações empresariais por meio de soluções de autenticação, como SSO e suporte parcial ao padrão LTI (Udemy Inc., 2025a). A plataforma favorece estabilidade e escalabilidade, mas com menor margem de personalização institucional.

A *interface* da *Udemy* é responsiva e orientada à experiência do utilizador, cumprindo os critérios definidos pelas WCAG 2.1 e a segurança é assegurada por protocolos como SAML e OAuth2, facilitando integração com diretórios corporativos e plataformas LMS externas (Udemy Inc., 2025c).

4.1.6 Sakai

O *Sakai* é uma LMS de código aberto, orientada principalmente ao ensino superior, sendo desenvolvida e mantida pela comunidade da Apereo Foundation Apereo Foundation (2025a). A plataforma é disponibilizada sob a licença Educational Community License 2.0 (ECL 2.0), uma variante da licença Apache License 2.0, permitindo uma ampla reutilização e modificação do código, em conformidade com os princípios de *software* livre.

Do ponto de vista técnico, é construído em Java e segue uma arquitetura modular baseada em componentes independentes (Apereo Foundation, 2025b). Utiliza servidores de aplicações como Tomcat e sistemas de bases de dados como MySQL, Oracle Database e *PostgreSQL*. A *interface* do utilizador é desenvolvida com tecnologias *web*, como JavaScript, HTML, CSS, e a plataforma suporta integração com LDAP e serviços externos via *RESTful* APIs.

A extensibilidade do *Sakai* é uma das suas características principais: suporta o padrão LTI para a integração de ferramentas externas e dispõe de um sistema de ferramentas embutidas que podem ser ativadas, personalizadas ou removidas conforme o perfil da instituição. *Web services* adicionais permitem interoperabilidade com bibliotecas digitais e sistemas de gestão académica (Apereo Foundation, 2025a).

O *design* da *interface* é responsivo e alinhado com as boas práticas de acessibilidade estabelecidas pelas WCAG 2.1, permitindo o uso fluido em diferentes dispositivos (Aperero Foundation, 2025a). Mecanismos de autenticação federada, como SAML, LDAP e OAuth2, também são suportados, assegurando a segurança e a compatibilidade com infraestruturas institucionais complexas.

4.2 Comparação entre plataformas

Após a análise individual acabada de realizar, procede-se, agora, à apresentação de duas sínteses comparativas, organizadas em formato de tabela, que permitem consolidar os principais aspetos analisados em relação às plataformas estudadas.

4.2.1 Análise Qualitativa: Pontos Fortes e Limitações

Nesta secção, apresenta-se uma síntese comparativa dos principais pontos fortes e limitações de cada plataforma. Esta sistematização oferece uma perspetiva integrada sobre o panorama atual das soluções de aprendizagem digital, constituindo um apoio essencial na fundamentação das opções arquitetónicas adotadas no desenvolvimento da solução proposta.

Tabela 4.1: Comparação entre plataformas de e-learning analisadas

Plataforma	Pontos Fortes	Limitações
Moodle	Código aberto (GPLv3); altamente personalizável via plugins; grande comunidade e documentação; modularidade interna.	Arquitetura monolítica baseada em PHP, com desafios de escalabilidade horizontal; <i>interface</i> melhorada com Boost, embora menos moderna face a soluções comerciais; manutenção contínua.
Canvas	Open-source (AGPLv3, na versão comunitária); <i>interface</i> moderna e intuitiva; integração via LTI e API REST; excelente suporte a dispositivos móveis.	Baseado em Ruby on Rails; menor flexibilidade que o Moodle; instalação própria requer conhecimentos técnicos; versão Cloud Computing é paga.

Continua na próxima página

Tabela 4.1 (continuação)

Plataforma	Pontos Fortes	Limitações
Open edX	Altamente escalável; arquitetura modular e moderna; gestão avançada de MOOC, fóruns, vídeos e certificações.	Curva de aprendizagem acentuada; requer domínio de Python/Django/Docker; infraestrutura complexa para auto-hospedagem.
Coursera	<i>Interface</i> cuidada e intuitiva; parcerias com universidades prestigiadas; ampla oferta certificada e integração com IA educacional; forte integração com aplicações móveis.	Código fechado; sem personalização institucional; modelo comercial centrado na monetização.
Udemy	Acesso facilitado para criadores de conteúdo; cobertura global; modelo de marketplace acessível para utilizadores individuais e empresas.	Plataforma proprietária; não concebido como LMS institucional; qualidade dos cursos variável; personalização limitada.
Sakai	Código aberto (ECL 2.0); arquitetura orientada a serviços em Java; elevada extensibilidade; boa integração com infraestruturas académicas e sistemas legados.	Stack Java complexo; comunidade menos ativa; curva de aprendizagem acentuada; <i>interface</i> menos moderna em algumas versões.

4.2.2 Análise Comparativa Resumida

A fim de se complementar a análise qualitativa previamente apresentada, procede-se, agora, à sistematização dos principais critérios técnicos e funcionais das plataformas de *e-learning* em estudo. A Tabela 4.2 sintetiza os diferentes aspetos analisados, proporcionando uma visão global das suas características distintivas. Esta visão integrada contribui para a fundamentação das decisões tecnológicas e arquitetónicas subjacentes ao desenvolvimento da solução proposta.

Tabela 4.2: Resumo comparativo das plataformas de e-learning analisadas

Critério	Moodle	Canvas	Open edX	Coursera	Udemy	Sakai
Licenciamento	GPLv3	AGPLv3	Apache 2.0	Proprietário	Proprietário	ECL 2.0
Código aberto	✓	✓	✓	×	×	✓
Modelo comercial	Comunitário	Híbrido (Open-source e SaaS)	Comunitário	SaaS fechado	Marketplace	Comunitário
Tecnologia base	PHP	Ruby on Rails	Python/Django	Microserviços	Microserviços	Java
Escalabilidade	Média	Boa	Excelente	Excelente	Excelente	Boa
Personalização	Elevada	Boa	Boa	Reduzida	Muito reduzida	Elevada
Integração LTI/API	✓	✓	✓	✓	Parcial	✓
Foco principal	Ensino formal	Ensino superior	MOOC universitário	MOOC global	Mercado livre	Ensino superior
Complexidade de instalação	Média	Média-Alta	Alta	SaaS (pronto a usar)	SaaS (pronto a usar)	Alta
Suporte a acessibilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Comunidade ativa	Muito ativa	Ativa	Ativa	-	-	Menor

Capítulo 5

Resultados

Pretende-se, agora, apresentar e avaliar os resultados obtidos após o desenvolvimento da plataforma. Apesar da arquitetura proposta ao longo do documento abranger diversos componentes, a avaliação centrou-se, em particular, na *interface* com o utilizador, isto é, o *Frontend* da plataforma, uma vez que é o elemento essencial do projeto e, a nível funcional, era o que se encontrava numa fase mais avançada e concluída.

Para o efeito, disponibilizou-se a plataforma a um conjunto de utilizadores, com diferentes níveis de literacia digital, para que estes pudessem interagir e explorar as funcionalidades da mesma. Posteriormente, foram recolhidas as suas opiniões e sugestões, através de um questionário estruturado, cuja análise constitui a base desta secção.

5.1 Metodologia de Avaliação

No que se refere à metodologia de avaliação, optou-se por uma abordagem qualitativa, complementada por alguns dados quantitativos. A amostra de utilizadores foi selecionada de forma a incluir indivíduos com variados perfis demográficos, garantindo assim uma visão abrangente sobre a usabilidade e eficácia da plataforma.

Deste modo, a disponibilização do questionário e da plataforma teve incidência nos colaboradores da Findmore Solutions, em estudantes universitários, nomeadamente, os do mestrado em Engenharia Informática - Sistemas de Informação do

Instituto Politécnico de Viseu (IPV), estudantes dos cursos de Engenharia Informática e de Tecnologias e Design de Multimédia, também do IPV e, ainda, utilizadores que quiseram participar voluntariamente, após divulgação nas redes sociais.

Após a disponibilização da plataforma para uso livre por parte dos utilizadores, procedeu-se à recolha de dados através de um questionário online. Como se pode observar no anexo "**Questionário Realizado para Avaliação da Plataforma**", este é composto por 7 itens sobre o perfil demográfico de cada utilizador e, de seguida, apresentam-se 5 questões relativas à usabilidade geral da plataforma, 4 sobre a navegação e organização, com um espaço para sugestões, 4 sobre o *design* e a acessibilidade, também com um espaço para sugestões, 3 questões relativas ao *feedback* prestado pela plataforma, 8 sobre as funcionalidades disponíveis e, para finalizar, 5 espaços para sugestões, comentários ou críticas adicionais.

No que concerne às questões de avaliação, a maioria foi estruturada com base numa escala de 5 pontos, onde 1 corresponde a "Discordo Totalmente" e 5 a "Concordo Totalmente", às exceção dos itens sobre as funcionalidades disponibilizadas, onde se utilizou uma escala de 6 pontos, onde o ponto 6 se refere a "Não Utilizei". Os espaços para sugestões e comentários adicionais foram incluídos com o intuito de permitir aos utilizadores expressar opiniões mais detalhadas e específicas sobre a plataforma.

5.2 Resultados

De seguida, apresentam-se os resultados obtidos. A divisão do presente subcapítulo reflete a estrutura do questionário aplicado, facilitando, assim, a compreensão e análise dos dados recolhidos.

5.2.1 Caracterização dos Utilizadores

Reuniu-se uma amostra de 117 utilizadores dos quais 58 eram do género masculino, 57 do género feminino e 2 preferiram não declarar o seu género. A faixa etária dos participantes teve uma maior incidência entre os 18 e os 24 anos (52 participantes), seguida da faixa dos 25 aos 34 anos (26 participantes). Relativamente à ocupação e à área de atividade, a maioria era estudante (52 participantes) ou trabalhador por conta de outrem (46 participantes), com destaque para as áreas de Tecnologias de Informação (50 participantes) e de Educação/Formação (20 participantes).

Para finalizar, 42 dos inquiridos afirmaram possuir um nível avançado de experiência com as TIC e 48 indicaram um nível intermédio, o que sugere uma boa familiaridade geral com tecnologias digitais. Além disso, numa escala de 1 a 5, onde 1 corresponde a "Muito Baixo" e 5 a "Muito Alto", a média de autoavaliação das competências digitais no uso de plataformas *e-learning* foi de 3.44, o que reforça a

ideia de que a maioria dos utilizadores tinha uma experiência razoável com este tipo de ferramentas.

5.2.2 Usabilidade Geral

De forma a avaliar a usabilidade da plataforma, foram apresentados os seguintes itens aos utilizadores: "A plataforma é fácil de utilizar", "Consegui encontrar rapidamente o que procurava", "Senti-me confiante ao realizar as tarefas", "Utilizaria esta plataforma frequentemente" e "Recomendaria a plataforma a um colega ou amigo".

Relativamente ao primeiro item e, como se consegue observar no gráfico 5.1, 56.4% dos inquiridos concordaram totalmente com a afirmação, enquanto que 1.7% discordaram parcialmente (nível 2 da escala de 1 a 5). No geral, a média das respostas foi de 4.44, o que indica que a maioria dos utilizadores considerou a plataforma fácil de utilizar.

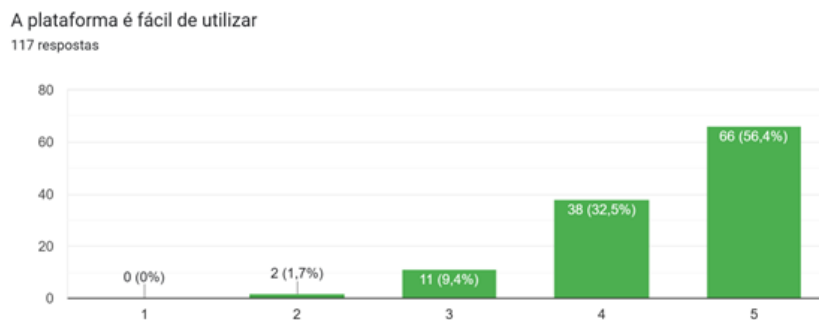


Gráfico 5.1: Resultados do item relativo à facilidade de utilização da plataforma

Em relação ao segundo item, 52.1% dos participantes concordaram totalmente que conseguiram encontrar rapidamente o que procuravam, enquanto que 1.7% discordaram totalmente. A média das respostas foi de 4.41, sugerindo que a maioria dos utilizadores teve uma experiência positiva ao navegar pela plataforma. É possível observar estes resultados no gráfico 5.2.

No respeitante ao terceiro item, 49.6% dos utilizadores concordaram totalmente em como se sentiram confiantes ao realizar as tarefas na plataforma, enquanto que 2.8% discordaram da afirmação. A média das respostas foi de 4.32, indicando que a maioria dos utilizadores se sentiu confortável ao interagir com a plataforma. Estes resultados estão ilustrados no gráfico 5.3.

Quanto ao penúltimo item, evidenciado no gráfico 5.4, 44.4% dos participantes concordaram totalmente que utilizariam a plataforma frequentemente, enquanto que 5.4% discordaram. A média das respostas foi ligeiramente inferior às anteriores, situando-se em 4.12.

Consegui encontrar rapidamente o que procurava

117 respostas

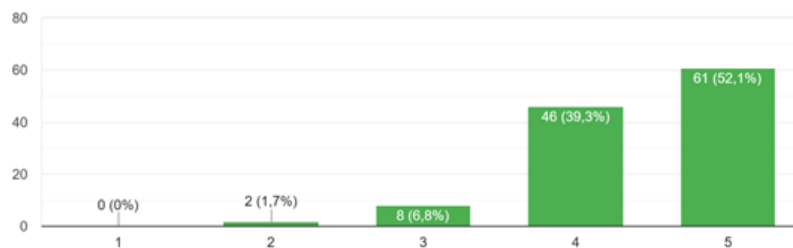


Gráfico 5.2: Resultados da avaliação da capacidade de encontrar rapidamente o que se procura na plataforma

Senti-me confiante ao realizar as tarefas

117 respostas

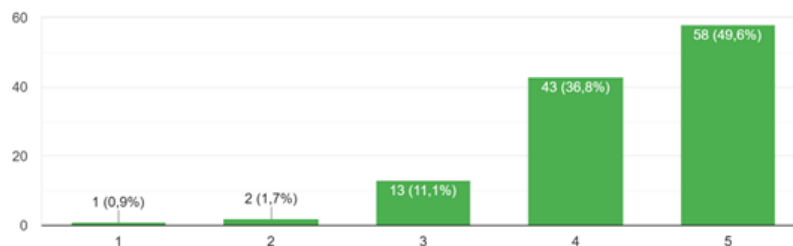


Gráfico 5.3: Resultados da avaliação da confiança dos utilizadores ao realizar tarefas na plataforma

Utilizaria esta plataforma frequentemente

117 respostas

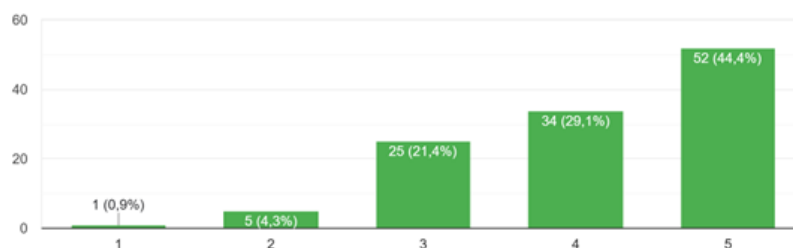


Gráfico 5.4: Resultados da avaliação da frequência de utilização da plataforma

Por fim, o último item relativo à usabilidade geral, apresentado no gráfico 5.5, revela que 86,3% dos utilizadores recomendariam a plataforma a um colega ou amigo, enquanto que apenas 1,7% não o faria. Os restantes 12% mostraram-se neutros em

relação a esta questão.



Gráfico 5.5: Resultados da avaliação da recomendação da plataforma

5.2.3 Navegação e Organização

À semelhança do que foi realizado na secção anterior, esta apresenta os resultados obtidos relativamente à navegação e organização da plataforma. Foram apresentados os seguintes itens aos utilizadores: "A navegação foi intuitiva", "Os menus, ícones e etiquetas foram claros", "Raramente me senti perdido(a) dentro da plataforma" e "Tanto a pesquisa como os filtros me ajudaram a encontrar conteúdos". No final desta secção, foi disponibilizado um espaço para sugestões adicionais com a designação "O que tornaria a navegação mais simples para si?".

Perante isto, os resultados obtidos para o primeiro item, ilustrados no gráfico 5.6, indicam que 59.8% dos utilizadores concordaram totalmente que a navegação foi intuitiva, enquanto que 1.7% discordaram parcialmente. A média das respostas foi de 4.33, sugerindo que a maioria dos utilizadores teve uma experiência positiva ao navegar pela plataforma.

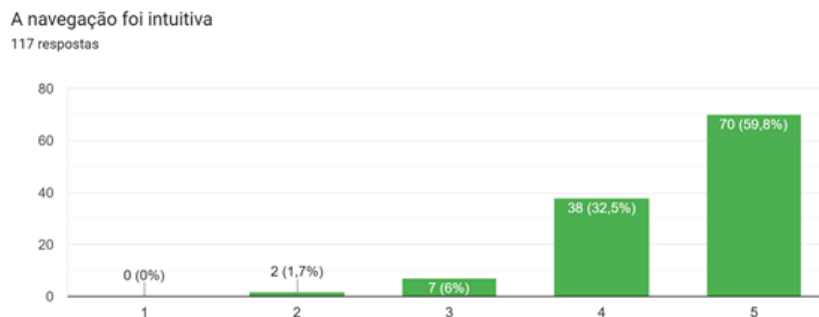


Gráfico 5.6: Resultados da avaliação da navegação intuitiva da plataforma

Quanto ao segundo item, 91.5% dos participantes concordaram que os menus, ícones e etiquetas foram claros, 6.8% deram uma resposta neutra e 1.7% afirmaram que não concordavam, de forma parcial, com a afirmação. Perante estes resultados, denota-se que a maioria dos utilizadores considerou os elementos de navegação bem estruturados. No gráfico 5.7 é possível observar estes resultados.

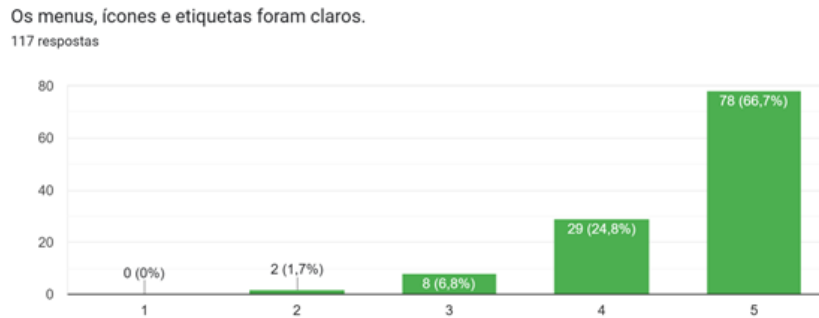


Gráfico 5.7: Resultados da avaliação dos menus, ícones e etiquetas da plataforma

O terceiro item, referente à sensação de se sentir perdido dentro da plataforma, com os seus resultados ilustrados no gráfico 5.8, demonstra que 86.3% dos utilizadores indicaram que não se sentiram perdidos enquanto navegaram pela plataforma. 1.7% dos participantes afirmaram que se sentiram bastante perdidos, de forma geral. A média das respostas foi de 4.38, o que sugere que a maioria dos utilizadores teve uma experiência positiva em termos de orientação dentro da plataforma.

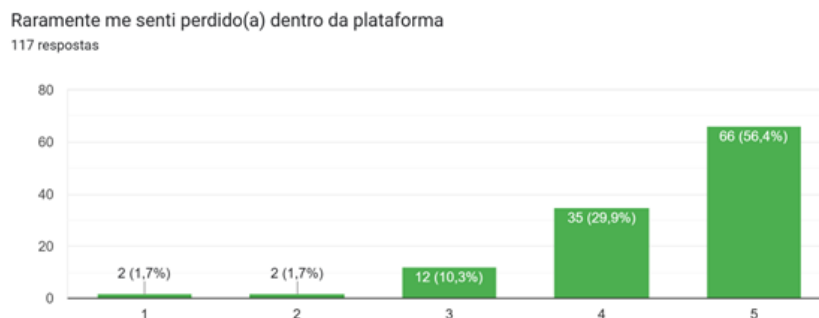


Gráfico 5.8: Resultados da avaliação da sensação de se sentir perdido dentro da plataforma

Para finalizar os itens de resposta baseada em escala, o quarto item, cujos resultados estão ilustrados no gráfico 5.9, revela que 54.7% dos utilizadores concordaram totalmente que tanto a pesquisa como os filtros os ajudaram a encontrar conteúdos, enquanto que apenas 4.3% discordaram parcialmente. Uma vez que a média das

respostas foi de 4.37, denota-se que a maioria dos utilizadores considerou eficazes os mecanismos de pesquisa e filtragem disponibilizados na plataforma.



Gráfico 5.9: Resultados da avaliação da eficácia da pesquisa e dos filtros na plataforma

Através da inclusão de uma resposta aberta, apesar de facultativa, foi possível recolher sugestões adicionais dos utilizadores sobre como tornar a navegação mais simples. Entre as respostas obtidas, destacam-se sugestões como a necessidade de corrigir pequenos problemas de *layout*, sobretudo em dispositivos móveis, onde alguns dos elementos não se ajustavam corretamente à tela. Foram, ainda, apontadas questões relacionadas com a falta de consistência visual entre páginas, nomeadamente, no que diz respeito ao uso de grelhas e ao alinhamento, bem como falhas em alguns dos filtros de categorias dos cursos.

Apesar destas observações, é de salientar que uma parte significativa dos utilizadores referiu que a navegação já é bastante simples, intuitiva e clara, não apresentando grandes dificuldades em explorar a plataforma. Ainda assim, surgiram algumas sugestões construtivas, tais como a criação de um componente que apresente os "Últimos cursos acedidos" e a simplificação do ecrã de cada curso, considerado, por alguns, como excessivamente carregado de informação. No conjunto, as respostas permitiram identificar oportunidades de otimização, sobretudo a nível da consistência da *interface* e da clareza visual.

5.2.4 Design Visual e Acessibilidade

Para avaliar o *design* visual e a acesibilidade da plataforma, os itens, cuja resposta dependia de uma escala de 1 a 5, foram os seguintes: "O texto foi fácil de ler", "Os botões e campos dos formulário estavam claros", "As cores e destaques estavam compreensíveis" e "A plataforma adaptou-se bem ao meu dispositivo". Para além destes, foi ainda disponibilizado um espaço para sugestões adicionais com a designação "O que mudaria no design da plataforma para melhorar a sua experiência?".

Deste modo, os resultados obtidos no primeiro item indicam que 6% dos utilizadores se mostraram neutros em relação à facilidade de leitura do texto, enquanto que 92.3% concordaram, quer parcialmente, quer totalmente, com a afirmação. Tal como é possível observar no gráfico 5.10, de forma geral, os utilizadores consideraram o texto fácil de ler.

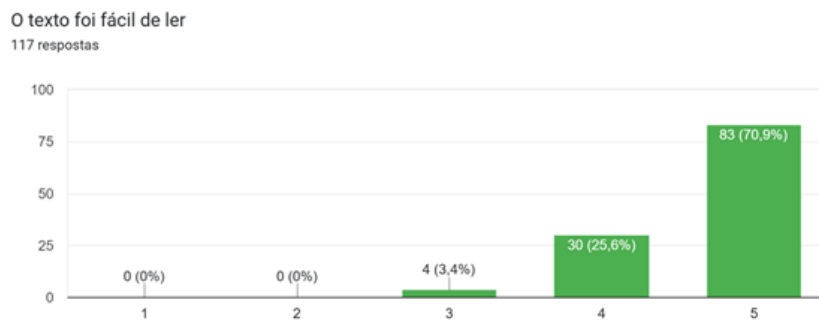


Gráfico 5.10: Resultados da avaliação da facilidade de leitura do texto na plataforma

No que diz respeito ao segundo item, apenas 6% dos participantes se mostraram neutros em relação à clareza dos botões e campos dos formulários e nenhum dos inquiridos discordou da afirmação. De forma geral, a maioria dos utilizadores considerou estes elementos claros, como é possível observar no gráfico 5.11.



Gráfico 5.11: Resultados da avaliação da clareza dos botões e campos dos formulários na plataforma

No que concerne ao terceiro item, e, à semelhança do que foi observado no item anterior, nenhum dos utilizadores discordou da afirmação relativa à compreensão das cores e destaques. Além disso, 92.3% dos participantes concordaram, quer parcialmente, quer totalmente, com a afirmação. Os resultados podem ser observados no gráfico 5.12.

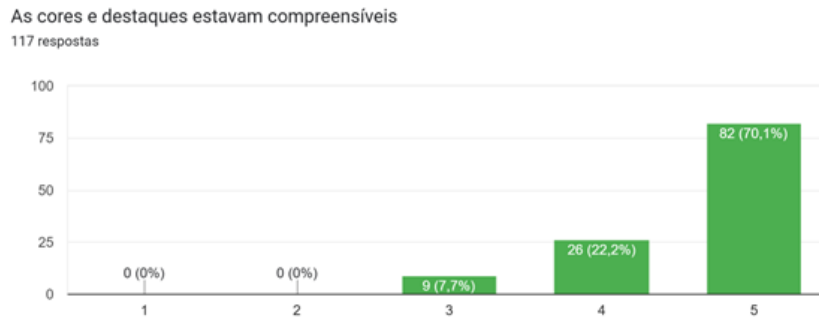


Gráfico 5.12: Resultados da avaliação da compreensão das cores e destaques na plataforma

Relativamente ao quarto e último item, cuja resposta dependia de uma escala, os resultados ilustrados no gráfico 5.13 indicam que 92.3% dos utilizadores concordaram que a plataforma se adaptou bem ao dispositivo que utilizavam aquando do uso da plataforma. Quanto aos restantes 7.7%, 6% mostraram-se neutros e 1.7% discordaram parcialmente da afirmação.



Gráfico 5.13: Resultados da avaliação da adaptação da plataforma ao dispositivo do utilizador

Quanto às sugestões adicionais recolhidas, os utilizadores identificaram, sobretudo, aspetos visuais de experiência de utilização em dispositivos móveis. Foram apontadas questões relacionadas com a responsividade da *interface* e a necessidade de otimização do *layout* para diferentes tamanhos de ecrã. Além disso, houve também sugestões de melhoria relacionadas com a apresentação de páginas dedicadas, nomeadamente, o caso de páginas "ainda em construção", que poderiam ser mais apelativas e informativas.

Relativamente ao *design* visual, foi mencionada a sobrecarga de informação em algumas páginas, sugerindo-se uma simplificação das mesmas para melhorar a clareza e a experiência do utilizador. Alguns utilizadores também sugeriram a adoção de

um esquema de cores alusivo aos temas dos cursos, de forma a tornar a experiência mais emersiva e agradável.

Ainda assim, uma parte significativa dos utilizadores afirmou não identificar alterações necessárias, considerando o *design* atual moderno, atrativo e funcional. Destacaram que a plataforma apresenta uma estética clara e contemporânea, capaz de captar a atenção e de proporcionar uma experiência visual agradável. No entanto, pequenas observações adicionais, como o facto de o texto em cinzento na descrição dos cursos passar despercebido apesar da sua relevância para a decisão do utilizador, reforçam a importância de afinar detalhes de contraste e hierarquia visual. No conjunto, as respostas indicam uma perceção globalmente positiva, acompanhada de sugestões pontuais que podem contribuir para uma experiência mais consistente e acessível.

5.2.5 Feedback, Erros e Desempenho

Avançando para a secção relativa ao *feedback* proporcionado pela plataforma, a existência de erros e o desempenho geral da mesma, foram apresentados os seguintes itens aos utilizadores: "Recebi feedback claro após ações", "As mensagens de erro ajudaram-me a corrigir" e "A plataforma foi rápida e respondeu sem atrasos".

Perante este cenário, os resultados obtidos no primeiro item indicam que 88% dos inquiridos concordaram que receberam *feedback* claro após ações realizadas na plataforma. Ainda assim, 9.4% mostrou-se neutro e os restantes 2.6% discordaram da afirmação. A média das respostas rondou os 4.43, o que é possível observar no gráfico 5.14, assim, de forma geral, os utilizadores consideraram o *feedback* fornecido pela plataforma adequado.

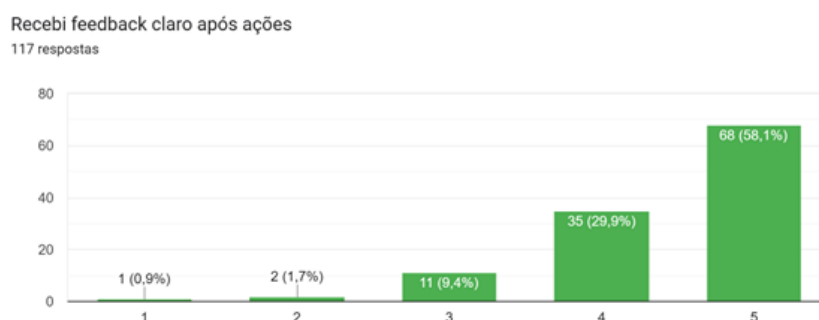


Gráfico 5.14: Resultados da avaliação do *feedback* fornecido pela plataforma

Quanto à ajuda prestada pelas mensagens de erro, os resultados ilustrados no gráfico 5.15 indicam que 100 dos 117 utilizadores concordaram que as mensagens de erro os ajudaram a corrigir problemas e, dos restantes 17, apenas 2 mostraram

a sua discórdia, perfazendo uma média de 4.4. Assim, denota-se que a maioria dos utilizadores considerou eficazes as mensagens de erro apresentadas pela plataforma.

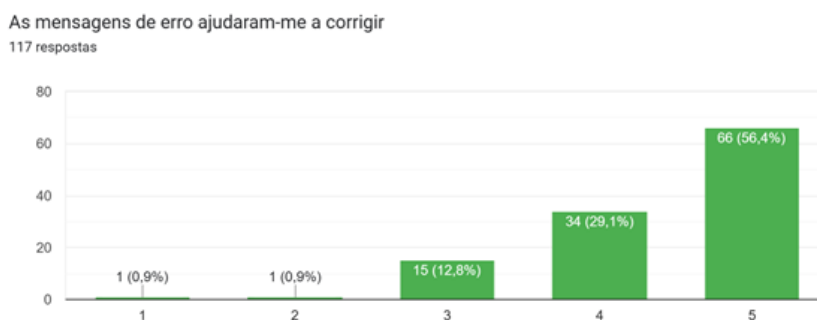


Gráfico 5.15: Resultados da avaliação das mensagens de erro da plataforma

Como conclusão desta secção, o terceiro item, referente ao desempenho da plataforma, revela que 91.4% dos utilizadores concordaram que a plataforma foi rápida e respondeu sem atrasos, enquanto que os restantes se demonstraram neutros em relação à afirmação. Estes resultados, ilustrados no gráfico 5.16, sugerem que a maioria dos utilizadores teve uma experiência positiva ao utilizar a plataforma.

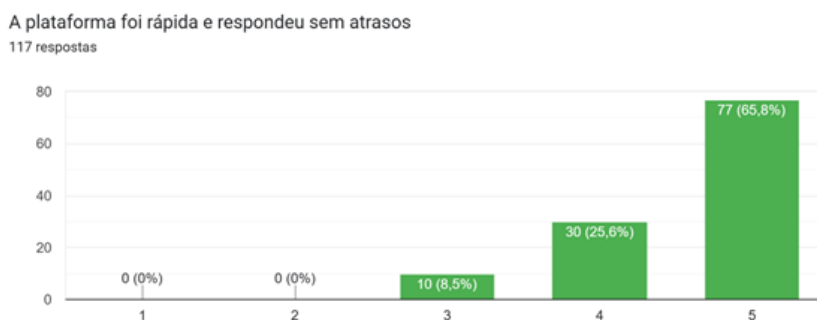


Gráfico 5.16: Resultados da avaliação do desempenho da plataforma

5.2.6 Funcionalidade específicas

De forma a avaliar a perceção dos utilizadores relativamente às funcionalidades específicas disponibilizadas pela plataforma, disponibilizaram-se 8 itens, cuja resposta dependia de uma escala de 1 a 6, onde o ponto 6 se referia a "Não Utilizei".

O primeiro item, "Aceder ao leque de cursos foi simples", onde o intuito era avaliar a facilidade de acesso aos cursos disponibilizados na plataforma, obteve os seguintes

resultados: 49.6% dos utilizadores concordaram totalmente com a afirmação, 17.9% concordaram parcial, 3.4% mostraram-se neutros e os restantes 29.1% afirmaram não ter utilizado esta funcionalidade. Estes resultados estão ilustrados no gráfico 5.17.

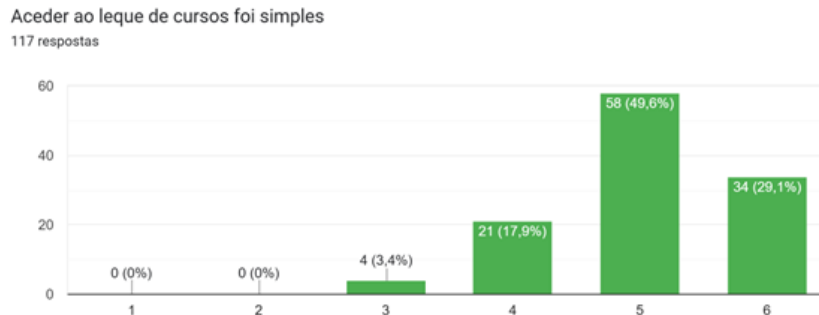


Gráfico 5.17: Resultados da avaliação da facilidade de acesso aos cursos na plataforma

"Aceder ao leque de artigos foi simples", o segundo item, teve respostas bastante semelhantes às do item anterior, com 47.9% dos utilizadores a concordarem totalmente com a afirmação, 18.8% a concordarem parcialmente, 6% a mostrarem-se neutros, 0.9% a discordarem parcialmente e os restantes 26.5% afirmaram não ter utilizado esta funcionalidade. O gráfico 5.18 ilustra os resultados obtidos.

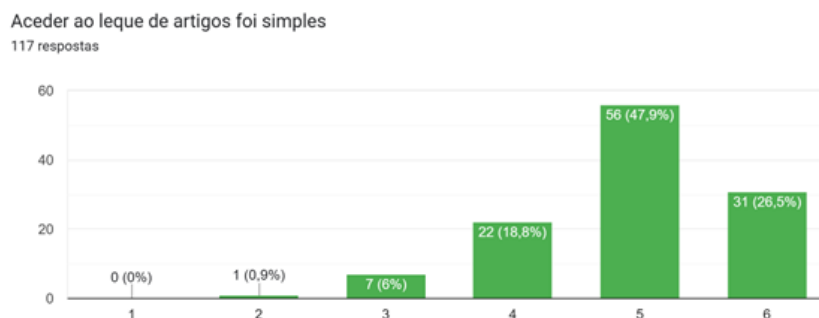


Gráfico 5.18: Resultados da avaliação da facilidade de acesso aos artigos na plataforma

Quanto à facilidade de visualização e conclusão de um curso ("Visualizar e completar um curso foi simples"), cujos resultados estão ilustrados no gráfico 5.19, 48.7% dos utilizadores concordaram totalmente com a afirmação, 16.2% concordaram parcialmente, 5.1% mostraram-se neutros, 1.7% discordaram parcialmente e os restantes 28.2% afirmaram não ter utilizado esta funcionalidade.

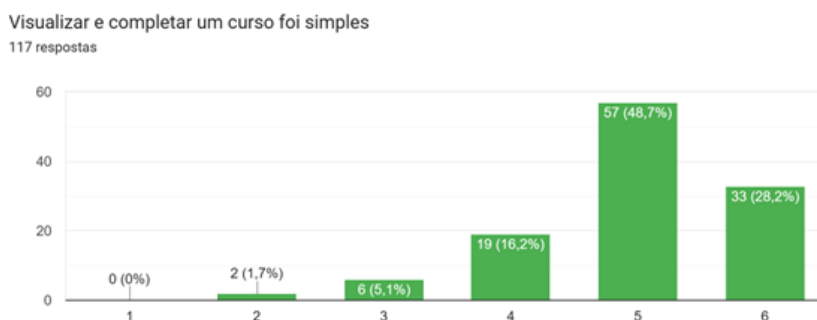


Gráfico 5.19: Resultados da avaliação da facilidade de visualização e conclusão de um curso na plataforma

Para avaliar a facilidade de resposta a quizzes, o quarto item, "Responder a um quiz foi simples", revela que apenas 26 dos inquiridos não utilizaram esta funcionalidade. Dos restantes 91, 72,6% afirmaram que foi simples responder e nenhum discordou da afirmação. Tal como é possível observar no gráfico 5.20, a maioria dos utilizadores considerou simples responder a quizzes na plataforma.

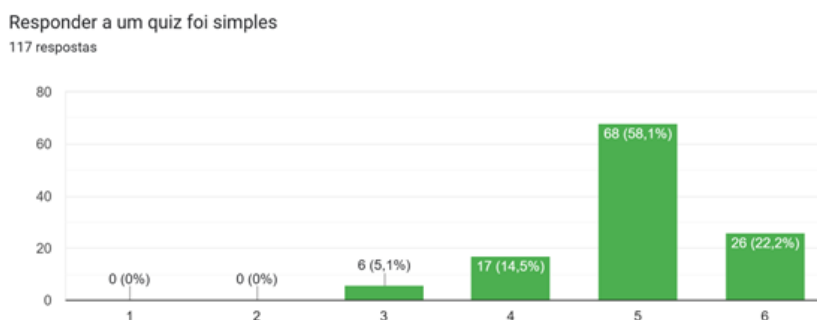


Gráfico 5.20: Resultados da avaliação da facilidade de resposta a quizzes na plataforma

Continuando, ainda, nas funcionalidades relacionadas com os cursos, o quinto item, "Fazer a submissão de uma tarefa foi simples", obteve os resultados ilustrados no gráfico 5.21. De entre os 117 utilizadores, 37 afirmaram não ter utilizado esta funcionalidade. Dos restantes 80, 63 concordaram totalmente que a submissão de tarefas foi simples, 9 concordaram parcialmente e os restantes 8 mostraram-se neutros.

Voltando a focar a atenção nos artigos e no *knowledge center*, apresentou-se o sexto item, "Visualizar e aceder à informação de um artigo foi simples", cujos resultados estão ilustrados no gráfico 5.22. Nesta funcionalidade, à semelhança do que foi observado no quarto item desta secção, apenas 26 dos inquiridos não utilizaram

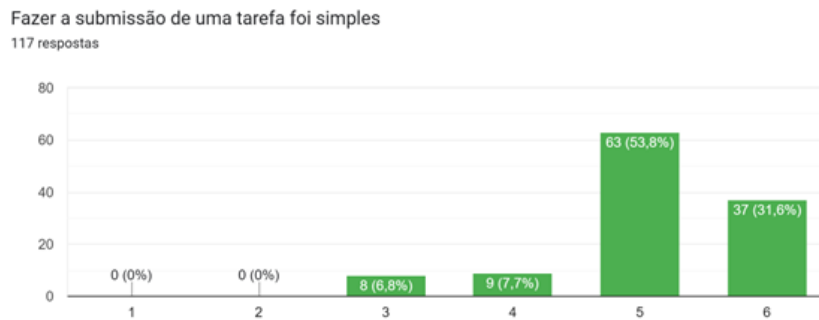


Gráfico 5.21: Resultados da avaliação da facilidade de submissão de tarefas na plataforma

esta funcionalidade. Dos restantes 91, 66 concordaram totalmente que foi simples visualizar e aceder à informação de um artigo, 18 concordaram parcialmente e 7 mostraram-se neutros.

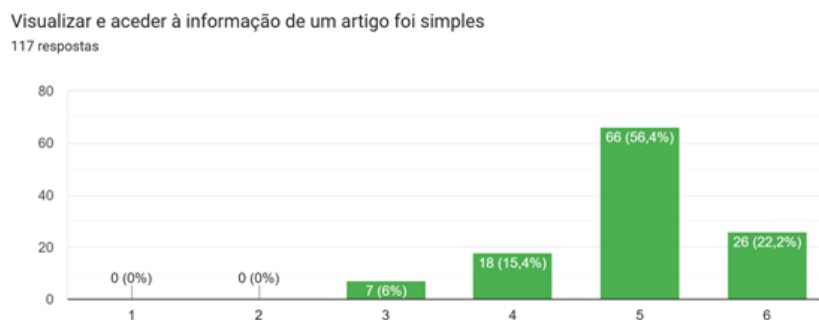


Gráfico 5.22: Resultados da avaliação da facilidade de visualização e acesso à informação de um artigo na plataforma

Já o sétimo item, "A área de comentários/discussões foi fácil de usar", revela, pelo gráfico ilustrado no gráfico 5.23, que 42 dos inquiridos não utilizaram esta funcionalidade. Dos restantes 75, 59.8% mostraram concordar com a afirmação e 0.9% discordaram parcialmente.

Por fim, questionou-se os utilizadores se o acompanhamento de progresso tinha refletido corretamente as suas ações na plataforma, através do item "O acompanhamento de progresso refletiu corretamente as minhas ações". Os resultados, ilustrados no gráfico 5.24, indicam que 71.8% dos utilizadores concordaram com a afirmação, 6% mostraram-se neutros e apenas 25% não utilizaram esta ferramenta.

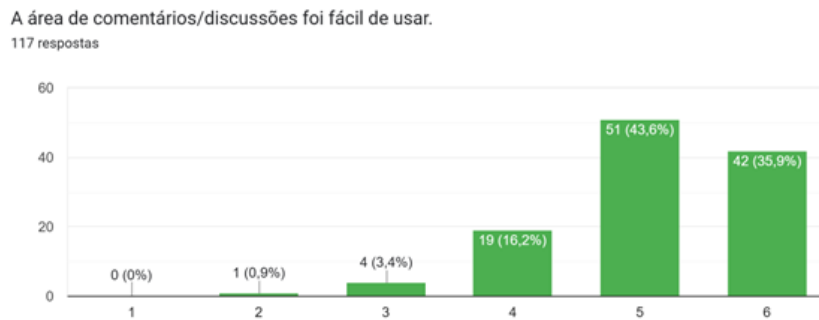


Gráfico 5.23: Resultados da avaliação da facilidade de uso da área de comentários/discussões na plataforma



Gráfico 5.24: Resultados da avaliação do acompanhamento de progresso na plataforma

5.2.7 Perguntas Abertas / Comentários Finais

Para concluir, foram disponibilizados 5 espaços para que os utilizadores pudessem deixar comentários, sugestões ou críticas adicionais sobre a plataforma. A análise das respostas obtidas revelou um conjunto de aspetos positivos, mas também alguns pontos a melhorar. Deste modo, relativamente à questão sobre as dificuldades encontradas durante a utilização da plataforma, a maioria dos participantes indicou não ter enfrentado grandes obstáculos, referindo que a plataforma lhes pareceu "simples, intuitiva e fácil de utilizar". Ainda assim, surgiram alguns casos pontuais associados, sobretudo, à experiência de utilização em dispositivos móveis, nomeadamente, texto encolhido durante a realização de quizzes e pequenos bugs visuais a nível do *layout* da página de cursos.

Páginas inexistentes ou "em construção" foram, também, mencionadas como um aspeto a melhorar, sugerindo-se a criação de páginas mais informativas e apelativas para esses casos. Além disso, alguns utilizadores mencionaram, ainda, a existência de botões redundantes (por exemplo, múltiplos botões de "voltar atrás"), validações

inconsistentes em certos campos do perfil e, ainda, alguma dificuldade em localizar definições menos evidentes. No geral, nenhum aspeto impediu a utilização da plataforma, mas estas observações destacam áreas, onde a experiência do utilizador pode ser melhorada.

No que respeita a sugestões de melhoria, a maioria dos utilizadores referiu não ter grandes alterações a propor, mencionando que a plataforma "já se encontra num nível visual e funcional elevado". No entanto, houve algumas sugestões construtivas, como a inclusão da possibilidade de iniciar sessão através de redes sociais, nomeadamente, o Google.

Foi, também, mencionada a sugestão de inclusão de um *chatbot* que forneça ajuda aos utilizadores em tempo real e formas de contactar os instrutores/professores dos cursos. Outras sugestões incluem permitir acesso direto a ficheiros através de repositórios como o *GitHub*, melhorar a forma como imagens são apresentadas e oferecer maior clareza nas descrições dos cursos.

Quanto a falhas técnicas encontradas, foram alguns os utilizadores que afirmaram ter encontrado problemas nos filtros de categorias nos cursos. Além disso, salientam-se também algumas dificuldades em interagir com artigos no *knowledge center* e pequenas inconsistências visuais a nível de *layout*, como cartões de apresentação de cursos desalinhados. Apesar destas observações, os aspetos mais apreciados na plataforma foram a navegação intuitiva, o *design* moderno, o dashboard e a simplicidade da *interface*, reforçando uma perceção global muito positiva.

5.3 Discussão dos Resultados

A análise dos resultados obtidos permite observar que a plataforma proporciona, de forma geral, uma experiência positiva aos utilizadores, especialmente no que diz respeito à usabilidade, navegação e clareza visual. Os valores médios elevados em praticamente todos os itens avaliados demonstram que os objetivos principais da *interface*, isto é, a simplicidade, a acessibilidade e a facilidade de interação foram alcançados.

No âmbito da usabilidade geral, os utilizadores consideraram a plataforma fácil de utilizar, intuitiva e capaz de transmitir confiança durante a realização das tarefas. A elevada percentagem de respostas positivas relativamente à recomendação da plataforma reforça a perceção de qualidade na experiência de utilização, indicando que, para a maioria dos participantes, o sistema cumpre as expectativas no que toca à eficiência e eficácia.

Também a secção dedicada à navegação e organização revela resultados bastante satisfatórios. A maioria dos utilizadores referiu que se conseguiu orientar facilmente e que os menus, ícones e etiquetas são claros e bem estruturados. Contudo, apesar da

avaliação globalmente positiva, surgiram observações pertinentes sobre inconsistências visuais e pequenos problemas de responsividade, em particular na versão para dispositivos móveis. Estas sugestões revelam que, embora a arquitetura de navegação esteja corretamente definida, ainda existem aspetos a melhorar para garantir uma experiência uniforme em todos os dispositivos.

No que concerne ao *design* visual e à acessibilidade, a percepção é igualmente positiva: a legibilidade do texto, a compreensão das cores e a clareza dos elementos interativos foram amplamente valorizadas. Ainda assim, alguns utilizadores identificaram excesso de informação em determinadas páginas e dificuldades na visualização de descrições menos destacadas. Estes pontos sugerem a necessidade de rever a hierarquia visual e simplificar certos ecrãs. Já as questões de responsividade, novamente associadas a dispositivos móveis, surgem como uma das áreas prioritárias de melhoria.

Relativamente ao *feedback* do sistema, mensagens de erro e desempenho, os resultados indicam que a plataforma comunica adequadamente com o utilizador e responde de forma rápida. A quase inexistência de respostas negativas demonstra robustez e boa estabilidade da *interface*. Ainda assim, algumas inconsistências visuais e falhas pontuais nos filtros de categorias evidenciam a necessidade de aperfeiçoamento técnico contínuo, especialmente em funcionalidades que envolvem maior interação dinâmica.

A avaliação das funcionalidades específicas mostra que a grande maioria dos elementos essenciais, tais como o acesso a cursos e artigos, a visualização e conclusão de conteúdos, a realização de quizzes, a submissão de tarefas e o acompanhamento de progresso, foram aspetos considerados simples e intuitivos por quem os utilizou. Contudo, regista-se uma proporção significativa de utilizadores que não explorou determinadas funcionalidades, o que pode ser explicado por vários fatores: falta de necessidade, tempo limitado de utilização, ou até desconhecimento das capacidades da plataforma. Este fenómeno reforça a importância de estratégias de *onboarding* e de guiões interativos que incentivem a exploração completa do sistema.

Por fim, as questões abertas confirmam a percepção globalmente positiva dos utilizadores, mas ao mesmo tempo evidenciam oportunidades claras de melhoria: otimização da experiência *mobile*, revisão de páginas "em construção", redução de redundâncias na *interface* e inclusão de funcionalidades complementares como *login* via redes sociais e *chatbot* de auxílio. Estas sugestões alinham-se com tendências atuais em plataformas digitais e podem contribuir significativamente para elevar a qualidade da experiência do utilizador.

Em síntese, os resultados demonstram que a plataforma cumpre eficazmente os requisitos fundamentais de usabilidade, organização e funcionalidade, apresentando uma percepção global muito positiva por parte dos utilizadores. No entanto, os apontamentos recolhidos revelam a necessidade de aperfeiçoar aspetos de consistência

visual, responsividade e fluidez na interação em funcionalidades específicas. Assim, apesar do bom nível de maturidade alcançado, o estudo evidencia caminhos claros para evolução futura, não só no aprimoramento técnico, mas também na expansão das capacidades interativas e de apoio ao utilizador.

5.4 Limitações do Estudo

Embora os resultados mostrem uma opinião muito positiva sobre a plataforma, é importante lembrar que a avaliação não representa todos os perfis de utilizador. A maior parte das respostas veio de pessoas jovens e bastante à vontade com tecnologia, o que naturalmente pode ter facilitado a navegação e influenciado a forma como viram a plataforma. Se o grupo fosse mais variado, especialmente com utilizadores menos experientes, poderiam ter surgido dificuldades ou percepções diferentes que não ficaram captadas neste estudo.

Para além disso, nem todos os utilizadores exploraram todas as funcionalidades. Alguns dos recursos, como a submissão de tarefas ou a área de comentários, foram pouco utilizados, o que deixa estas partes da plataforma menos representadas na avaliação. Na prática, isto significa que a análise é mais detalhada nas funcionalidades mais visitadas e menos conclusiva naquelas que tiveram pouca interação.

Outro ponto a considerar é que os testes foram feitos em contexto de exploração livre. Cada utilizador interagiu com a plataforma ao seu ritmo, nos dispositivos que tinha disponível e segundo os seus próprios interesses. Embora esta abordagem seja útil para perceber a experiência real do utilizador, também introduz variabilidade: dois participantes podem ter tido experiências bastante diferentes simplesmente porque decidiram explorar conteúdos distintos ou porque usaram dispositivos com características muito diferentes.

Por fim, algumas das críticas recolhidas, como os pequenos problemas de responsividade, as inconsistências visuais ou as falhas pontuais nos filtros, levantam questões importantes, mas baseiam-se em situações específicas relatadas por um subconjunto dos utilizadores. Não é claro se estes problemas afetam todos os dispositivos ou apenas alguns cenários particulares.

Reconhecer estas limitações permite interpretar os resultados com mais equilíbrio e, acima de tudo, orientar futuras melhorias de forma mais consciente, ajudando a assegurar que a plataforma evolui para servir realmente todos os perfis de utilizadores.

Capítulo 6

Conclusão

Passando, agora, à conclusão do projeto, importa refletir sobre os objetivos inicialmente propostos, o trabalho desenvolvido, os resultados alcançados e as perspectivas para o futuro. Dessa forma, o presente capítulo encontra-se dividido em três secções principais: na primeira, faz-se uma análise do trabalho realizado, destacando as partes que foram concluídas e as aquelas que ficaram por desenvolver; na segunda, apresentam-se as sugestões para trabalhos futuros que podem expandir e melhorar a plataforma e, por fim, na terceira secção, são feitas as considerações finais sobre o projeto como um todo.

6.1 Análise do trabalho desenvolvido

O trabalho desenvolvido ao longo deste projeto teve como objetivo principal a criação de uma plataforma de *e-learning* que juntasse, não só a típica oferta de aprendizagem *online*, mas também a integração de funcionalidades sociais que promovem a interação entre os utilizadores, nomeadamente, através da criação de um *knowledge center*. Partindo desta premissa, foram exploradas várias tecnologias e metodologias que poderiam ser aplicadas para alcançar este objetivo.

Ao longo da análise das metodologias e plataformas existentes no mercado, percebeu-se que a implementação do presente projeto implicava um conjunto alargado de decisões técnicas e funcionais. Assim, a abordagem acabou por assentar numa arquitetura modular, baseada em microsserviços, que permitisse ao projeto crescer de forma sustentada e acompanhar necessidades futuras.

No entanto, apesar dos avanços alcançados, é importante reconhecer que o projeto não chegou ao ponto de maturidade desejado. A ambição de criar uma plataforma robusta e escalável revelou-se um desafio significativo e, apesar dos esforços investidos, tiveram de se estabelecer prioridades que acabaram por limitar o objetivo inicial. Desta forma, os elementos considerados essenciais foram implementados, mas outras funcionalidades planeadas ficaram por desenvolver.

6.1.1 Etapas desenvolvidas

O *Frontend*, uma vez que representa grande parte da experiência visível para o utilizador, foi uma das prioridades e, com efeito, acabou por ser totalmente implementado e, conseqüentemente, avaliado por um grupo significativo de participantes. As respostas recolhidas foram positivas e mostraram que a *interface* é clara, consistente e agradável de utilizar. Muitos referiram que a navegação é intuitiva e que, de forma geral, a plataforma transmite confiança. Estes resultados são encorajadores e mostram que a direção tomada foi a correta. O *Frontend* inclui já alguns elementos de gamificação, ainda que numa fase inicial, e será daqui que partirá a expansão futura deste componente.

A base de dados também foi totalmente idealizada e implementada, servindo de suporte ao *Frontend* e aos serviços *Backend*. Quanto aos serviços *Backend*, estes foram desenvolvidos até um ponto intermédio, com várias funcionalidades essenciais já operacionais, nomeadamente no que diz respeito à gestão de utilizadores, cursos e conteúdos.

6.1.2 Etapas não desenvolvidas

Relativamente à IA, foi possível definir um plano sólido que aponta caminhos para o futuro, mas não chegou a ser implementada nenhuma funcionalidade concreta. Esta decisão deveu-se à necessidade de terminar primeiro os pilares do sistema, deixando a IA para uma fase em que a plataforma esteja mais madura. No que concerne ao *Backend*, algumas funcionalidades mais avançadas, como a integração completa do *knowledge center* e a implementação de algoritmos de recomendação personalizados, também ficaram por concluir.

6.2 Trabalhos futuros

Embora o projeto desenvolvido não tenha sido concluído na sua totalidade, tal como visto anteriormente, a base estabelecida abre várias possibilidades para trabalhos futuros que podem expandir e melhorar a plataforma. Desta forma, apresentam-se, de seguida, algumas das áreas que ficaram em aberto e que podem ser exploradas em fases posteriores.

6.2.1 Expansão da Gamificação

Um dos passos mais importantes e cujo impacto será significativo é a conclusão da componente de gamificação. Como referido, esta funcionalidade já foi iniciada com a introdução de alguns elementos básicos no *Frontend* da plataforma, no entanto, ainda há muito conteúdo que se pode acrescentar neste domínio. A implementação de sistemas de recompensas mais complexos, desafios diários, *rankings* e *badges* personalizados pode aumentar significativamente o envolvimento dos utilizadores e promover uma maior interação com a plataforma.

6.2.2 Implementação de Inteligência Artificial

Outro aspeto crucial que ficou por desenvolver, a integração de IA, representa uma oportunidade enorme para melhorar tanto a experiência do utilizador como a eficiência da plataforma. Além de implementar algoritmos de recomendação personalizados, a IA pode ser utilizada para criar um *chatbot* inteligente que auxilie os utilizadores na navegação e na resolução de dúvidas existentes e, como visto pelas respostas dadas ao questionário, esta é uma funcionalidade que os utilizadores valorizam bastante e pretendem ver implementada.

6.2.3 Conclusão do Backend

Do ponto de vista técnico, a arquitetura baseada em microsserviços oferece uma base sólida para a expansão futura. Assim, um trabalho futuro importante será a conclusão dos serviços *Backend* que ainda não foram totalmente implementados. Isto inclui a finalização das funcionalidades relacionadas com o *knowledge center*, a gestão avançada de cursos e conteúdos, bem como a integração de novos serviços que possam surgir com o crescimento da plataforma. Além disso, aquando da fase de *deployment* da plataforma com o auxílio do *Docker* e do *Kubernetes*, será possível otimizar a escalabilidade e a resiliência do sistema, garantindo que a plataforma pode crescer de forma sustentável à medida que o número de utilizadores aumenta.

6.2.4 Correção de falhas e melhorias identificadas

A avaliação realizada com os utilizadores revelou, também, um conjunto de melhorias que merecem atenção na continuação do projeto. A página de categorias e os sistemas de filtragem, por exemplo, foram apontados como áreas a ter em atenção, uma vez que nem sempre corresponderam às expectativas de quem testou a plataforma. Da mesma forma, a apresentação de imagens poderá ser otimizada, garantindo uma maior consistência e clareza visual. Também foi referida a possibilidade de autenticação na plataforma, através de serviços como o Google, prevendo-se que esta sugestão simplifique o acesso e melhore a segurança dos dados dos utilizadores.

Em termos de comportamento do sistema, a experiência em dispositivos móveis, embora já funcional, também foi identificada como uma área com margem para evolução, podendo beneficiar de ajustes de *layout* e fluidez. Quanto ao *knowledge center*, muitos utilizadores manifestaram interesse em que este espaço se tornasse mais interativo e oferecesse mais ferramentas de participação e descoberta.

Por fim, é importante que futuras fases incluam formas de avaliação mais aprofundadas e diversificadas. Para além da análise de usabilidade, seria útil realizar testes de desempenho técnico, estudos de utilização prolongada e comparações com plataformas já estabelecidas. Estas avaliações permitirão perceber de forma mais rigorosa o impacto da plataforma no contexto real e identificar, com maior precisão, quais os elementos que mais contribuem para a experiência de aprendizagem.

6.3 Considerações finais

Em resumo, apesar de não ter sido possível concluir o projeto na sua totalidade, aquilo que foi desenvolvido representa uma base muito forte e promissora. A plataforma tem já uma estrutura sólida e um conjunto de funcionalidades que mostram que a visão inicial é alcançável. As avaliações dos utilizadores reforçam que existe potencial real, e os componentes técnicos já implementados permitem continuar a evoluir o projeto de forma sustentada. Com mais tempo e desenvolvimento adicional, será possível aproximar cada vez mais a plataforma da ideia que serviu de ponto de partida, transformando o presente projeto num sistema completo, moderno e verdadeiramente adaptado às exigências do *e-learning* contemporâneo.

Referências

- Almaiah, M. A., Al-Khasawneh, A., and Althunibat, A. (2020). Exploring the critical challenges and factors influencing the e-learning system usage during covid-19 pandemic. *EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES*, 25(6):5261–5280. [Citado nas páginas 2 e 13]
- Apereo Foundation (2025a). Sakai documentation. <https://sakai.readthedocs.io/>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado nas páginas 38 e 39]
- Apereo Foundation (2025b). Sakai lms source code repository. <https://github.com/sakaiproject/sakai>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 38]
- Ariza, J., Jimeno, M., Villanueva-Polanco, R., and Capacho, J. (2021). Provisioning computational resources for cloud-based e-learning platforms using deep learning techniques. *IEEE ACCESS*, 9:89798–89811. [Citado nas páginas 19 e 20]
- Asgari, S., Trajkovic, J., Rahmani, M., Zhang, W., Lo, R. C., and Sciortino, A. (2021). An observational study of engineering online education during the covid-19 pandemic. *PLOS ONE*, 16(4). [Citado nas páginas 3 e 16]
- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J., and Thomas, D. (2001). Manifesto for agile software development. <https://agilemanifesto.org/>. [Citado na página 17]
- Bidry, M., Ouaguid, A., and Hanine, M. (2023). Enhancing e-learning with blockchain: Characteristics, projects, and emerging trends. *FUTURE INTERNET*, 15(9). [Citado nas páginas 21 e 22]
- Bouchrika, I., Harrati, N., Wanick, V., and Wills, G. (2021). Exploring the impact of gamification on student engagement and involvement with e-learning systems. *INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS*, 29(8):1244–1257. [Citado na página 15]
- Coursera Inc. (2025a). Coursera engineering. <https://engineering.coursera.org/>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 37]

- Coursera Inc. (2025b). Coursera for campus documentation. <https://www.coursera.org/campus>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado nas páginas 37 e 38]
- Coursera Inc. (2025c). Partners api documentation. <https://partners.coursera.help/hc/en-us/categories/360002478312-Partners-API>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 37]
- Docker, I. (2025). Docker documentation. <https://docs.docker.com/>. Acesso em: 07 jan. 2025. [Citado na página 3]
- Fastify (2025). Fastify documentation. <https://www.fastify.dev/>. Acesso em: 07 jan. 2025. [Citado na página 3]
- Feng, L. (2024). Investigating the effects of artificial intelligence-assisted language learning strategies on cognitive load and learning outcomes: A comparative study. *JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH*. [Citado nas páginas 3 e 14]
- Hron, M. and Obwegeser, N. (2022). Why and how is scrum being adapted in practice: A systematic review. *JOURNAL OF SYSTEMS AND SOFTWARE*, 183. [Citado na página 17]
- Ilic, M., Mikic, V., Kopanja, L., and Vesin, B. (2023). Intelligent techniques in e-learning: a literature review. *ARTIFICIAL INTELLIGENCE REVIEW*, 56(12):14907–14953. [Citado nas páginas 15 e 16]
- Instructure Inc. (2025a). Canvas lms documentation. <https://community.canvaslms.com/t5/Canvas-Basics-Guide/tkb-p/canvas-basics>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 36]
- Instructure Inc. (2025b). Canvas lms source code repository. <https://github.com/instructure/canvas-lms>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 36]
- Janes, A., Li, X., and Lenarduzzi, V. (2023). Open tracing tools: Overview and critical comparison. *JOURNAL OF SYSTEMS AND SOFTWARE*, 204. [Citado na página 14]
- Liu, M. and Yu, D. (2023). Towards intelligent e-learning systems. *EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES*, 28(7):7845–7876. [Citado na página 17]
- Lu, P., Li, Z., Li, J., and Hsiao, S.-W. (2023). A consumer-oriented design thinking model for product design education. *INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS*, 31(8):4753–4771. [Citado na página 18]
- Monteiro, P. and Tomé, P. (2025). A scalable microservices-based architecture for e-learning platforms. In *Proceedings of the 16th International eLearning Conference*

- (*eLearning 2025*), Belgrade Metropolitan University, Belgrade, Serbia. Apresentado em 26 de Setembro de 2025 at eLearning 2025, Belgrade Metropolitan University. [Citado na página v]
- Moodle HQ (2025a). Moodle developer documentation. <https://moodledev.io/>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado nas páginas 35 e 36]
- Moodle HQ (2025b). Moodle open source lms source code. <https://github.com/moodle/moodle>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 36]
- Neupane, R. L., Calyam, P., Wang, S., Neupane, K., Pandey, A., Cheng, X., Gafurov, D., Yeddulapalli, H. S., Glaser, N., Singh, K. P., Gu, Y., Li, S., and Srinivas, S. (2024). Online self-service learning platform for application-inspired cloud development and operations (devops) curriculum. *IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES*, 17:1946–1960. [Citado na página 20]
- Ochodek, M. and Kopczynska, S. (2018). Perceived importance of agile requirements engineering practices - a survey. *JOURNAL OF SYSTEMS AND SOFTWARE*, 143:29–43. [Citado na página 17]
- Open edX Consortium (2025a). Open edx documentation. <https://docs.openedx.org/en/latest/>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 37]
- Open edX Consortium (2025b). Open edx source code repository. <https://github.com/openedx/edx-platform>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 37]
- Romero, C. and Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS-DATA MINING AND KNOWLEDGE DISCOVERY*, 10(3). [Citado na página 22]
- Schatten, M., Tomicic, I., and Duric, B. O. (2020). Orchestration platforms for hybrid artificial intelligence in computer games - a conceptual model. In Strahonja, V., Steingartner, W., and Kirinic, V., editors, *CENTRAL EUROPEAN CONFERENCE ON INFORMATION AND INTELLIGENT SYSTEMS (CECIIS 2020)*, Central European Conference on Information and Intelligent Systems, pages 3–8. Univ Zagreb, Fac Org & Informat; Infodom; Dignet Software; Oracle; Republ Croatia, Minist Sci & Educ; Varazdin Cty. 31st International Scientific Central European Conference on Information and Intelligent Systems (CECIIS), Varazdin, CROATIA, OCT 07-09, 2020. [Citado nas páginas 18 e 19]
- Scrum (2025). Fastify portugal. <https://www.scrumportugal.pt/scrum/>. Acesso em: 07 jan. 2025. [Citado na página 6]
- Tapia, F., Mora, M. A., Fuertes, W., Aules, H., Flores, E., and Toulkeridis, T. (2020). From monolithic systems to microservices: A comparative study of performance. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 10(17). [Citado nas páginas 3, 13, 14 e 16]

- Udemy Inc. (2025a). Udemy business documentation. <https://business.udemy.com/>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 38]
- Udemy Inc. (2025b). Udemy engineering blog. <https://tech.udemy.com/>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 38]
- Udemy Inc. (2025c). Udemy terms of use. <https://www.udemy.com/terms/>. Acesso em: 11 jun. 2025. [Citado na página 38]
- Yang, X., Zhang, M., Zhao, Y., Wang, Q., and Hong, J.-C. (2022). Relationship between creative thinking and experimental design thinking in science education: Independent or related. *THINKING SKILLS AND CREATIVITY*, 46. [Citado na página 18]

Anexo A

Questionário Realizado para Avaliação da Plataforma

Avaliação de Plataforma

Antes de responder a este questionário, convidamo-lo(a) a **explorar e utilizar a plataforma *Sapientia***, disponível em [Sapientia](#).

O objetivo deste questionário é **avaliar a usabilidade e a experiência de utilização** da plataforma, com base na sua interação real com as funcionalidades disponíveis. A participação é **voluntária** e pode ser **interrompida a qualquer momento**, sem qualquer prejuízo. O tempo estimado de resposta é de **10 a 15 minutos**.

Não serão recolhidos **dados pessoais**, e as respostas serão **analisadas de forma agregada** e utilizadas **exclusivamente para fins de melhoria da plataforma e investigação académica associada**.

A sua opinião é muito importante para nós — **explore, experimente e partilhe a sua experiência**. O seu contributo ajudará a tornar a plataforma mais intuitiva, eficiente e agradável de utilizar.

Aceita participar neste questionário?*

- Sim
- Não

Perfil do Utilizador

As próximas questões dizem respeito ao seu perfil demográfico e profissional. Estas informações serão utilizadas apenas para fins estatísticos, de modo a analisar a utilização da plataforma.

Qual é o seu género?*

- Masculino
- Feminino
- Prefiro não responder

Qual a sua faixa etária?*

- < 18 anos
- 18 - 24 anos
- 25 - 34 anos
- 35 - 44 anos
- 45 – 54 anos
- > 55 anos

Qual a sua profissão / ocupação atual ?*

- Estudante
- Professor
- Trabalhador por conta de outrem
- Trabalhador por conta própria / Freelancer
- Desempregado
- Outra: _____

Qual a sua área de atividade?*

- Educação / Formação
- Tecnologias da Informação
- Saúde
- Ciências Sociais e Humanas
- Artes / Comunicação
- Administração / Serviços
- Outra: _____

Qual o seu nível de experiência com Tecnologias de Informação?*

- Iniciante (uso básico de computadores/telemóveis)
- Intermédio (uso frequente de software e internet)
- Avançado (uso de ferramentas profissionais / programação)

Qual o navegador que está a utilizar?*

- Chrome
- Safari
- Edge
- Firefox
- Outro: _____

Qual é o seu nível de experiência com plataformas de educação online?*

- | | | | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Muito Baixo | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Muito Alto |

Navegação e Organização

Nesta secção queremos avaliar a clareza da organização da plataforma e a facilidade de navegação entre os diferentes conteúdos.

A navegação foi intuitiva.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

Os menus, ícones e etiquetas foram claros.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

Raramente me senti perdido(a) dentro da plataforma.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

Tanto a pesquisa como os filtros me ajudaram a encontrar conteúdos.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

(Sugestão) O que tornaria a navegação mais simples para si?

Design Visual e Acessibilidade

Gostaríamos, agora, de saber a sua opinião sobre a aparência visual da plataforma e a facilidade de acesso à mesma em diferentes dispositivos.

O texto foi fácil de ler.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

Os botões e campos dos formulário estavam claros.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

As cores e destaques estavam compreensíveis.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

A plataforma adaptou-se bem ao meu dispositivo.*

	1	2	3	4	5	
Discordo Totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo Totalmente

(Sugestão) O que mudaria no design da plataforma para melhorar a sua experiência?

Perguntas Abertas / Comentários Finais

Por favor, partilhe as suas opiniões e sugestões. As suas respostas ajudar-nos-ão a melhorar a plataforma.

O que foi mais confuso ou difícil de usar?

O que quase o(a) impediu de concluir uma tarefa?

Se pudesse mudar ou acrescentar alguma coisa na plataforma, o que seria?

Encontrou algum erro ou falha técnica?

O que mais gostou na plataforma?

Agradecimento

Agradecemos a sua participação neste questionário. As respostas fornecidas são de grande importância para a análise e melhoria contínua da plataforma. A sua colaboração contribui para o desenvolvimento de uma experiência mais eficiente, inclusiva e orientada para as necessidades dos utilizadores.

Sapientia



Sapientia