



**Politécnico
Castelo Branco**

Escola Superior
de Tecnologia

Desenvolvimento de jogo em Unity Cyber Defenders

André João Saraiva Nogueira

Orientadores

Paulo Alexandre Neves

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado, realizada sob a orientação científica do Professor Mestre Paulo Alexandre Neves, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Setembro 2025

Composição do júri

Presidente do júri

Professora Doutora, Arminda da Conceição dos Santos Guerra

Vogais

Professor Mestre, Paulo Alexandre Neves

Professor Doutor, Arlindo Ferreira da Silva

Resumo

O presente documento descreve o desenvolvimento do jogo educativo Cyber Defenders, inserido no género tower defense, com o objetivo de sensibilizar crianças e jovens para boas práticas de cibersegurança e para a proteção de dados pessoais. A motivação para a sua criação assenta na necessidade crescente de promover a literacia digital junto das camadas mais jovens, procurando oferecer uma experiência interativa que combina entretenimento com aprendizagem, incentivando-os a reconhecer ameaças online como vírus, phishing, trojans ou spyware, e a aplicar boas práticas de proteção de dados pessoais.

A experiência de jogo foi estruturada em diferentes níveis, cada um representando desafios progressivos. O jogador deve posicionar torres com funções específicas e gerir os seus recursos virtuais, denominados CryptoCoins e proteger as suas Data Files. Entre as ondas de inimigos, são apresentadas perguntas de escolha múltipla sobre cibersegurança, cujo resultado influencia diretamente a jogabilidade: respostas corretas são decisivas para a progressão no jogo.

O resultado é um protótipo funcional que alia entretenimento e aprendizagem, promovendo a participação ativa e a tomada de decisões estratégicas. O sistema de quizzes garante que o jogador consolida conhecimentos de forma lúdica, enquanto a dinâmica das ondas de inimigos e das defesas estimula a capacidade de planeamento e de gestão de recursos.

Conclui-se que o jogo responde ao desafio inicial de integrar aspetos pedagógicos da cibersegurança num contexto de diversão, constituindo uma ferramenta que pode contribuir para aumentar a sensibilização dos mais jovens.

Palavras-chave

Tower Defense, Cibersegurança, Gamificação, Unity, Jogo Educativo

Abstract

This document describes the development of the educational game Cyber Defenders, inspired by the tower defense genre, with the aim of raising awareness among children and young people about good cybersecurity practices and the protection of personal data. The motivation for its creation lies in the growing need to promote digital literacy among younger generations, seeking to offer an interactive experience that combines entertainment with learning, encouraging players to recognize online threats such as viruses, phishing, trojans, or spyware, and to apply good data protection practices.

The gameplay experience is structured across different levels, each representing progressive challenges. The player must strategically place towers with specific functions and manage their virtual resources, called CryptoCoins, in order to protect their Data Files. Between waves of enemies, multiple-choice questions on cybersecurity are presented, and the results directly influence the gameplay: correct answers are decisive for successful progression in the game.

The result is a functional prototype that combines entertainment and learning, fostering active participation and strategic decision-making. The quiz system ensures that players consolidate knowledge in a playful way, while the dynamics of enemy waves and defenses stimulate planning skills and resource management.

It is concluded that the game addresses the initial challenge of integrating pedagogical aspects of cybersecurity in a fun context, constituting a tool that can contribute to raising awareness among young people.

Keywords

Tower Defense, Cybersecurity, Gamification, Unity, Educational Game

Índice geral

1. Introdução.....	1
1.1 Motivação e Enquadramento	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Etapas de Desenvolvimento	1
1.4 Estrutura do Relatório	2
2. Estado da Arte e Estudos Relacionados	3
2.1 Jogos Tower Defense	3
2.2 Gamificação em Educação	5
2.3 Jogos Educativos e Cibersegurança.....	7
2.4 Síntese e Implicações para o projeto.....	9
3. Game Design Document	11
3.1 Visão Geral	11
3.2 Mecânicas de Jogo	11
3.3 Inimigos (Ameaças Digitais).....	14
3.4 Torres (Defesas Digitais)	15
3.5 Upgrade de Torres	16
4. Implementação.....	19
4.1 Âmbito e Requisitos	19
4.1.1 Requisitos Funcionais	19
4.1.2 Requisitos Não Funcionais.....	20
4.2 Modelação do Sistema	20
4.2.1 Diagrama de Estados do Jogo	20
4.2.2 Modelo de Classes.....	21
4.2.3 Fluxos de Sequência	22
4.3 Design Técnico	24
4.4 Estrutura do Projeto	25
4.5 Interface e Menus	27
4.6 Sistema de Torres.....	29
4.7 Sistema de Inimigos e Spawner.....	31
4.8 Economia e Recursos.....	32
4.9 Quiz	33
4.10 Testes e Validação	34

5. Conclusão e Trabalho Futuro	36
Referências	37

Índice de figuras

Figura 1 — Diagrama de Gantt com calendarização do projeto	2
Figura 2 — Ecrã de jogo Tower Defense Clash com inimigos e torres	3
Figura 3 — Representação do combate contra balões em Bloons TD 6	4
Figura 4 — Alunos a jogar Vector Tower Defense 2	5
Figura 5 — Ecrã de jogo InfecBlock	5
Figura 6 — Interface da aplicação Duolingo, com as metas diárias e streaks ..	7
Figura 7 — Exemplo de quiz na plataforma Kahoot	7
Figura 8 — Ecrã do jogo Interland, com uma pergunta sobre cibersegurança..	8
Figura 9 — Ecrãs do jogo It's a Fraud: Learning about Cybersecurity	9
Figura 10 — Desenho do ecrã principal do jogo, com caminho do inimigo, locais de colocação de torres, wave atual e computador a proteger	12
Figura 11 — Quiz com pergunta de escolha múltipla	13
Figura 12 — Desenho do ecrã inicial, com botão Play, Options e Quit	13
Figura 13 — Desenho do ecrã de vitória	14
Figura 14 — Desenho do ecrã de derrota	14
Figura 15 — Representação dos diferentes tipos de inimigos: (a) Vírus, (b) Phishing Email, (c) Spyware Drone, (d) Trojan Horse.	15
Figura 16 — Representação das torres de defesa: (a) Antivírus, (b) Firewall, (c) VPN Shield.	16
Figura 17 — Evolução visual da torre Antivírus: L1, L2 e L3	17
Figura 18 — Evolução visual da torre Firewall: L1, L2 e L3.	18
Figura 19 — Evolução visual da torre VPN Shield: L1, L2 e L3.	18
Figura 20 — Diagrama de estados do jogo	20
Figura 21 — Diagrama de classes	21
Figura 22 — Fluxo principal do jogo	22
Figura 23 — Fluxo de compra, upgrade e venda das torres	23
Figura 24 — Fluxo do sistema de quiz e recompensas	23
Figura 25 — Fluxo de vitória e derrota	24
Figura 26 — Estrutura de pastas no Unity	26
Figura 27 — Hierarquia da cena MainMenu no Unity	26
Figura 28 — Hierarquia da cena Game no Unity	27
Figura 29 — Ecrã com o menu inicial	27
Figura 30 — Ecrã com menu de opções	28
Figura 31 — Ecrã principal do jogo	29
Figura 32 — Ecrã de vitória	29
Figura 33 — Painel com a turret shop	30
Figura 34 — Painel de upgrade de torre	31
Figura 35 — Ecrã com wave de inimigos em curso	32
Figura 36 — Ecrã com o menu de derrota	33
Figura 37 — Uma pergunta do quiz no final de uma wave	34
Figura 38 — Painel de feedback com resposta correta	34

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tipos de inimigos e os seus atributos	15
Tabela 2 - Atributos da torre Antivírus	17
Tabela 3 — Atributos da torre Firewall	17
Tabela 4 — Atributos da torre VPN Shield	18

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

GDD – Game Design Document

HUD – Heads-Up Display

UI – User Interface (Interface de Utilizador)

UX – User Experience (Experiência de Utilizador)

2FA – Two-Factor Authentication (Autenticação de Dois Fatores)

JSON – JavaScript Object Notation

CSV – Comma-Separated Values

VPN – Virtual Private Network

DPS – Damage Per Second

2D – Two-Dimensional

1. Introdução

O desenvolvimento das tecnologias digitais transformou profundamente a forma como a sociedade comunica, aprende e interage. Em particular, a crescente utilização da internet por crianças e jovens trouxe consigo novas oportunidades, mas também riscos acrescidos relacionados com a cibersegurança. Questões como phishing, malware, roubo de dados ou a falta de consciência sobre práticas seguras online constituem desafios atuais e reais, exigindo novas estratégias pedagógicas que preparem os utilizadores para um ambiente digital cada vez mais complexo [1].

1.1 Motivação e Enquadramento

Neste contexto, os jogos digitais e a gamificação assumem um papel relevante, ao aliarem elementos de entretenimento a processos de ensino e aprendizagem. Os chamados jogos sérios têm demonstrado elevado potencial para promover competências de forma lúdica e motivadora, contribuindo para a retenção do conhecimento [2]. Do mesmo modo, estudos recentes confirmam que aplicações educativas digitais, quando concebidas com metodologias interativas e gamificadas, favorecem o desenvolvimento de competências cognitivas e de pensamento crítico nas crianças [3]. A combinação de mecânicas de jogo com conteúdos educativos revela-se, assim, particularmente eficaz junto de públicos jovens, habituados à utilização de dispositivos digitais como parte integrante da sua rotina diária.

Para além disso, a relevância do tema é reforçada por iniciativas internacionais, como os relatórios da European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), que sublinham a necessidade urgente de preparar as novas gerações para enfrentar riscos digitais e desenvolver competências em cibersegurança [1]. Do ponto de vista académico, a utilização de jogos sérios no ensino tem vindo a consolidar-se como uma estratégia inovadora, capaz de combinar motivação e aprendizagem significativa, permitindo que os alunos experimentem, errem e aprendam num ambiente seguro e envolvente [4]. Assim, o projeto Cyber Defenders pretende contribuir para esta área em crescimento, explorando o potencial do género tower defense como ferramenta pedagógica diferenciadora, alinhada com as recomendações atuais da literatura científica e de organizações especializadas.

1.2 Objetivos

O presente projeto — Cyber Defenders — surge precisamente da necessidade de explorar esta abordagem, propondo a criação de um jogo educativo em Unity baseado no género tower defense. O objetivo central consiste em sensibilizar crianças e jovens para as boas práticas de cibersegurança e para a proteção de dados pessoais, utilizando uma experiência interativa que simula ameaças digitais através de inimigos virtuais e defesas tecnológicas representadas sob a forma de torres.

1.3 Etapas de Desenvolvimento

A metodologia seguida combinou diferentes etapas ao longo do projeto. O projeto teve início formal em outubro de 2024 e foi concluído em setembro de 2025 conforme apresentado na Figura 1. Numa primeira fase, procedeu-se ao levantamento do estado da arte e à análise de projetos relacionados, de modo a identificar abordagens relevantes no domínio dos jogos e da educação para a cibersegurança. Em seguida, foi elaborado o *Game Design Document (GDD)*, que serviu de base para a definição do conceito, das mecânicas, da narrativa e da progressão do jogo.

Posteriormente, desenvolveu-se a modelação do sistema e o design técnico, estabelecendo-se as classes, os fluxos e as decisões arquiteturais que sustentaram a implementação. Seguiu-se a fase de integração das funcionalidades, onde foram incorporados os sistemas de jogabilidade, a interface, o áudio e os quizzes.

Por fim, realizou-se a fase de testes e validação, que permitiu identificar e corrigir problemas, garantindo a qualidade e a consistência do protótipo final.

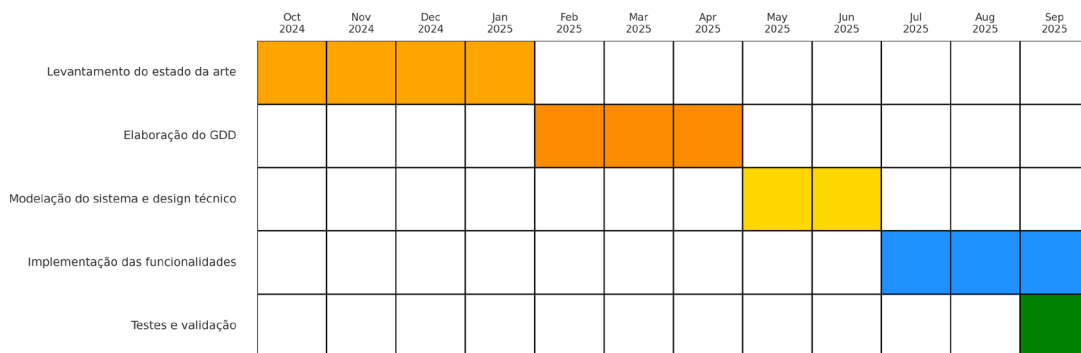


Figura 1 — Diagrama de Gantt com calendarização do projeto

1.4 Estrutura do Relatório

A estrutura do relatório está organizada em cinco capítulos. Após esta introdução, o Capítulo 2 apresenta o enquadramento teórico e a análise do estado da arte, destacando os principais contributos da literatura e de projetos semelhantes. O Capítulo 3 descreve o Game Design Document, onde se encontram definidos o conceito, os objetivos pedagógicos, a narrativa, os níveis e as mecânicas do jogo. O Capítulo 4 foca-se na implementação, incluindo os requisitos funcionais e não funcionais, a modelação do sistema, as decisões de design técnico, a estrutura do projeto em Unity e a descrição detalhada das funcionalidades desenvolvidas. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as principais conclusões e propostas de trabalho futuro, apontando caminhos para a evolução do protótipo.

2. Estado da Arte e Estudos Relacionados

Neste capítulo é apresentada uma análise do estado da arte e dos trabalhos relacionados com o desenvolvimento de jogos educativos e de aplicações ligadas à cibersegurança. O objetivo é contextualizar o projeto Cyber Defenders no panorama atual, identificando tendências e boas práticas em estudos e projetos semelhantes. Esta revisão permite fundamentar as opções tomadas ao longo do desenvolvimento, bem como evidenciar a relevância da abordagem adotada, que combina mecânicas de tower defense com elementos de gamificação e aprendizagem em literacia digital.

2.1 Jogos Tower Defense

O género Tower Defense consolidou-se como uma das vertentes mais relevantes dos jogos de estratégia em tempo real, caracterizando-se pelo desafio de travar ondas de inimigos antes que estes atinjam um ponto de chegada. Esta definição é consistente com a literatura académica, que identifica como elementos centrais a colocação estratégica de torres, a gestão de recursos e a progressão de dificuldade ao longo de sucessivas ondas [5][6]. Dentro deste género, alguns títulos tornaram-se particularmente influentes, como Tower Defense Clash e Bloons TD, que ilustram a diversidade de mecânicas possíveis e que servem de referência para a adaptação pedagógica que se pretende neste projeto.

O jogo Tower Defense Clash [7], representado na Figura 2, apresenta-se como uma experiência clássica do género, em que o jogador tem como principal objetivo impedir que múltiplas vagas de inimigos atinjam a base. Para tal, deve posicionar torres ao longo do percurso, cada uma com atributos distintos de alcance, dano e cadência de disparo. O sistema de jogabilidade exige que o utilizador acompanhe a progressão das ondas, invista os recursos obtidos na melhoria ou substituição das torres e ajuste continuamente a sua estratégia. Os inimigos surgem em grupos sucessivos e distinguem-se por diferentes níveis de resistência e velocidade, forçando o jogador a planear cuidadosamente o posicionamento e a evolução das defesas.

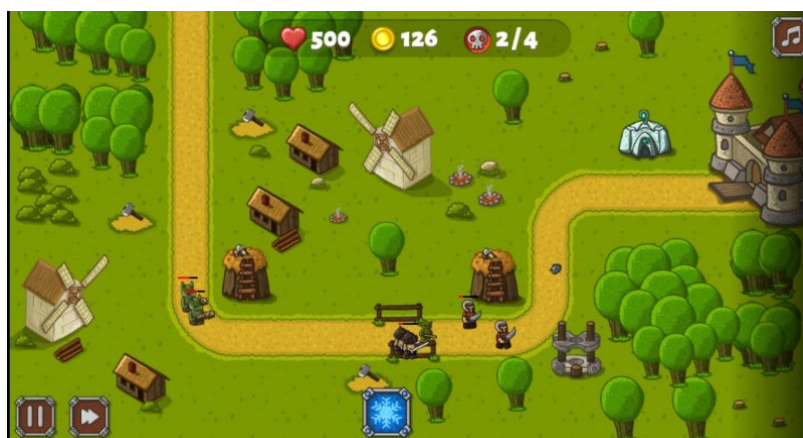


Figura 2 — Ecrã de jogo Tower Defense Clash com inimigos e torres

Já a série Bloons TD [8], e em particular o título mais recente Bloons TD 6, representado na Figura 3, constitui uma das variantes comerciais de maior sucesso. O objetivo é impedir que balões (bloons) atravessem o mapa, utilizando para isso torres representadas por macacos com diferentes funções de ataque e suporte. O jogador controla a colocação destas unidades, escolhe entre múltiplas árvores de evolução possíveis e gere recursos obtidos pela destruição dos bloons. A jogabilidade é marcada pela diversidade de oponentes, que incluem balões com propriedades especiais, como camuflagem, resistência a certos tipos de dano ou capacidade de regeneração. Além disso, a presença de “chefes” e classes de maior escala exige uma estratégia de longo prazo e a combinação sinérgica de diferentes tipos de torres. A experiência de jogo é complementada por modos alternativos e desafios que aumentam a rejogabilidade.



Figura 3 — Representação do combate contra balões em Bloons TD 6

No plano científico, há evidência de que jogos do gênero Tower Defense, podem criar “momentos matematizáveis”, isto é, oportunidades autênticas para raciocínio e resolução de problemas em contexto de jogo. No estudo “*Mathematics learning opportunities when playing a Tower Defense Game*” [9], foi conduzida uma investigação qualitativa-interpretativa com alunos dos 10 aos 12 anos, usando o jogo Vector Tower Defense 2, representado na Figura 4. Os autores caracterizam o jogar como atividade de resolução de problemas e identificam quatro famílias de oportunidades de aprendizagem emergentes do próprio design do Tower Defense: (i) aspeto geométrico (posicionamento e raio/alcance das torres), (ii) relação entre variáveis (dano da torre vs. vida dos inimigos e evolução temporal), (iii) problemas aritméticos (gestão de recursos, cálculo de custos/receitas) e (iv) percentagens (bónus, reforços, proporções). O estudo conclui que estes momentos existem de forma rica, mas não se convertem automaticamente em formalização matemática, recomendando mediação docente e/ou ferramentas no próprio jogo (gráficos de dano, indicadores analíticos) para tornar explícitos os conteúdos formais durante a jogabilidade.



Figura 4 — Alunos a jogar Vector Tower Defense 2

Mais recentemente, a investigação *“InfecBlock: Investigating the Effects of a Tower-Defense Serious Game for Increasing Epidemic-Related Health Literacy”* [10] avaliou um jogo Tower Defense, representado na Figura 5, que foi concebido para incrementar literacia em saúde pública (prevenção de epidemias). O trabalho relata um estudo entre grupos com recolha de dados quantitativos para medir resultados de aprendizagem, envolvimento e respostas emocionais; os autores confirmam melhorias de desempenho de aprendizagem e salientam maior envolvimento/experiência positiva com o jogo. Reforçando assim a ideia da utilização de um jogo do género Tower Defense como veículo de conteúdos curriculares não-técnicos (neste caso, saúde pública), o que é diretamente análogo ao propósito educativo em cibersegurança do presente projeto.



Figura 5 — Ecrã de jogo InfecBlock

2.2 Gamificação em Educação

A gamificação consiste na integração intencional de elementos de design de jogos, como pontos, níveis, progressões, recompensas e feedback imediato, em contextos educativos para aumentar motivação, envolvimento e retenção de conhecimento. Em termos conceptuais, trata-se de desenhar experiências em que o percurso pedagógico é balizado por objetivos claros e ciclos de tentativa–

feedback, sem perder de vista o rigor dos conteúdos. A literatura de divulgação, como o artigo “*The Intersection of Learning and Fun: Gamification in Education*” [11] tem sublinhado a importância de encontrar o “ponto ótimo” entre pedagogia e envolvimento. O texto alerta para o risco de o jogo sacrificar a aprendizagem (ou vice-versa), um aviso que, embora não científico, ajuda a enquadrar boas práticas de design instrucional quando se usa gamificação.

No domínio específico da Information Security Awareness (ISA), foi feito um estudo com 110 estudantes universitários em Taiwan [12], comparando uma turma com ensino gamificado via PaGamO (56 alunos) com outra em aulas expositivas (54 alunos). Os autores observaram melhorias significativas de conhecimento no grupo gamificado face ao grupo por aula, incluindo ganhos claros em gestão de passwords, uso da Internet e manuseamento de informação. Por contraste, não se registaram efeitos significativos da gamificação nas atitudes e intenções de conformidade com políticas de segurança nem na vontade de continuar a aprender o tema no curto prazo. Um resultado coerente com a ideia de que mudanças comportamentais sustentadas requerem exposição mais prolongada e prática repetida. Estas conclusões apontam a gamificação como eficaz para aquisição de conhecimento em ISA, com limitações nas dimensões comportamentais numa intervenção breve.

No estudo “*Cybersecurity Early Education: A Review of Current Cybersecurity Education for Young Children*” [13], é revisto o estado atual da educação de cibersegurança para crianças. O artigo descreve uma plataforma baseada num navegador da web com jogos concebidos para os primeiros anos de escolaridade (do 2.º ao 5.º ano), defendendo abordagens ativas e gamificadas com desafios, pontos, níveis e recompensas para promover pensamento crítico, resolução de problemas e aprendizagem experiencial. O artigo ilustra esta perspetiva com protótipos de jogos: Password Chef (criação/recordação de passwords com critérios crescentes), um minijogo de autenticação de dois fatores (introdução gradual a 2FA, sem penalizações) e Pelican Phishing (identificação de tentativas de phishing em interações textuais). O plano de avaliação envolve implementação em turmas do ensino básico com mais de 200 alunos, recolhendo feedback de estudantes e professores para iterar o design. O argumento central é que a gamificação bem calibrada facilita a acessibilidade e a motivação em conteúdos de segurança digital para idades tenras, preparando transferências para comportamentos mais seguros no quotidiano escolar.

Para além da evidência académica discutida acima, é útil notar que plataformas amplamente usadas em educação operacionalizam princípios de gamificação de forma consistente. O Duolingo [14], representado na Figura 6, recorre a pontos, sequências (streaks), metas diárias, níveis e feedback imediato, promovendo prática frequente e perceção de progresso.

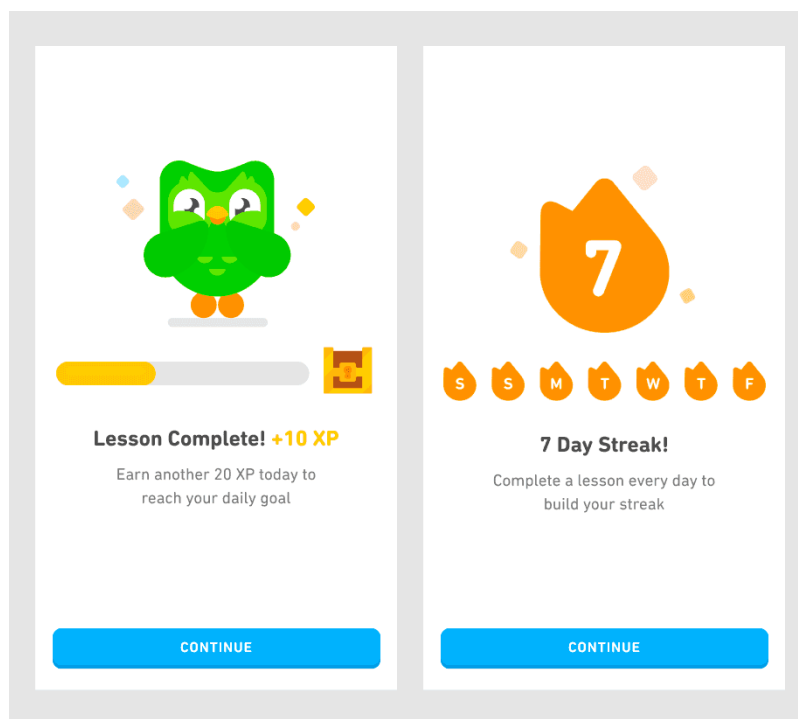


Figura 6 — Interface da aplicação Duolingo, com as metas diárias e streaks

O Kahoot [15], representado na Figura 7, aplica uma competição leve com pontuações em tempo real e *leaderboards*, reforçando a atenção sustentada e a resposta rápida em tarefas de recordação e reconhecimento. Estes exemplos são ilustrativos da transposição de elementos de jogos — pontos, níveis, recompensas e feedback — para contextos de aprendizagem, alinhando-se com as recomendações da literatura: motivar a prática, tornar objetivos e progresso visíveis e oferecer reforço imediato.

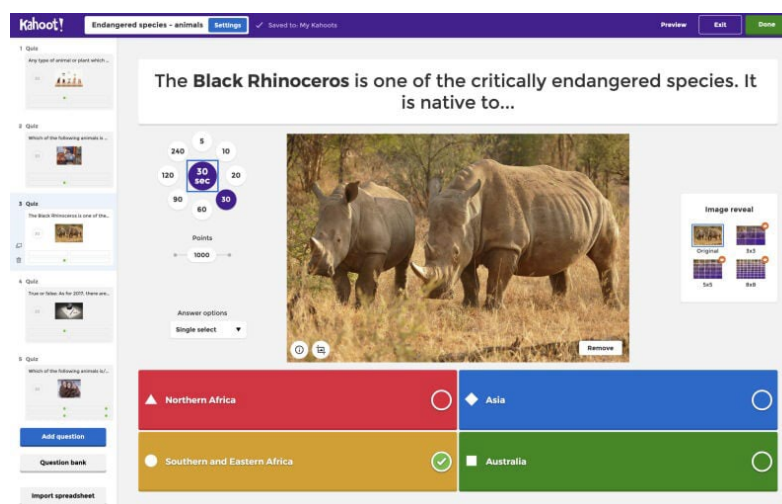


Figura 7 — Exemplo de quiz na plataforma Kahoot

2.3 Jogos Educativos e Cibersegurança

A cibersegurança é hoje uma competência essencial para cidadãos e organizações. O número de ataques digitais tem vindo a crescer e as ameaças tornam-se cada vez mais sofisticadas, colocando em risco dados pessoais, a

privacidade e sistemas críticos. Em paralelo, continuam a existir lacunas de conhecimento em públicos jovens e nas suas famílias, o que reforça a necessidade de recursos educativos acessíveis e de boa qualidade. Um estudo qualitativo, com 25 pais na Noruega com filhos entre os 10 e 15 anos de idade [16], mapeou três frentes úteis para o desenho de soluções: (i) necessidades de consciencialização específicas (p. ex., passwords, redes públicas, partilha de dados), (ii) recursos que os pais procuram/consideram adequados, e (iii) desafios práticos para garantir segurança no lar (tempo, literacia, mediação), propondo que designers e educadores incorporem estes insights em produtos educativos.

Nos últimos anos surgiram também diversos jogos e iniciativas destinados a ensinar noções de segurança digital. A Google disponibiliza o jogo Interland [17], apresentado na Figura 8, desenvolvido no âmbito do programa Be Internet Awesome. A aplicação organiza-se em diferentes ilhas temáticas, cada uma centrada num desafio específico, como evitar tentativas de phishing, proteger informações pessoais ou adotar comportamentos responsáveis no ambiente online. A jogabilidade baseia-se no controlo direto de um avatar pelo utilizador, que deve superar obstáculos, resolver situações interativas e responder a perguntas relacionadas com cibersegurança. O objetivo é promover a literacia digital de crianças entre os 7 e os 12 anos, através de uma abordagem lúdica e acessível, que combina minijogos com progressão por níveis e feedback imediato. Embora não se trate de um estudo científico, esta iniciativa é um exemplo relevante de como os princípios da aprendizagem ativa e da gamificação podem ser aplicados em contextos educativos, sendo ainda acompanhado por um currículo específico para utilização em escolas.

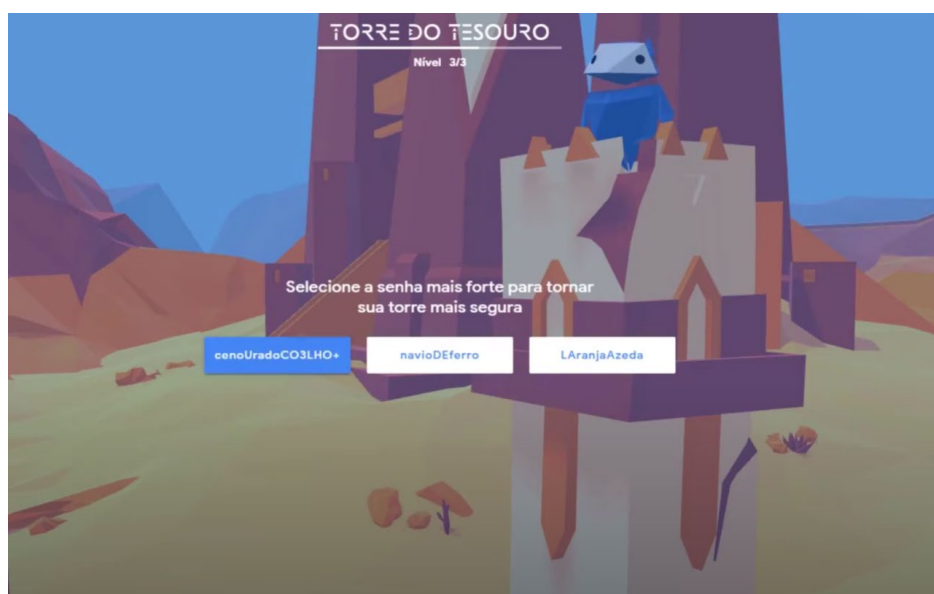


Figura 8 — Ecrã do jogo Interland, com uma pergunta sobre cibersegurança

No panorama nacional destaca-se o projeto universitário “It’s a Fraud: Learning about Cybersecurity” [18], representado na Figura 9. Este jogo, desenvolvido em ambiente 2D com recurso ao motor Unity, apresenta ameaças digitais como

inimigos que incluem spyware, vírus, trojan horse e hackers, acompanhados de descrições sobre os riscos que representam e as boas práticas de proteção correspondentes. A experiência assume um estilo de aventura em que o jogador progride por diferentes níveis, enfrentando e neutralizando estas ameaças. O artigo descreve ainda a integração de elementos de gamificação, como desafios e recompensas, para potenciar o envolvimento e promover a literacia digital entre os jovens.



Figura 9 — Ecrãs do jogo It's a Fraud: Learning about Cybersecurity

2.4 Síntese e Implicações para o projeto

Em síntese, com os estudos abordados sobre jogos de Tower Defense e aprendizagem, gamificação educativa e jogos de cibersegurança, optou-se por usar o género Tower Defense como contentor pedagógico do projeto. Estudos com o género Tower Defense revelaram oportunidades autênticas para raciocínio e resolução de problemas em contexto de jogo, promovendo raciocínio e tomada de decisão [9]. Resultados recentes mostram ainda ganhos de aprendizagem e maior envolvimento quando a estratégia e a interatividade sustentam a progressão [11][2]. Este enquadramento permitiu estruturar o jogo em waves com introdução faseada de ameaças, para escalonar a carga cognitiva e tornar visível a relação entre decisão tática e resultado.

Do lado da gamificação, a evidência experimental em information security awareness indica que intervenções gamificadas curtas melhoram conhecimento, mas não geram por si mudanças robustas de atitude ou comportamento no curto prazo [12]. Por isso foi privilegiado o reforço positivo e feedback imediato, com perguntas de escolha múltipla entre waves, informação explicativa e recompensas quando respondido corretamente, evitando penalizações que possam quebrar a motivação. A revisão focada em idades mais jovens recomenda tarefas curtas, progressivas e recompensadas [14][3]; mapearam-se assim estes princípios para o ciclo do jogo, com perguntas breves entre waves e progressão visível via upgrades.

Relativamente ao conteúdo, os artigos e exemplos de jogos educativos indicam maior eficácia quando há mapeamento transparente entre ameaças reais e comportamentos de defesa praticáveis. É relevante considerar abordagens focadas que mostram ganhos imediatos em tarefas de reconhecimento e experiências que integram painéis ou descrições de risco e boas práticas, como no jogo It's a Fraud

[18]. Assim, o design converte vírus, emails maliciosos, spyware e trojans em inimigos com comportamentos distintos e materializa boas práticas nas torres (Antivírus, Firewall, VPN). A seleção temática do banco de perguntas (phishing, palavras-passe, partilha de dados, redes públicas, cópias de segurança) alinha-se com necessidades identificadas em famílias e jovens num dos estudos analisados [16], reforçando pertinência e transferibilidade da proposta.

3. Game Design Document

O Game Design Document (GDD) constitui o elemento central da fase de concepção do jogo, servindo como guia para a sua implementação. Enquanto os capítulos iniciais deste relatório apresentaram o enquadramento, os objetivos e a calendarização do projeto, esta secção centra-se exclusivamente na definição prática do jogo Cyber Defenders. O documento descreve de forma estruturada os principais recursos, mecânicas, personagens, inimigos, defesas, níveis e interfaces, garantindo que todas as decisões de design e de desenvolvimento seguem uma lógica coerente e alinhada com o propósito educativo do projeto.

3.1 Visão Geral

O jogo Cyber Defenders recorre a um conjunto de recursos centrais que orientam a jogabilidade e reforçam a ligação temática à cibersegurança. À semelhança de outros títulos do género Tower Defense, existe um sistema de moeda que permite a construção e melhoria das defesas, bem como uma unidade de “vida” que determina a condição de derrota. No entanto, estes elementos foram adaptados ao contexto digital, de modo a garantir coerência com o tema do projeto.

O recurso principal para a construção de torres são as CryptoCoins, representadas como moedas digitais. Estas moedas são obtidas através da eliminação de inimigos e pela resposta correta a perguntas do tipo quiz, que surgem em determinados momentos do jogo. Desta forma, o jogador é incentivado a associar a aprendizagem de conceitos de cibersegurança a uma recompensa imediata, tangível e decisiva para o sucesso na progressão durante o jogo, promovendo simultaneamente o aspeto lúdico e educativo. As CryptoCoins funcionam, assim, como o equivalente ao dinheiro do jogador, permitindo gerir estrategicamente os investimentos em novas defesas ou em melhoramentos.

Em vez das tradicionais “vidas”, o jogo utiliza o conceito de dados sensíveis, denominados Data Files, para representar aquilo que o jogador deve proteger. Sempre que um inimigo atinge o alvo, é considerado que ocorreu uma violação de dados, resultando na perda de uma quantidade definida destes dados. Diferentes tipos de inimigos têm impactos distintos: por exemplo, um vírus simples retira poucos dados, enquanto um ataque de um Trojan Horse retira uma quantidade mais elevada. O jogo termina quando todos os Data Files são comprometidos, simbolizando a falha total da defesa digital.

A introdução destes dois recursos – CryptoCoins e Data Files – garante uma adaptação temática das mecânicas tradicionais do Tower Defense. Ao mesmo tempo, promove-se a consciencialização sobre a importância de proteger informação digital e de adotar estratégias adequadas para evitar perdas.

3.2 Mecânicas de Jogo

O funcionamento de Cyber Defenders assenta em mecânicas tradicionais do género Tower Defense, adaptadas ao contexto da cibersegurança. O jogador inicia cada partida com uma quantidade limitada de CryptoCoins, que deverá gerir

estrategicamente para posicionar e melhorar as defesas ao longo do percurso dos inimigos.

As torres podem ser colocadas apenas em locais pré-definidos, representados no mapa como nós de construção. O caminho que os inimigos percorrem até ao computador pessoal, os CryptoCoins e Data Files do jogador, assim como a wave em curso são igualmente apresentados no ecrã de jogo, representado na Figura 10, garantindo ao jogador uma visão clara do estado da partida e das opções estratégicas disponíveis. Sempre que um inimigo alcança o computador, ocorre uma violação de segurança que resulta na perda de Data Files. O jogo termina em derrota quando todos os dados são comprometidos ou em vitória quando o jogador consegue resistir a todas as ondas de inimigos mantendo pelo menos um Data File ativo.

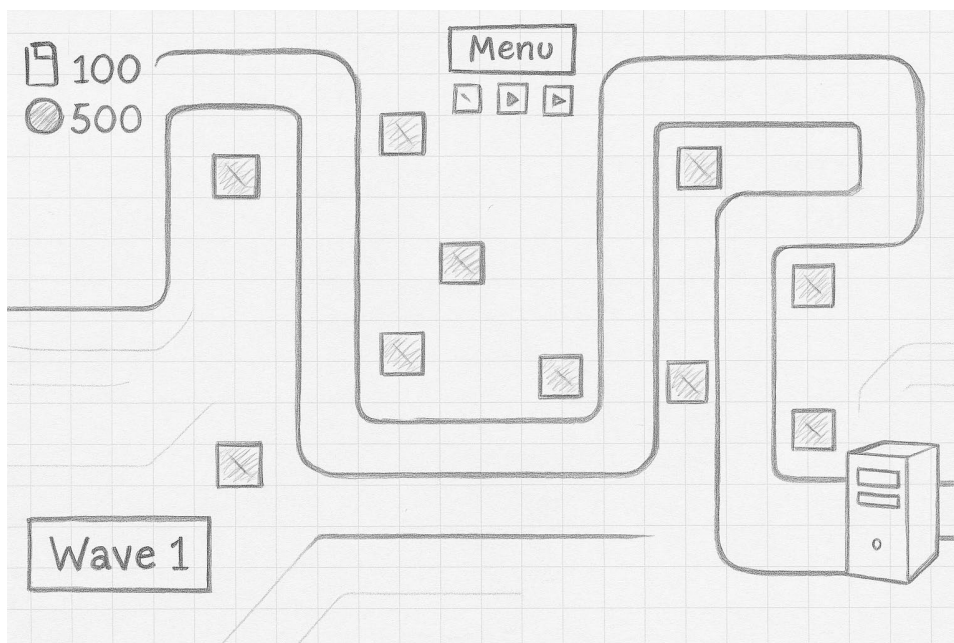


Figura 10 — Desenho do ecrã principal do jogo, com caminho do inimigo, locais de colocação de torres, wave atual e computador a proteger

As ondas de inimigos apresentam composições progressivamente mais desafiantes, com aumento gradual do número de unidades, da velocidade de movimento e da resistência de cada ameaça. Esta progressão garante que o jogador é constantemente obrigado a reajustar a sua estratégia, quer na escolha do tipo de torres a construir, quer na forma como distribui os seus recursos ao longo da partida. O crescimento da dificuldade ao longo das waves é, assim, um elemento central para manter o equilíbrio entre desafio e aprendizagem, incentivando o planeamento a curto e a longo prazo.

Para além da colocação de torres, o jogo integra uma mecânica de quiz interativo que surge no final de cada onda. O jogador é confrontado com uma pergunta de escolha múltipla relacionada com boas práticas de cibersegurança, apresentada num ecrã próprio que interrompe temporariamente a ação, conforme ilustrado na Figura 11. A resposta correta garante recompensas em CryptoCoins,

que podem ser usadas para adquirir novas torres ou realizar upgrades, enquanto a resposta incorreta não acarreta penalizações diretas, mas reduz o potencial de investimento estratégico. Esta abordagem permite associar a aprendizagem de conceitos de cibersegurança a um reforço imediato, ligando diretamente o conhecimento adquirido à progressão no jogo.

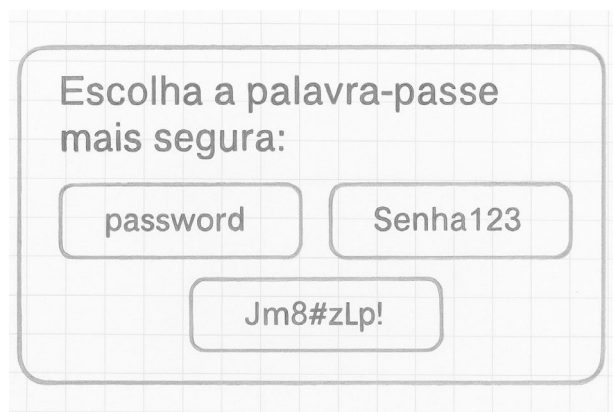


Figura 11 — Quiz com pergunta de escolha múltipla

O jogo inclui também um ecrã inicial que serve de ponto de entrada para a experiência. Neste menu principal, o jogador pode iniciar uma nova partida, aceder às definições ou sair do jogo. A simplicidade do ecrã inicial garante uma navegação intuitiva e direta, permitindo que o utilizador avance rapidamente para a jogabilidade ou ajuste opções básicas de configuração, conforme ilustrado na Figura 12.

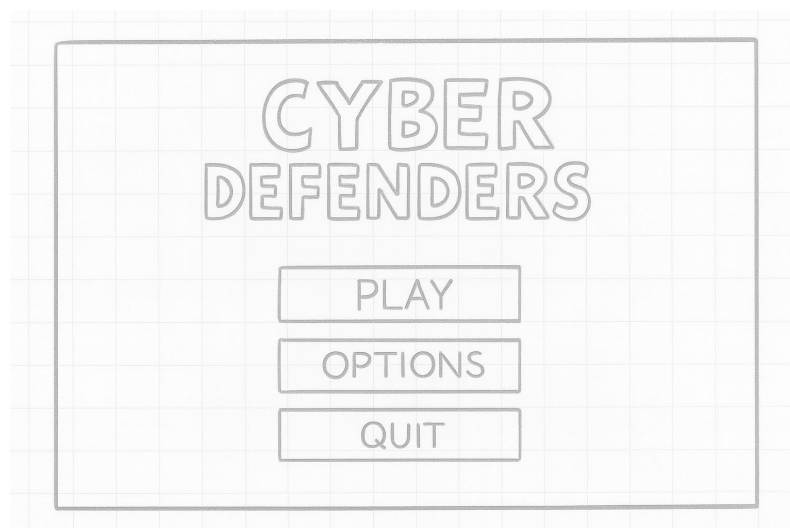


Figura 12 — Desenho do ecrã inicial, com botão Play, Options e Quit

Para além do ecrã inicial, estão também definidos os ecrãs de fim de jogo, que apresentam de forma clara os possíveis desfechos da experiência. O ecrã de vitória, representado na Figura 13 é exibido quando o jogador consegue resistir a todas as waves de inimigos mantendo pelo menos um Data File, simbolizando o sucesso da defesa digital. Neste ecrã é apresentado também a percentagem de perguntas respondidas corretamente, reforçando a ligação entre o desempenho no jogo e a aprendizagem em cibersegurança.



Figura 13 — Desenho do ecrã de vitória

Já o ecrã de derrota surge quando o número de Data Files chega a zero, o que significa que o sistema foi totalmente invadido pelas ameaças e já não existem dados para proteger, conforme ilustrado na Figura 14.



Figura 14 — Desenho do ecrã de derrota

Este conjunto de mecânicas garante uma experiência equilibrada entre estratégia, tomada de decisão em tempo real e reforço educativo, respeitando a lógica dos jogos Tower Defense e acrescentando uma dimensão educativa em cibersegurança.

3.3 Inimigos (Ameaças Digitais)

No jogo Cyber Defenders, os inimigos representam diferentes tipos de ameaças digitais que os utilizadores enfrentam no quotidiano. Cada inimigo possui atributos distintos de velocidade, resistência e impacto nos Dados Sensíveis, de forma a refletir a gravidade e a natureza da ameaça que simboliza. Esta diversidade garante variedade de desafios e permite estabelecer a ligação pedagógica entre comportamentos maliciosos e as medidas de defesa adequadas.

Na Figura 15 encontram-se representados os quatro tipos de inimigos definidos no jogo. O Vírus (a) caracteriza-se por surgir em grandes quantidades e deslocar-se rapidamente, embora possua uma resistência reduzida. Apesar de causarem apenas uma pequena perda de Dados Sensíveis quando atingem o Alvo, a sua força reside na capacidade de sobrecarregar as defesas através da repetição. O Phishing Email (b), ilustrado como um envelope suspeito com expressões faciais,

apresenta uma velocidade superior, mas também fragilidade, provocando um dano moderado ao atingir o Alvo. Já o Spyware Drone (c), desenhado como um pequeno drone equipado com uma câmara, possui uma resistência média e é mais perigoso, infligindo um dano mais elevado. Por fim, o Trojan Horse (d), representado como um cavalo de madeira com aparência amigável, simbolizando a sua natureza enganadora. Distingue-se pela sua elevada resistência e pelo impacto significativo que provoca quando atinge o alvo, sendo necessário recorrer a defesas mais avançadas para o neutralizar.



Figura 15 — Representação dos diferentes tipos de inimigos: (a) Vírus, (b) Phishing Email, (c) Spyware Drone, (d) Trojan Horse.

Na Tabela 1 apresentam-se ainda os atributos principais de cada inimigo, como a vida (HP), a velocidade, o dano causado e a quantidade de CryptoCoins concedida ao ser eliminado.

Tabela 1 – Tipos de inimigos e os seus atributos

Tipo	Atributos	HP	Velocidade	Dano	CryptoCoins
Vírus	Maior quantidade e frágil	60	1.8	1	5
Pishing Email	Rápido e frágil	100	2.4	2	10
Spyware	Médio, mais resistente	180	2.0	10	15
Trojan	Lento, muito resistente	350	1.5	15	25

A caracterização apresentada na Tabela 1 demonstra como cada inimigo desempenha um papel específico dentro da jogabilidade, equilibrando velocidade, resistência e o impacto nos Data Files. Assim, o jogador é confrontado com diferentes tipos de perigos digitais, sendo incentivado a refletir sobre as estratégias de defesa mais adequadas em cada situação.

3.4 Torres (Defesas Digitais)

As torres constituem os elementos fundamentais da defesa em Cyber Defenders. Cada torre representa uma medida de cibersegurança, traduzida para uma mecânica de jogo com impacto direto na forma como o jogador enfrenta as diferentes ameaças digitais. Foram concebidas três torres principais, que garantem diversidade estratégica e uma ligação clara ao tema pedagógico do projeto.

Na Figura 16 estão representadas as três torres principais. A torre Antivírus (a) é a defesa mais básica e acessível, funcionando como primeira linha de proteção. O seu comportamento assenta no disparo rápido de projéteis de baixo dano, que permitem neutralizar eficazmente inimigos numerosos, mas pouco resistentes,

como os vírus. Apesar da sua cadência elevada, a eficácia contra inimigos de maior resistência é reduzida, o que incentiva o jogador a utilizar esta torre sobretudo em situações de sobrecarga de pequenas ameaças.

A torre Firewall (b) apresenta uma mecânica diferenciada em relação às restantes, atuando como barreira de segurança que inflige dano a todos os inimigos que a atravessam. Esta representação é coerente com a sua função real no contexto da cibersegurança, onde a firewall serve para filtrar o tráfego que entra e sai de um sistema.

Já a torre VPN Shield (c) surge principalmente como elemento de suporte e controlo, causando dano e reduzindo a velocidade de movimento dos inimigos enquanto permanecem na sua área de alcance. Esta funcionalidade traduz a noção de comunicação protegida por túnel encriptado, que torna mais difícil a progressão das ameaças. A sua utilidade torna-se evidente em níveis mais avançados, quando é necessário ganhar tempo para que outras torres possam causar dano suficiente aos inimigos.

Estas três torres representam conceitos de defesa digital fundamentais e formam a base sobre a qual será construída a experiência do jogador. A sua evolução está assegurada através de um sistema de upgrades, descrito na secção seguinte, que permite não apenas aumentar os atributos de ataque e alcance, mas também introduzir variações visuais e efeitos adicionais.

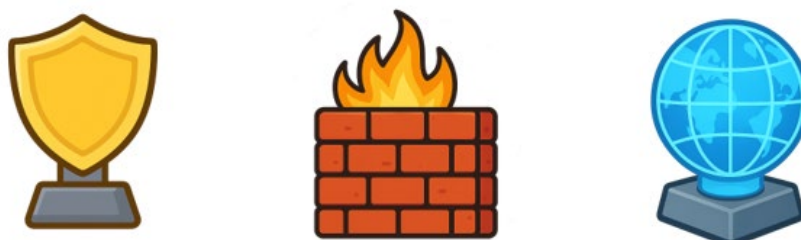


Figura 16 — Representação das torres de defesa: (a) Antivírus, (b) Firewall, (c) VPN Shield.

3.5 Upgrade de Torres

O sistema de upgrades constitui um dos elementos centrais da jogabilidade de Cyber Defenders, permitindo ao jogador evoluir as torres defensivas e adaptar a sua estratégia às características de cada onda de inimigos. Esta mecânica reflete o princípio da atualização contínua em cibersegurança, onde ferramentas de defesa devem ser melhoradas regularmente para se manterem eficazes perante novas ameaças.

Cada torre possui três níveis de evolução. A progressão envolve não apenas o aumento de atributos, como alcance, cadência de disparo e dano, mas também a introdução de novos efeitos especiais e alterações visuais nos sprites, que reforçam a percepção de progresso. A evolução exige o investimento de CryptoCoins, incentivando a gestão estratégica dos recursos obtidos durante as ondas e através das perguntas de quiz.

No caso da torre Antivírus, o nível inicial corresponde a um sistema básico com um custo de 120 CryptoCoins, capaz de eliminar vírus e outras ameaças de baixa resistência através de disparos rápidos e de baixo impacto. À medida que evolui, o jogador pode investir em upgrades para aumentar a sua eficácia: a passagem para o nível 2 requer 150 CryptoCoins, diminuindo o cooldown de disparo e aumentando o dano; já a evolução para o nível 3 exige 250 CryptoCoins, transformando a torre numa versão avançada, que aumenta ainda mais o dano e o alcance e reduz de forma significativa o tempo entre disparos. Esta evolução está detalhada na Tabela 2, que apresenta os principais atributos da torre, e é acompanhada por alterações visuais progressivas, representadas na Figura 17.

Tabela 2 - Atributos da torre Antivírus

Nível	Dano	Cooldown	Alcance
L1	15	1.0	3.0
L2	20	0.8	3.2
L3	25	0.5	3.5



Figura 17 — Evolução visual da torre Antivírus: L1, L2 e L3

A torre Firewall funciona como uma barreira inicial de tijolos em chamas, com um custo de 160 CryptoCoins, infligindo dano de contacto a todos os inimigos que atravessam a sua largura no caminho. No segundo nível, cuja evolução requer 180 CryptoCoins, a Firewall adquire uma habilidade adicional de queimadura, aplicando dano contínuo (damage over time) durante alguns segundos após a passagem do inimigo. Já no terceiro nível, disponível por 280 CryptoCoins, a barreira transforma-se numa versão digital avançada, capaz de imobilizar temporariamente os inimigos através de um efeito de congelamento (freeze), aumentando de forma significativa a sua eficácia defensiva. A progressão da torre está resumida na Tabela 3, enquanto as alterações visuais que acompanham cada nível de evolução são apresentadas na Figura 18.

Tabela 3 — Atributos da torre Firewall

Nível	Dano	Dano extra dps	Freeze
L1	10	-	-
L2	15	5 d/s por 3s	-
L3	20	10 d/s por 5s	25% durante 2s

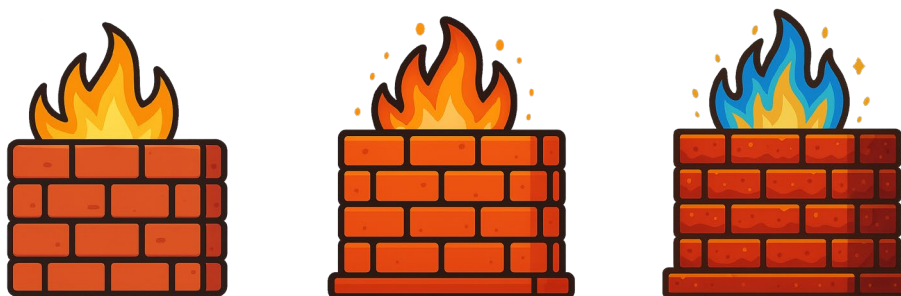


Figura 18 — Evolução visual da torre Firewall: L1, L2 e L3.

A torre VPN Shield surge como um elemento de suporte e controlo, com um custo inicial de 220 CryptoCoins. No nível inicial, cria uma pequena zona no percurso que causa dano contínuo a todos os inimigos enquanto permanecem dentro da sua área de alcance. A evolução para o nível 2, que requer 280 CryptoCoins, aumenta o dano infligido e acrescenta a capacidade de abrandar os inimigos que atravessam a zona. No nível 3, disponível por 380 CryptoCoins, a VPN Shield melhora todas as suas funcionalidades, passando a causar mais dano, aplicar um efeito de redução de velocidade mais acentuado e abranger uma área maior. Os principais atributos da torre estão apresentados na Tabela 4, enquanto a sua evolução visual é ilustrada na Figura 19.

Tabela 4 — Atributos da torre VPN Shield

Nível	Dano em área	Slow	Raio da aura
L1	5	-	2.0
L2	7	20%	2.5
L3	10	35%	3.0



Figura 19 — Evolução visual da torre VPN Shield: L1, L2 e L3.

Este sistema de evolução acrescenta profundidade à jogabilidade, motiva o jogador a investir de forma planeada os seus recursos e reforça a vertente educativa ao transmitir a ideia de que as defesas em cibersegurança necessitam de constante atualização para responder de forma eficaz às ameaças em constante mudança.

4. Implementação

O presente capítulo descreve a implementação do jogo desenvolvido, abrangendo desde a definição dos requisitos até às decisões técnicas que sustentaram a sua conceção. São apresentados os requisitos funcionais e não funcionais identificados, a modelação do sistema através de diagramas e fluxos, bem como a estruturação do projeto e as principais decisões de design técnico. Esta abordagem garante uma visão completa do processo de desenvolvimento, permitindo compreender de que forma os objetivos delineados foram traduzidos numa aplicação prática e funcional.

4.1 Âmbito e Requisitos

O jogo tem como público-alvo principal crianças e jovens com interesse em jogos digitais e que necessitam de desenvolver competências de literacia digital. A experiência foi concebida para ser acessível a utilizadores sem conhecimento prévio em cibersegurança, mantendo ao mesmo tempo um nível de envolvimento capaz de cativar jogadores mais experientes. Desta forma, procura-se equilibrar a vertente educativa com a componente lúdica, de modo a reforçar a aprendizagem sem comprometer a diversão.

4.1.1 Requisitos Funcionais

O núcleo da jogabilidade assenta num ciclo principal que combina a colocação de torres, o início das ondas de inimigos, o confronto direto com as ameaças e a integração de perguntas de escolha múltipla sobre cibersegurança. Cada ciclo culmina com uma recompensa ou penalização, permitindo ao jogador prosseguir para a onda seguinte.

O jogo disponibiliza diferentes tipos de inimigos, cada um com atributos próprios, e várias torres, dotadas de habilidades distintas, que podem ser posicionadas em locais predefinidos no mapa. As ondas de inimigos são geradas de forma progressiva, introduzindo gradualmente novas ameaças para aumentar a dificuldade.

A economia do jogo é baseada em CryptoCoins, que permitem adquirir torres, realizar upgrades ou proceder à venda. A vida do jogador é representada por “Dados Sensíveis”, cuja perda simboliza a vulnerabilidade do sistema defendido. Entre ondas, o jogador é confrontado com um quiz que reforça os conceitos de cibersegurança, funcionando como elemento educativo e de progressão.

Em termos de interface, o sistema inclui uma loja de torres, um painel de upgrades e venda, bem como um HUD que apresenta informações relevantes como saldo de CryptoCoins, número da onda em curso e opções de navegação. O jogo possui ainda um menu inicial com as opções de iniciar, configurar ou encerrar a aplicação.

Para além disso, o sistema suporta localização em português e inglês, garantindo que todos os elementos textuais, incluindo as questões do quiz, estão

disponíveis em ambas as línguas. O jogador pode ainda alternar entre velocidade normal e acelerada durante as ondas através da interface

4.1.2 Requisitos Não Funcionais

O design da interface privilegia a simplicidade e a clareza, de forma a assegurar uma experiência intuitiva e acessível. A dificuldade é introduzida de forma gradual, respeitando a curva de aprendizagem do público-alvo e incentivando a progressão.

Em termos técnicos, o jogo foi concebido para garantir desempenho fluido em computadores de gama média, assegurando estabilidade numa resolução padrão de 1920x1080. Estes requisitos visam garantir não apenas a jogabilidade, mas também a consistência da experiência em diferentes ambientes de utilização.

4.2 Modelação do Sistema

A modelação do sistema tem como objetivo traduzir os requisitos previamente definidos numa visão clara da estrutura e do comportamento do jogo Cyber Defenders. Esta fase incidiu na definição dos estados de jogo, da arquitetura de classes e dos principais fluxos de interação entre jogador e sistema, sendo complementada por diagramas que representam graficamente estes elementos.

4.2.1 Diagrama de Estados do Jogo

O funcionamento do jogo foi estruturado em diferentes estados que asseguram a organização do ciclo de vida da aplicação. O ponto de entrada corresponde ao menu principal, onde o utilizador pode iniciar uma nova partida, aceder às opções ou terminar a aplicação. A partir do menu, a execução transita para o estado Playing, no qual decorre a jogabilidade principal: o jogador posiciona torres, enfrenta as ondas de inimigos e pode, a qualquer momento, recorrer ao estado de Pause para interromper temporariamente a sessão.

No final de cada onda, o sistema muda automaticamente para o estado Quiz, onde é apresentada uma questão de cibersegurança que o jogador deve responder para poder prosseguir. Uma resposta correta resulta na atribuição de recompensas. Se o jogador perder todas as suas vidas, o estado Game Over é ativado, sendo disponibilizada a opção de recomeçar ou regressar ao menu. Quando todas as ondas são concluídas com sucesso, o jogo entra no estado Victory, onde é apresentada a mensagem de vitória e a possibilidade de reiniciar ou encerrar. Estes diferentes estados são apresentados na Figura 20.

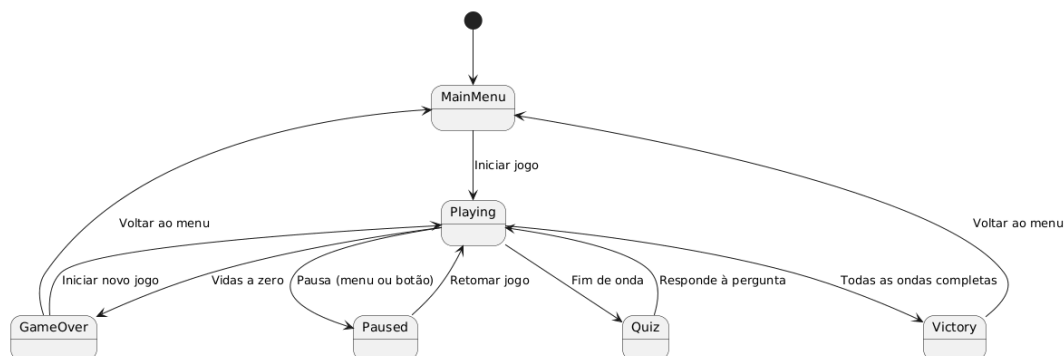


Figura 20 — Diagrama de estados do jogo

4.2.2 Modelo de Classes

O modelo de classes do jogo Cyber Defenders descreve a estrutura fundamental do sistema, identificando as principais entidades e as relações entre elas. Este diagrama permite compreender de que forma as classes interagem entre si e como os diferentes componentes do jogo — como torres, inimigos, gestor de níveis, sistema de recursos ou elementos do mapa — se articulam para dar suporte ao ciclo de jogo definido.

O diagrama apresentado na Figura 21, resume a arquitetura base do projeto, servindo como referência para a implementação e garantindo uma visão global clara e coerente da solução desenvolvida.

Este modelo assegura modularidade e clareza, permitindo expandir ou modificar funcionalidades sem comprometer a integridade global do sistema.

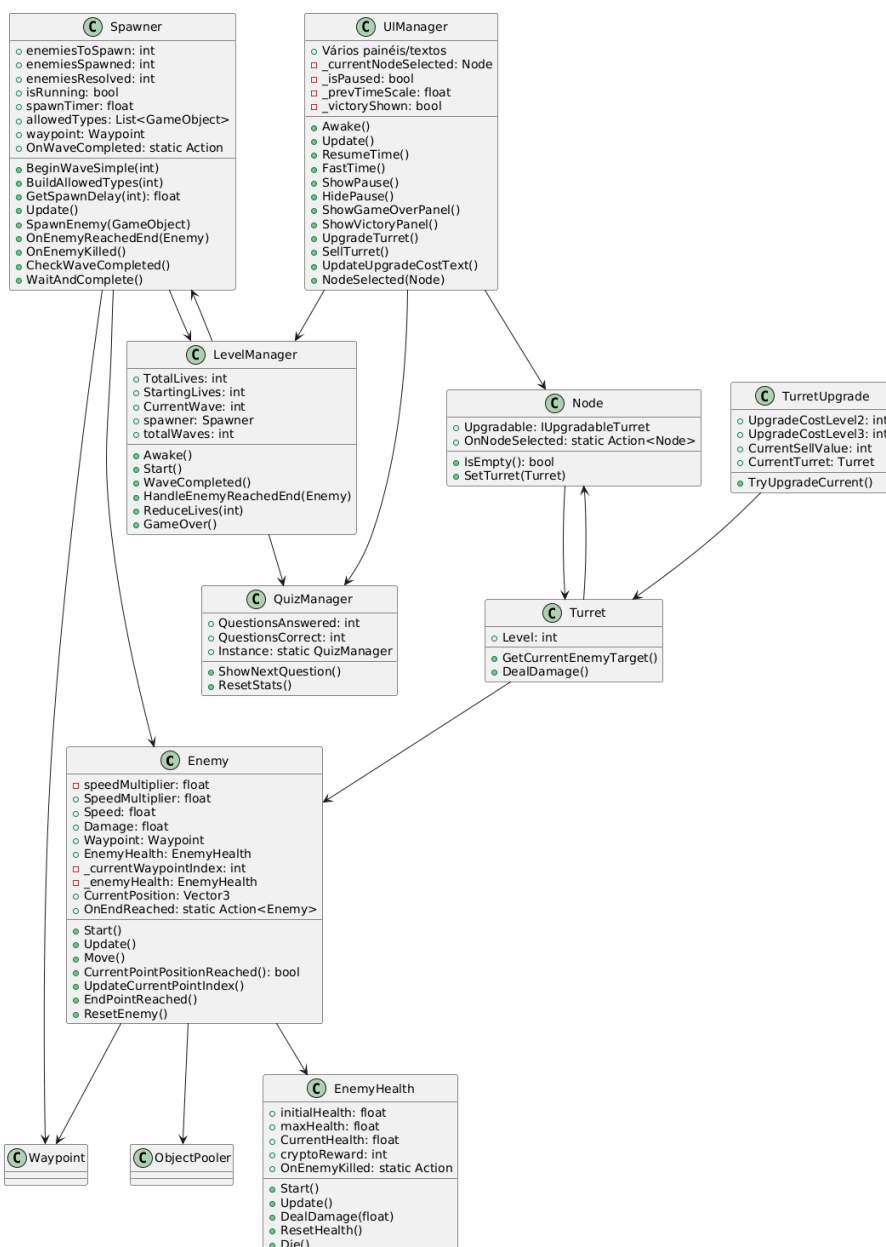


Figura 21 — Diagrama de classes

4.2.3 Fluxos de Sequência

Para além da estrutura estática representada no diagrama de classes, foi igualmente necessário descrever os fluxos de sequência que captam a dinâmica do jogo. Estes diagramas permitem compreender como os diferentes atores e componentes interagem ao longo do ciclo de jogo, complementando assim o diagrama de estados e fornecendo uma visão mais completa da lógica interna do sistema.

O primeiro fluxo, ilustrado na Figura 22, apresenta a sucessão de ações que ocorre desde o início da partida até ao término de uma onda. Este diagrama mostra de que forma o jogador interage com os sistemas principais, desde a preparação inicial, passando pela colocação de torres e enfrentando as waves de inimigos, até ao fecho da ronda.

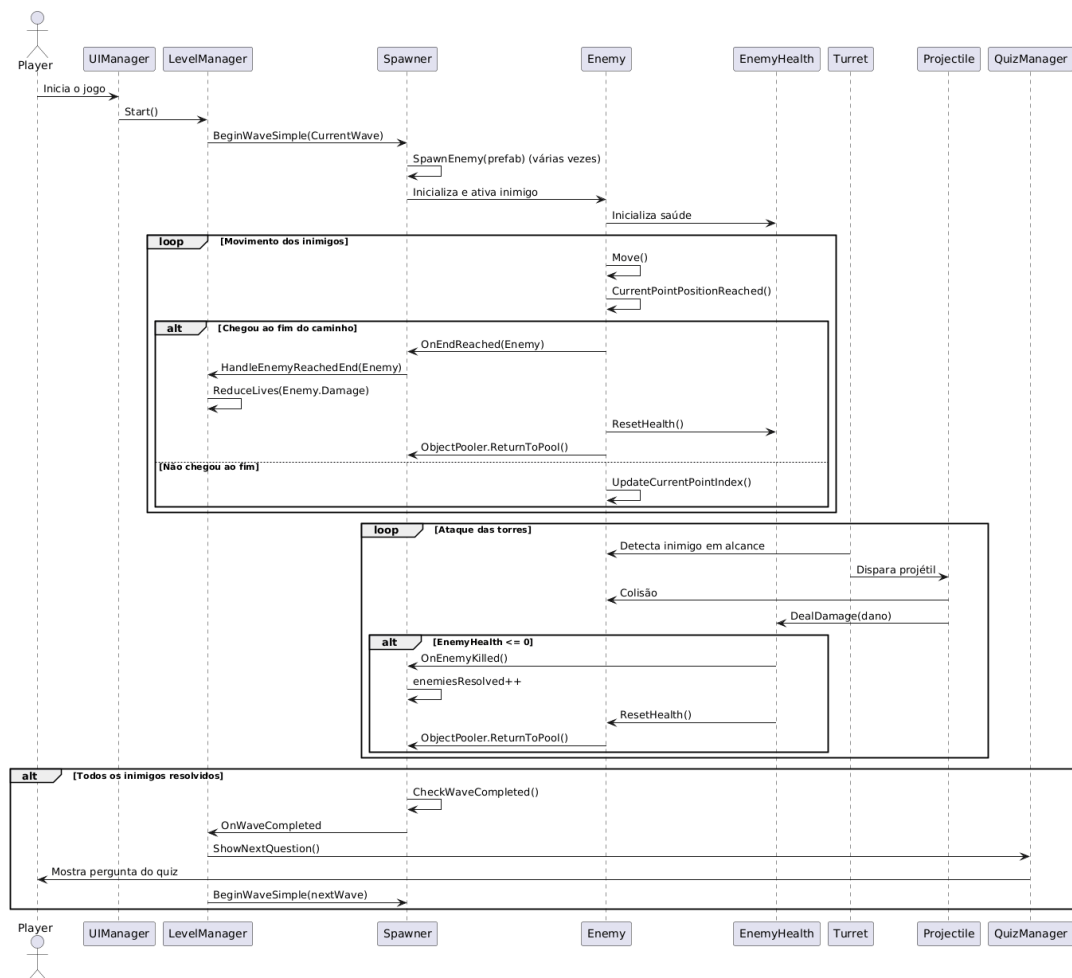


Figura 22 — Fluxo principal do jogo

O segundo fluxo, representado na Figura 23, descreve especificamente o ciclo associado às torres. Nele observa-se o processo de aquisição, posicionamento nos locais disponíveis do mapa, evolução através de upgrades e, por fim, a possibilidade de venda. Este fluxo evidencia a importância da gestão de recursos e da tomada de decisão estratégica ao longo da jogabilidade.

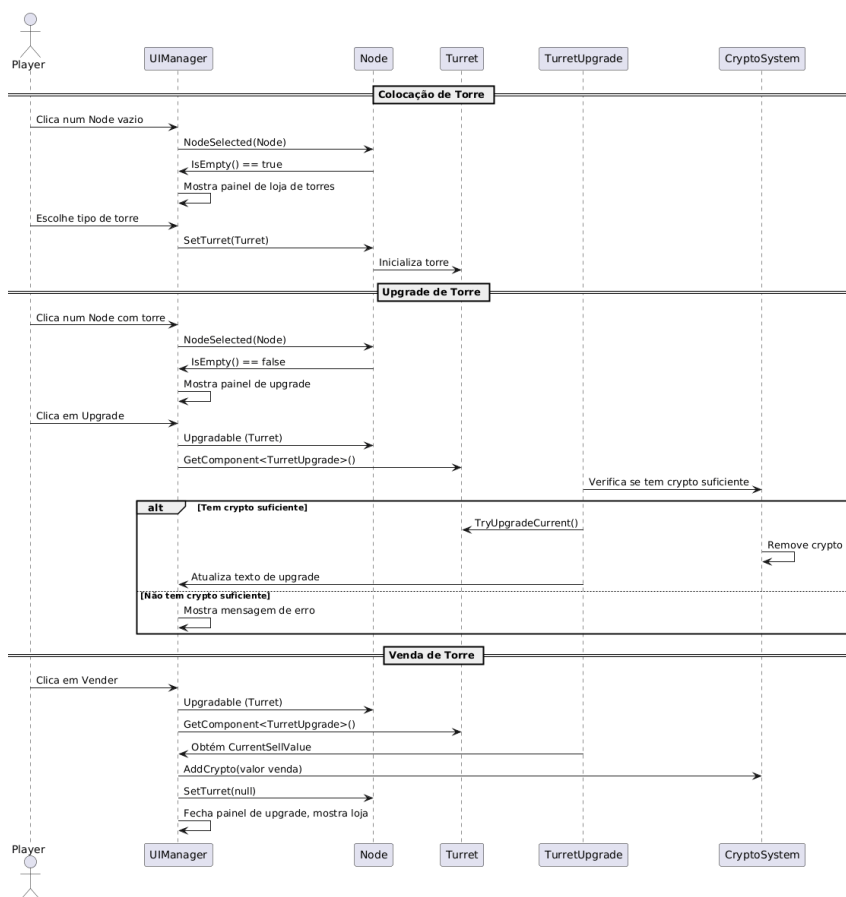


Figura 23 — Fluxo de compra, upgrade e venda das torres

O terceiro fluxo, apresentado na Figura 24, foca-se na interação do jogador com o sistema de quiz no final de cada onda. O diagrama demonstra a forma como a resposta dada influencia o jogo, garantindo recompensas em CryptoCoins. Este modelo reforça a ligação entre o desempenho educativo e a progressão na partida.

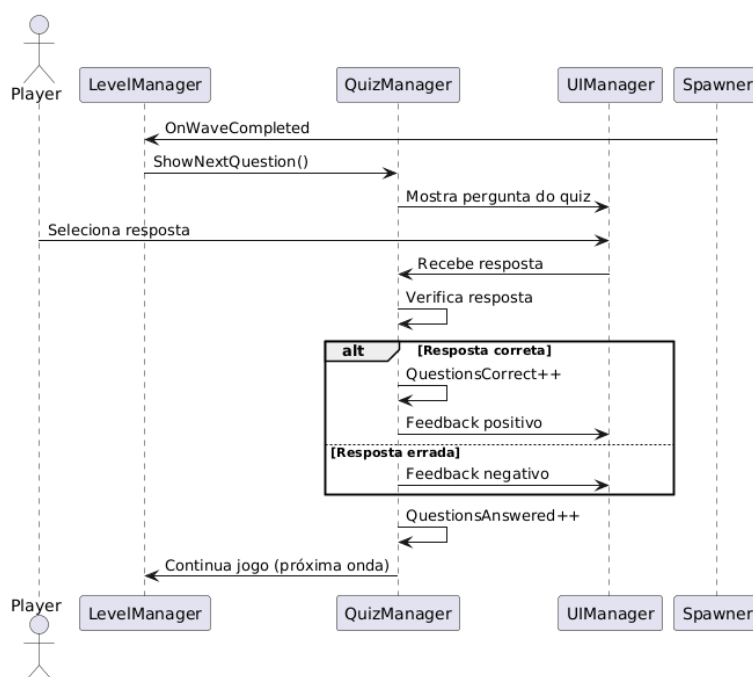


Figura 24 — Fluxo do sistema de quiz e recompensas

Por fim, o quarto fluxo, ilustrado na Figura 25, representa os desfechos possíveis da experiência. Dependendo do desempenho do jogador, o jogo pode conduzir ao ecrã de vitória, quando é possível defender todos os Data Files até ao final das waves, ou ao ecrã de derrota, quando todos os dados são comprometidos.

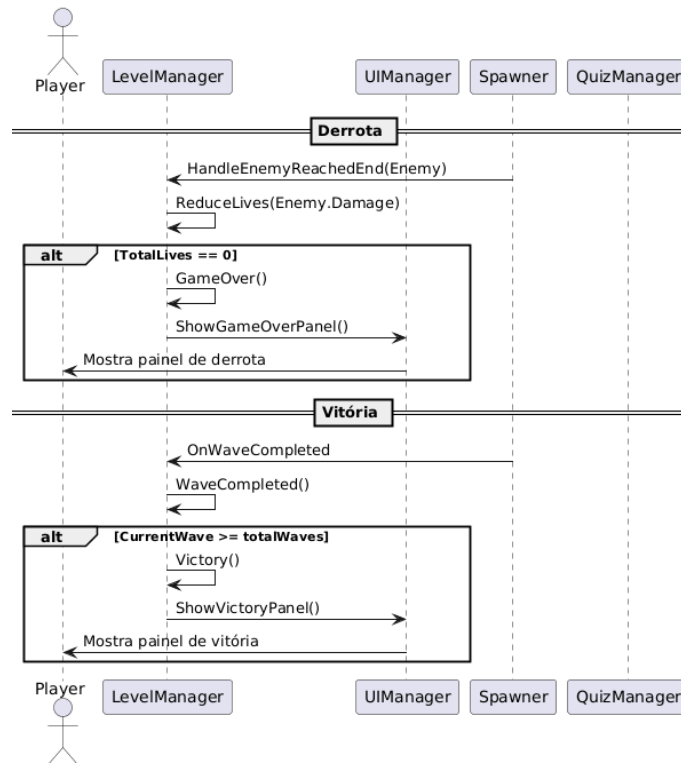


Figura 25 — Fluxo de vitória e derrota

4.3 Design Técnico

A implementação do jogo Cyber Defenders exigiu um conjunto de decisões técnicas e arquiteturas que permitiram transformar os modelos conceituais em componentes funcionais dentro do motor Unity. Estas opções foram orientadas por critérios de modularidade, clareza, reutilização de código e desempenho, assegurando a escalabilidade do projeto e a sua manutenção futura.

Uma das primeiras decisões prendeu-se com a adoção de uma arquitetura modular baseada em classes especializadas. Definiu-se uma classe base, `Turret`, responsável por encapsular os comportamentos genéricos de todas as torres, como a aquisição de alvos, a gestão do alcance, a cadência de disparo e a possibilidade de evolução. A partir desta estrutura foram criadas subclasses que representam os diferentes tipos de torres. Esta abordagem baseada em herança garante uma maior coerência funcional e reduz a duplicação de código, facilitando a manutenção e a introdução de novas funcionalidades.

Outro aspeto estruturante foi a centralização da lógica de alto nível através de gestores (managers). O `LevelManager` coordena os estados do jogo (preparação, onda em curso, pausa, quiz, vitória e derrota) e gere a progressão das “vidas” representadas como Data Files. O `QuizManager` controla todo o processo associado ao quiz, desde a seleção das perguntas de cibersegurança até à

validação das respostas e cálculo da percentagem de sucesso. Já o UIManager organiza os diferentes painéis da interface — tais como o menu inicial, o HUD, o menu de pausa e os ecrãs de fim de jogo — e gere os botões de interação. Esta separação de responsabilidades torna o sistema mais transparente e menos suscetível a erros de acoplamento entre componentes.

Para lidar com os requisitos de desempenho, foi implementado o padrão Object Pooling, aplicado à criação e destruição de projéteis e inimigos. Em vez de instanciar e remover objetos repetidamente, o sistema reaproveita instâncias existentes, minimizando o custo computacional e evitando quebras abruptas na taxa de fotogramas durante as ondas mais intensas.

No que respeita à parametrização, recorreu-se ao uso de ScriptableObjects, particularmente para definir os atributos das torres, como o custo, o alcance ou a intensidade dos efeitos especiais. Esta solução permitiu ajustar valores diretamente no editor do Unity, sem necessidade de modificar o código-fonte, o que facilitou o processo de testes, balanceamento e futura expansão do conjunto de torres disponíveis.

A gestão de conteúdos e recursos foi outra preocupação central. Optou-se por uma estrutura de projeto simples, baseada em duas cenas principais: uma dedicada ao Main Menu, responsável pela navegação inicial e pelas opções de configuração, e outra para o Game, onde decorre a jogabilidade principal. Elementos reutilizáveis como torres, inimigos, projéteis e pontos de colocação foram implementados como prefabs, assegurando consistência visual e simplificação na sua reutilização.

Em termos de internacionalização, foi integrada a componente LocalizedString do Unity, permitindo disponibilizar todos os textos da interface e das questões em português e inglês. Adicionalmente, o controlo da velocidade do jogo e da pausa foi realizado através da manipulação do parâmetro Time.timeScale, o que simplifica o código e assegura um comportamento previsível.

Por fim, outro aspeto considerado na implementação foi a integração de um sistema de áudio consistente e adaptável. Para tal, foi utilizado o Audio Mixer disponibilizado pelo Unity, que permite centralizar a gestão do som e definir parâmetros de volume globais ou específicos por canal.

Optou-se por configurar uma faixa de música ambiente contínua durante as partidas, de forma a reforçar a imersão do jogador, e diferentes efeitos sonoros contextuais, como a colocação ou upgrade de uma torre, a perda de um Data File ou o feedback imediato após a resposta ao quiz.

4.4 Estrutura do Projeto

A organização do projeto no Unity foi concebida de forma a garantir clareza, modularidade e facilidade de manutenção. Todos os elementos encontram-se dentro da pasta principal Assets, que foi subdividida em diretórios de acordo com a sua função. A Figura 26 mostra a estrutura definida, onde se distinguem as pastas para Audio, Prefabs (com inimigos, projéteis e torres), Scenes, Scriptable Objects,

Scripts (divididos por categorias como inimigos, gestores, menus, turrets e spawner) e Sprites (com recursos gráficos para inimigos, mapa, projéteis, torres e interface). Esta organização contribui para uma navegação intuitiva e para uma gestão eficiente dos recursos. As ilustrações e sprites utilizados no jogo foram desenvolvidos especificamente para este projeto, recorrendo ao gerador de imagens do ChatGPT (OpenAI, 2025).

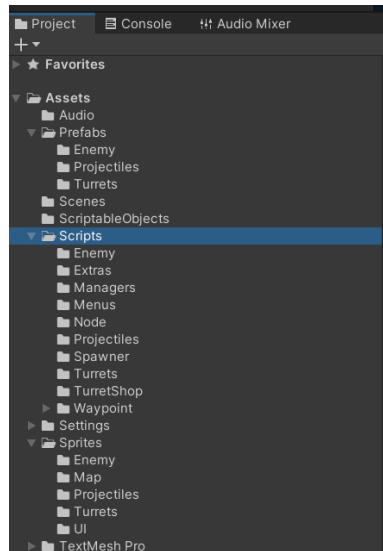


Figura 26 — Estrutura de pastas no Unity

O projeto está dividido em duas cenas principais. A cena do Main Menu é responsável pela navegação inicial e pelas opções de configuração, incluindo o controlo de áudio e os painéis de interface. A Figura 27 ilustra a hierarquia desta cena no editor do Unity, onde se observam os diferentes elementos de interface (menus e opções) bem como o componente GameAudioManager, utilizado para gerir a música de fundo e os efeitos sonoros.

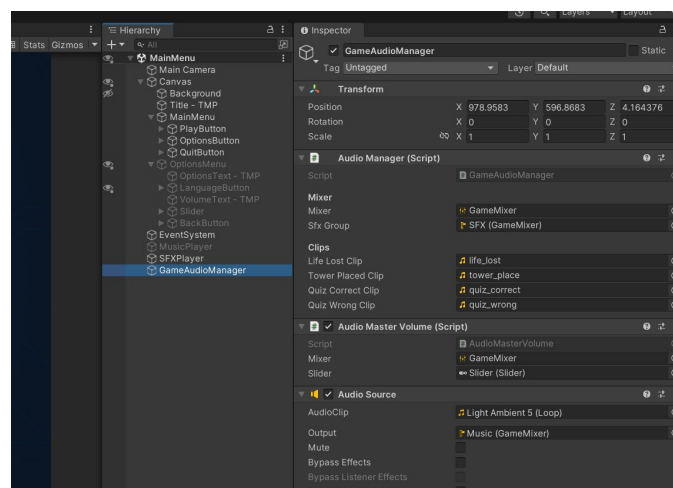


Figura 27 — Hierarquia da cena MainMenu no Unity

A segunda cena, designada Game, concentra toda a jogabilidade. Nela estão incluídos o mapa, os nodes de posicionamento de torres, os inimigos gerados pelo Spawner, os elementos de interface reunidos no Canvas e os gestores principais,

como o LevelManager, QuizManager, TurretShopManager e UIManager. A Figura 28 apresenta a hierarquia desta cena no Unity, organizada em grupos de objetos que permitem identificar rapidamente cada componente, desde a lógica de jogo até à interface e feedback visual.

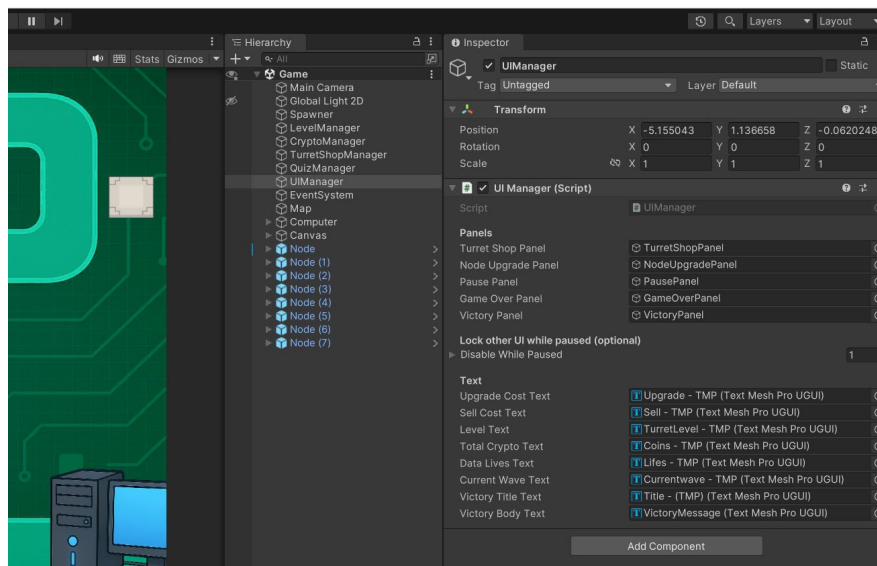


Figura 28 — Hierarquia da cena Game no Unity

4.5 Interface e Menus

O primeiro contacto do jogador com o jogo Cyber Defenders acontece através do menu inicial, conforme ilustrado na Figura 29. Este ecrã funciona como porta de entrada para a experiência e apresenta opções claras para iniciar uma nova partida, aceder às definições e encerrar a aplicação. A lógica do menu foi mantida minimalista para reduzir acoplamento e facilitar a manutenção.

A arquitetura do menu inicial assenta na classe MainMenu, responsável pelos callbacks dos botões visíveis na cena. O método Play() reativa o tempo de jogo, garantindo que não ficou pausado de sessões anteriores, e carrega a cena principal de gameplay definida nas Build Settings com o nome Game. O método Quit() termina a aplicação.



Figura 29 — Ecrã com o menu inicial

O menu de opções disponibiliza ajustes globais, como o controlo de volume e a seleção do idioma da interface, conforme mostrado na Figura 30. A classe `OptionsMenu` trata a ligação entre a interface e os sistemas centrais: subscreve eventos de UI dos sliders e botões, encaminha alterações de idioma para o gestor de localização e aplica imediatamente alterações de áudio.

O controlo de áudio recorre a um `AudioMixer` para obter uma resposta mais natural à perceção humana, convertendo valores lineares do slider para decibéis através de uma curva logarítmica e atualizando um parâmetro `MasterVol`. Esta abordagem permite isolar grupos como música e efeitos sonoros e prepara a configuração para expansões futuras. A gestão de idioma permite ao jogador alternar entre português e inglês através do método `ToggleLanguage()`. Sempre que o jogador faz esta alteração, o novo idioma é enviado para o componente central `LanguageManager`, que atualiza o estado da aplicação e garante que a escolha se mantém nas sessões seguintes.

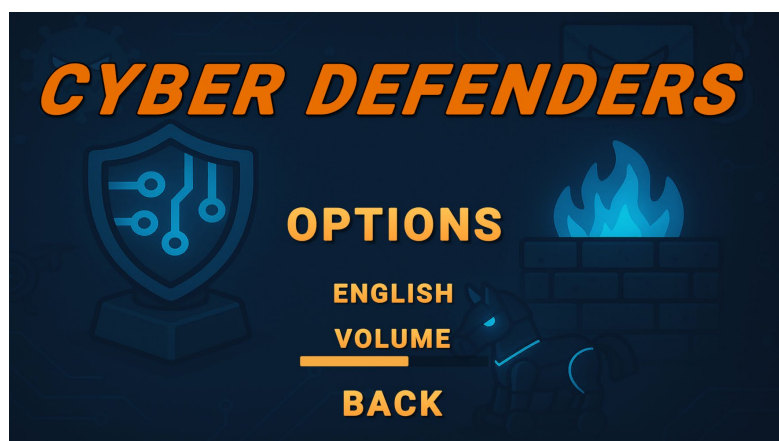


Figura 30 — Ecrã com menu de opções

Durante a partida, a informação essencial ao jogador é disponibilizada através do HUD (Heads-Up Display). Este painel exibe em permanência o número de `CryptoCoins` disponíveis, as vidas restantes (`Data Files`) e wave em curso.

Para além da informação visual dos recursos e da wave em curso, o HUD inclui ainda um conjunto de botões de controlo. Estes permitem aceder ao menu de opções durante a partida, pausar o jogo, retomar a velocidade normal ou acelerar o ritmo do jogo. Esta implementação foi realizada através da manipulação do parâmetro `Time.timeScale` do Unity, que possibilita alternar dinamicamente entre estados de pausa, velocidade normal e velocidade acelerada. A Figura 31 mostra o HUD em funcionamento, incluindo a representação gráfica das vidas (`Data Files`), do saldo de `CryptoCoins`, da wave atual e dos botões de controlo do jogo.

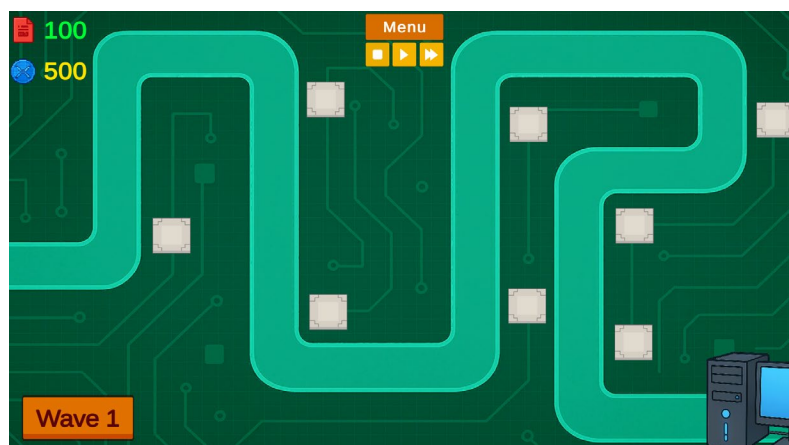


Figura 31 — Ecrã principal do jogo

Adicionalmente, foram implementados diferentes menus intermédios que refletem os estados finais do jogo. O menu de vitória é apresentado quando o jogador conclui todas as ondas com sucesso, destacando a conquista e permitindo regressar ao menu inicial. O menu de derrota, por sua vez, surge quando o jogador perde todas as vidas, indicando o fim da partida e oferecendo a possibilidade de recomeçar ou sair. Ambos os menus foram integrados no sistema de gestão da interface controlado pelo UIManager. Figura 32 mostra um exemplo de ecrã de vitória, exibido após a conclusão bem-sucedida de uma partida.

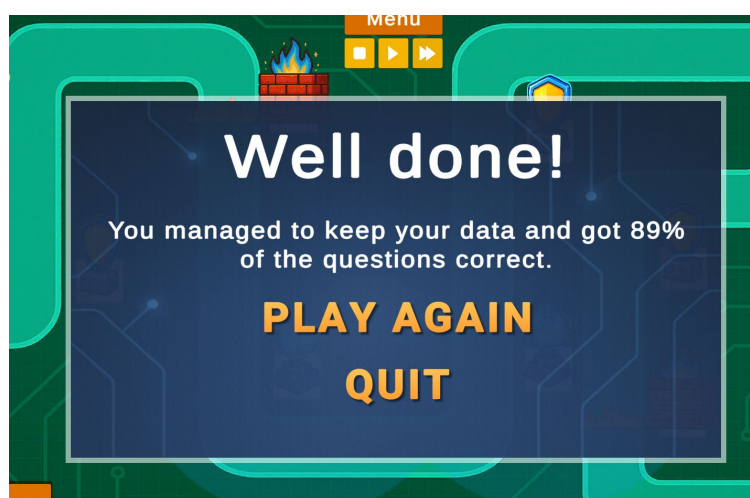


Figura 32 — Ecrã de vitória

4.6 Sistema de Torres

As torres são o núcleo defensivo do jogo Cyber Defenders, permitindo ao jogador proteger o computador contra as ondas de inimigos. A sua implementação foi concebida de forma modular, articulando a loja de torres, o painel de evolução e a lógica de ataque.

A aquisição de torres é feita através da Turret Shop, representada na Figura 33, que apresenta ao jogador as opções disponíveis para compra. Cada torre possui um custo definido em CryptoCoins e só pode ser posicionada em nodes vazios no mapa. Ao selecionar um node, a loja é aberta e o jogador pode escolher a torre desejada, que será então instanciada no local. Esta abordagem assegura que o

posicionamento é controlado e que o jogador deve gerir estrategicamente os seus recursos.

Todas as torres partilham uma lógica comum de deteção de inimigos dentro do seu alcance, implementada através de colliders circulares. Os métodos `OnTriggerEnter2D` e `OnTriggerExit2D` permitem registar quando um inimigo entra ou sai da área de ataque, adicionando ou removendo-o da lista de alvos ativos.

Apesar desta base comum, cada torre possui um comportamento distinto. A `AntivirusTurret` atua como torre ofensiva tradicional, disparando projéteis contra inimigos em alcance. Esses projéteis são instanciados através da classe `Projectile`, que controla o movimento até ao alvo e aplica dano no impacto, recorrendo ao método `TakeDamage()` da classe `Enemy`. Para otimizar desempenho, os projéteis são geridos através do `Object Pooler`.

A `FirewallTurret`, em contraste, não dispara projéteis. Em vez disso, cria uma barreira no caminho e aplica dano contínuo (burn) aos inimigos que a atravessam, comportamento assegurado pelo `OnTriggerEnter2D`.

Já a `VPNTurret` estabelece uma zona circular de influência que abranda inimigos e lhes causa dano gradual enquanto permanecem dentro da sua área. Este efeito permite ao jogador ganhar tempo para que outras torres possam atacar.

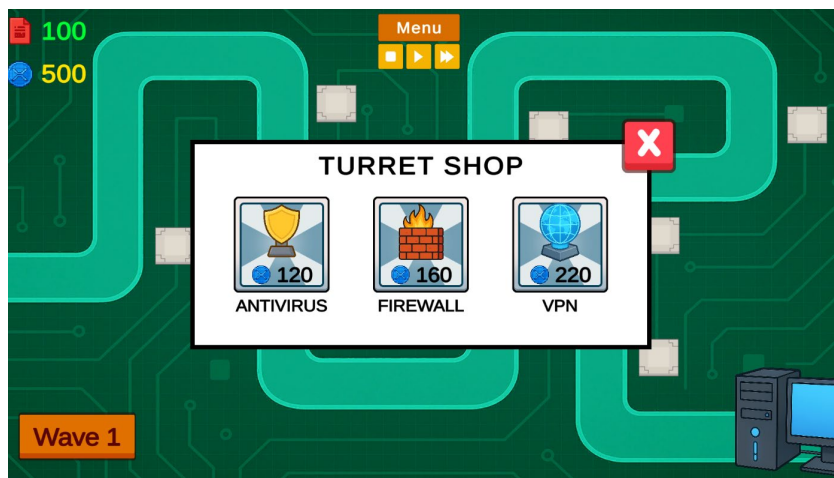


Figura 33 — Painel com a turret shop

A evolução das torres é gerida pela classe `TurretUpgrade`, que regula o custo e os incrementos de atributos. Para garantir uniformidade, todas as torres implementam a interface `IUpgradableTurret`, que define os métodos necessários para o processo de evolução.

Em conjunto, a Turret Shop e o painel de upgrade, mostrado na Figura 34, formam um ciclo essencial da jogabilidade: adquirir, posicionar, evoluir e gerir torres de forma estratégica, equilibrando recursos e necessidades defensivas ao longo das ondas de inimigos.

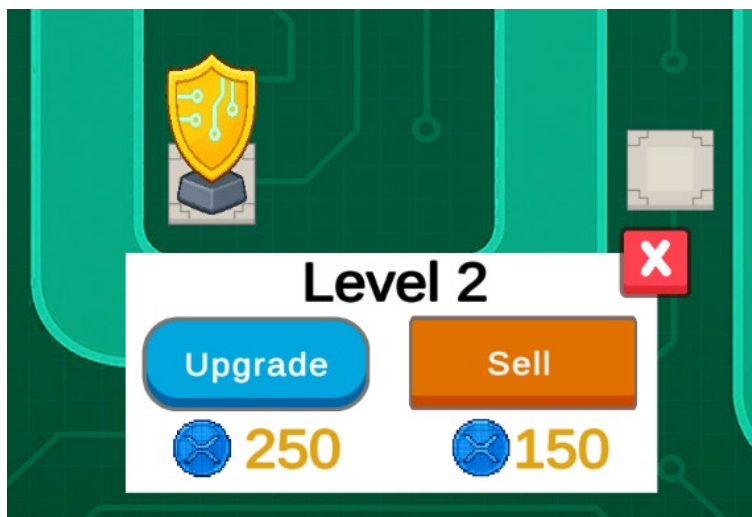


Figura 34 — Painel de upgrade de torre

4.7 Sistema de Inimigos e Spawner

Os inimigos representam o principal desafio do jogador em Cyber Defenders, surgindo em ondas sucessivas e percorrendo trajetões definidos até ao computador que deve ser protegido. Cada inimigo é instanciado a partir de prefabs específicos, com atributos como velocidade, pontos de vida, dano e valor em CryptoCoins configurados na classe Enemy. O movimento é controlado através de waypoints, que orientam o inimigo ao longo de caminhos pré-determinados no mapa, assegurando consistência e variedade nos percursos.

A criação e gestão das ondas é assegurada pela classe Spawner, que coordena o início, a cadência e a composição de cada grupo de inimigos. O método `BeginWaveSimple()` inicia uma nova onda, sendo apoiado por uma *coroutine* que define o tempo de espera entre spawns e controla o número de inimigos instanciados. Este sistema permite ajustar a dificuldade progressivamente, introduzindo novos tipos de inimigos em determinadas waves e aumentando gradualmente a quantidade e a cadência de spawn, de forma a desafiar continuamente o jogador.

Cada inimigo possui ainda o componente `EnemyHealth`, responsável por gerir os pontos de vida e a lógica de dano. Quando atingido por uma torre, o método `DealDamage()` é chamado, reduzindo a saúde da unidade. Quando esta chega a zero, o evento `OnEnemyKilled` é disparado, recompensando o jogador com CryptoCoins e retornando o inimigo ao Object Pool para reutilização. Este sistema de pooling otimiza o desempenho, evitando o custo computacional de instanciar e destruir inimigos de forma repetida.

Se um inimigo atinge o final do percurso, o evento `OnEndReached` é ativado, reduzindo o número de vidas (Data Files) do jogador e devolvendo a instância ao pool. Esta lógica assegura um ciclo de vida eficiente para os inimigos, equilibrando os recursos do sistema e mantendo um fluxo de desafio constante ao longo das ondas.

A Figura 35 apresenta um momento de jogo em que vários inimigos percorrem o caminho até ao destino, ilustrando a interação com as torres e o impacto das decisões estratégicas do jogador.



Figura 35 — Ecrã com wave de inimigos em curso

4.8 Economia e Recursos

A economia do jogo Cyber Defenders assenta em dois recursos principais: as CryptoCoins, que funcionam como moeda virtual, e os Data Files, que representam as vidas do jogador. O sistema foi concebido para incentivar a tomada de decisões estratégicas, equilibrando gastos e ganhos ao longo da partida e reforçando a ligação entre o progresso do jogador e o tema da cibersegurança.

As CryptoCoins são geridas pela classe CryptoSystem, que centraliza todas as operações relacionadas com este recurso. O valor inicial é configurável diretamente no Inspector do Unity, permitindo ajustar a dificuldade da partida. O jogador pode ganhar moedas ao eliminar inimigos, responder corretamente a perguntas do quiz ou vender torres, enquanto os gastos estão associados à compra de novas torres e à realização de upgrades. A classe disponibiliza métodos como AddCrypto() e RemoveCrypto(), responsáveis por atualizar o saldo em tempo real e refletir a alteração no HUD.

Os Data Files representam as vidas do jogador e são controlados pelo LevelManager, que supervisiona também o progresso da partida, incluindo a onda atual. Sempre que um inimigo chega ao destino final, é invocado o método ReduceLives(), diminuindo o número de *Data Files* restantes. Para além desta penalização numérica, foi também implementado um mecanismo de feedback visual: o computador pessoal representado no jogo pisca a vermelho durante breves instantes, observável na Figura 35, simulando a ocorrência de um ataque e reforçando de forma imediata a perceção de dano por parte do jogador. Se este valor chegar a zero, o método GameOver() é acionado, terminando a sessão e apresentando o painel de derrota, mostrado na Figura 36, através do UIManager.

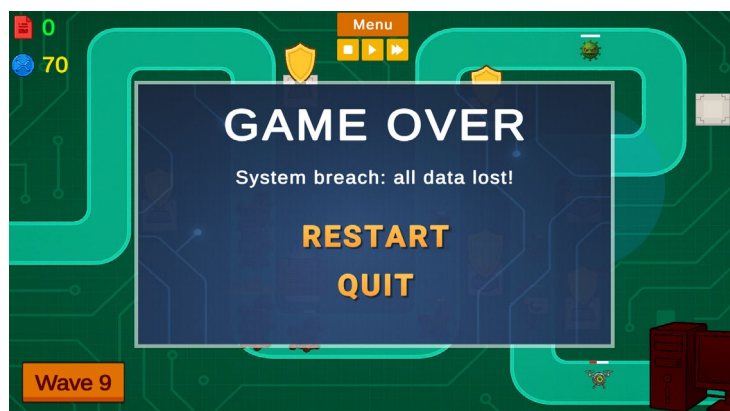


Figura 36 — Ecrã com o menu de derrota

Visualmente, estes recursos são apresentados no HUD. As CryptoCoins surgem acompanhadas de um ícone azul, enquanto os Data Files são representados por ícones vermelhos de ficheiro, reforçando a metáfora de proteção de informação digital. O painel indica ainda o número da onda em curso, permitindo ao jogador ter uma perceção clara dos seus recursos e do estado de progressão no jogo.

Este sistema económico introduz uma dimensão de gestão de recursos, obrigando o jogador a ponderar cuidadosamente as suas escolhas entre investir em novas torres ou evoluir as já existentes. Em simultâneo, reforça a dimensão pedagógica do jogo, ao associar a perda de vidas à ideia de perda de dados sensíveis, um dos principais riscos em contextos de cibersegurança.

4.9 Quiz

O QuizManager é o componente responsável pela gestão das perguntas de cibersegurança que surgem entre as waves do jogo, como o exemplo representado na Figura 37. Todas as questões estão pré-definidas na classe, através da lista `questions`, composta por objetos do tipo `QuizEntry`. Cada entrada contém a versão da pergunta em inglês e português, três opções de resposta em ambas as línguas, o índice da opção correta e ainda uma explicação que é apresentada após a escolha do jogador. Para garantir variedade, o gestor pode embaralhar a ordem das perguntas no início (`Shuffle()`), assim como reorganizar as opções de resposta em cada nova questão (`PopulateQuizUI()`), atualizando internamente o índice da resposta correta (`correctButtonIndex`). A seleção do jogador é validada pelo método `OnOptionSelected(int chosenIndex)`, que compara a opção escolhida com a correta e fornece feedback imediato: em caso de sucesso, o jogador recebe uma recompensa fixa de 100 CryptoCoins e ouve o som de acerto; em caso de erro, é reproduzido o som de falha e apresentada a explicação correspondente na língua ativa. A gestão da linguagem é feita pela classe interna `LanguageManager`, que permite alternar entre português e inglês, guardando a escolha em `PlayerPrefs`.

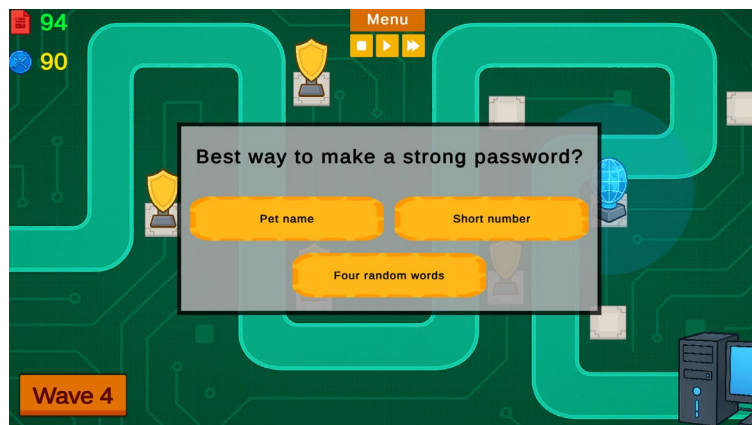


Figura 37 — Uma pergunta do quiz no final de uma wave

O resultado da questão é mostrado através de `ShowResult()`, que apresenta um painel com a mensagem de acerto ou erro, a cor associada e a explicação da resposta, representado na Figura 38. Por fim, ao clicar em “continue” (`ContinueAfterResult()`), o painel é fechado e o jogo retoma a sua execução, garantindo a integração do quiz no ciclo de progressão das waves.



Figura 38 — Painel de feedback com resposta correta

Para garantir foco na resolução das perguntas, o jogo é pausado ao abrir o quiz (`Time.timeScale = 0f`) e retoma ao fechar (`Time.timeScale = 1f`). O `QuizManager` expõe ainda o evento `OnQuizClosed`, permitindo sincronizar o fluxo com outros sistemas (por exemplo, continuação das ondas). Estatísticas simples de desempenho são mantidas em `QuestionsAnswered` e `QuestionsCorrect`.

4.10 Testes e Validação

Durante o desenvolvimento do *Cyber Defenders* foram feitos vários testes práticos para garantir que as mecânicas funcionavam como esperado e que o jogo corria de forma estável. Estes testes foram feitos em sessões de playtesting no Unity, jogando repetidamente para identificar erros e perceber se a interface estava clara para o utilizador.

Nos testes funcionais foram verificados pontos essenciais como a compra e colocação de torres, o funcionamento dos upgrades e da venda, a progressão das waves e o sistema de recompensas e penalizações do quiz. Confirmou-se também a atualização em tempo real dos recursos (`CryptoCoins` e `Data Files`), a indicação da wave atual e o funcionamento dos botões de pausa e aceleração.

No desempenho testou-se o impacto de inimigos em simultâneo. A utilização do object pooling revelou-se eficaz, evitando quebras de desempenho mesmo em waves avançadas.

Na usabilidade, avaliou-se a clareza do HUD e dos botões, bem como a apresentação do quiz. O feedback recolhido indicou que os ícones e botões eram intuitivos e que o quiz era claro. Com base nisso, ajustaram-se alguns textos e simplificaram-se mensagens de feedback.

Foram também detetados problemas concretos. Um erro inicial fazia com que todos os inimigos causassem apenas 1 de dano; a correção foi feita ajustando o atributo damage em cada prefab. Outro problema surgiu no quiz, que continuava a lançar perguntas depois da wave 20, mesmo já estando no ecrã de vitória. Foi corrigido adicionando uma validação para impedir novas perguntas após o fim do jogo.

5. Conclusão e Trabalho Futuro

A realização do projeto Cyber Defenders permitiu desenvolver um protótipo de jogo educativo em Unity, concebido com o objetivo de sensibilizar crianças e jovens para boas práticas de cibersegurança através de uma experiência lúdica baseada no género tower defense. Ao longo do trabalho foram definidos os requisitos do sistema, analisado o estado da arte, elaborada a modelação conceptual e técnica, estruturado o projeto em Unity e implementadas as funcionalidades essenciais. Entre estas destacam-se a interface e os menus, o sistema de torres com mecanismos de compra, posicionamento e evolução, a criação e progressão de inimigos através do Spawner, a gestão económica assente em CryptoCoins e Data Files, a integração do quiz de cibersegurança no ciclo de jogo e, por fim, a utilização de feedback visual e sonoro para reforçar a experiência do jogador.

A fase de testes revelou-se fundamental para assegurar a consistência e a estabilidade do protótipo. Cada um dos erros encontrados foi resolvido, resultando num sistema mais robusto e coerente.

De forma global, o projeto cumpriu os objetivos propostos, apresentando um produto funcional que alia entretenimento e aprendizagem de conceitos de segurança digital. A transformação de ameaças virtuais em inimigos e de boas práticas em mecanismos de defesa demonstra ser uma abordagem eficaz para transmitir conteúdos de forma acessível, motivadora e interativa.

Embora os resultados sejam positivos, o trabalho realizado constitui apenas um ponto de partida para futuras evoluções. Entre as melhorias planeadas encontra-se a expansão do sistema de quizzes através do carregamento de perguntas a partir de ficheiros externos em formato JSON ou CSV, o que permitirá aumentar a diversidade de conteúdos sem necessidade de recorrer a alterações no código. Está igualmente prevista a criação de novos mapas e percursos alternativos, de forma a proporcionar experiências de jogo mais variadas e estratégias de defesa mais complexas. A introdução de novos tipos de torres e inimigos, com atributos e comportamentos distintos, contribuirá para reforçar a profundidade estratégica do jogo. Também se perspetiva a implementação de um sistema de leaderboard, local, que potencie a competitividade entre jogadores e incentive a rejogabilidade. Por último, a integração de mecanismos básicos de telemetria e a melhoria contínua da interface, dos recursos visuais e sonoros e das opções de personalização permitem a opção de consolidar o jogo como uma ferramenta pedagógica eficaz e atrativa no domínio da educação para a cibersegurança.

Referências

[1] European Union Agency for Cybersecurity (ENISA), “Cybersecurity Skills Development in the EU,” 2023. Disponível em: <https://www.enisa.europa.eu/publications/cybersecurity-skills-development-in-the-eu>. Acedido em: 12-set-2025.

[2] C. Papoutsis, D. A. S. C., et al., “Serious Games for Emotional Intelligence’s Skills Development for Inner Balance and Quality of Life – A Literature Review,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 16, no. 9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su16093765>. Acedido em: 12-set-2025.

[3] J. Kim, J. Gilbert, Q. Yu, and C. Gale, “Measures Matter: A Meta-Analysis of the Effects of Educational Apps on Preschool to Grade 3 Children’s Literacy and Math Skills,” *AERA Open*, vol. 7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/23328584211004183>. Acedido em: 12-set-2025.

[4] J. P. Gee, *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy*, 2nd ed. New York: Palgrave Macmillan, 2007.

[5] R. Sutoyo, R. Atmaja, and A. Wibowo, “Dynamic Difficulty Adjustment in Tower Defence,” *Procedia Computer Science*, vol. 59, pp. 435–442, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.557>. Acedido em: 13-set-2025.

[6] P. Avery, J. Togelius, and R. P. van Leeuwen, “Computational Intelligence and Tower Defence Games,” in *Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games (CIG)*, 2011, pp. 108–115. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CIG.2011.6032004>. Acedido em: 13-set-2025.

[7] “Tower Defense Clash,” *Crazy Games*, 2025. Disponível em: <https://www.crazygames.com/game/tower-defense-clash>. Acedido em: 13-set-2025.

[8] Ninja Kiwi, “Bloons TD 6,” *Ninja Kiwi Official Website*, 2025. Disponível em: <https://ninjakiwi.com/Games/Mobile/Bloons-TD-6.html>. Acedido em: 13-set-2025.

[9] A. Hernández-Sabaté, M. Joanpere, N. Gorgorió, and L. Albarracín, “Mathematics learning opportunities when playing a Tower Defense Game,” *International Journal of Serious Games*, vol. 2, no. 4, pp. 57–71, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i4.82>. Acedido em: 11-set-2025.

[10] X. Sun, T. Li, K. Miao, M. Zhang, and X. Ren, “InfecBlock: Investigating the Effects of a Tower-Defense Serious Game for Increasing Epidemic-Related Health Literacy,” *International Journal of Human–Computer Interaction*, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2375694>. Acedido em: 11-set-2025.

[11] B. Kurshan, “The Intersection of Learning and Fun: Gamification in Education,” *Forbes*, 11-fev-2016. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/barbarakurshan/2016/02/11/the-intersection-of-learning-and-fun-gamification-in-education/>. Acedido em: 11-set-2025.

[12] T. Wu, K.-Y. Tien, W.-C. Hsu, and F.-H. Wen, “Assessing the Effects of Gamification on Enhancing Information Security Awareness Knowledge,” *Applied Sciences*, vol. 11, no. 19, p. 9266, Oct. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app11199266>. Acedido em: 11-set-2025.

[13] E. Ebrahimi, M. Pare, G. Stoker, and S. White, “Cybersecurity Early Education: A Review of Current Cybersecurity Education for Young Children,” in *Proc. 17th Int. Conf. on Computer Supported Education (CSEDU 2025) – Vol. 1: ERSeGEL*, SciTePress, 2025, pp. 822–833. Disponível em: <https://doi.org/10.5220/0013501000003932>. Acedido em: 11-set-2025.

[14] Duolingo, “Duolingo: Language Lessons,” 2025. Disponível em: <https://www.duolingo.com/>. Acedido em: 13-set-2025.

[15] Kahoot!, “Kahoot! Learning Platform,” 2025. Disponível em: <https://kahoot.com/>. Acedido em: 13-set-2025.

[16] F. Quayyum, J. Bueie, D. S. Cruzes, L. Jaccheri, and J. C. T. Vidal, “Understanding parents’ perceptions of children’s cybersecurity awareness in Norway,” *arXiv preprint arXiv:2108.02512*, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2108.02512>. Acedido em: 11-set-2025.

[17] Google, “Be Internet Awesome – Interland.” Google, 2025. Disponível em: <https://beinternetawesome.withgoogle.com/>. Acedido em: 13-set-2025.

[18] C. Silva, A. Serra, D. Folgado, H. Santos, Â. Oliveira, and A. Lopes, “It’s a Fraud: Learning about Cybersecurity,” in *Proc. 2022 17th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Madrid, Spain, 2022, pp. 884–889. DOI: 10.23919/CISTI54924.2022.9820450. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9820450>. Acedido em: 11-set-2025.

[19] Alkakrab, “25 Fantasy RPG Game Tracks Music Pack,” *Unity Asset Store*, 2023. [Online]. Disponível em: <https://assetstore.unity.com/packages/audio/music/25-fantasy-rpg-game-tracks-music-pack-240154>. Acedido em: 11-set-2025.

[20] Dustyroom, “Free Casual Game SFX Pack,” *Unity Asset Store*, 2016. [Online]. Disponível em: <https://assetstore.unity.com/packages/audio/sound-fx/free-casual-game-sfx-pack-54116>. Acedido em: 11-set-2025.