



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de**  
**Computadores**

# **Gamificação de cenários educativos para o 3º ciclo de ensino**

**HELENA ISABEL CORREIA AGUIAR**

Licenciada em Engenharia Informática e Multimédia

Trabalho Final para obtenção do Grau de Mestre  
em Engenharia Informática e Multimédia

Orientadores: Professor Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus  
Professor Doutor Nuno Alexandre Soares Domingues

Júri:

Presidente: Professor Doutor Pedro Viçoso Fazenda

Vogais: Professor Doutor Rui Nóbrega

Professor Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus

**Outubro, 2023**





**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de**  
**Computadores**

# **Gamificação de cenários educativos para o 3º ciclo de ensino**

**HELENA ISABEL CORREIA AGUIAR**

Licenciada em Engenharia Informática e Multimédia

Trabalho Final para obtenção do Grau de Mestre  
em Engenharia Informática e Multimédia

Orientadores: Professor Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus  
Professor Doutor Nuno Alexandre Soares Domingues

Júri:

Presidente: Professor Doutor Pedro Viçoso Fazenda

Vogais: Professor Doutor Rui Nóbrega

Professor Doutor Rui Manuel Feliciano de Jesus

**Outubro, 2023**



# Resumo

As alterações climáticas são cada vez maiores, assim como o crescimento dos centros urbanos, aumentando cada vez mais os impactos na saúde humana. A União Europeia (UE) financiou o projeto Partnerships for Science Education (PAFSE), uma iniciativa de educação científica que aborda especificamente os desafios da saúde pública. Envolve uma parceria com várias universidades de diferentes países e visa criar consciência entre os jovens em idade escolar sobre os efeitos da mudança ambiental na saúde da população.

No âmbito desse projeto, foram propostos três cenários, cada um com foco num tema diferente. O objetivo é educar os jovens sobre os fatores ambientais que influenciam a saúde. O primeiro cenário explora gotículas respiratórias e o processo físico de transmissão de vírus pelo ar. O segundo cenário, que este trabalho aborda, gira em torno das fontes de energia e seus impactos na saúde pública. Por fim, o terceiro cenário investiga o tema da poluição sonora.

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um jogo e de uma aplicação, como parte do segundo e terceiro cenário. O objetivo do jogo é aumentar a consciencialização sobre os impactos ambientais associados a diferentes fontes de energia, como as emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Para envolver os jogadores de forma eficaz, são aplicados componentes de gamificação. Especificamente, escolhemos elementos que se alinham com os objetivos educacionais, tornando o jogo divertido e educativo. O objetivo da aplicação é sensibilizar os utilizadores por meio do som, os efeitos que a exposição constante desse som pode causar na saúde. Para envolver os utilizadores, optamos por componentes mais simples na visualização dos dados sonoros. Ambas as aplicações foram avaliadas com utilizadores relativamente à experiência de utilização incluindo a usabilidade.

**Palavras-chave:** Jogos sérios, Fontes de energia, Efeitos ambientais, Gamificação, Poluição sonora, Níveis de Ruído.



# Abstract

Climate change is increasing, along with the growth of urban centers, escalating the impacts on human health. The European Union (EU) funded the Partnerships for Science Education (PAFSE) project, a scientific education initiative that specifically addresses public health challenges. It involves a partnership with various universities from different countries and aims to create awareness among young school-age individuals about the effects of environmental change on public health.

Within this project, three scenarios were proposed, each focusing on a different theme. The goal is to educate young people about the environmental factors influencing health. The first scenario explores respiratory droplets and the physical process of virus transmission through the air. The second scenario, addressed in this work, revolves around energy sources and their impacts on public health. Finally, the third scenario investigates the topic of noise pollution.

This work aims to develop a game and an application, as part of the second and third scenarios. The game's objective is to increase awareness of the environmental impacts associated with different energy sources, such as carbon dioxide emissions into the atmosphere. To effectively engage players, gamification components are applied. Specifically, we selected elements aligned with educational objectives, making the game both fun and educational. The application's goal is to raise awareness among users through sound regarding the effects that constant exposure to such sound can have on health. To engage users, we opted for simpler components in the visualization of sound data. Both applications were evaluated with users regarding the user experience, including usability.

**Keywords:** Serious games, Energy sources, Environmental effects, Gamification, Noise pollution, Noise levels.



# Agradecimentos

O início deste percurso académico no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), que começou em 2015, com um intervalo de um ano entre o término da licenciatura e a regresso ao Mestrado para a conclusão deste trabalho, foi marcado pelas amizades estabelecidas ao longo do mesmo. A oportunidade de aprender e desenvolver valiosas competências, tanto profissionais, pessoais e educacionais, durante este período, junto com colegas e todos os professores que encontrei ao longo deste percurso.

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão pelo apoio da minha família mais próxima e dos amigos que sempre se mostraram presentes neste percurso. Também quero agradecer aos meus colegas de trabalho que demonstraram paciência, compreensão e apoio, tornando possível conciliar estas duas atividades.

Por último, gostaria de agradecer às pessoas envolvidas nesta dissertação, incluindo as escolas piloto e os professores envolvidos no projeto PAFSE. Um agradecimento especial ao Professor Doutor Rui Jesus e ao Professor Doutor Nuno Domingues pela sua orientação, atenção, disponibilidade, dedicação, sugestões e críticas ao longo do desenvolvimento deste trabalho.



# Índice

<b>Lista de Figuras</b>	<b>xiii</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xvii</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Contribuições	2
1.4 Enquadramento Técnico	3
1.5 Estrutura do Documento	5
<b>2. Trabalho Relacionado</b>	<b>7</b>
2.1 Gamificação na educação	7
2.2 Jogos sérios	10
2.3 Aplicações e jogos relacionados com o cenário 2	12
2.4 Aplicações e jogos relacionados com o cenário 3	17
<b>3. Modelo Proposto</b>	<b>23</b>
3.1 Cenário 2 – Jogo educativo das energias	23
3.1.1. Requisitos	23
3.1.2. Descrição do jogo educativo	28
3.1.3. Análise das tarefas	29
3.1.4. Design do jogo	35
3.1.5. Arquitetura da solução	39
3.2 Cenário 3 – Aplicação que realiza a captura e análise dos sons	41
3.2.1. Requisitos	41
3.2.2. Descrição da aplicação	44
3.2.3. Análise das tarefas	44
3.2.4. Design da aplicação	48
3.2.5. Arquitetura da solução	49
3.3 Escolha da plataforma de desenvolvimento	50
<b>4. Implementação do Modelo</b>	<b>55</b>
4.1 Jogo Primary Energy	55
4.1.1. Modelo de dados	55
4.1.2. Organização Estrutural	58
4.1.3. Autenticação	59
4.1.4. Motor do jogo	61
4.1.5. Loja	68
4.1.6. Recompensas e Classificação	71
4.1.7. Repetição das Missões	73

<b>4.2</b>	<b>Aplicação Healthy Sound</b>	<b>75</b>
4.2.1.	Organização Estrutural	75
4.2.2.	Realização da análise dos ficheiros de som	76
4.2.3.	Apresentação dos gráficos	79
<b>5.</b>	<b>Avaliação</b>	<b>87</b>
<b>5.1</b>	<b>Jogo Primary Energy</b>	<b>87</b>
5.1.1.	Metodologia	87
5.1.2.	Questionário	88
5.1.3.	Participantes	89
5.1.4.	Resultados	89
<b>5.2</b>	<b>Aplicação Healthy Sound</b>	<b>96</b>
5.2.1.	Metodologia	96
5.2.2.	Questionário	97
5.2.3.	Participantes	97
5.2.4.	Resultados	98
<b>6.</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>	<b>103</b>
	<b>Referência</b>	<b>105</b>
<b>A.</b>	<b>Wireframes do Jogo Primary Energy</b>	<b>i</b>
<b>B.</b>	<b>Mockups dos ecrãs do Jogo Primary Energy</b>	<b>iii</b>
<b>C.</b>	<b>Questionário do Jogo Primary Energy</b>	<b>v</b>
<b>D.</b>	<b>Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy</b>	<b>xxv</b>
<b>E.</b>	<b>Questionário da Aplicação Healthy Sound</b>	<b>xxxv</b>
<b>F.</b>	<b>Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound</b>	<b>lviii</b>
<b>G.</b>	<b>Email de solicitação do preenchimento do questionário</b>	<b>lxx</b>
<b>H.</b>	<b>Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy</b>	<b>lxxiv</b>
<b>I.</b>	<b>Organização Geral do Jogo Primary Energy</b>	<b>lxxxiv</b>
<b>J.</b>	<b>Diagrama UML do Jogo Primary Energy</b>	<b>lxxxvi</b>

# Lista de Figuras

Figura 2.1 - Exemplos de elementos de gamificação na aplicação Duolingo	9
Figura 2.2 – Capa do Jogo de tabuleiro Pandemic	11
Figura 2.3 - Capa do Jogo 'Energy Czar'	12
Figura 2.4 - Capa do Jogo 'SimEarth: The Living Planet'	12
Figura 2.5 - Motor do simulador 'Energy Transition Model' no modo criar uma cidade sustentável	14
Figura 2.6 - Motor do jogo 'Fate of the World'	15
Figura 2.7 - Motor do jogo 'EnerCities'	16
Figura 2.8 - Ícone que representa a aplicação 'Decibel X'	18
Figura 2.9 - Apresentação dos ecrãs da aplicação 'Noise Capture'	19
Figura 2.10 – Apresentação de um dos ecrãs da aplicação 'SmarterNoise'	20
Figura 3.1 – Digrama dos casos de utilizador que envolve o ator Jogador para o cenário 2	27
Figura 3.2 - Digrama dos casos de utilizador que envolve o ator Sistema para o cenário 2	28
Figura 3.3 – Representação da versão zero da funcionalidade para seleccionar a quantidade de cartões	33
Figura 3.4 – Representação da versão zero dos cartões de energia distribuídos na área do jogo	34
Figura 3.5 – Alunos a experimentar a primeira versão do jogo Energy Primary	35
Figura 3.6 – Esboço para o ecrã onde ocorre o motor do jogo	36
Figura 3.7 - Esboço do ecrã das recompensas ou penalizações quando o jogo termina	37
Figura 3.8 – Wireframe para o ecrã onde se situa o motor do jogo	37
Figura 3.9 – Wireframes das recompensas ou penalizações quando o jogo termina	38
Figura 3.10 – Representação das componentes gráficas utilizadas no jogo	38
Figura 3.11 – Representação do ecrã do motor do jogo com o design aplicado	39
Figura 3.12 – Arquitetura da solução utilizando o executável do jogo via computador	40
Figura 3.13 - Arquitetura da solução utilizando o browser para executar o jogo	41
Figura 3.14 - Digrama dos casos de utilizador que envolve o cenário 3 com a integração dos atores	43
Figura 3.15 - Representação gráfica da FFT para duas bibliotecas. Gráfica A resultado da biblioteca plugin FftSharp. Gráfico B resultado do código fast-fourier-transform no repositório GitHub	47
Figura 3.16 - Esboço realizado para o ecrã da aplicação do som	48
Figura 3.17 – Representação do ecrã da aplicação do som com o design aplicado	49
Figura 3.18 - Arquitetura da solução da aplicação do som	50
Figura 4.1 – Entidades que apresenta as Missões e Energias no formato JSON	56
Figura 4.2 - Entidade que apresenta a informação do Jogador no formato JSON	57
Figura 4.3 – Estrutura JSON que guarda a identificação do jogador online	57
Figura 4.4 - Diagrama de estrutura de 'scenes' do jogo Primary Energy.	58
Figura 4.5 – Representação das três camadas e as partes que as representam.	59
Figura 4.6 – Página com a listagem dos jogadores registados na máquina e a funcionalidade para registar o novo jogador	60
Figura 4.7 – Diagrama de Sequência para a Autenticação	61
Figura 4.8 – Fluxograma do processamento das atividades e decisões que acontecem no motor do jogo	63
Figura 4.9 – Ecrã do motor do jogo, representação do estado inicial	64
Figura 4.10 – Ecrã do motor do jogo, representação ao arrastar um cartão de energia para a zona do jogo	65
Figura 4.11 – Ecrã do motor do jogo, representação da escolha da quantidade de energia pela primeira vez	65
Figura 4.12 - Ecrã do motor do jogo, representação da escolha da quantidade de energia que se encontra posicionada na zona do jogo	66
Figura 4.13 - Ecrã do motor do jogo, representação do indicador ao ser acrescentado mais energia à produção	66

<i>Figura 4.14 - Ecrã do motor do jogo, representação quando o jogador produziu a quantidade de energia indicada na missão</i>	68
<i>Figura 4.15 – Ecrã Loja, representação do modo compra no cenário que as energias não renováveis tem os depósitos cheios</i>	69
<i>Figura 4.16 - Fluxograma do Processo de venda e comprar de energia no ecrã Loja</i>	70
<i>Figura 4.17 – Ecrã Ranking, representado os jogadores que ocupam os três primeiros lugares no pódio</i>	72
<i>Figura 4.18 – Representação da regra colocada no Realtime Database</i>	72
<i>Figura 4.19 – Ecrã da Missões, representação quando o jogador conclui todas as missões disponíveis</i>	73
<i>Figura 4.20 – Ecrã das recompensas, quando termina uma missão recebendo as recompensas</i>	74
<i>Figura 4.21 – Ecrã das missões, quando é selecionado uma missão concluída aparecendo a Pop-up de confirmação</i>	75
<i>Figura 4.22 - Diagrama de estrutura de scprints da aplicação Healthy Sound</i>	76
<i>Figura 4.23 – Diagrama de sequência dos casos de utilização que envolvem a gravação som.</i>	77
<i>Figura 4.24 – Representação gráfica do som gravado aproximadamente de duração de 12 segundo e apresenta o som de 30 segundos</i>	78
<i>Figura 4.25 - Diagrama de sequência do caso de utilização Upload do ficheiro de som</i>	79
<i>Figura 4.26 – Diagrama de estados que representada das alterações do tipo de gráfico a ser apresentado</i>	80
<i>Figura 4.27 - Diagrama de sequência que representa como é realizado a apresentação do gráfico de barras dos valores de ruído e a apresentação de informação extra</i>	82
<i>Figura 4.28 - Diagrama de sequência que representa como é realizado a apresentação do gráfico de amplitude e quando existe mudança de bloco</i>	83
<i>Figura 4.29 - Fluxograma do Processo de alteração entre blocos do gráfico de amplitude</i>	84
<i>Figura 4.30 - Diagrama de sequência que representa como é realizado a apresentação do gráfico de FFT</i>	85
<i>Figura 5.1 – Resultado da recolha de características do último momento de avaliação sobre o tipo de jogos que costumam jogar.</i>	89
<i>Figura 5.2 - Resultado da recolha de características do último momento de avaliação sobre habitual forma de jogar sozinho ou em conjunto.</i>	89
<i>Figura 5.3 – Opinião do segundo momento de avaliação sobre se as regras do jogo são fáceis de aprender</i>	91
<i>Figura 5.4 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre se os objetivos de cada missão são fáceis de compreender</i>	91
<i>Figura 5.5 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre se as ações de arrastar e selecionar a quantidade de energia são fáceis de realizar</i>	91
<i>Figura 5.6 – Opinião do segundo momento de avaliação sobre jogo ser mais complexo do que necessário.</i>	92
<i>Figura 5.7 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre a necessidade de ajuda de um professor para conseguir jogar</i>	92
<i>Figura 5.8 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre jogo ter muitas inconsistências</i>	92
<i>Figura 5.9 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre jogo ser muito complicado de utilizar</i>	92
<i>Figura 5.10 – Opinião do segundo momento de avaliação sobre a necessidade de aprender muito antes de conseguir lidar com este jogo</i>	92
<i>Figura 5.11 – Opinião do último momento de avaliação sobre se a primeira impressão do jogo</i>	93
<i>Figura 5.12 - Opinião do último momento de avaliação sobre se a jogabilidade</i>	93
<i>Figura 5.13 - Opinião do último momento de avaliação sobre se a compreensão dos impactos ambientais que cada energia provoca</i>	93
<i>Figura 5.14 - Opinião do último momento de avaliação sobre se o jogo é simples e intuitivo</i>	94
<i>Figura 5.15 - Opinião do último momento de avaliação sobre se foi compreendido as recompensas e penalizações recebidas</i>	94
<i>Figura 5.16 – Opinião do último momento de avaliação sobre se as regras do jogo são fáceis de aprender</i>	95

<i>Figura 5.17 - Opinião do último momento de avaliação sobre se os objetivos de cada missão são fáceis de compreender</i>	95
<i>Figura 5.18 - Opinião do último momento de avaliação sobre se as ações de arrastar e selecionar a quantidade de energia são fáceis de realizar</i>	95
<i>Figura 5.19 - Opinião do último momento de avaliação sobre o tamanho e localização dos elementos do ecrã</i>	95
<i>Figura 5.20 - Sugestão do último momento de avaliação sobre o aspeto visual da aplicação</i>	95
<i>Figura 5.21 – Opinião do último momento de avaliação sobre jogo ser mais complexo do que necessário</i>	96
<i>Figura 5.22 - Opinião do último momento de avaliação sobre a necessidade de ajuda de um professor para conseguir jogar</i>	96
<i>Figura 5.23 - Opinião do último momento de avaliação sobre jogo ter muitas inconsistências</i>	96
<i>Figura 5.24 – Respostas dos participantes à questão se já utilizou alguma ferramenta que analisa o som.</i>	98
<i>Figura 5.25 - Respostas dos participantes à questão se já tem preocupação ao ruído sonoro que rodeia.</i>	98
<i>Figura 5.26 – Tabela que representa as seis escalas do UEQ</i>	98
<i>Figura 5.27 – Representação da distribuição das respostas por cada par de adjetivos</i>	99
<i>Figura 5.28 – Respostas dos participantes à opinião do tamanho e localização dos elementos do ecrã é adequado.</i>	100
<i>Figura 5.29 - Respostas dos participantes à opinião se os ícones utilizados representação corretamente os conteúdos.</i>	100
<i>Figura 5.30 – Respostas dos participantes à opinião do visual da aplicação</i>	100
<i>Figura 5.31 - Respostas dos participantes à opinião se consideram a aplicação mais complexa que necessário</i>	101
<i>Figura 5.32 - Respostas dos participantes à opinião se acharam fácil de utilizar</i>	101
<i>Figura 5.33 - Respostas dos participantes à opinião se foi muito complicado de utilizar</i>	101
<i>Figura 5.34 - Respostas dos participantes à opinião se as pessoas aprenderiam utilizar rapidamente a aplicação</i>	101
<i>Figura 5.35 - Respostas dos participantes à opinião se é necessário de ajuda de terceiros</i>	101
<i>Figura 5.36 - Respostas dos participantes à opinião de ter conhecimento antes de utilizar esta aplicação.</i>	101
<i>Figura A.1 – Wireframe do ecrã principal do jogo</i>	i
<i>Figura A.2 – Wireframe do ecrã da lista dos jogadores registados</i>	i
<i>Figura A.3 – Wireframe do ecrã do Ranking</i>	i
<i>Figura A.4 – Wireframe do ecrã das definições</i>	i
<i>Figura A.5 – Wireframe da lista das missões para serem realizadas</i>	ii
<i>Figura A.6 – Wireframe do ecrã da loja</i>	ii
<i>Figura A.7 – Wireframe do ecrã de informação do jogo</i>	ii
<i>Figura B.1 – Ecrã principal do jogo</i>	iii
<i>Figura B.2 – Ecrã da lista dos jogadores registados</i>	iii
<i>Figura B.3 – Ecrã do ranking</i>	iii
<i>Figura B.4 – Ecrã das definições</i>	iii
<i>Figura B.5 – Ecrã da lista das missões para serem realizadas</i>	iv
<i>Figura B.6 – Ecrã da loja do jogo</i>	iv
<i>Figura B.7 – Ecrã das recompensas no final da missão</i>	iv
<i>Figura B.8 – Ecrã do resumo das energias utilizadas no final da missão</i>	iv
<i>Figura B.9 - Ecrã com a informação do jogo</i>	iv
<i>Figura H.1 – Diagrama de Sequências quando o Jogo Inicia</i>	lxxiv
<i>Figura H.2 – Diagrama de Sequências do caso de utilização “Selecionar Jogador”</i>	lxxiv
<i>Figura H.3 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Registar Jogador”</i>	lxxv
<i>Figura H.4 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Visitar Loja”</i>	lxxv

Figura H.5 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Comprar Energias”	lxxvi
Figura H.6 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Vender Energias”	lxxvi
Figura H.7 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Selecionar Missão”	lxxvii
Figura H.8 - Diagrama de Sequências para mostrar a Pop-up de Felicitações quando todas as missões foram concluídas	lxxviii
Figura H.9 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Repetir Missão”	lxxviii
Figura H.10 - Diagrama de Sequência ao Iniciar o Motor do Jogo	lxxix
Figura H.11 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Arrastar energia para a zona do jogo”	lxxix
Figura H.12 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Selecionar energia para a zona do jogo Missão”	lxxx
Figura H.13 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Escolher a quantidade de energia”	lxxx
Figura H.14 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Finalizar Missão”	lxxx
Figura H.15 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Visualizar recompensa”	lxxxii
Figura H.16 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Pedir Posição no Ranking”	lxxxiii
Figura I.1 – Representação do diagrama Organização Geral da Apresentação do Jogo Primary Energy	lxxxiv
Figura I.2 - Representação do diagrama Organização Geral do Domínio do Jogo Primary Energy	lxxxv
Figura I.3 - Representação do diagrama Organização Geral do Acesso a dados do Jogo Primary Energy	lxxxv
Figura J.1 – Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã Principal do Jogo	lxxxvi
Figura J.2 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã Secundário	lxxxvii
Figura J.3 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Lista de Jogadores	lxxxvii
Figura J.4 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã do Ranking	lxxxviii
Figura J.5 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Informação sobre o Jogo	lxxxix
Figura J.6 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Loja	xc
Figura J.7 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Lista de Missões	xc
Figura J.8 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã do Motor do Jogo	xcii
Figura J.9 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Missão Superada quando se termina uma missão	xciii
Figura J.10 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã do Motor do Jogo no modo Tutorial	xciv

# Lista de Tabelas

<i>Tabela 3.1 – Ligação entre os casos e os requisitos para o cenário 2</i>	27
<i>Tabela 3.2 – Representação da quantidade armazenamento, quantidade de energia, emissões de CO2, ocupação do solo e a disponibilidade na loja para cada energia</i>	30
<i>Tabela 3.3 – Representação da quantidade calorífica, emissões CO2 e produção para cada energia não renovável</i>	30
<i>Tabela 3.4 – Representação dos valores de energia eólica e solar produzir para cada período de hora</i>	32
<i>Tabela 3.5 - Ligação entre os casos e os requisitos para o cenário 3</i>	43
<i>Tabela 3.6 – Lista de níveis de ruído e a sua representação</i>	45
<i>Tabela 3.7 – Representação dos intervalos de nível de ruído e a exposição máxima de tempo</i>	46
<i>Tabela 3.8 – Características do Unity e LibGDX para algumas categorias</i>	51
<i>Tabela 4.1 – Representação das conversões para cada unidade</i>	67
<i>Tabela 4.2 – Representação das recompensas e penalizações que o jogador pode receber</i>	71



# Capítulo 1

## 1. Introdução

### 1.1 Motivação

Nos dias de hoje os jovens começam a ter mais ações de sensibilização relativamente às alterações climáticas e o que isso pode impactar o seu futuro. Contudo, não basta dizer que devem parar de produzir ou deixar de produzir algo que nos é útil. É necessário arranjar soluções, pensar em estratégias que podem abrir o horizonte preparando para o futuro e fazer com que os jovens de hoje pensem e que elaborem uma estratégia de sustentabilidade caso fossem eles a implementar.

Há várias maneiras de abordar estes temas num formato pedagógico, seja por grupos escolares ou cenários educativos. No entanto, falta a necessidade de implementá-los num ambiente real e interativo. Para isso, existem os jogos sérios [1], que contêm elementos do mundo real que transportam para cenários reais, apresentando desafios relevantes para os dias atuais. Isso permite a elaboração de possíveis estratégias, a transmissão de conhecimento e, ao mesmo tempo, promover aprendizagem de forma mais divertida e educacional.

Além das questões relacionadas às alterações climáticas, é importante consciencializar sobre os sons que estão constantemente ao nosso redor e os impactos que podem provocar na nossa saúde a longo prazo. Para compreender melhor esses sons, é necessário analisá-los usando um medidor de ruído. No entanto, é necessário aplicar uma análise de uma forma mais pedagógica e fácil de entender, como gravar o som que está presente no nosso dia a dia, permitindo que, ao serem expostos por um período, possam compreender os impactos que podem causar na saúde.

Ao despertar a juventude para estas questões fundamentais, estamos capacitando-os a discutirem e debaterem sobre estes temas. É crucial fornecer-lhes as ferramentas e os conhecimentos necessários para que possam tomar decisões informadas e encontrar soluções inovadoras.

### 1.2 Objetivos

Nesta dissertação, foram criados dois tipos de aplicações pedagógicas que abrangem temas diferentes, mas exploram o mesmo conteúdo: os efeitos que os vários tipos de poluição podem causar à saúde pública. O primeiro tema é sobre a utilização das

energias primárias para a produção de energia necessária para um determinado período, abordando os impactos associados ao uso de cada tipo de energia. Este tema é enquadrado no formato de um jogo, identificado como “Cenário 2” ao longo do documento, ou pelo nome dado ao jogo, conforme é apresentado nos próximos capítulos.

O segundo tema consiste em realizar a captura e análise dos sons constantemente expostos, tentando obter o nível de ruído e abordar os efeitos da poluição sonora na saúde. Este tema é enquadrado numa aplicação, identificada como “Cenário 3” ou pelo nome dado, também apresentado nos próximos capítulos.

A primeira aplicação é um protótipo de um jogo sério que irá conter elementos reais e desafiar os jovens a arranjar estratégias para produzir uma quantidade de energia real para uma determinada hora, refletindo nas escolhas dos tipos de energias disponíveis para produzir essa quantidade, conseguindo minimizar os impactos que elas podem causar ao meio ambiente e nas emissões de gases para a atmosfera. Todas estas características vão conter valores reais.

No decorrer do desenvolvimento do jogo foram recolhidas informações para se conseguir obter os valores e os impactos para cada desafio, e, conjuntamente conseguir integrá-lo no formato divertido e pedagógico aplicando componentes de gamificação, escolhendo aquelas que se adequam melhor no ensino, obtendo a opinião dos professores das escolas piloto para o melhorar, conseguindo arranjar uma solução para que o jogo possa ser jogado sem limitações na tecnologia e ambiente do jogo.

A aplicação do som, é um protótipo que captura o som em tempo real e apresenta os resultados por meio de gráficos, com destaque para os níveis de ruído identificados na análise do som. A partir desses resultados, é possível compreender os impactos na saúde ao se expor a esse ruído durante um determinado período.

As duas aplicações vão ser sujeitas a avaliações em turmas e em eventos escolares participados por alunos de várias idades. De modo a tirar várias conclusões e a melhorar as aplicações, quando os alunos exploram o jogo e a aplicação, são realizadas observações e no fim é recolhida informação através de um questionário.

## 1.3 Contribuições

O trabalho apresentado neste documento tem as seguintes contribuições:

- Estudo da gamificação e jogos sérios na aprendizagem.
- Sensibilização sobre os impactos na saúde pública referentes à poluição atmosférica e sonora.
- Criação de um jogo sério com componentes da gamificação para computador, enquadrando a aprendizagem das vantagens e desvantagens na utilização das seis energias primárias para produzir eletricidade.

- Criação de uma aplicação para dispositivos móveis, que enquadra os impactos da saúde quando é exposto a um determinado ruído sonoro.
- Estudo e avaliação da usabilidade e experiência de utilização das duas aplicações desenvolvidas para computador e dispositivos móveis.

Foi também aceite para publicação um artigo intitulado:

Helena Aguiar, Rui Jesus, Nuno Domingues, “Primary Energy: a serious game to educate how to use energy in a sustainable way”, 13th Panhellenic/International Conference "ICT in Education”, 2023.

No link seguinte é possível ter acesso ao repositório onde se encontra as duas aplicações desenvolvidas:

[https://onedrive/a42321/TFM\\_98](https://onedrive/a42321/TFM_98)

## 1.4 Enquadramento Técnico

### **Gamificação**

A gamificação [2] é um conceito que consiste na inclusão de vários elementos em jogos ou em aplicações com o objetivo de envolver, motivar, incentivar e desafiar as pessoas que participam numa determinada atividade, como por exemplo o processo de aprendizagem.

Os elementos típicos da gamificação incluem:

- a. Pontuação: Atribuir pontos aos participantes com base nas suas ações ou conquistas. Isso permite acompanhar o progresso e criar uma competição saudável.
- b. Metas e desafios: Estabelecer objetivos claros e desafiadores que os participantes devem alcançar. Isso cria um senso de propósito e motivação para progredir.
- c. Recompensas: Oferecer incentivos, como medalhas ou prémios, para recompensar o comportamento desejado e estimular a continuidade da participação.
- d. Narrativa: Criar uma história ou contexto para enquadrar as atividades, envolvendo os participantes numa experiência mais envolvente e imersiva.
- e. Feedback imediato: Fornecer feedback instantâneo sobre o desempenho dos participantes, permitindo-lhes ajustar suas estratégias e melhorar continuamente.

A gamificação é utilizada em diversos campos da sociedade, incluindo:

- Educação: Para tornar o processo de aprendizagem mais divertido e eficaz, incentivando os alunos a se envolverem e progredirem nos estudos.
- Negócios: Para motivar os funcionários, aumentar a produtividade e melhorar o envolvimento dos colaboradores em treinos e tarefas relacionadas ao trabalho.
- Saúde e bem-estar: Para encorajar as pessoas a adotarem hábitos saudáveis, como atividade físicas regular e alimentação equilibrada.
- Marketing: Para atrair clientes e criar interações positivas com marcas, por meio de programas de fidelidade e campanhas de marketing.
- Aplicações e tecnologia: Para melhorar a usabilidade de aplicações e sistemas, tornando a experiência do utilizador mais cativante e intuitiva.

Sendo assim a gamificação, busca a motivação intrínseca que os jogos muitas vezes provocam nos utilizadores, aplicando esses princípios a atividades do mundo real para promover um maior envolvimento, aprendizado e satisfação.

## **Jogo sério**

Os jogos sérios [3] têm como objetivo principal além do entretenimento, transmitir conhecimento, desenvolver habilidade ou promover mudanças de comportamento em áreas específicas. Estes jogos são projetados com propósitos educacionais, de treino, simulação ou consciencialização.

Ao contrário dos jogos convencionais, cujo objetivo principal é a diversão, os jogos sérios são desenvolvidos com um propósito mais sério e direcionado para fins específicos. Abordam vários temas, como a educação, ciência, sustentabilidade, saúde, negócios, resolução de problemas, entre outros. Podem ser projetados como jogos de tabuleiro, jogos de computador, jogos de realidade virtual, aplicações para dispositivos móveis ou até mesmo jogos online.

Esta categoria, oferece uma abordagem inovadora e eficaz para aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades, pois combinam a diversão e a interatividade dos jogos com a busca de objetivos educacionais e de treino a partir de cenários realistas. Permitindo que os jogadores enfrentem desafios, tomem decisões, resolvam problemas e recebam feedback sobre seu desempenho, o que os torna mais envolvidos e motivados a aprender.

## **Jogo de simulação**

O jogo de simulação [4] é um tipo de jogo que permite aos jogadores experimentarem situações simuladas e interagirem com elementos virtuais. Esse tipo de jogo faz uma recriação de ambientes, contextos e desafios do mundo real, permitindo aos jogadores tomar decisões e enfrentar as consequências dessas decisões dentro da simulação.

Os jogos que abrangem esta categoria contêm vários temas e cenários, desde simulações de negócios, administração e construção de cidades, até simulações de voo, guerra, condução e outros. Estes jogos podem variar desde jogos mais simples e casuais até jogos mais complexos e realistas.

Uma das principais características dos jogos de simulação é o destaque na aprendizagem e na experiência imersiva. Os jogadores são desafiados a tomar decisões estratégicas, resolver problemas e explorar diferentes abordagens para alcançar objetivos dentro do contexto da simulação. Esses jogos podem fornecer uma oportunidade única e divertida de aprendizagem, permitindo que os jogadores experimentem as consequências das suas ações de forma segura e controlada.

## Game Design Document e Game Concept Document

O Game Design Document é um documento utilizado no processo de desenvolvimento para descrever um videogame. Este tipo de documento é criado na fase inicial para ajudar a documentar o jogo a ser criado. Criado para organizar os esforços da equipa de desenvolvimento, o documento resulta da colaboração entre os designers, artistas e programadores de modo a oferecer uma visão do caminho a seguir. O Game Concept Document consiste numa formulação mais resumida da ideia a transmitir pelo Game Design Document.

## Fast Fourier Transform

Fast Fourier Transform (FFT) [5] é um algoritmo eficiente usado para calcular a Transformada de Fourier Discreta (Discrete Fourier Transform – DFT) de uma sequência de números. Conseguindo converter um sinal num domínio de tempo contínuo ou discreto para o domínio da frequência.

A FFT, permite analisar o espectro de frequências de um sinal, identificar componentes individuais de frequência, filtrar ruídos e realizar uma variedade de operações relacionadas ao processamento de sinais.

## 1.5 Estrutura do Documento

Esta dissertação está organizada de acordo com a seguinte estrutura:

- No capítulo um, é realizada a *Introdução* ao trabalho e definido parte do conceito e objetivos propostos.
- No capítulo dois, é identificado o *Trabalho Relacionado* que serviu de inspiração para a criação deste trabalho e comparação com os que já existem para os dois cenários.

- No capítulo três, é apresentado o *Modelo Proposto* que complementa a fase da análise dos requisitos, debate dos problemas e soluções para os mesmos durante a pré-produção dos dois cenários.
- No capítulo quatro, é descrição a *Implementação do Modelo*, onde é explicado os métodos e soluções encontradas para a realização do modelo proposto no capítulo três.
- No capítulo cinco, apresenta a *Avaliação* dos dois cenários, discutindo os resultados obtidos a partir dos métodos de avaliação realizados.
- No capítulo seis, são apresentadas as *Conclusões* e o *Trabalho Futuro*.

# Capítulo 2

## 2. Trabalho Relacionado

Neste capítulo, é abordado o estado de arte em relação aos temas centrais deste trabalho, proporcionando uma análise sobre o papel da gamificação na educação desde a evolução dos jogos sérios até às suas funcionalidades atuais. Além disso, analisou-se algumas aplicações que envolvem os dois temas deste trabalho, descrevendo uma análise dos jogos e aplicações existentes referentes a estes temas. Esta análise permitiu identificar as principais abordagens e contribuindo para aprofundar o conhecimento para o desenvolvimento.

Ao longo deste capítulo, são apresentadas as análises feitas aos tópicos da gamificação, aos jogos sérios e às aplicações relacionadas a cada cenário. Cada aplicação e jogo são brevemente descritos e, no final, é feita uma síntese comparando-os com os trabalhos analisados e destacando os seus pontos fracos, referindo alguns pontos que o trabalho desenvolvido contém.

### 2.1 Gamificação na educação

A gamificação consiste em aplicar elementos e mecanismos de jogos, como recompensas, desafios e competição em contexto não relacionados a jogos, visando aumentar o envolvimento, a motivação e a participação. Isso é feito com o intuito de alcançar objetivos específicos, como a aprendizagem, produtividade ou mudança de comportamento.

O termo *gamification* (gamificação) foi cunhado em 2002 pelo programador britânico Nick Pelling [2]. A partir de 2010, a gamificação ganhou destaque, com a evolução das tecnologias também contribuindo para a disseminação deste termo. Com o tempo, a gamificação expandiu para diversos setores incluindo negócios, saúde e educação, solidificando o seu lugar com uma abordagem valiosa para melhorar a motivação e a aprendizagem. Para ser considerado uma aplicação ou jogo de ensino é necessário ter quatro tipos de liberdade:

- Liberdade para errar – permitir que erros sejam cometidos com poucas consequências.
- Liberdade para experimentar – permitir aos utilizadores explorar e descobrir novas estratégias e informações.

- Liberdade de assumir diferentes identidades – incentivar os utilizadores a ver os problemas de uma perspetiva diferente.
- Liberdade de esforço – permitir que o utilizador passe por períodos de intensa atividade e relativa inatividade, para que o utilizador possa pausar e refletir sobre as tarefas que realiza.

Como referido a gamificação começou a ser mais utilizada nos últimos anos, século 21, e para a educação não foi exceção. Muitas vezes o método tradicional de ensino não consegue motivar os alunos. Isto provoca um aumento do abandono escolar prematura, nos países que pertencem a união europeia em média, a taxa de abandono escolar precoce diminuiu de 13.4% em 2011 para 10.2% em 2019 em toda a Europa [6]. No entanto, continuam a existir diferenças consideráveis entre países. Portugal conseguiu obter uma taxa de 6% em 2022 face a sete anos atrás pois a percentagem de alunos que abandonaram a escola precocemente era de 13.7% [7]. Diante deste cenário, a gamificação apresenta-se como uma interessante ferramenta para conseguir despertar o interesse dos alunos, promovendo a aprendizagem ativa por meio da transformação de atividade rotineira e pouco atrativa numa outra que seja dinâmica e estimulante. Entre os principais objetivos da gamificação destacam-se:

- Tornar mais divertido o processo de aprendizagem.
- Aumentar a motivação do aluno.
- Incentivar o aluno por meio de recompensas.
- Otimizar a eficiência do processo de aprendizagem.

O Duolingo [8] (Figura 2.1) é um exemplo de uma aplicação educacional de ensino de idiomas que utiliza elementos de gamificação no processo da aprendizagem. Lançado em 2011, Duolingo tem evoluído ao longo dos anos indo ao encontro das necessidades do utilizador. Mais elementos de gamificação têm sido adicionados, como competição entre utilizadores, incluiu mais material para a aprendizagem e incluiu algoritmos de IA que podem adaptar a aplicação de acordo com o que o utilizador necessita. Alguns elementos da gamificação presentes nesta aplicação:

- Vidas – O utilizador tem um número de vidas, e perde sempre que responder erradamente a uma questão. Quando deixar de ter vidas o utilizador deverá aguardar até que as vidas sejam regeneradas.
- Níveis – O processo de aprendizagem apresenta estruturas em níveis, sendo necessário que o utilizador complete um nível para avançar para o próximo e consegue terminar uma das unidades de ensino.
- Recompensas – O utilizador ao fim de um nível recebe as recompensas, podem depois utilizá-las para a “compra” de ofertas disponíveis.
- Tabela de Classificação – O utilizador pode consultar a sua posição na tabela de classificação com todos os utilizadores que se encontram a aprender o idioma.
- Troféus – O utilizador recebe troféus temáticos ao concluir uma das unidades.

- Feedback – Cada vez que o utilizador erra uma das questões, mostra a solução correta instantaneamente.

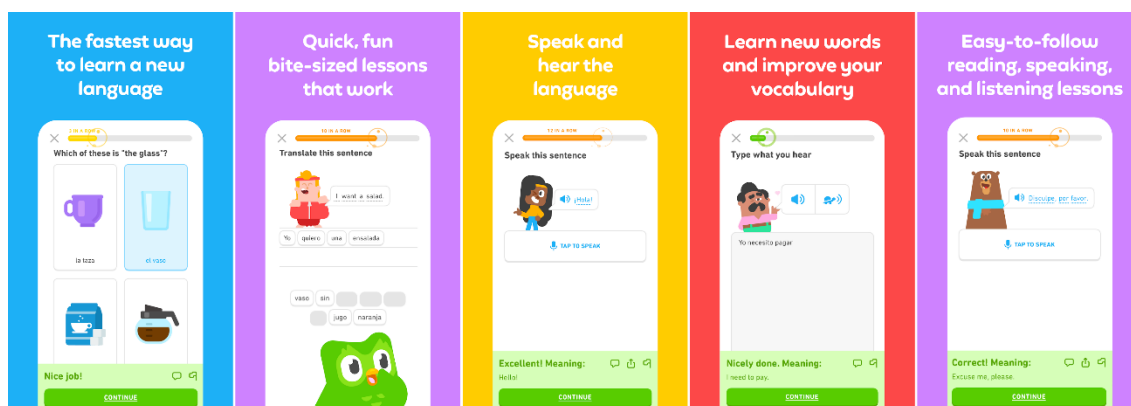


Figura 2.1 - Exemplos de elementos de gamificação na aplicação Duolingo

O jogo Energities é outro exemplo enquadrado num jogo educacional para gerir energias, similar ao que se pretende implementar e que também usa elementos de gamificação. O Energities que vai ser detalhado mais à frente, contém os seguintes elementos:

- Níveis – O utilizador ao realizar vários objetivos ganha uma quantidade de experiência para subir de nível.
- Recompensas – Por cada tarefa realizada corretamente recebe recompensas pelo seu comportamento correto.
- Tabela de Classificação – O utilizador pode visualizar a sua posição.
- Avatar – O utilizador vai ser sempre acompanhado por uma personagem que irá indicar e ajudar nas primeiras tarefas que tem de realizar.

As aplicações ou jogos que utilizam estes elementos de gamificação costumam utilizar mais as componentes de nível; pontos ou XP e tabelas de classificação sendo os mais utilizados e práticos [9].

No entanto, é importante notar que a gamificação na educação é um campo em constante evolução e sendo ainda explorado de várias maneiras. As abordagens, as tecnologias e as práticas estão em constante mudança à medida que novas pesquisas são realizadas e novas ideias são implementadas. Por isso, é necessário realizar um estudo prévio quando são aplicados elementos de gamificação na educação porque pode resultar em situações em que esses elementos não são adequadamente aplicados, o que pode acabar por penalizar os jovens durante o processo de aprendizagem [10]. É fundamental utilizar os elementos corretos para o tema a ser desenvolvido no contexto da aprendizagem, uma vez que cada jovem tem características e perfis diferentes. Neste sentido, a aplicação a desenvolver vai conter elementos de

gamificação que sejam equilibradas e que se possa adaptar em qualquer perfil de utilizadores.

## 2.2 Jogos sérios

O termo “jogos sérios” (“Serious Game”) é aplicado a jogos que utilizam elementos e mecanismos de jogos para alcançar objetivos educativos, de treino, de consciencialização ou de resolução de problemas. A principal característica de um jogo tem como finalidade além do entretenimento, transmitir conhecimento, desenvolver habilidades específicas ou abordar questões importantes de maneira envolvente.

De facto, a história mostra que os jogos podem ter um papel importante na sociedade. Não só um papel de entretenimento, mas também um elemento capaz de influenciar o decurso da história. Tal como no passado, atualmente os jogos têm um papel cada vez mais presente associado à educação, à saúde, à defesa, entre outras possibilidades. Apesar de muitas vezes não associadas a jogos, há inúmeros campos que utilizam os jogos como ferramentas ou métodos. Na realidade o termo “Serious Game”, começou a ser mais ouvido no início do ano 2000, embora este termo já se usava nos anos 1970 [1].

Ao contrário dos jogos convencionais, cujo objetivo principal é a diversão, os jogos sérios são desenvolvidos com um propósito mais sério e direcionado para fins específicos, para um propósito. Abordam vários temas, como a educação, ciência, sustentabilidade, saúde, negócios, resolução de problemas, entre outros.

O jogo Pandemic [11] [12], é um jogo de tabuleiro que tem como cenário salvar o mundo de pandemias mortais, encontrando uma cura para as combater (Figura 2.2). Cada jogador tem um papel crucial neste jogo, interpretando uma personagem com funcionalidades diferentes. É jogo cooperativo de trabalho em equipa, não existe um que seja vitorioso, ou todos ganham ou todos perdem. Não se tratando de um jogo digital, continua a transmitir um propósito, aplicando um cenário real em termos pandémicos, salientando o trabalho em equipa, e cada um desempenhar papeis diferente.

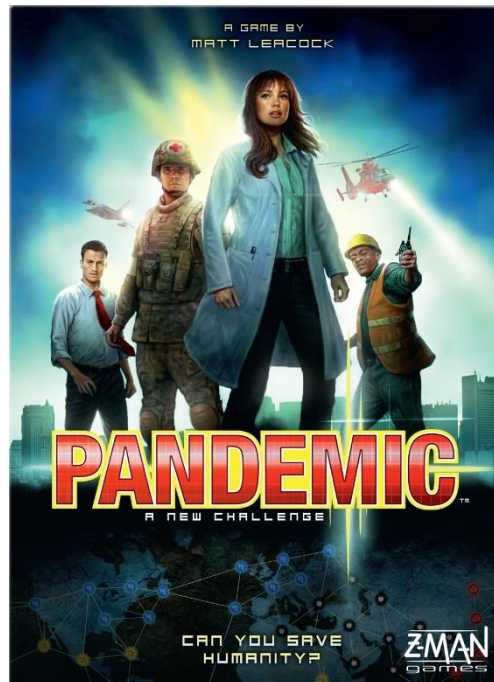


Figura 2.2 – Capa do Jogo de tabuleiro Pandemic

Os simuladores e os jogos sérios têm características muito semelhantes, por vezes as duas características envolvem-se no mesmo jogo. Os jogos sérios têm a intensão de ensinar, treinar ou consciencializar os jogadores sobre um tópico específico, os jogos de simulação que se concentram em proporcionar uma experiência realista e envolvente, imitando aspetos da vida real ou sistemas complexos.

Os jogos sérios abrangem várias categorias, incluindo a categoria da saúde. Dentro deste campo, existem várias vertentes, como a medicina e a saúde física e bem-estar, exemplificado pelo conceito de “exergame” [13]. O termo “exergame” deriva da fusão das palavras ‘exercice’ (exercício) e ‘game’ (jogo). Estes jogos são projetados para combinar entretenimento com a atividade física, promovendo um estilo de vida mais ativa e saudável. Geralmente, esses jogos utilizam tecnologias como sensores de movimento, câmaras e outros dispositivos para detetar os movimentos do jogador e traduzi-los em ações dentro do jogo. Um exemplo notável de “exergame” é o Ring Fit Adventure [14], que envolve o jogador numa aventura em turnos, onde as atividades físicas terminam em ações de batalha. Outro exemplo icónico é o “Dance Dance Revolution” [15], onde os jogadores seguem o ritmo da música, sendo avaliados pelo seu desempenho.

No contexto proposto, o que será desenvolvido não se encaixa no formato de um “exergame”. Em vez disso, terá o propósito de educar através de cenários e elementos realistas, visando consciencializar sobre aspetos de saúde e bem-estar relacionados à poluição sonora e atmosférica. Isso engloba a exploração das causas desses problemas e possíveis soluções.

## 2.3 Aplicações e jogos relacionados com o cenário 2

Os jogos que abordam os temas das energias e alterações climáticas já existiam desde o século 20. Um dos jogos mais antigos sobre o tema das energias é o “Energy Czar” [16], lançado em 1980 (Figura 2.3). Trata-se de um jogo educativo que aborda questões importantes relacionadas à produção, consumo e impactos das diferentes fontes de energia. Desafia o jogador nas decisões energéticas e incentiva a considerar as consequências de suas escolhas. Não tendo sido popular naquela época, foi um dos primeiros jogos a explorar este tema das energias e ajudou a aumentar a consciencialização sobre a importância da gestão eficiente dos recursos energéticos. Outro jogo também antigo sobre o tema das alterações climáticas é o “SimEarth: The Living Planet” [17], lançado em 1990 (Figura 2.4). Aborda a importância do equilíbrio ecológico e a influência das ações humanas no ambiente, mostrando como as decisões dos jogadores afetam a temperatura global, os níveis de dióxido de carbono e outros fatores climáticos. O jogo incentiva a exploração encontrando soluções sustentáveis para os problemas que surgem. Apesar de não ter sido um sucesso comercial, foi pioneiro na abordagem de temas ambientais em jogos e ajudou a estabelecer um presente para jogos futuros sobre alterações climáticas e sustentabilidade.

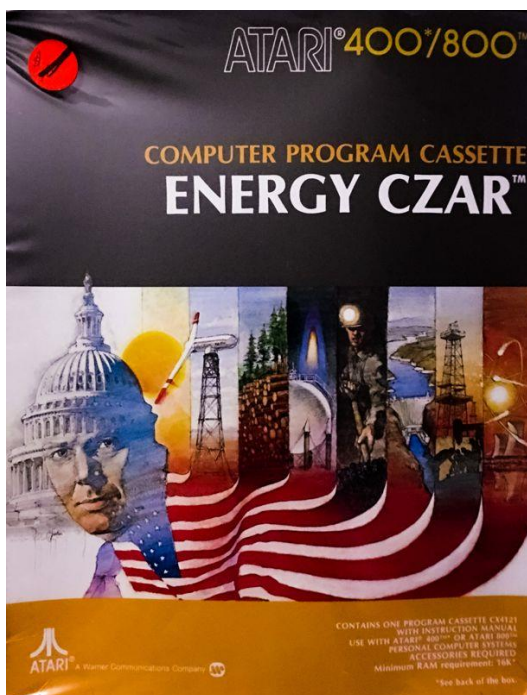


Figura 2.3 - Capa do Jogo 'Energy Czar'

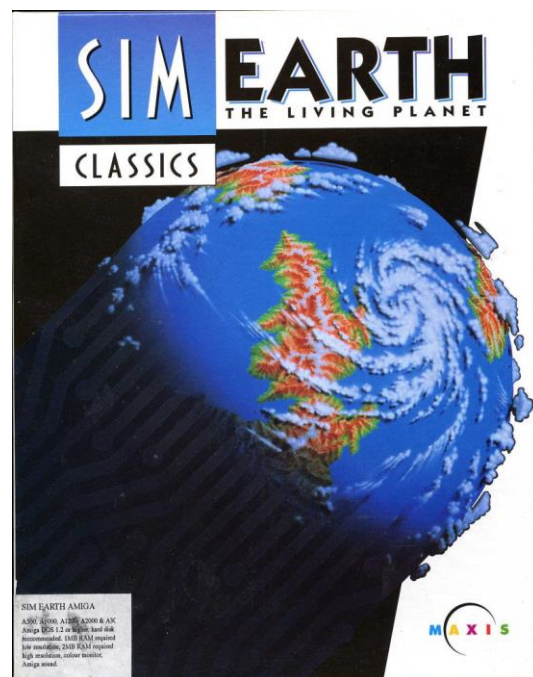


Figura 2.4 - Capa do Jogo 'SimEarth: The Living Planet'

Estes tipos de jogos evoluíram ao longo dos anos, aplicando conceitos mais realistas do presente ou explorando o pressuposto do que pode acontecer no futuro. São utilizados para o ensino e sensibiliza os jovens para estes temas.

Durante a procura de trabalho relacionados com este tema, é possível encontrar diversos jogos que abordam as questões relacionadas com as energias e alterações climáticas de várias maneiras. Esses jogos exploram os diferentes tipos de energias existentes, seu uso, bem como os impactos económicos, sociais e ambientais que podem causar, tanto em fontes renováveis e não renováveis. Alguns jogos dentro dessa área envolvem a utilização de diferentes tipos de energia e apresentam desafios relacionados ao desenvolvimento, localização e impacto ambiental, como é o caso do jogo “Windfall” [18], que aborda a energia eólica. Há também jogos que desafiam os jogadores a assumirem o controle de uma cidade e tomarem decisões relacionadas à energia, como a escolha entre diferentes fontes de energia, investimentos em eficiência energética e lidar com os desafios da sustentabilidade, como o jogo “Energyville” [19]. Além disso, existem jogos que exploram os impactos económicos, sociais e ambientais com base nas escolhas feitas pelos jogadores, como é caso do jogo “Climate Challenge” [20].

Nesta busca os jogos que se enquadram nestes temas, têm a categoria de jogos sérios, simulação, estratégica e ensino. Dentro destes grupos de jogos foram selecionados quatro jogos que mais se aproximam do jogo proposto para realizar uma descrição breve e no final comparar com o jogo desenvolvido. Cada um desses jogos contém algumas componentes de gamificação.

### **Energy Transition Model**

Considerado um jogo de simulação, o “Energy Transition Model” [21] (Figura 2.5) foi criado pela empresa Quintel Intelligence, que utilizou dados reais de energia da Holanda. Esta aplicação permite criar um futuro de energia limpa para 2023, dividido entre criar uma cidade e uma casa sustentável. Ao concluir um primeiro nível, é desbloqueado um conjunto de perguntas para testar o conhecimento (Energy Quiz).

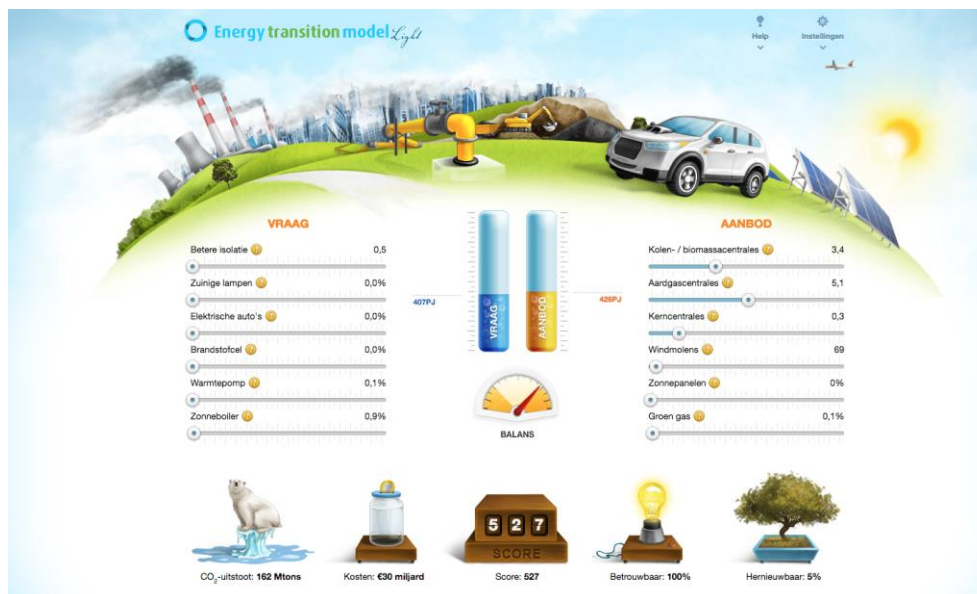


Figura 2.5 - Motor do simulador 'Energy Transition Model' no modo criar uma cidade sustentável

O motor da aplicação consiste em mover os controladores que mexem com uma determinada característica, aumentando e diminuindo a quantidade. Ao mexerem nesses controladores vão-se alterando os seguintes fatores: emissões de CO<sub>2</sub> para atmosfera, custo, confiabilidade, renováveis (energia sustentável, uso de eletricidade e gás) e os pontos.

Este jogo apresenta alguns modelos de gamificação, como: tabela de classificação; pontuação e apresenta feedback instantâneo através da mudança de imagens ou indicadores que representam as escolhas feitas. Além disso, inclui o desbloqueio de um nível para realizar uma *quiz* com várias perguntas.

## Aplicação wordwall.net

O site wordwall.net [22], permite criar vários modelos de jogos com intuito de educar, no formato de questionário, jogo de palavras e outros. É possível obter jogos já criados com o tema das energias renováveis em formato de questionário, sopa de letras, arrastar imagens ou frases para uma determinada zona do jogo.

Estes jogos têm alguns modelos de gamificação, como a tabela de classificação, tempo de resposta, pontos e liberdade para falhar.

## Fate of the World

O jogo Fate of the World é um jogo de estratégia lançado em 2011 pela Red Redemption Ltd. Tem características de um jogo sério pois o jogador “veste” o papel de um diretor de uma organização fictícia encarregada de lidar com os desafios das

alterações climáticas e da sustentabilidade global. O jogo retrata os desafios futuros, pois a data inicial no ano é 2020 e vai passando ao longo de várias décadas, abrangendo diferentes cenários futuros possíveis.

O objetivo principal “Fate of the World” [23] (Figura 2.6) é evitar uma catástrofe e garantir um futuro sustentável para o planeta. Os jogadores devem tomar decisões estratégicas em várias áreas, como energia, economia, agricultura e política, para equilibrar as necessidades humanas com os impactos ambientais, enfrentando desafios como o aumento da população mundial, o esgotamento dos recursos naturais, a escassez de água, a poluição, as alterações climáticas e outros problemas relacionados com o desenvolvimento humano insustentável.

Tem uma interface baseada em mapas e gráficos, os jogadores podem explorar diferentes regiões do mundo, implementar políticas e tomar decisões que afetam o destino do planeta. Essas decisões são tomadas a partir de “cartas” em cada turno do jogo, sendo distribuídas e equilibradas entre as doze regiões do mundo. As escolhas feitas pelos jogadores têm consequências de longo prazo e podem levar a diferentes resultados, desde um colapso global até um futuro sustentável.

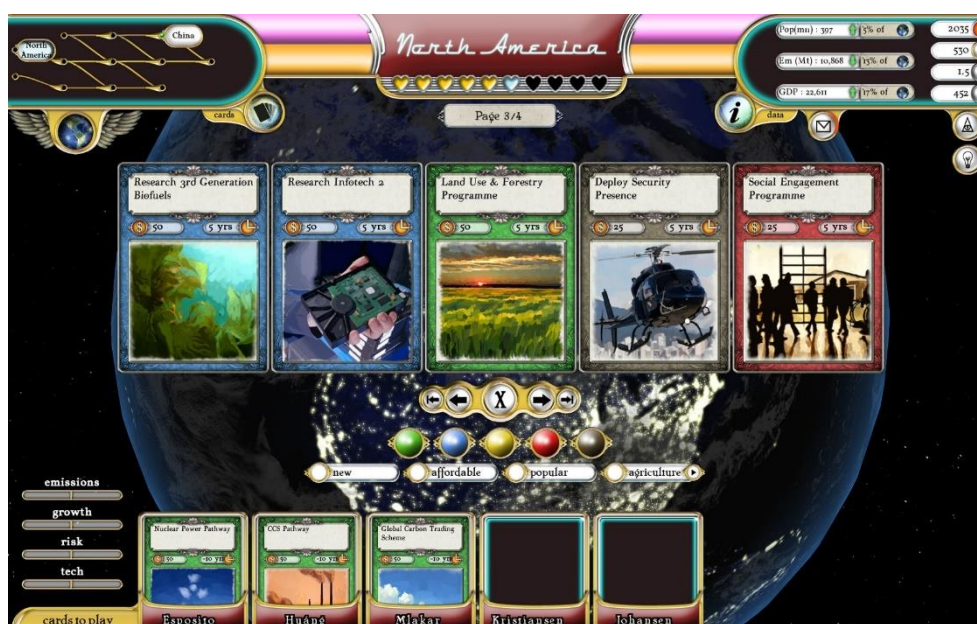


Figura 2.6 -Motor do jogo ‘Fate of the World’

## EnerCities

O EnerCities consiste num jogo sério, jogado em computador, educacional para estudantes do 3º ciclo ao secundário. Este projeto foi financiado pela comissão europeia, começando em 2007 e durou até 2011 [24].

“EnerCities” [25] (Figura 2.7) é um jogo sobre energia e sustentabilidade, começando por uma pequena área, indo aumentando à medida que o nível sobe, até

chegar ao nível 5. Tem uma interface baseada no *drag and drop* permitindo a construção de estruturas (energias renováveis, não renováveis, zonas verdes, áreas de residência e indústria). O objetivo do jogador é conseguir manter um equilíbrio entre o lucro, o planeta, emissões de dióxido de carbono, produção de energia para conseguir alimentar a cidade que vai aumentando. Com base nessas escolhas de gestão vai influenciar a pontuação, o lucro, o planeta e com isso aumentar o nível obtendo mais espaço para desenvolver a sua cidade.



Figura 2.7 - Motor do jogo 'EnerCities'

## Síntese

O site wordwall.net tem jogos que podemos considerar como apoio para aplicar o que se aprendeu na aula, proporcionando uma forma dinâmica e divertida de praticar, em contraste com os exercícios de escrita presentes nos manuais. No entanto, certos jogos, especialmente aqueles que envolvem tempo e pontuação final, podem desmotivar os estudantes com dificuldades na leitura ou na capacidade de pensar rapidamente na resposta correta. Isso pode levar os alunos a agir de forma mais apressada, deixando de lado a parte de aprendizagem e reflexão sobre a resposta ao problema, focando-se apenas no tempo. Embora seja possível repetir os jogos, verificar as respostas no final e receber correções, existe o problema em que a falta de desafio pode tornar a experiência monótona.

Já os outros três jogos, servem como experiência educativa e uma oportunidade de reflexão sobre as consequências das ações individuais e coletivas no mundo real.

Ao iniciar o jogo “Energy Transition Model” houve dificuldades em perceber o que era pretendido realizar, até mexer nos vários controlos e existir uma mudança nos indicadores e nas imagens. Não existe a informação de quantos pontos são necessários para desbloquear o *quiz*. Existe pouca motivação de aprendizagem, chegando ao ponto de mexer nos controlos por tentativa de erro.

O jogo “EnerCities” é jogado online e contém duas versões uma no site oficial e outra no Facebook, esta última permite a visualização da tabela de classificação e na pontuação competindo assim com outras pessoas. O jogo permite que os jogadores apliquem várias estratégias e possam ver os resultados obtidos das suas ações a longo prazo. O tempo do jogo dura entre 15-45 minutos, dependendo da estratégia que é utilizada, tornando o jogo menos aborrecido. Contudo este jogo tem limitação para um estudante que não tenha acesso a internet, impossibilitando de jogar. Também existe falta de pistas e feedback no jogo.

Por fim, o jogo “Fate of the World” tem uma ideia interessante, que mostra os impactos futuros que podem acontecer. No entanto, apresenta muitas falhas em termos de jogabilidade, o tutorial do jogo é pouco intuitivo, especialmente considerando o seu propósito educacional. É necessário investir tempo para compreender a mecânica do jogo. Além disso, o jogo é desafiador demais para ser jogado com facilidade.

A nossa proposta tem semelhanças com o jogo Enercities, mas não tem como objetivo o crescimento de uma cidade. O jogo proposto é mais focado no desafio de como usar a energia de forma sustentável para resolver missões reais. Optamos por não implementar algumas características de gamificação, como o elemento de tempo, e também não incluímos a necessidade de acesso à internet.

## 2.4 Aplicações e jogos relacionados com o cenário 3

Anteriormente, para realizar a medição de ruído num espaço, era necessário utilizar um medidor de nível de ruído (dB). Por vezes, pessoas não profissionais que desejassem fazer essas medições precisavam de ter esse aparelho. Nos dias atuais, já é possível realizar essa medição a partir de um smartphone, obtendo os níveis de ruído expostas em tempo real e apresentando informações adicionais, como gráfico de espectrograma e os riscos do nível de ruído para a saúde.

É possível encontrar várias aplicações que são capazes de realizar essas funcionalidades, umas melhores que outras ou com mais informação do que outras. Nesse grupo de aplicações, foram selecionadas três delas que incluem semelhanças com os objetivos do trabalho proposto, para realizar uma breve descrição e, no final, fazer uma comparação com a aplicação desenvolvida.

## Decibel X

Decibel X [26] (Figura 2.8) é uma aplicação que permite medir o nível de ruído em tempo real. Permitindo visualizar gráficos, como o espectrograma, que mostra a distribuição de frequências do ruído ao longo do tempo. Essa representação visual possibilita a identificação de padrões ou picos de ruído em momentos específicos.



Figura 2.8 -Ícone que representa a aplicação 'Decibel X'

Além disso, o Decibel oferece recursos adicionais que o tornam ainda mais interessante. Por exemplo, os utilizadores têm a opção de registar e salvar as medições realizadas. Isso possibilita a criação de um histórico de níveis de ruído ao longo do tempo, permitindo uma análise mais abrangente.

Uma das características interessantes do Decibel X é a partilha de dados que se encontram guardados com outras pessoas, seja para fins profissionais ou simplesmente para consciencialização sobre o ruído ambiental. Os dados também podem ser exportados como gráficos PNG de alta resolução ou em formato de texto CSV, proporcionando flexibilidade na utilização dos resultados obtidos.

## Noise Capture

O Noise Capture [27] (Figura 2.9) é uma aplicação para medir e registar o nível de ruído ambiente em dispositivos móveis. Com essa aplicação, os utilizadores podem analisar os níveis de ruído ao seu redor em tempo real, como também a identificação desse ruído a partir da localização GPS.



Figura 2.9 -Apresentação dos ecrãs da aplicação 'Noise Capture'

A aplicação tem a capacidade de exibir o espectro e o espectrograma em tempo real. Esses recursos visuais permitem aos utilizadores visualizar a distribuição de frequências do ruído e identificar padrões ou picos específicos, que fornecem uma compreensão mais detalhada da composição do ruído num determinado ambiente.

Além disso, o Noise Capture permite a gravação de áudio, o que possibilita uma análise mais detalhada do ruído capturado. Ao guardar a gravação, os utilizadores podem voltar a ver os dados e realizar análises mais detalhadas. A aplicação permite visualizar o nível de ruído em cada ponto de localização onde o som foi gravado, permitindo que os utilizadores vejam a variação do ruído ao longo do trajeto percorrido.

## SmarterNoise

O SmarterNoise [28] (Figura 2.10) é uma aplicação de medidor de nível de som com várias funções exclusivas. Existem três versões disponíveis, sendo que duas delas são pagas e com recursos mais detalhados.

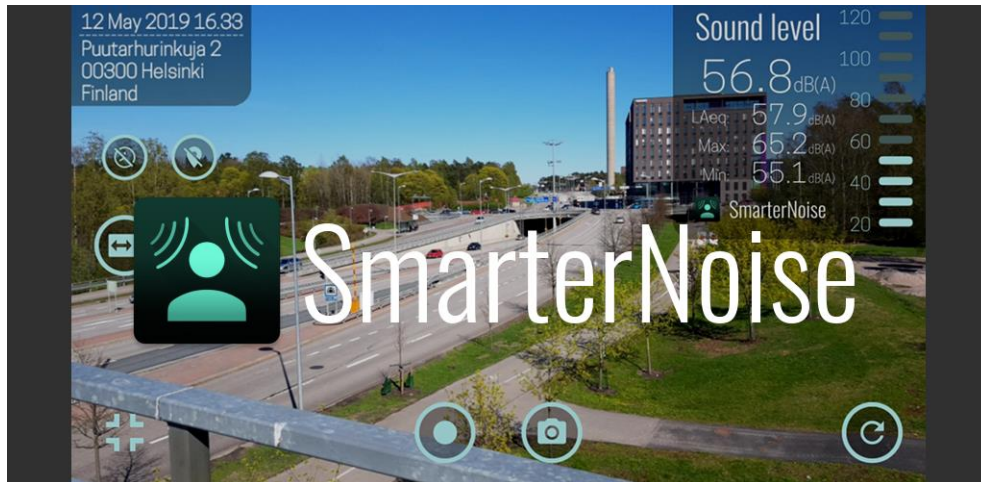


Figura 2.10 – Apresentação de um dos ecrãs da aplicação 'SmarterNoise'

O SmarterNoise permite medir os níveis de som em formato de vídeo e áudio, proporcionando uma experiência mais imersiva. Além disso, a aplicação permite a gravação de vídeos e sons, fornecendo informações sobre os riscos da exposição ao ruído.

Uma das características distintas do SmarterNoise é a capacidade de informar sobre os riscos da exposição ao ruído, a partir de ícones que mostra o foco nos efeitos da poluição sonora na saúde e no bem-estar. Além disso, o SmarterNoise inclui a possibilidade de identificar a localização de GPS.

Nas versões pagas é possível ver o gráfico de amplitude, de frequência e o espectrograma.

## Síntese

Comparando estas três aplicações, todas medem o nível de pressão sonora (SPL) devolvendo o valor de ruído em dB, registando o valor mínimo, máximo e médio do som gravado. No entanto, o Noise Capture apresentou uma precisão menos satisfatória em termos de níveis de pressão sonora, obtendo resultados acima de 40 em ambiente silencioso, enquanto as outras duas aplicações registaram entre 10dB e 30 dB.

Em relação à interface, as três aplicações fornecem informações claras e são fáceis de utilizar, mas a aplicação Decibel X destaca-se pelo aspeto gráfico mais atraente.

As três aplicações permitem visualizar gráficos e guardar o som ou vídeo para análises posteriores. Além disso, possuem a funcionalidade de identificação de localização GPS para associar o som ou vídeo gravado a um local específico. No entanto, o Decibel X apresenta alguns problemas durante a gravação de vídeo, como

os níveis de dB aumentando exponencialmente, mesmo quando os valores em tempo real estão muito abaixo desses níveis capturados.

A nossa proposta tem semelhanças a estas aplicações, mas tem oportunidade de realizar *upload* de ficheiros de som algo que essas três aplicações não oferecem, e a possibilidade de realizar gravação de som em tempo real. No entanto, a nossa aplicação não possui a funcionalidade de visualizar gráficos em tempo real. Optamos por criar uma aplicação de fácil compreensão, focada na análise de gráficos de sons pré-gravados.



# Capítulo 3

## 3. Modelo Proposto

Neste capítulo, é apresentada a análise realizada para os dois protótipos propostos, enquadrando os requisitos solicitados para cada uma das aplicações. Também são discutidos os problemas encontrados durante a análise, bem como as pré-avaliações realizadas pelos professores das escolas piloto. É apresentada uma visão geral da implementação, incluindo a demonstração dos designs dos ecrãs, a descrição individual de cada aplicação, a arquitetura da solução e as plataformas que foram escolhidas para desenvolver os dois protótipos.

### 3.1 Cenário 2 – Jogo educativo das energias

Nesta secção pretende-se formular as análises e justificações na realização de cada requisito pedido para o jogo das energias. Foi criado o Game Concept Document, para os primeiros esboços e ideias, organizando cada informação. As secções que se seguem serve para complementar esse documento.

#### 3.1.1. Requisitos

Esta secção tem como intuito formular os requisitos principais propostos para a implementação do jogo educacional sobre as energias primárias. No âmbito do projeto PAFSE foram definidos os seguintes requisitos:

- jogo com elementos de gamificação;
- jogado na plataforma de computador;
- não necessite do uso da internet para ser jogado;
- ter uma interface fácil de jogar, por exemplo, arrastar objetos;
- referenciar as energias primárias que existem para produzir eletricidade;
- apresentar indicadores que indicam a evolução ambiental e energética.

Ao analisar os três últimos requisitos principais, já se descreve o modo como o motor do jogo se vai compor. Quanto aos elementos de gamificação, é necessário escolher aqueles que melhor se adequam ao ensino. Neste caso, foi discutido um dos

elementos que pode ser considerado desmotivante para os jovens, o ranking. Este tema vai ser debatido numa secção mais à frente.

### **Requisitos para os elementos de gamificação**

Como referido, os elementos de gamificação têm de ser estrategicamente escolhidos para que o jogo não se torne aborrecido e desmotivante. Dado que o jogo retrata a produção de energia necessária para satisfazer a quantidade numa hora, é possível implementar um sistema de missões e desafios, onde cada missão corresponde a um período de uma hora num dia. Dessa forma, para cada hora do dia, o jogador precisa de produzir uma quantidade total de energia, a qual pode variar ao longo das horas, tornando o jogo desafiante para o utilizador.

Nos requisitos principais, é mencionado a existência de indicadores, como o custo de produção de energia para o ambiente, representado por uma taxa de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Caso exista incumprimento há uma multa que cada país deve pagar. Com base nessa informação, as penalizações ou recompensas são atribuídas ao desempenho do jogador, de acordo com as decisões tomadas durante a realização da missão. Dessa forma, um sistema de pontuações e de recompensas é implementado, onde a distribuição dos pontos é baseada na estratégia escolhida, e as recompensas ou penalizações são adquiridas através de moedas. Se a estratégia escolhida ultrapassa a taxa de CO<sub>2</sub> definida, o jogador recebe uma penalização, se isso não acontecer recebe uma recompensa.

Por último, o elemento de gamificação escolhido é a posição do ranking dos jogadores.

Assim, a listagem dos elementos de gamificação referidos, que estão enquadrados no jogo, são os seguintes:

- R1 - Sistema de pontuação;
- R2 - Sistema de recompensas;
- R3 - Sistema de missões;
- R4 - Desbloqueio de conteúdo;
- R5 - Tabela de ranking.

### **Requisitos para o motor do jogo**

Dos requisitos principais indicados, é possível listar os requisitos para o motor do jogo. Com a junção das componentes de gamificação indicadas, é possível definir mais algumas que se enquadram no motor do jogo.

Em relação ao ranking, juntamente com o sistema de pontuação, é necessária que essa informação esteja associada ao jogador e registada numa plataforma que possa

ser partilhada por outros jogadores. Sendo assim é necessário existir a autenticação do utilizador.

Outra componente de gamificação é o sistema de recompensas, onde os jogadores podem ganhar ou perder moedas. Ao permitir que o jogador tenha esse recurso, é possível utilizá-lo para comprar ou vender energias, pois algumas energias têm depósito de armazenamento que consegue guardar uma determinada quantidade.

O jogo tem missões que devem ser cumpridas e, sendo um jogo educacional, existe a possibilidade de falhar e corrigir os erros cometidos. Portanto, é possível repetir as missões quantas vezes for necessário.

Assim a lista dos requisitos para o motor do jogo é a seguinte:

- R6 - Realizar o registo do utilizador;
- R7 - Escolher uma das missões disponíveis;
- R8 - Voltar a repetir missões;
- R9 - Arrastar um dos cartões que representa uma das energias primárias para a zona do jogo;
- R10 - Selecionar a quantidade de energia que o cartão arrastado tem de produzir;
- R11 - Retirar a quantidade de produção de energia para um determinado cartão que se encontra na zona do jogo;
- R12 - Alterar os indicadores com base nas escolhas de cartões de energia e a sua quantidade de produção na zona do jogo;
- R13 - Validar a energia disponível no depósito de armazenamento para utilizar;
- R14 – A missão só termina quando o jogador cumprir e se estiver satisfeito com sua estratégia;
- R15 - Vender energias que tem energia disponível no depósito;
- R16 - Comprar energias;
- R17 - Mostrar informação sobre as energias.

## **Casos de utilização**

Após a definição dos requisitos propostos para cada parte e ao analisar, identificou-se os seguintes atores e casos de utilização.

### Atores:

- Jogador – realiza ações sobre os elementos do jogo;
- Sistema – gere os elementos do jogo.

### Casos de Utilização:

- Gerir ambiente e elementos – controla e gere o mundo do jogo;

- Evoluir indicadores – cada indicador tem uma reação a energia escolhida na realização da missão;
- Controlar a quantidade de energias – controla a quantidade de energia disponível, não sendo possível utilizar a energia que deixou de ter armazenamento;
- Registrar jogador – o jogador ao iniciar o jogo realiza o registo;
- Visualizar ranking – o jogador visualiza o ranking de cada jogador registado;
- Comprar e vender energias na loja – o jogador pode comprar energias na loja se tem moedas e pode vendê-las se tiver armazenamento no depósito;
- Visualizar energias utilizadas na missão – o jogador ao concluir uma missão pode ver as energias e as quantidades que foram utilizadas;
- Visualizar informação adicional – o jogador pode consultar as informações do jogo como as regras, as energias disponíveis e o significado de cada indicador;
- Repetir missão – o jogador pode repetir uma missão que tenha sido concluída;
- Selecionar missão – o jogador seleciona as missões que se encontram disponíveis;
- Arrastar energia para a zona do jogo – o jogador arrasta uma das energias disponíveis para a zona do jogo;
- Escolher a quantidade de energia – o jogador escolhe a quantidade de energia que pretende que seja produzida;
- Selecionar energia na zona do jogo – o jogador seleciona uma das energias na zona do jogo;
- Finalizar Missão – o jogador pode finalizar a missão quando cumprir com o que é pedido e estiver satisfeito com a sua estratégia;
- Visualizar recompensa – o jogador no final da missão vê as recompensas que recebeu;
- Pedir posição no ranking – o jogador no final da missão pode pedir a sua posição no ranking.

Com os casos de utilização detalhados, é apresentada a Tabela 3.1 que estabelece a ligação entre os casos de requisitos anteriormente propostos.

Tabela 3.1 – Ligação entre os casos e os requisitos para o cenário 2

Nome	Referências
Gerir ambiente e elementos	R14
Evoluir indicadores	R12
Controlar a quantidade de energias	R13, R11
Registar jogador	R5, R6
Visualizar ranking	R4
Comprar e vender energias na loja	R15, R16
Visualizar energias utilizadas na missão	R17
Visualizar informação adicional	R17
Repetir missão	R8
Selecionar missão	R3, R4, R7
Arrastar energia para a zona do jogo	R9
Escolher a quantidade de energia	R10, R11
Selecionar energia na zona do jogo	R11
Finalizar Missão	R14
Visualizar recompensa	R1, R2
Pedir posição no ranking	R5

Existem casos de utilização que são incluídos em outros casos. Nas figuras 3.1 e 3.2 encontra-se o diagrama UML dos casos de utilização associados a cada ator, propostos para este jogo.

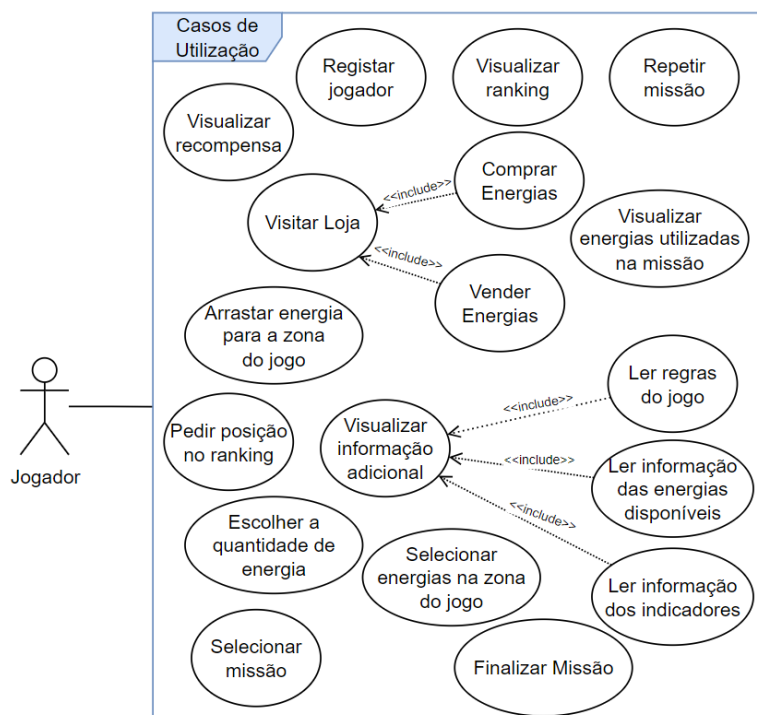


Figura 3.1 – Diagrama dos casos de utilizador que envolve o ator Jogador para o cenário 2

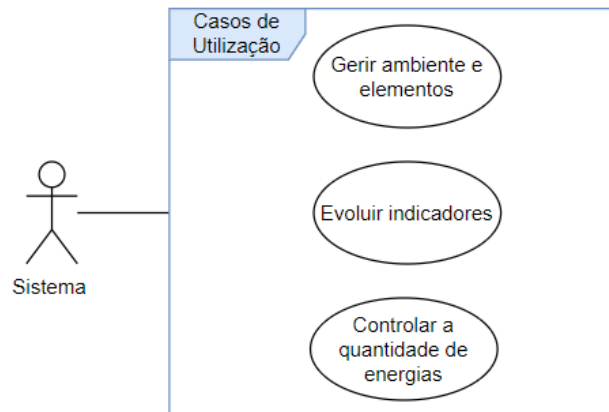


Figura 3.2 - Digrama dos casos de utilizador que envolve o ator Sistema para o cenário 2

### 3.1.2. Descrição do jogo educativo

O jogo sério proposto neste trabalho, com o nome Primary Energy, consiste num jogo para o 3ºCiclo, estudantes dos 7º, 8º e 9º anos de escolaridade, com idades entre os 12 e os 16 anos. A ideia é focada em fontes de energia, tais como: petróleo, gás natural, carvão, energia solar, energia eólica e energia hidroelétrica, sensibilizando para os impactos que podem ser causados ao utilizar uma dessas energias para ser capaz de produzir o suficiente para alimentar um país.

O jogo desafia os jogadores a aplicar os seus conhecimentos para realizar com sucesso as missões propostas. Cada missão é constituída por um período de horas (início e fim) e exigirá uma determinada quantidade de energia a ser produzida durante esse período para serem completadas.

O jogador tem disponíveis seis tipos diferentes de energia, entre os quais pode escolher para gerar a quantidade necessária solicitada pela missão. Cada tipo de fonte de energia apresenta suas próprias vantagens e desvantagens, as quais o jogador deve considerar usá-las para produzir a quantidade de energia para completar com sucesso a missão.

Este jogo tem como finalidade desafiar o jogador a criar estratégias que minimizem os impactos ambientais, como reduzir as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera ou minimizar ocupação do solo, enquanto são concluídas com sucesso as missões. No fim de cada missão, o jogador pode ganhar ou perder pontos e moedas, dependendo da estratégia escolhida para concluí-la, e, em seguida a próxima missão é desbloqueada.

Os jogadores podem utilizar moedas para comprar energia para encher o depósito de armazenamento para as fontes de energia que podem ser armazenadas, ou comprar painéis solares e turbinas eólicas para energias não armazenáveis. Além disso, é possível conseguir ganhar moedas vendendo a quantidade disponível no depósito.

Para produzir a quantidade de energia pretendida, os jogadores precisam selecionar um dos ícones de energias (cartões) e arrastá-lo para a área do jogo e, em seguida, escolher a quantidade desejada. Essa escolha causará mudanças em determinados indicadores ou parâmetros dentro do jogo.

Se a escolha realizada não agrada ao jogador, é possível remover a energia da zona do jogo, clicando no cartão que representa a energia, e escolher a quantidade que se pretende remover.

No início do jogo, uma quantidade máxima de armazenamento está disponível no depósito de algumas energias, e também um conjunto de painéis solares e turbinas eólicas são disponíveis. A quantidade de energias armazenáveis usada para completar a missão é retirada e refletida nas próximas missões.

### 3.1.3. Análise das tarefas

Esta secção, tem como intuito explicar as decisões tomadas e as suas justificações para cada opinião dada pela escolas piloto, como também a explicação da informação adquirida para conseguir criar um cenário mais realista, pela escolha dos valores que caracterizam cada energia e a envolvência que pode acontecer em cada missão.

## **Componentes do jogo**

Como se pretende criar um jogo sério para o ensino, é necessário realizar o levantamento da informação para o jogo se aproximar a um cenário real, tentando simular a produção de energia para uma hora utilizando as energias disponíveis e assim colocar os impactos que cada energia pode causar. Portanto, será apresentado as componentes que envolvem Primary Energy para poder simular um cenário real de produção de energia.

Como indicado Primary Energy vai ter seis energias sendo elas: petróleo, gás natural, carvão, energia solar, energia eólica e energia hidroelétrica, representadas na Figura 3.10. Cada uma delas vai ter a identificação da quantidade de energia a que equivale a quantidade de dióxido de carbono que é libertada e a sua ocupação do solo. Também contém a informação da quantidade que o depósito tem como armazenamento e a quantidade de painéis solares e turbinas eólicas que existem. Estes dados foram adquiridos por medidas e estimativas retiradas no ano 2021 [29]. Na Tabela 3.2, encontra-se a informação da quantidade do armazenamento no depósito, as emissões de dióxido de carbono e a ocupação do solo.

Tabela 3.2 – Representação da quantidade armazenamento, quantidade de energia, emissões de CO<sub>2</sub>, ocupação do solo e a disponibilidade na loja para cada energia

	Armazenamento	Energia	Emissões CO <sub>2</sub>	Ocupação do Solo	Loja
Petróleo	12 200 kWh	12,2 kWh	29,915 kgCO <sub>2</sub>	-	Compra e Venda
Gás Natural	13 400 kWh	13,4 kWh	25,4 gCO <sub>2</sub>	-	Compra e Venda
Carvão	6 500 kWh	6,5 kWh	12,041 kgCO <sub>2</sub>	-	Compra e Venda
Energia Solar	715 painéis solares	7 kWh	-	-	Compra
Energia Eólica	910 turbinas eólicas	5,5 kWh	-	-	Compra
Energia Hidroelétrica	31 374 kWh	1 kWh	-	0,038 ha	-

A unidade correspondente a ocupação do solo é hectares (ha). A unidade que corresponde a energia é quilowatt hora (kWh). A unidade para as emissões de CO<sub>2</sub> é quilograma CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>) ou grama CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>).

As energias representadas como kWh no armazenamento, correspondem à capacidade que o depósito desta energia pode armazenar, já para energia solar e eólica essa quantidade é a inicial e pode depois aumentar se existir compra desse material.

Nas energias renováveis assume-se que não produzem emissões de CO<sub>2</sub>. Na ocupação do solo a energia hidroelétrica é a única que realiza a ocupação do mesmo, assumindo que cada utilização desta energia equivale a uma descarga de água. Já as energias eólicas e solar não ocupam solo, pois é suposto que as instalações nos painéis solares sejam realizadas no telhado das casas e as turbinas eólicas ocupam muito terreno, mas permitem que haja retorno e na volta seja possível a utilização do mesmo.

Na compra e venda de energias, a energia hidroelétrica é a única em que não permite essa opção, pois sendo um recurso natural a partir da água, não assume a venda e a compra. Para a energia solar e eólica só é permitido comprar o material, nas energias não renováveis é possível as duas opções.

O resultado dos valores de energia para tipos de energia não renováveis resultou a partir do valor do poder calorífico convertendo de MJ/kg para kWh. Na Tabela 3.3 encontra-se o poder calorífico referente ao ano 2021 para este tipo de energias. Os valores das emissões de CO<sub>2</sub> estimou-se a partir dos dados da quantidade total de emissões de CO<sub>2</sub> para cada tipo de energia e a sua quantidade total de produção no ano 2021. Com base nesses dois valores consegue-se obter a quantidade de emissões de CO<sub>2</sub> a que equivale um cartão de energia. Na tabela 3.3 encontram-se esses valores.

Tabela 3.3 – Representação da quantidade calorífica, emissões CO<sub>2</sub> e produção para cada energia não renovável

	Poder Calorífico (MJ/kg)	Emissões Total CO <sub>2</sub> (MtCO <sub>2</sub> )	Total de produção (Mt kWh)
Petróleo	≈ 44.0	≈ 10230	≈ 4172
Gás Natural	≈ 48.3	≈ 7920	≈ 4176
Carvão	≈ 23,39	≈ 14850	≈ 8016

Para as energias renováveis a abordagem para adquirir os valores de energia foi diferente. Em relação à energia eólica, de acordo com a informação publicada em [30], uma turbina eólica é capaz de produzir 2MW num período de duas semanas. Convertendo essa quantia para uma escala horária, estima-se que a produção de energia de uma turbina eólica seja de 5.5kWh. Em relação à energia solar, com base na informação publicada em [31], estima-se que um metro quadrado de painel solar indica que durante o mês de máxima exposição solar, a produção energética chega a aproximadamente 7kWh, com os valores arredondados. Quanto à energia hidroelétrica, foi estabelecido que um cartão equivale a 1kWh de energia, sendo necessários 3600 litros de água para gerar essa quantidade. Utilizando esses parâmetros e considerando a aquisição de uma barragem com capacidade total de armazenamento de 31374 metro cúbicos e uma área inundada de 332ha [32], consegue-se prever que uma descarga de 3,6 metros cúbicos de água é capaz de ocupar uma extensão de 0.038 hectares.

Primary Energy disponibiliza 24 missões, as regras e ainda o tutorial que irá explicar como o jogo funciona. Estas 24 missões correspondem às 24 horas de um dia. Como num dia o clima pode alterar em caso de exposição à luz solar ou ao vento, a quantidade de energia que está representada na Tabela 3.2 para as energias solar e eólica vai variando ao longo das 24 horas. Essa quantidade de energia para as duas energias corresponde ao pico máximo que pode produzir. A Tabela 3.4 apresenta as percentagens por hora e o valor da energia resultante da parte do valor máximo da energia.

Tabela 3.4 – Representação dos valores de energia eólica e solar produzir para cada período de hora

Horas	Exposição solar (%)	Valor Energia Solar (kWh)	Exposição vento (%)	Valor Energia Eólica (kWh)	Quantidade total energia produzir(kWh)
00h-01h	0	0	100	5,5	4832,00
01h-02h	0	0	100	5,5	4332,00
02h-03h	0	0	98	5,4	4000,00
03h-04h	0	0	92	5,1	3750,00
04h-05h	0	0	89	4,9	3875,00
05h-06h	0	0	87	4,8	3900,00
06h-07h	5	0,4	81	4,5	5046,00
07h-08h	20	1,4	76	4,2	5100,00
08h-09h	35	2,4	63	3,5	6184,00
09h-10h	50	3,5	45	2,5	6340,00
10h-11h	65	4,6	27	1,5	6272,00
11h-12h	80	5,6	14	0,8	6247,00
12h-13h	100	7	10	0,6	6046,00
13h-14h	90	6,3	7	0,4	5902,00
14h-15h	70	4,9	12	0,7	6020,00
15h-16h	50	3,5	16	0,9	5984,00
16h-17h	30	2,1	20	1,1	5915,00
17h-18h	15	1,1	18	1,0	5912,00
18h-19h	5	0,4	20	1,1	6048,00
19h-20h	0	0	20	1,1	6408,00
20h-21h	0	0	27	1,5	6820,00
21h-22h	0	0	32	1,8	6559,00
22h-23h	0	0	38	2,1	6071,00
23h-24h	0	0	36	2,0	5522,00

Estas percentagens representadas na Tabela 3.4 são referentes a um dia de maio deste ano (2023) em Portugal em que se conseguiu produzir energia eólica e solar e o total médio de consumo de energia em cada período de hora [33].

A atribuição das recompensas e penalizações quando termina uma missão, ocorre com base na estratégia adotada, a qual é determinada pela quota de dióxido de carbono e ocupação de solo que foi estabelecida em cada missão. À medida que selecionam as energias para conseguir produzir a energia desejada, os indicadores do CO2 e ocupação do solo são alterados se essa energia tiver impactos relacionados com esses dois indicadores. Ou seja, se a estratégia que foi tomada se aproximar da quota de ocupação do solo que foi colocada como 332ha ou a quota de dióxido de carbono que foi de 7536964gCO2 começam a contar as penalizações que pode obter. A equação que define se o jogador está a optar por uma boa ou má estratégia é a seguinte:

$$y = -1.8 \times (\text{quantEnergy}\%) + 3.6 \times (\text{quantCO2}\% + \text{quantSolo}\%) \quad (1)$$

O parâmetro  $\text{quantEnergy}\%$  representa a quantidade de energia que foi adicionado na zona de jogo convertida em percentagem,  $\text{quantCO2}\%$ , a quantidade de CO2 presente na zona do jogo convertida em percentagem e  $\text{quantSolo}\%$ , a quantidade do solo ocupado presente na zona do jogo convertida em percentagem. As constantes 3.6 e -1.8 representam o limite onde o indicador consegue chegar, ou seja, o seu intervalo

vai de 1.8 a -1.8. Se os valores dos parâmetros  $\text{quantCO2\%}$  e  $\text{quantSolo\%}$  quanto mais baixo estiverem maior é a probabilidade do jogador conseguir uma recompensa, caso cheguem perto de 50% cresce a probabilidade de receberem penalização.

Os valores fixos representados na equação e o seu resultado, vão ser explicados no capítulo Implementação do Modelo.

### Feedback das escolas piloto

Na fase de análise, foram realizadas reuniões com os professores que são representantes das turmas piloto envolvidas neste projeto. Esses encontros foram realizados em apresentações mostrando o que iria ser desenvolvido e os desafios que o jogo iria apresentar. Nas primeiras reuniões foram discutidos alguns aspetos da gamificação, inclusive o ranking, que levantou alguns problemas. Como a tabela do ranking é uma componente que é vista por todos os jogadores que se registaram no jogo, decidiu-se limitar as posições do Ranking, mostrando só os três primeiros lugares. Não se incluiu as outras posições pois podia levar a influenciar a autoestima do utilizador com a sua posição visível para todos os jogadores. Contudo o jogador tem oportunidade de ver o seu ranking, no contexto mais reservado, optando pela escolha de o querer ver ou não quando a missão termina.

Em reuniões posteriores, como o jogo já estava praticamente implementado para ser submetido à primeira versão do jogo, foi apresentado o motor do jogo e demonstrado como jogar. Durante essa apresentação, surgiram várias críticas, uma das quais foi clicar várias vezes para adicionar a quantidade de energia que se pretende ao arrastar para a zona de jogo. Foram incluídas mais duas formas para poder adicionar a quantidade desejada que se encontra representada na Figura 3.11. Na Figura 3.3 encontra-se a versão zero desta funcionalidade.



Figura 3.3 – Representação da versão zero da funcionalidade para selecionar a quantidade de cartões

Outra crítica mencionada, está relacionada com o facto de aparecerem várias imagens da mesma energia na zona do jogo, tornando confuso saber o total que essa energia está a produzir. A solução encontrada consistiu em ter apenas um cartão para cada fonte de energia, com uma legenda indicando a quantidade total de eletricidade produzida, emissões de CO2 e ocupação do solo. A representação desta solução está na Figura 3.11. Na Figura 3.4 encontra-se a versão zero desta funcionalidade.



Figura 3.4 – Representação da versão zero dos cartões de energia distribuídos na área do jogo

Ao submeter a primeira versão a avaliação a uma turma da escola piloto (Figura 3.5), foi feita a observação de cada interação que os alunos realizam no decorrer do jogo. Nessa secção de avaliação houve vários pontos a melhorar no jogo, outros pontos foram sugeridos pelos professores responsáveis da turma piloto.

Um dos pontos a melhorar tem referência na dificuldade em saber o que fazer depois do registo, a solução a tomar foi colocar uma animação a referenciar que tem de clicar na primeira missão. Outro ponto a melhorar, foi o de não existir a perceção quando existe um ganho ou perda da recompensa, para resolver essa questão, foi implementada uma solução que envolve a utilização de cores: verde para indicar ganhos e vermelho para indicar perda. Além disso, os cálculos resultantes desses eventos, tanto para pontos quanto para moedas, foram incorporados, utilizando as cores indicadas proporcionando uma compreensão mais clara dos resultados.

Os professores sugeriram que devia existir um histórico onde seja possível consultar as energias utilizadas por cada missão e saber a quantidade de energia existente disponível em cada um dos tipos de energia. Outra sugestão foi na quantidade de energia que apresenta um cartão em que não utiliza mais que duas casas decimais para representar esse valor.

Um dos pontos sugeridos em relação às energias escolhidas para concluir a missão foi a de manter essas energias já pré-selecionadas na zona do jogo para a próxima missão. Contudo esse pedido foi negado, não se tornando um dos objetivos desse jogo pois em cada hora a quantidade de energia necessária a produzir é diferente.



*Figura 3.5 – Alunos a experimentar a primeira versão do jogo Energy Primary*

O jogo foi submetido a uma segunda avaliação com as melhorias e sugestões aplicadas na avaliação anterior. Nesta segunda avaliação os pontos que foram identificados são mais pontuais. Um deles é permitir voltar a repetir o tutorial. Outro ponto tem a ver com o motor do jogo que em vez de arrastar o cartão da área do jogo para onde foi retirada, permite clicar no cartão da zona do jogo e retira ou acrescenta a quantidade de energia que corresponde ao tipo de energia daquele cartão. Esta decisão foi tomada porque nas observações, a ação de remover a energia, arrastando o cartão para a zona onde foi retirada, tornava-se pouco intuitiva para os jogadores. Acrescentou-se também a visualização em tempo real da quantidade de energia acumulada na zona do jogo até chegar à quantidade de energia total para concluir a missão.

### 3.1.4. Design do jogo

A secção que se segue é uma componente chave para o desenvolvimento do jogo, pois representa a construção dos ecrãs em papel onde depois é feita a passagem para o ambiente gráfico. Nesta fase houve várias versões dos protótipos, pois em cada opinião ou crítica ou feedback das escolas piloto durante a fase da análise, os ecrãs eram sujeitos a alterações na fase do design. Os protótipos a papel e no Wireframes não foram sujeitos a estas alterações permanecendo com a ideia inicial para os ecrãs do jogo.

Como Primary Energy vai ser utilizado em computador, existe um maior desafio para conseguir aproveitar o espaço que o tamanho de um ecrã de computador proporciona e evitar colocar muitas componentes no mesmo ecrã tornando o confuso para o utilizador.

## Wireframes

Nas Figuras 3.8 e 3.9 estão representados dois Wireframes de dois ecrãs, não apresentando ainda o ambiente gráfico ou com mais pormenores, como a cor ou o tipo de letra. Porém para realizar estes desenhos foi preciso pensá-los com base nos requisitos que foram listados, começando por desenhar o motor do jogo, onde se encontra a parte principal do mesmo. Para chegar a este esboço, foi necessário pensar como colocar as seis energias destruídas pelo ambiente, o texto da missão, os indicadores e a zona do jogo onde são colocadas as energias que foram seleccionadas. O esboço do ecrã do jogo encontra-se representado na Figura 3.6.

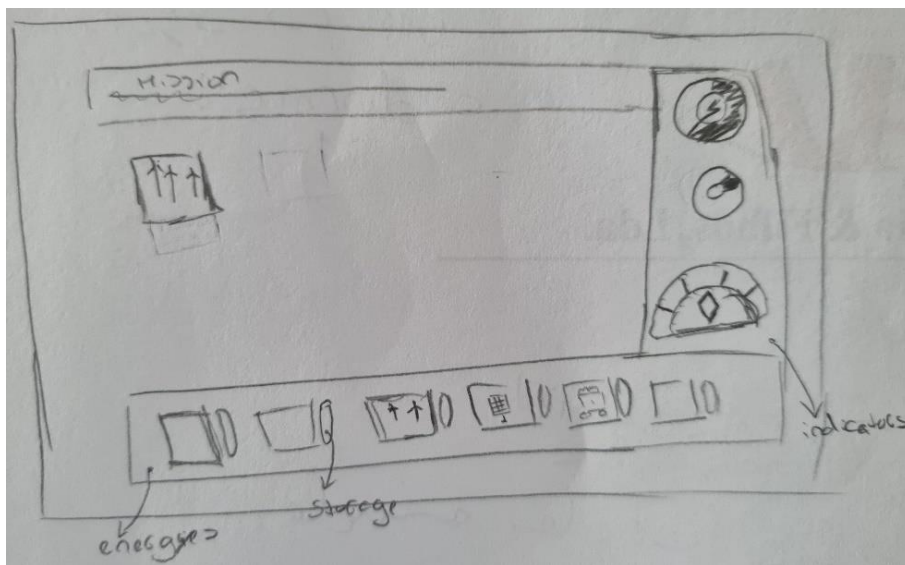


Figura 3.6 – Esboço para o ecrã onde ocorre o motor do jogo

Também foi realizado o esboço do ecrã onde se mostra as recompensas no final de cada missão, incluindo o lugar do ranking, o número de pontos e de moedas. Houve a necessidade de mostrar a informação das energias que contêm armazenamento, mostrando o resumo dos valores do antes e depois da quantidade disponível para cada energia. Na Figura 3.7 encontra-se o esboço do ecrã que aparece quando a missão termina.

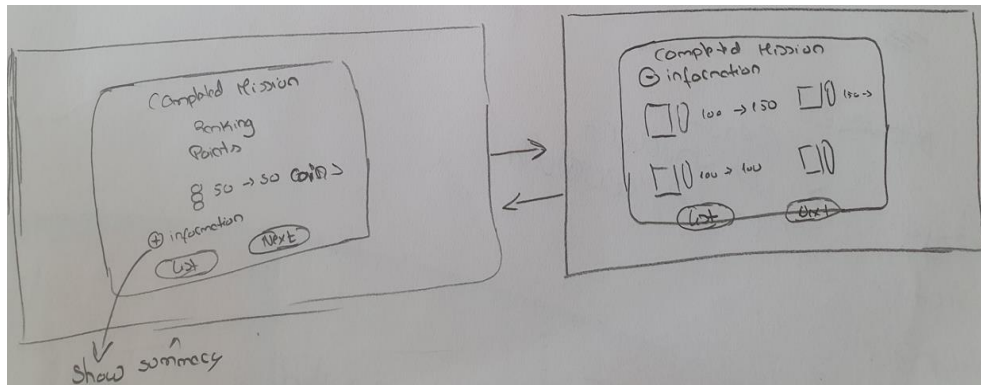


Figura 3.7 - Esboço do ecrã das recompensas ou penalizações quando o jogo termina

Para a criação dos Wireframes foi utilizado o Figma para se conseguir ter uma perspetiva mais realista dos possíveis ecrãs. A apresentação de cada um encontra-se representado no Apêndice A. Na Figura 3.8 e 3.9 encontra-se a representação dos dois ecrãs que foram apresentados no esboço em papel.

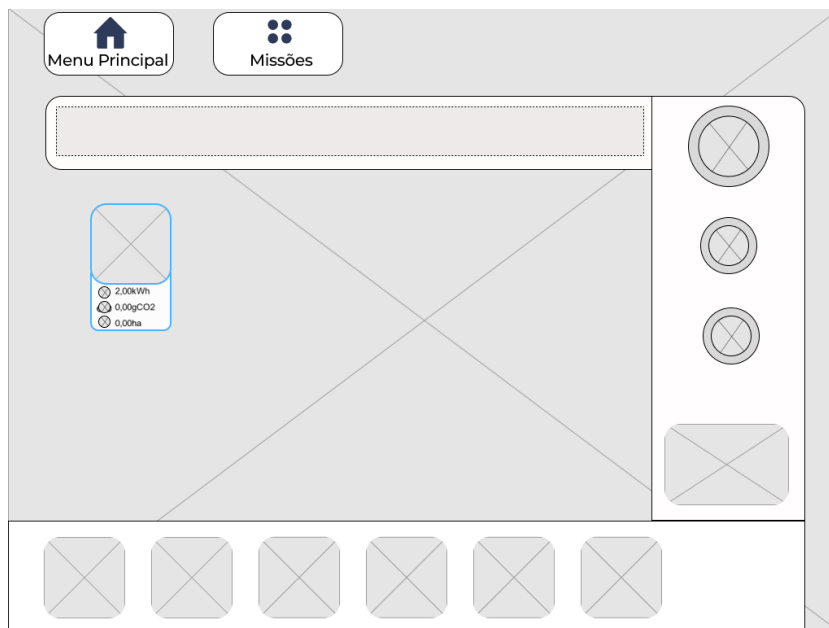


Figura 3.8 – Wireframe para o ecrã onde se situa o motor do jogo

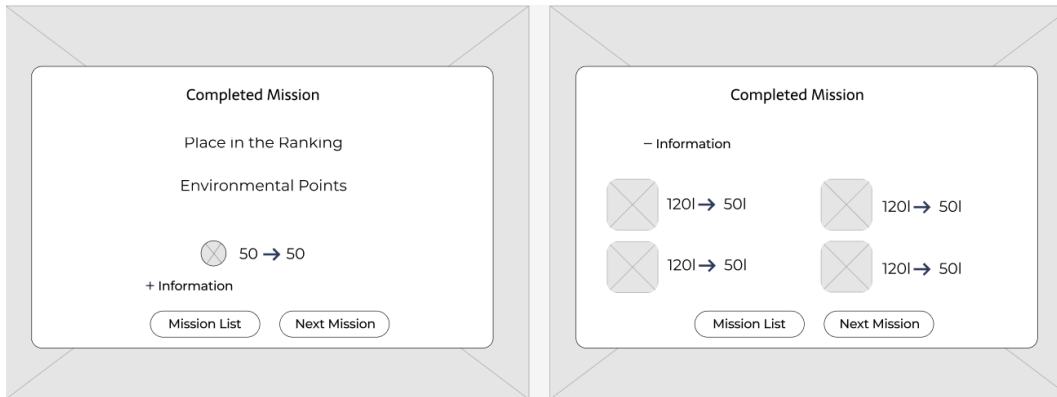


Figura 3.9 – Wireframes das recompensas ou penalizações quando o jogo termina

## UI Design

Os Wireframes realizados para cada ecrã, ainda não representam a componente de cores, o tipo de letra e a componente multimédia, ou seja, não é incluído o lado artístico. Aqui vão ser indicadas as cores e os aspetos do design artístico do jogo, incluindo as cores utilizadas e as componentes gráficas.

Na Figura 3.10 encontram-se representados os ícones utilizados, os indicadores, as imagens que representam cada cartão de energia e cada fundo. A imagem de fundo, é constituída por três tipos de fundo que indicam se a estratégia usada na missão foi boa, má ou neutra.

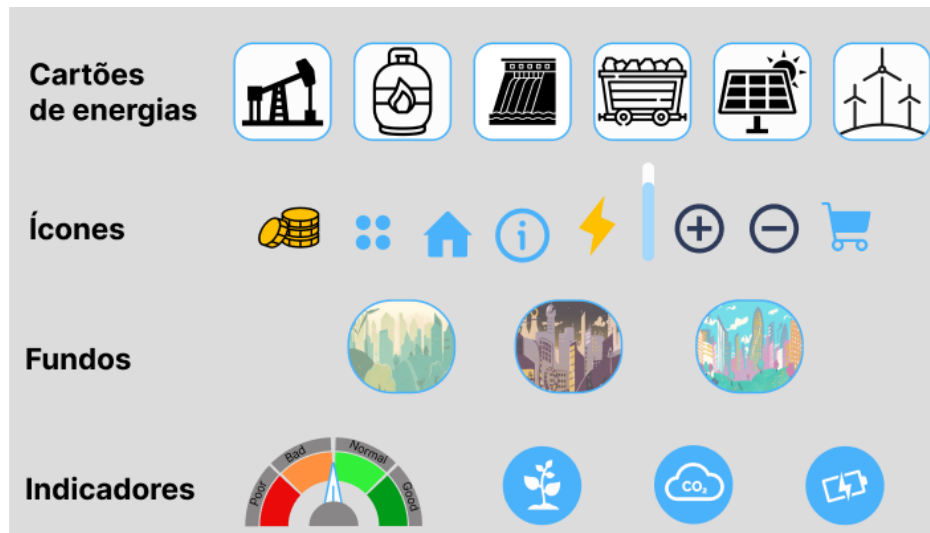


Figura 3.10 – Representação das componentes gráficas utilizadas no jogo

A Figura 3.11 apresenta o ecrã do motor do jogo, com a representação das soluções que foram citadas e referidas, com a legenda da quantidade de energia, emissões de CO2 e ocupação que um cartão representa ao ser colocado na zona do jogo. Também

inclui a representação das três soluções de selecionar a quantidade de energia a produzir que foi arrastada para a zona do jogo. Essas três soluções são representadas a partir dos ícones mais e menos, a caixa de texto e o *slider* bar. Como também a representação do somatório da quantidade de energia produzida na zona do jogo e ainda a que está a ser acrescentada em tempo real.

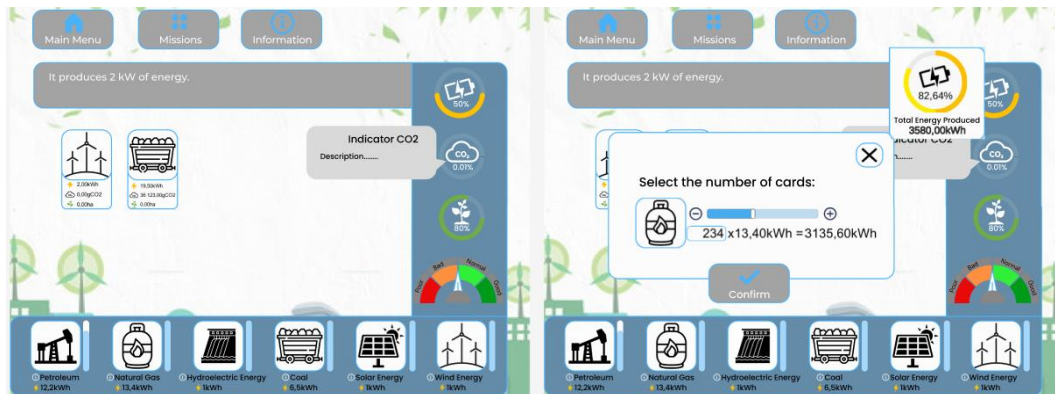


Figura 3.11 – Representação do ecrã do motor do jogo com o design aplicado

A representação dos outros ecrãs, encontra-se no Apêndice B. No ecrã das “Definições” foi feito o protótipo, contudo não se chegou a implementá-lo, pois não existiu funcionalidade para o mesmo durante o desenvolvimento.

### 3.1.5. Arquitetura da solução

A arquitetura da solução para desenvolver o jogo é representado na Figura 3.12. Como indicado o jogo foi desenvolvido para jogar no computador e foi programado na plataforma Unity. Existem dois tipos de base de dados, uma na cloud, onde as informações dos jogadores que se registaram no jogo são armazenadas, como o “id” do jogador que é gerado durante o registo e os seus pontos, o outro tipo de base de dados é local, e contem dois ficheiros no formato JSON, sendo um deles só de leitura que contem a informação do jogo, das energias e das missões, o outro ficheiro de leitura e de escrita contém a informação dos jogadores, dos pontos, moedas e as missões concluídas.

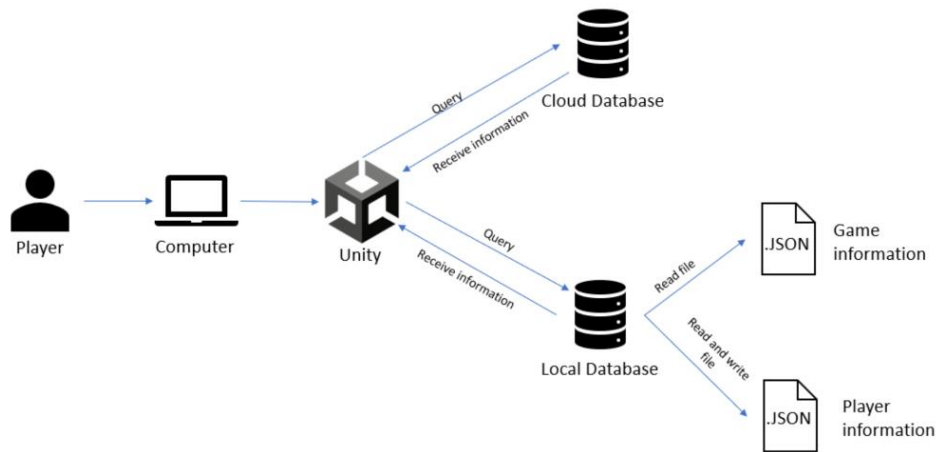


Figura 3.12 – Arquitetura da solução utilizando o executável do jogo via computador

A aplicação foi desenhada para funcionar em formato híbrido, ou seja, pode ser jogada sem necessidade de internet. O uso da internet só é necessário para visualizar as três primeiras posições do ranking, quando o utilizador terminar o tutorial, para que o “id” do jogador seja registado e quando o jogador desejar ver a sua posição no ranking. Na realização do registo o utilizador não precisa ter uma conta do Hotmail, Facebook ou Gmail. O registo é feito localmente, gerando um “id” que vai ser enviado para uma base de dados online. Ao adotar esta estratégia, os utilizadores que tem acesso limitado a internet podem jogar.

Contudo, existe um problema na comunicação do jogo à base de dados da cloud. Ao escolher o Firebase como base de dados online, não tem suporte para os aplicativos para a plataforma PC. Portanto, houve a necessidade de migrar o desenvolvimento feito na plataforma PC para WebGL, ou seja, para a web.

Com esta abordagem, é necessário criar um servidor local e os ficheiros deixam de ser consultados na diretoria local, passando a existir consulta no repositório da cache da página do browser. Esta consulta só é possível quando pela primeira vez o jogo é executado no browser e realiza a migração dos ficheiros locais para um repositório da cache. Na Figura 3.13 está representada a arquitetura da solução para este problema.

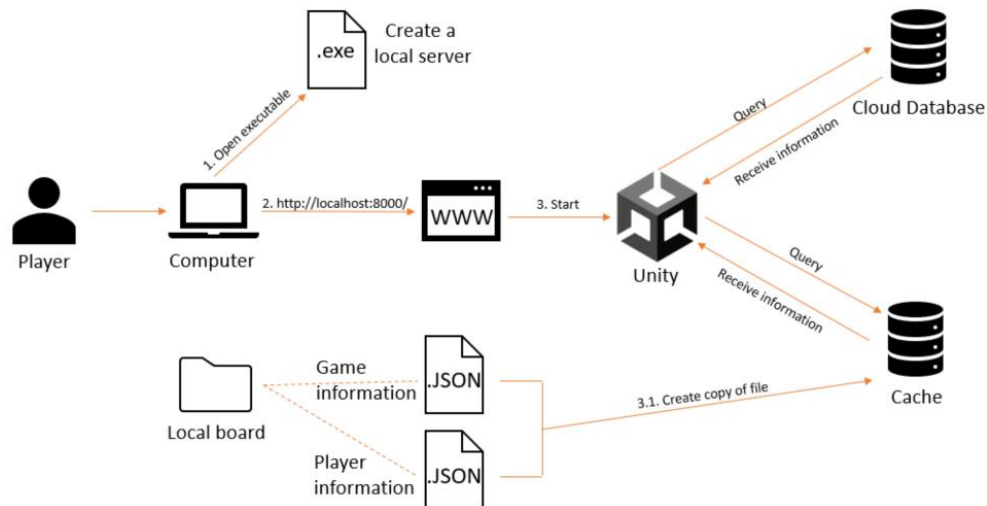


Figura 3.13 - Arquitetura da solução utilizando o browser para executar o jogo

## 3.2 Cenário 3 – Aplicação que realiza a captura e análise dos sons

Nesta secção pretende-se formular as análises e justificações na realização de cada requisito solicitado para o processo de construção de uma aplicação simples para dispositivos móveis. Esta aplicação tem a finalidade de capturar sons e apresentar a escala de ruído correspondente à intensidade do som registado. Além disso, busca consciencializar sobre os níveis de ruído aos quais as pessoas estão expostas.

### 3.2.1. Requisitos

Esta secção, tem como intuito formular os requisitos principais propostos para a implementação da aplicação que captura sons para fins educativos. No projeto foi definido que a aplicação fosse para dispositivos móveis. Pode-se realizar a gravação do som e realizar o carregamento de ficheiros de som que se encontram na memória do dispositivo móvel, obter o nível de ruído que o som contém, impactos que o som pode causar na saúde e visualizar o diagrama de espectro. Por isso, são enumerados os seguintes requisitos:

- R1 – Gravação de som;
- R2 – Carregar ficheiros de som;
- R3 – Aplicação para dispositivos móveis;
- R4 – Calcular os níveis do ruído;
- R5 – Desenhar o diagrama de espectro do som;
- R6 – Informação do som quanto às causas de saúde pública.

## Casos de utilização

Após a listagem dos requisitos propostos para cada parte e ao analisá-los, identificou-se os seguintes atores e casos de utilização.

### Atores:

- Utilizador – realiza ações sobre os elementos da aplicação.
- Sistema – gere os elementos da aplicação.

### Casos de Utilização:

- Gravar som – o Utilizador ao clicar do botão para gravar o som;
- Cronometrar o tempo de gravação – o Sistema controla o tempo do som gravado após o utilizador clicar no botão;
- Parar a gravação – o Utilizador pode parar a gravação que iniciou;
- Leitura do ficheiro do som – o Sistema converte o ficheiro de som para um conjunto de amostras após o Utilizador gravar o som ou selecionar um ficheiro de som;
- Realizar *upload* de um ficheiro do som – o Utilizador pode selecionar o ficheiro de som na memória no seu dispositivo móvel;
- Ouvir o som – o Utilizador pode ouvir o som selecionado ou gravado;
- Visualizar informações extras – o Utilizador pode visualizar a lista dos níveis de ruído os seus valores e descrições e os problemas de saúde associados ao ruído;
- Alterar o tipo de gráfico – o Utilizador pode alterar pelos três tipos de gráfico que representam o som selecionado;
- Visualizar gráfico – o Utilizador pode visualizar o gráfico selecionado e interagir com ele.
- Desenhar os gráficos – o Sistema desenha o gráfico convertendo as amostras para as coordenadas x e y;
- Visualizar dados de ruído do som – o Utilizador pode visualizar os vários níveis de ruído obtidos pela análise do som selecionado;
- Cálculo do ruído – o Sistema calcula o ruído do som para um conjunto de amostras.

Com os casos de utilização detalhados, é apresentada de seguida a Tabela 3.5 que estabelece a ligação entre os casos de requisitos anteriormente propostas.

Tabela 3.5 - Ligação entre os casos e os requisitos para o cenário 3

Nome	Referências
Gravar som	R1, R3
Cronometrar o tempo de gravação	R1
Parar a gravação	R1, R3
Ouvir o som	R1, R2, R3
Visualizar informações extras	R6
Realizar upload de um ficheiro do som	R2, R3
Alterar o tipo de gráfico	R6
Visualizar gráfico	R6
Visualizar dados de ruído do som	R4, R6
Leitura do ficheiro do som	R1, R2
Cálculo do ruído	R4
Desenhar os gráficos	R5

Existem casos de utilização que são incluídos em outros casos. Na Figura 3.14 encontra-se o digrama UML dos casos de utilização associados a cada ator, propostos para esta aplicação.

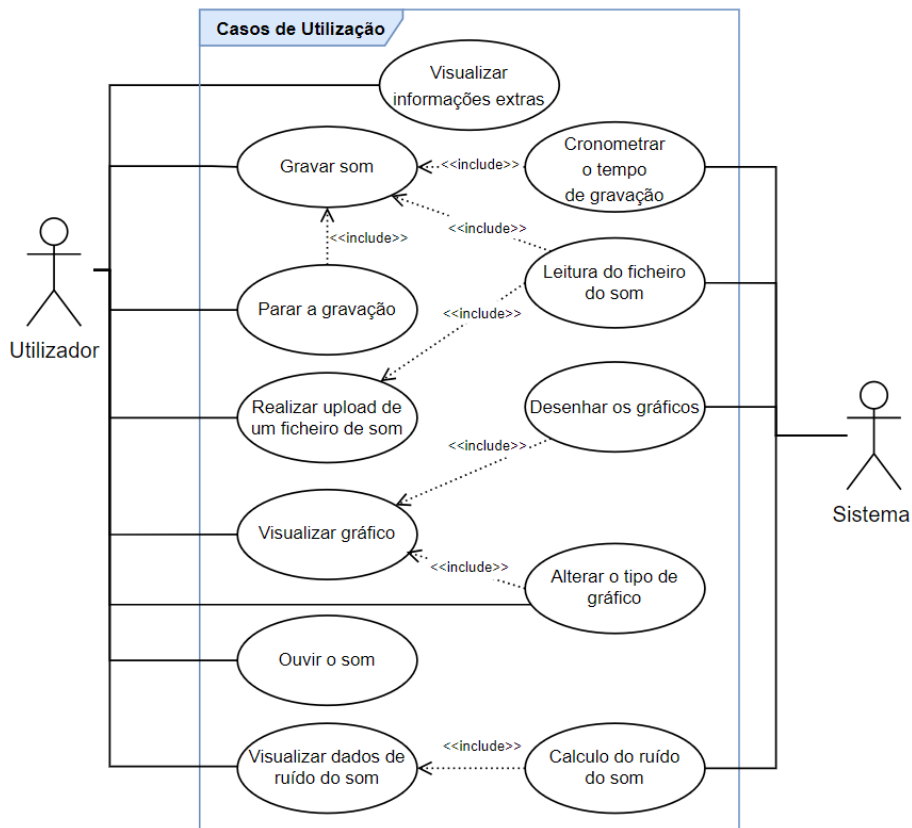


Figura 3.14 - Digrama dos casos de utilizador que envolve o cenário 3 com a integração dos atores

### 3.2.2. Descrição da aplicação

A aplicação proposta neste trabalho, com o nome Healthy Sound, consiste numa aplicação que permite gravar e carregar ficheiros de áudio, mostrando o diagrama de espectros do ecrã. Esta aplicação foi desenhada para os estudantes do 3ºCiclo, com idades entre os 12 e os 16 anos. A ideia é transmitir os impactos que o som tem quando são expostos a um determinado ruído por um período. Mostrando também outra visão do som ao apresentar três tipos de gráficos: gráfico de barras que mostra o nível de ruído para um conjunto de amostras; gráfico que representa o som no domínio do tempo e o gráfico do domínio da frequência (FFT).

A aplicação tem a opção de gravar o som que contém uma limitação de tempo. O utilizador pode parar a gravação do som que se iniciou permitindo seleccionar um ficheiro de áudio e ouvir o som seleccionado ou gravado.

O utilizador ao encontrar-se na zona que visualiza o gráfico de ruído, pode visualizar os valores em decibéis (dB) correspondentes ao mínimo, máximo e médio do som. Além disso, ao seleccionar uma das barras, que representa o nível de ruído de cada amostra, será exibido o seu valor em dB e a descrição onde se encontra posicionado na lista níveis de ruído.

Ao mudar para a zona onde é desenhado o gráfico no domínio do tempo, se o som representado tiver mais que 30 segundos, este é dividido em blocos de 30 segundos, podendo visualizar o som por completo.

Na zona onde é visualizado o gráfico do domínio da frequência, é apresentado o valor da frequência máxima que o ficheiro de som contém e a sua magnitude. Ao transformar as amostras do som para FFT é devolvido as frequências negativas e positivas, como se fosse um espelho. Aqui só são desenhadas as frequências positivas.

### 3.2.3. Análise das tarefas

Esta secção, tem como intuito explicar as decisões tomadas e as suas justificações dos levantamentos das ferramentas necessárias a utilizar para a implementação da aplicação.

## Componentes do ruído sonoro

Com o intuito de desenvolver uma aplicação para sensibilizar para o nível de ruído e apresentar algumas das consequências associadas à exposição a esse ruído, é necessário realizar um levantamento da informação para obter valores reais.

Para criar a lista de níveis de ruído, que abrange uma escala de 0 até 140 dB, é necessário incluir uma descrição para cada nível. Existem várias representações para

descrever cada nível de ruído, algumas mais detalhadas do que outras. Ao elaborar esta lista de níveis, tentou-se equilibrar o seu significado, descrevendo exemplos simples para que estudantes dessa faixa etária possam entender e tomar uma referência. Na Tabela 3.6, encontram-se os níveis que serão apresentados na aplicação.

*Tabela 3.6 – Lista de níveis de ruído e a sua representação*

<b>Níveis de ruído (dB)</b>	<b>Representação</b>
0	Limiar auditivo
10	Respiração
20	Vento nas folhas
30	Conversa em voz baixa
40	Chuva leve
50	Escritório silencioso
60	Conversa normal
65	Sala de aula barulhenta
70	Trânsito na rua
80	Carro
90	Motocicleta
100	Metrô
110	Estádio
120	Avião a jato
130	Sirene de Veículo de Emergência
140	Fogos de artifício

Há problemas de saúde associadas ao ruído, conforme apontado na fonte [34]. Quando os indivíduos são expostos a um determinado nível de ruído por um período prolongado, as consequências podem ser mais graves. Exemplos de problemas que os indivíduos ao serem expostos a esse ruído podem ter na saúde:

- Acufenos – zumbidos constantes nos ouvidos;
- Hiperacusia – sensibilidade extrema do ruído;
- Perturbações do sono;
- Ansiedade;
- Irritabilidade e agressividade;
- Perda de audição temporária ou permanente – que aumenta o risco de isolamento, depressão e outras doenças mentais.

Para além destes problemas causados pela exposição ao ruído sonoro, existe uma limitação que o aparelho auditivo consegue suportar em certos níveis de ruídos, sem proteção, antes de existir lesões. A tabela 3.7 apresenta os intervalos dos níveis de ruído e o tempo de exposição antes de produzir lesões.

Tabela 3.7 – Representação dos intervalos de nível de ruído e a exposição máxima de tempo

Níveis de ruído (dB)	Tempo máximo de exposição
0 - 79	-
80 - 85	8 horas por dia
86 - 91	2 horas por dia
92 - 94	30 minutos por dia
95 - 100	15 minutos por dia
101 - 106	4 minutos por dia
107 - 119	1 minuto por dia
120 - 140	Alguns segundos bastam para produzir lesão irreversível

## Desenhar os gráficos

Para desenhar os gráficos na aplicação, foram realizadas duas implementações. A primeira foi desenhar as imagens criadas pelo *plugin* ScottPlot [35] na zona em que é visualizado o gráfico. Contudo a componente System.Drawing utilizada no *plugin* para gerar uma imagem com o gráfico, não é suportada para dispositivos móveis.

A segunda implementação, foi utilizar as componentes que o Unity tem disponíveis. Para desenhar o gráfico de barras, é necessário criar um “GameObject” associado à componente de imagem e indicar as medidas, por exemplo, altura e largura. Para criar os gráficos no domínio do tempo e da frequência é utilizada a componente ‘Line Renderer’, que por cada coordenada de um ponto realiza o desenho da ligação entre pontos criados.

Contudo para esta segunda implementação existe limitação de memória, tanto na quantidade de objetos criados numa *scene*, como na limitação da criação de pontos. Para controlar estas limitações foram criadas abordagens para colmatar estes problemas. Uma delas consiste em dividir o som em blocos mais pequenos conseguindo assim desenhar cada um. A segunda abordagem envolve a limitação do máximo de 19 barras para serem criadas. Estas duas abordagens são explicadas com mais detalhe no Capítulo Implementação do Modelo.

## Componentes para a leitura do som

Dentro do Unity, estão disponíveis ferramentas que realizam a análise do som em tempo real. A partir da componente AudioSource existe uma classe nomeada como AudioClip, que oferece propriedades para adquirir informação como a duração do áudio e a frequência de amostragem, entre outras. Esta classe também tem métodos públicos, sendo um deles capaz de fornecer um conjunto de amostras do áudio.

Ao realizar a conexão com a entrada do som do dispositivo móvel e definir uma duração de tempo, é possível capturar o som gravado pelo microfone. Com o uso do AudioClip, é possível obter os valores de cada amostra.

Para conseguir carregar um ficheiro de som da pasta do dispositivo móvel para a aplicação, existe no Unity Asset Store um *plugin* que torna possível realizar essa funcionalidade [36]. O *plugin* Native Gallery permite interagir com a galeria ou fotos do dispositivo móvel, permitindo também aceder a vídeos ou ficheiros de áudio.

### **Plugin para calcular a FFT**

Na conversão das amostras do domínio de tempo para o domínio da frequência, foi utilizado uma biblioteca para realizar essa transformação. No decorrer da pesquisa por uma biblioteca que realiza esta transformação e que seja compatível para o Unity e para dispositivos móveis, encontrou-se três possibilidades.

Foram realizados testes entre as três para saber qual deles demora menos tempo a processar esta transformação e qual delas se aproxima da real, sem existir filtros de banda baixa pelo meio, ou seja, remoção de frequências baixas.

Das três, a FFT Fast Fourier Transform do Asset Store do Unity [37] foi aquela que mais tempo demorou a processar um ficheiro de som com dois minutos. Analisando a sua implementação, a transformação é feita de forma recursiva, justificando assim a sua demora e peso no seu processamento.

Entre as duas bibliotecas restantes, os tempos de processamento foram equivalentes. Contudo existe uma ligeira diferença nos resultados obtidos da FFT. No código fast-fourier-transform encontrado no repositório GitHub [38], o gráfico que representa a FFT não demonstra os picos de frequência do sinal, atribuindo igual peso a todas as frequências. Por outro lado, a biblioteca FftSharp [39] e a FFT disponível na Asset Store, destacam de maneira mais nítida as frequências mais elevadas. Na figura 3.15, é possível visualizar os dois gráficos FFT resultantes das duas bibliotecas, sendo o gráfico B, o que apresenta um tempo de processamento mais rápido.

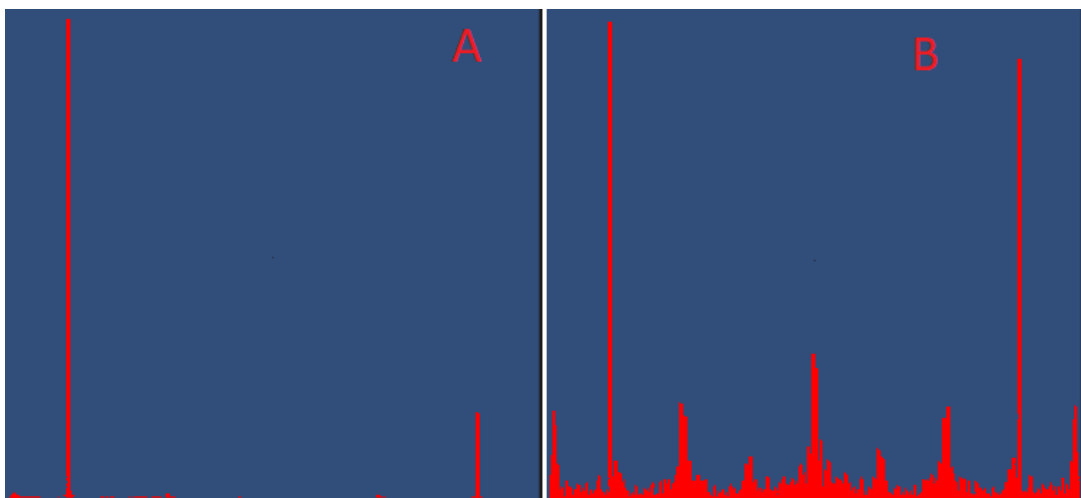


Figura 3.15 - Representação gráfica da FFT para duas bibliotecas. Gráfica A resultado da biblioteca *plugin* *FftSharp*. Gráfico B resultado do código *fast-fourier-transform* no repositório *GitHub*

Com estes resultados, optou-se por utilizar a transformação do domínio do tempo para domínio da frequência o plugin FftSharp.

### 3.2.4. Design da aplicação

A secção que se segue explica a apresentação do protótipo do ecrã desenvolvido da aplicação. Primeiro foi construído o ecrã em papel organizando as ideias e agrupando cada elemento de informação no ecrã do dispositivo móvel. No caso dos botões, são colocados na parte inferior do ecrã. Os gráficos são centralizados, permitindo visualizar um de cada vez. Os valores do nível de ruído são colocados na parte superior do ecrã. Na Figura 3.16, encontra-se o primeiro esboço do ecrã da aplicação.

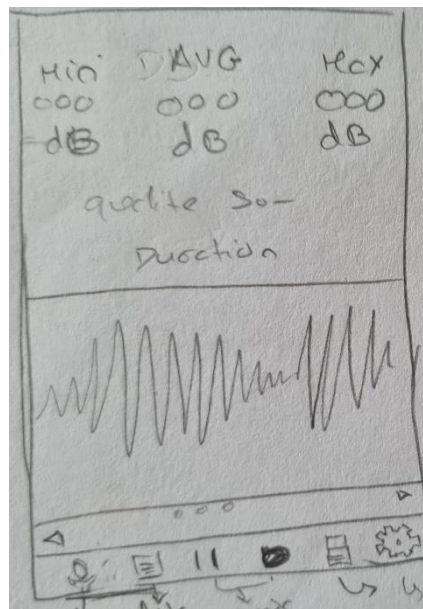


Figura 3.16 - Esboço realizado para o ecrã da aplicação do som

A Figura 3.17, apresenta o ecrã convertido do protótipo de papel para componentes gráficas, com a escolha dos ícones e cores. Houve algumas alterações em relação ao esboço inicial, como a quantidade de botões (um deles não está presente), e foi adicionada uma legenda em cada um deles. As setas que realizam a alteração dos gráficos, foram reposicionados para cima, no canto superior direito, em vez de estarem em cima da zona dos botões, permitindo assim que a representação dos eixos x e y fossem inseridos de maneira clara.



Figura 3.17 – Representação do ecrã da aplicação do som com o design aplicado

### 3.2.5. Arquitetura da solução

A arquitetura da solução para desenvolver a aplicação é apresentada na Figura 3.18. Como indicado a aplicação foi desenvolvida para dispositivos móveis e foi programada na plataforma Unity. Existem dois tipos de *plugin* que são utilizados para obter dados para aplicação. Um deles é o *plugin* para transformar as amostras de som no domínio do tempo para o domínio da frequência. O outro é um *plugin* nativo para aceder às pastas do dispositivo móvel, neste caso foi definido aceder à pasta onde se encontram os ficheiros de áudio.

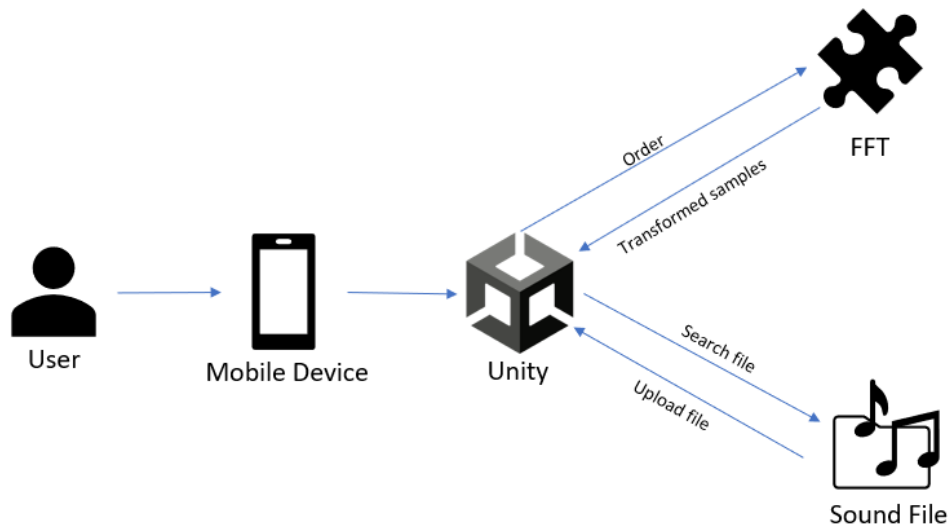


Figura 3.18 - Arquitetura da solução da aplicação do som

### 3.3 Escolha da plataforma de desenvolvimento

Nesta secção pretende-se indicar as justificações da escolha das tecnologias usadas para desenvolver estes dois cenários propostos. Foram seleccionados três tipos de plataformas para funcionalidades diferentes, uma para criar os protótipos dos ecrãs de cada um dos cenários, outra para o desenvolvimento dos dois cenários e para guardar a informação online para ser utilizada no cenário 2.

#### Plataforma de desenvolvimento dos protótipos dos ecrãs

Para o desenvolvimento dos protótipos dos ecrãs foi utilizado o Figma [40]. Trata-se de um software focado no desenvolvimento de sistemas de design gráfico, prototipagem de interface gráfica de usuário e desenvolvimento de UI/UX (user interface/ User Experience).

Esta ferramenta utiliza a computação em nuvem, o que significa que os arquivos e projetos são armazenados online, permitindo o desenvolvimento colaborativo em tempo real com outros utilizadores remotamente, e assim construir o design dos ecrãs e realizar uma simulação para se conseguir realizar as primeiras avaliações do protótipo.

#### Plataforma de desenvolvimento

Foram seleccionadas duas possíveis plataformas para realizar estes dois cenários, que são: Unity [41] e LibGDX [42]. O Unity é uma plataforma de software trabalhando em C#, com uma componente mais mista entre a parte gráfica e código. O LibGDX é

uma biblioteca que trabalha em linguagem Java, trabalhando a maior parte em código para desenvolver uma componente gráfica. Na Tabela 3.8 encontram-se as diferenças das duas tecnologias em relação a algumas características.

Tabela 3.8 – Características do Unity e LibGDX para algumas categorias

	Unity	LibGDX
Linguagem	C#	Java
Instalação	A evolução do software, serviu para que a instalação e controlo de versões melhora-se face a versões antigas.	Um pouco mais fácil a instalação por existir menos dependências.
User Interface	Mais fácil a criação de desenvolvimento do design. Não necessita aplicar muitas linhas de código.	Não existe, implicando mais tempo de desenvolvimento. Para implementar desenvolvimento de design implica realização de código.
Release process	Obter o executável do projeto é mais fácil, para qualquer tipo de plataforma e é mais fácil realizar a alteração de configurações.	Mais complicado para obter o executável do projeto, realizando vários passos intermédios.
Base dados local e online	Base de dados local é possível criar e guardar informação por ficheiro ou por base de dados. Possível realizar comunicação com base de dados online.	Base de dados local é possível criar e guardar informação por ficheiro ou por base de dados (um bocado mais complicado). Possível realizar comunicação com base de dados online.
Animação	Não necessita da implementação de código.	Necessário criar código para as várias frames da animação.

Os dois cenários vão ter muita componente gráfica, envolvendo também a componente do som. Para realizar o desenvolvimento foi escolhido o Unity. Segue-se uma descrição do que é o Unity e que ferramentas são disponibilizadas pela plataforma.

O Unity é um software para desenvolver jogos e criação de conteúdos interativos, que oferece uma variedade de ferramentas e recursos para criar jogos e aplicações em 2D e 3D. Com ele é possível criar jogos e aplicações para dispositivos móveis, computadores, consolas de jogos, web e até mesmo dispositivos de realidade virtual e aumentada. A plataforma suporta a criação de conteúdo tanto em 2D e 3D, oferecendo recursos avançados de renderização, física, áudio e efeitos especiais.

O Unity adota uma abordagem baseada em componentes, onde os elementos do jogo são construídos a partir de entidades chamadas “GameObject” inseridos numa

“scene”. Cada entidade pode ter *scripts*, componentes e comportamentos específicos, permitindo a criação de interações complexas e personalizadas.

Além disso, o Unity oferece uma loja de ativos integrada, onde é possível encontrar uma variedade de recursos prontos para utilizar, como modelos 3D, texturas, efeitos sonoros, *scripts*, acelerando assim o processo de desenvolvimento.

Com suporte para várias plataformas e uma comunidade ativa, o Unity é amplamente utilizado na indústria de jogos, permitindo que os utilizadores criem experiências imersivas e envolventes.

### **Plataforma para guardar informação na cloud**

Existem várias plataformas para conseguir guardar a informação dos jogadores e das suas pontuações online. Encontramos duas adequadas: Firebase [43] e o Cloud Save Unity [44]. Estas duas assim como outras que foram analisadas, têm a limitação de leitura, memória e escrita.

No Firebase, é permitido realizar leitura de dados até 50mil vezes por dia e de escrita até 20mil vezes por dia. A versão gratuita também oferece um limite de armazenamento de 1GiB. Ao serem realizados os cálculos e considerando uma turma de 29 alunos, onde cada aluno joga no seu próprio computador para completar as 25 missões, é obtido os seguintes resultados:

- É possível escrever 725 vezes;
- Quanto à leitura pode chegar 2mil ou mais, visto que é possível realizar a leitura na base de dados online em dois formatos, quando a missão é concluída ou na lista de classificação.

Foi planeado a limitação da leitura no final de cada missão, uma vez que o jogador pode escolher se quer ver a sua posição no ranking ou não. No pior dos cenários, a ultrapassagem da cota pode ocorrer, por exemplo, caso várias turmas utilizem o jogo simultaneamente no mesmo dia.

No caso Cloud do Unity é permitido realizar a leitura e escrita um milhão de vezes por mês e o armazenamento chega a 5GiB, contudo existe a dúvida se ao fim de um mês esses dados ficam na cloud ou são eliminados.

Comparando estas duas plataformas, em termos de escrita pode ser mais vantajoso usar o Cloud em vez do Firebase. Na leitura não existe diferença entre as duas plataformas. No entanto, durante um mês o Firebase consegue fazer mais leituras por mês do que o Cloud. Contudo, é necessário obter todos registos dos jogadores que se registaram no jogo para se conseguir apresentar os três jogadores que se encontram no pódio. O Cloud não tem a funcionalidade de obter todos os jogadores registados e com isso deixa de ser opção.

Sendo assim foi escolhido o Firebase para integrar a base de dados online do jogo. Descrevendo em poucas palavras o Firebase, é uma plataforma desenvolvida pelo Google que oferece vários serviços e ferramentas para ajudar a criar e gerir aplicativos móveis e web de forma eficiente. É baseado em nuvem, o que significa que os dados e recursos são armazenados e processados em servidores do Google.

O Firebase fornece vários recursos, como a autenticação de utilizadores, a construção de uma base de dados no formato NoSQL, e assim consegue armazenar os dados que são enviados ou recebidos em tempo real e outros.



# Capítulo 4

## 4. Implementação do Modelo

Neste capítulo é descrito a implementação que foi realizada para desenvolver a parte programática dos dois cenários propostos. De forma a enquadrar o leitor no processo de implementação, todos os passos de criação dos dois cenários são explicados e detalhados, com maior ênfase nos pormenores mais importantes referentes a cada etapa.

O mesmo encontra-se dividido em duas secções, cada uma referente a um dos cenários. Cada secção encontra-se dividida pelas fases que foram realizadas na implementação. Em cada fase é feita a apresentação da estrutura da base de dados, passando pela organização estrutural do desenvolvimento e a explicação de alguns pontos chave para a concretização da implementação para conseguir alcançar os requisitos propostos.

### 4.1 Jogo Primary Energy

Esta secção descreve os desenvolvimentos programáticos feitos para realizar os requisitos definidos para a aplicação Primary Energy. Aqui, vai ser apresentada a estrutura de base de dados com as entidades necessárias para suportar a informação requerida. Além disso, são detalhadas a organização estrutural do código desenvolvido e as ligações entre cada ecrã criado para cumprir os requisitos. Será também feita uma descrição do desenvolvimento implementado em várias partes que compõem o cenário 2.

#### 4.1.1. Modelo de dados

Conforme mencionado na secção da arquitetura da solução para o cenário 2, o jogo vai ter dois tipos de base de dados: uma local e outra online. Ambas as bases de dados são do tipo não relacionadas.

A base de dados local é representada por dois ficheiros JSON. Um deles guarda as informações relacionadas ao jogo (Figura 4.1), enquanto a outro contém os dados dos jogadores registados na máquina onde o jogo está sendo executado (Figura 4.2).

Com as características definidas da Primary Energy, o jogo é essencialmente baseado em energias e missões. Sendo assim é necessário guardar a informação sobre as energias que existem, incluindo as suas características como a quantidade que produz de energia, ocupação do solo e dióxido de carbono. Estas quantidades representam um cartão para cada energia. Além disso, é importante registar a capacidade de armazenamento de energia ou de objetos (painéis solares ou turbinas eólicas). O atributo “typeArmaz” pode ter o valor ‘obj’, indicando energias compostas por painéis solares ou turbinas eólicas, ou o valor ‘kWh’, representando as outras energias que possuem armazenamento no depósito.

É também necessário guardar a lista de missões. Cada missão é caracterizada pelo seu número, o texto onde contém a informação do objetivo, a quantidade total de energia a ser produzida e a quantidade de energia que cada cartão pode produzir com base na hora indicada na missão. As estruturas destas duas entidades encontram-se representadas na Figura 4.1.

```

{
  "missoes": [
    {
      "numero": int,
      "text": text,
      "energiaDisponivel": {
        "solar": float,
        "petroleo": float,
        "hidroeletrica": float,
        "eolica": float,
        "gasNatural": float,
        "carvao": float
      },
      "energiaTotal": float
    }
  ],
  "energias": [
    {
      "nome": text,
      "quantEnergia": float,
      "emissaoCO2": float,
      "solo": float,
      "quantTotalArmazenada": float,
      "typeArmaz": text
    }
  ]
}

```

Figura 4.1 – Entidades que apresenta as Missões e Energias no formato JSON

Para a informação do jogador, é necessário guardar o seu identificador e nome, além da quantidade de energias que tem disponíveis. Essas quantidades serão atualizadas quando é realizada uma missão ou efetuado uma compra ou venda na loja. Também é necessário saber que missões o jogador concluiu e com que prestação realizou cada uma das missões (através do atributo ‘indicador’). Além disso, é importante registar as energias utilizadas para concluir cada missão, pois esses dados serão usados para apresentar no ecrã em cada missão concluída.

Para realizar a repetição de missões criou-se a estrutura “transationSave”, que regista os valores de energia disponíveis, pontos e moedas do jogador quando uma missão é concluída. Essa estrutura é criada cada vez que uma missão é finalizada,

garantindo que os dados relevantes sejam mantidos para futuras repetições de missões.

```

{
  "jogadores": [
    {
      "id": text,
      "nome": text,
      "missoes": [
        {
          "numero": int,
          "indicador": text,
          "energiasUsadas": [
            {
              "nome": text,
              "energia": float,
              "co2": float,
              "solo": float
            }
          ],
          "transationSave": {
            "energiasGastas": {
              "hidroeletrica": float,
              "gasNatural": float,
              "carvao": float,
              "petroleo": float,
              "eolica": float,
              "solar": float
            },
            "coins": int,
            "pontos": int
          }
        }
      ],
      "coins": int,
      "pontos": int,
      "energiasGastas": {
        "hidroeletrica": float,
        "gasNatural": float,
        "carvao": float,
        "petroleo": float,
        "eolica": float,
        "solar": float
      }
    }
  ]
}

```

Figura 4.2 - Entidade que apresenta a informação do Jogador no formato JSON

Na base de dados *online* vai ser utilizado o Realtime Database do Firebase. Os dados são armazenados no formato JSON e sincronizados em tempo real para cada cliente. O Firebase permite guardar noutra forma os dados a partir do Cloud Firestore, armazenando dados em documentos que contêm campos de valores, cada documento encontra-se dentro de uma coleção. Como só se pretende guardar a informação do identificador, nome e os pontos do utilizador, não é necessário utilizar Cloud Firestore para uma estrutura simples. Na Figura 4.3 encontra-se a estrutura JSON para guardar a informação.

```

users
  idUser
  nome: 'text'
  pontos: int

```

Figura 4.3 – Estrutura JSON que guarda a identifica o jogador online

### 4.1.2. Organização Estrutural

Com base no levantamento dos requisitos, é necessário criar seis *scenes*: o motor do jogo; a loja; a lista de missões; o registo do utilizador; a listagem do ranking e a obtenção de informação. Para estruturar as ligações entre as *scenes* foi necessário acrescentar mais quatro. Duas delas servem para conseguir realizar a ligação entre as *scenes* e as outras duas servem para conseguir libertar lógica que envolve o motor do jogo. Uma delas implementa a lógica do tutorial, e a outra implementa a lógica das recompensas assim como o resumo das energias gastas na conclusão da missão.

No capítulo do Design do jogo, encontra-se a representação de todos os ecrãs a serem criados. Falta referir as *scenes* criadas para representar cada ecrã e as condições que permitem ao utilizador navegar por cada *scene*. Essas ligações estão representadas na Figura 4.4. De notar que quando é a primeira vez que o utilizador se regista, não passa por uma das *scenes* indo diretamente para a lista das missões para realizar o tutorial, caso ele deseje realizá-lo.

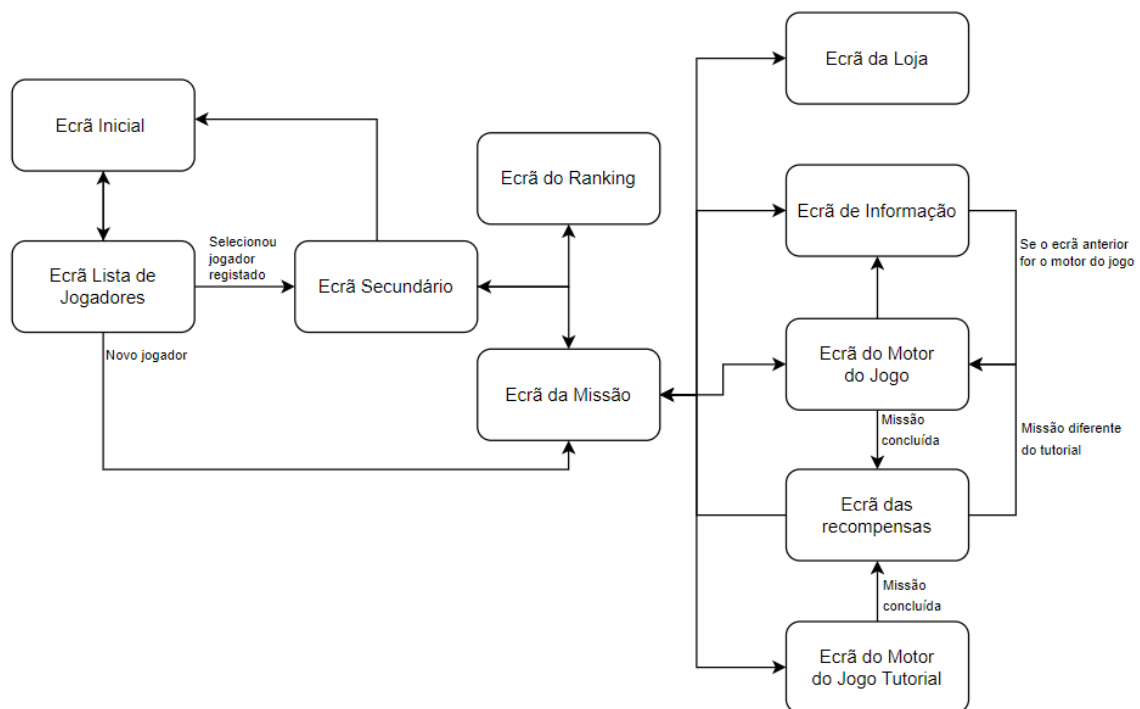


Figura 4.4 - Diagrama de estrutura de 'scenes' do jogo Primary Energy.

Com as *scene* representadas, é necessário listar os *scripts* que vão ter a lógica para conseguir responder às funcionalidades que são necessárias para integrar em cada uma das *scenes*. Na Figura 4.5 encontra-se a representação das três camadas: Apresentação; Domínio e Acesso a dados.

Na camada “Acesso a dados”, encontra-se todos os *scripts* que realizam a leitura e a escrita dos ficheiros JSON. O ficheiro com o nome “StructureJson” contém as estruturas representadas nas Figuras 4.1 e 4.2. Nessa mesma camada também se

encontra a comunicação ao Firebase e um dos *scripts* que guarda a informação para ser partilhada entre as *scenes*.

Na camada “Domínio” encontram-se os *scripts* relacionados às animações das componentes, à gestão das interações realizadas pelo utilizador, aos *scripts* que trabalham com a apresentação e aos que guardam as informações dos cartões de energia ou dos indicadores durante a execução da *scene*.

Na camada “Apresentação”, são apresentadas as dez *scenes* criadas.

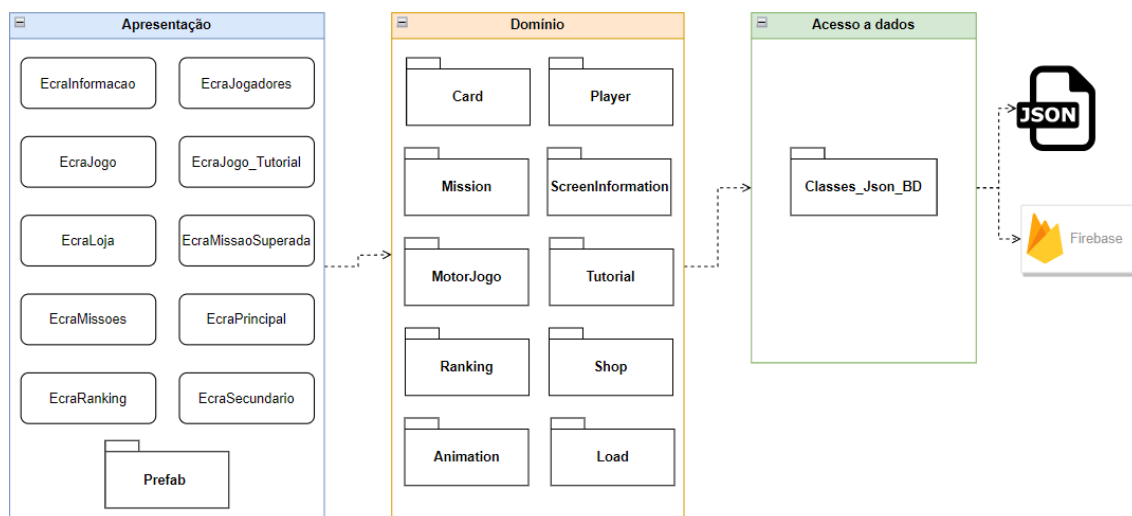


Figura 4.5 – Representação das três camadas e as partes que as representam.

A representação da Organização Geral para cada camada é apresentada no Apêndice I, onde se encontram os nomes de cada script e de cada *prefab* como a interligação entre eles.

### 4.1.3. Autenticação

A autenticação é uma característica muito usada nas aplicações atualmente, sendo possível utilizar a autenticação a partir de redes sociais, contas de Gmail ou por email. Isto permite criar uma chave única que identifica o utilizador que realiza a autenticação permitindo guardar cada interação feita pelo mesmo. Contudo esta autenticação é realizada via local, criando um identificador único.

Ao abrir o jogo no browser, existe uma migração dos ficheiros locais para a cache caso não existam esses ficheiros, é criada a **instância** da classe “ManagerInstanceInf” indicando que não será destruída quando existe mudança de *scene*. Esta **instância** tem o papel de guardar informação para trocar entre *scenes*. Iniciando o jogo é apresentado a lista de jogadores registados e a opção de se registar (Figura 4.4).

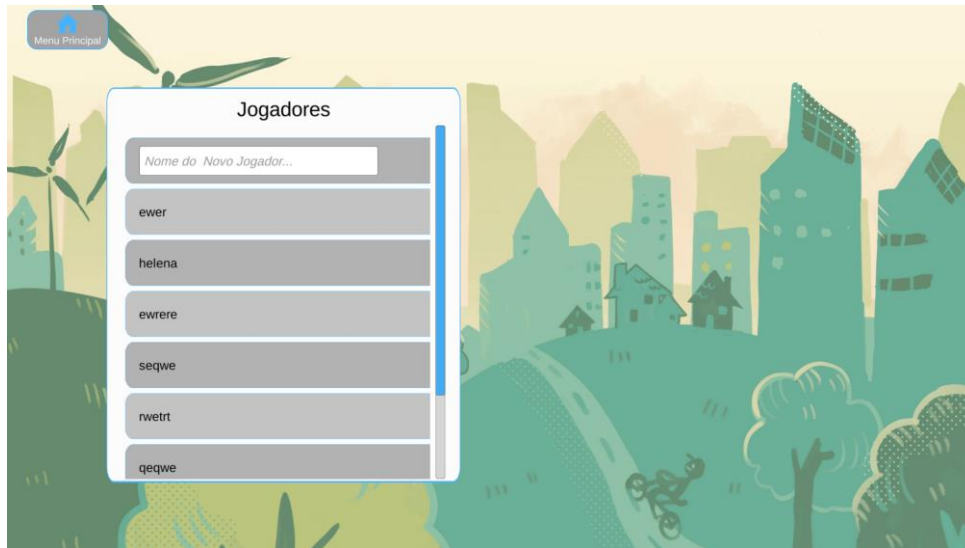


Figura 4.6 – Página com a listagem dos jogadores registados na máquina e a funcionalidade para registar o novo jogador

O jogador regista-se localmente sem a existência de Internet para realizar esta funcionalidade. O registo é feito pedindo para inserir um nome com mais de quatro caracteres, ao confirmar a criação do utilizador é criado um identificador que representa este jogador. Esse identificador é criado a partir do gerador de GUID e depois é acrescentado um número que representa a numeração de jogadores registados no dispositivo local. Com o identificador criado é adicionada a estrutura do jogador no ficheiro com a quantidade de energias disponíveis inicialmente (Tabela 3.2). Esse identificador fica guardado na **instância** que foi criada no início, para nas futuras interações quando existir uma atualização na estrutura ser mais fácil identificar o utilizador.

Concluindo esta fase o utilizador é transitado para outro ecrã que inicia a introdução do jogo e o início do tutorial caso o utilizador o queira realizar. No fim do tutorial ou se o utilizador já passou para a próxima missão, e se o dispositivo tiver acesso à Internet, realiza o registo no Firebase deste novo jogador, realizando assim a primeira comunicação a base de dados online. A partir deste registo o utilizador só realiza a conexão quando quer visualizar a sua posição no ranking ou quando chega ao fim de todas as missões.

Na Figura 4.7, é apresentado o diagrama de sequência de uma das primeiras fases Primary Energy. Nesta fase, o processo de autenticação é iniciado, incluindo a listagem dos jogadores registados localmente e a disponibilização de um campo para o registo de novos jogadores. Os diagramas de sequência dos casos de utilização “Registar Jogador” e “Selecionar Jogador” estão representados nas Figuras H.2 e H.3 respetivamente, situadas no Apêndice H.

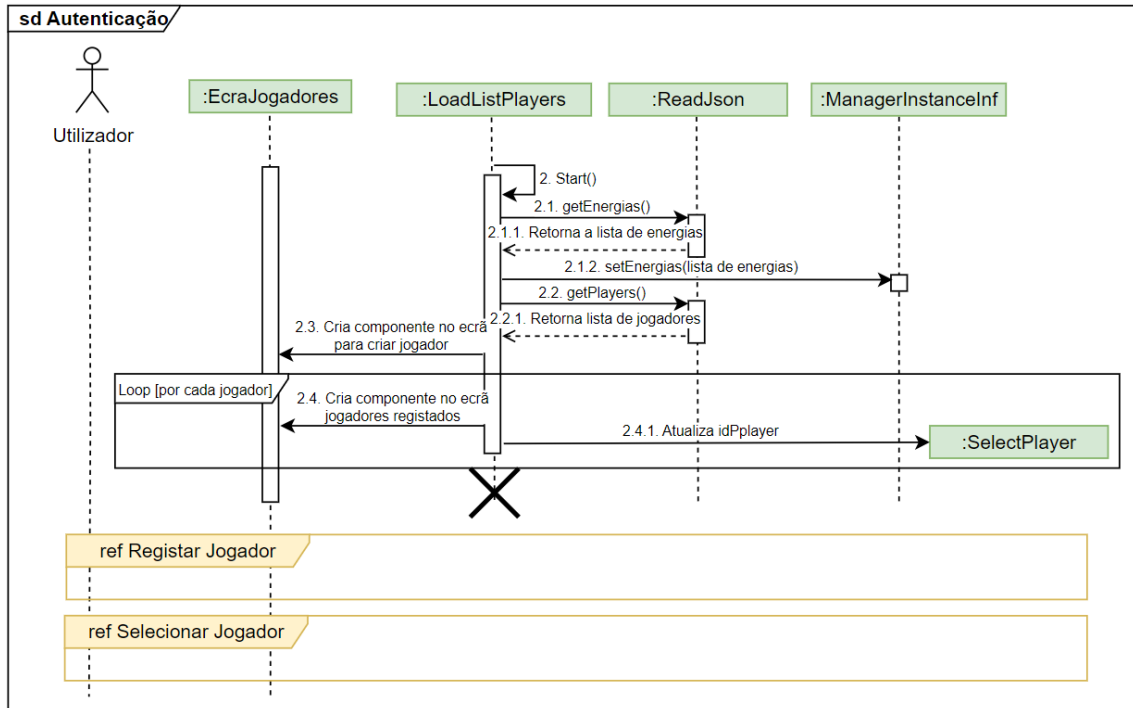


Figura 4.7 – Diagrama de Sequência para a Autenticação

O jogador ao ter já um registo criado, escolhendo o seu utilizador, é guardada a informação presente no ficheiro na **instância** criada.

#### 4.1.4. Motor do jogo

A implementação do motor do jogo é representada na *scene* *EcrasJogo*, que é iniciada quando se seleciona uma das missões, guardando o seu identificador na **instância**. Esta *scene* tem como funcionalidade mostrar o ambiente do jogo e encontra-se dividida em quatro partes:

1. Carregar a informação das componentes de acordo com a missão selecionada e com os dados do utilizador em relação à quantidade de energia que tem disponível.
2. Escolher a quantidade de cartões de uma determinada energia para produzir a energia desejada, quando a energia é arrastada para a zona do jogo ou quando se clica numa das energias na zona do jogo.
3. Gerir os cartões de energia que são colocados ou retirados da zona do jogo, atualizando a sua quantidade em relação à quantidade de energia produzida, dióxido de carbono e ocupação do solo e, atualizar os indicadores com base na informação dos cartões que existem na zona do jogo e a quantidade de energia que existe disponível.

4. Confirmar que as energias na zona do jogo no total produzem a quantidade pedida na missão e guarda a informação da quantidade de energia disponível e as recompensas que o utilizador irá receber.

As quatro partes descritas encontram-se representadas no fluxograma na Figura 4.8, que mostra cada atividade e decisão tomada de acordo com os eventos gerados durante essas atividades.

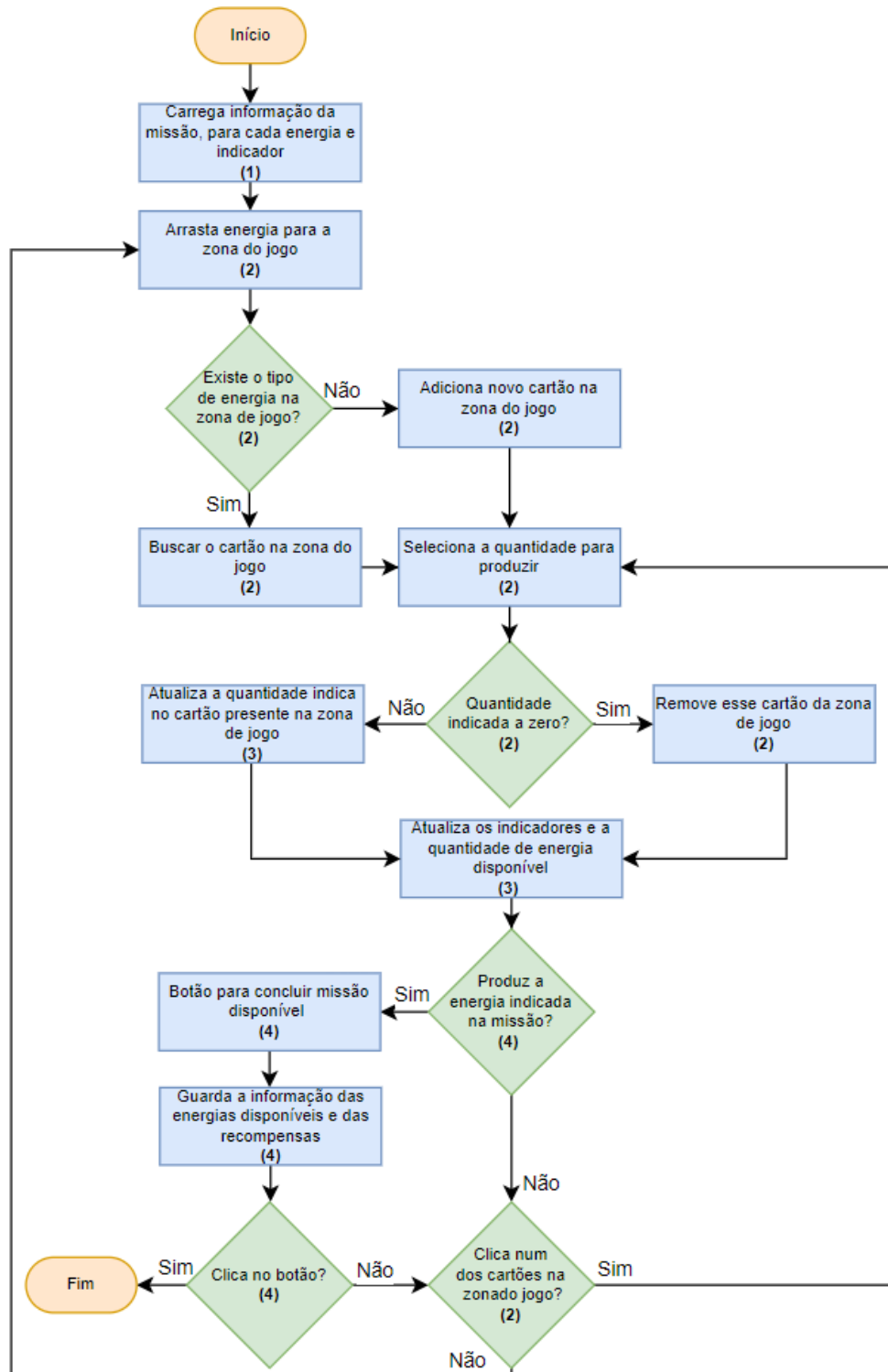


Figura 4.8 – Fluxograma do processamento das atividades e decisões que acontecem no motor do jogo

Quando a *scene* é renderizada, existe o carregamento da informação das várias componentes com base nos dados que o jogador tem, com a quantidade de energia disponível e as suas características, juntamente com as características que a missão

contém para indicar as energias que podem ser utilizadas para produzir e o objetivo da missão. O objetivo da missão inicialmente fica como destaque principal para o jogador saber o que tem de fazer (Figura 4.9). Pressionando “Iniciar Jogo”, o texto é recolhido e a zona do jogo desbloqueada.



Figura 4.9 – Ecrã do motor do jogo, representação do estado inicial

Quando ocorre o arrasto da energia para a zona do jogo pela primeira vez, confirma-se se existe o mesmo cartão na zona do jogo (Figura 4.10). Se existir, *GameObject* é inserido como ‘child’ do *GameObject* representado como zona do jogo, criando assim o *GameObject* que representa o cartão arrastado, na zona onde foi removido. Se for arrastada uma energia que já existe na zona do jogo, é obtido o *GameObject* correspondente a essa energia. A energia que foi arrastada é reposicionada no local de onde foi retirada, utilizando o *GameObject* obtido.

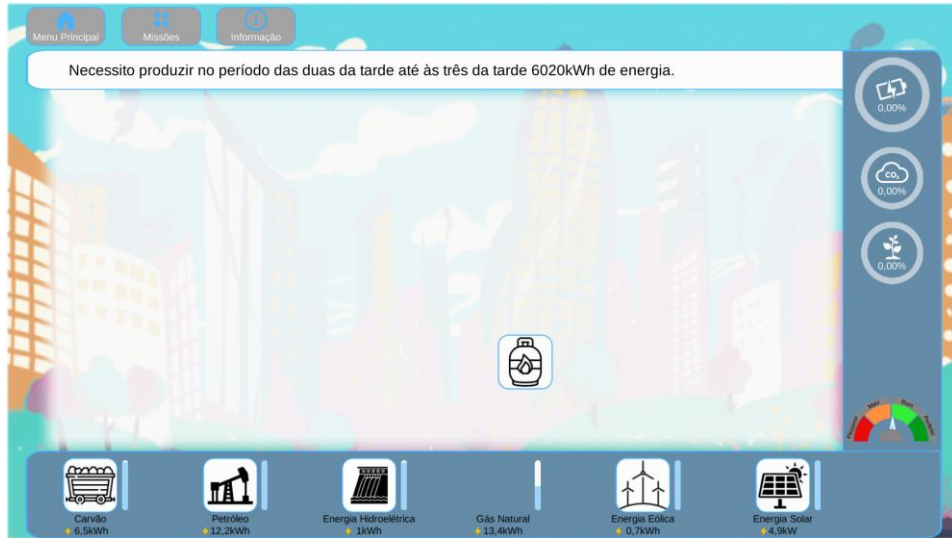


Figura 4.10 – Ecrã do motor jogo, representação ao arrastar um cartão de energia para a zona do jogo

Quando a energia é libertada na zona do jogo aparece a *pop-up* para seleccionar a quantidade de energia, realizando um fator de multiplicação (Figura 4.11). Antes de realizar a apresentação dessa *pop-up* é feito o carregamento dos valores, posicionando a imagem que identifica o tipo de energia, o valor de energia que caracteriza o cartão e o valor máximo de quantos cartões podem ser adicionados na zona do jogo, com base na informação que existe disponível no depósito.

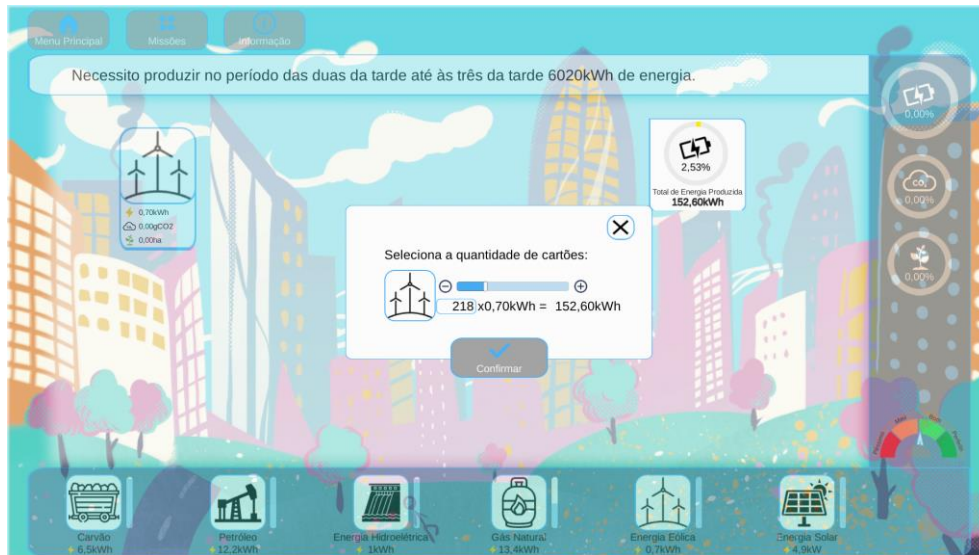


Figura 4.11 – Ecrã do motor do jogo, representação da escolha da quantidade de energia pela primeira vez

Quando o mesmo tipo de energia for submetido novamente para escolha da quantidade, o valor vai estar preenchido pelo número que corresponde ao número de cartões selecionados anteriormente como se encontra representado na Figura 4.12.

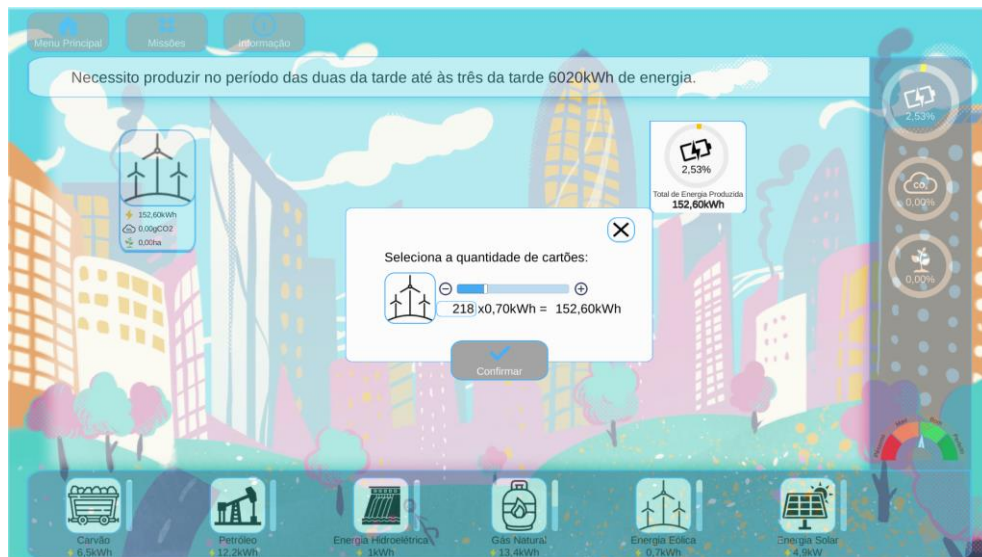


Figura 4.12 - Ecrã do motor do jogo, representação da escolha da quantidade de energia que se encontra posicionada na zona do jogo

Nas Figuras 4.11 e 4.12 encontra-se representado um indicador de energia que aparece juntamente com a *pop-up* (por cima, do lado direito) que indica a quantidade total que existe atualmente na zona do jogo. Este indicador destaca o que foi adicionado posteriormente por meio de uma mudança de cor (Figura 4.13). Este indicador ajuda a saber em tempo real a quantidade de energia que falta produzir ou que se encontra a mais para concluir a missão.

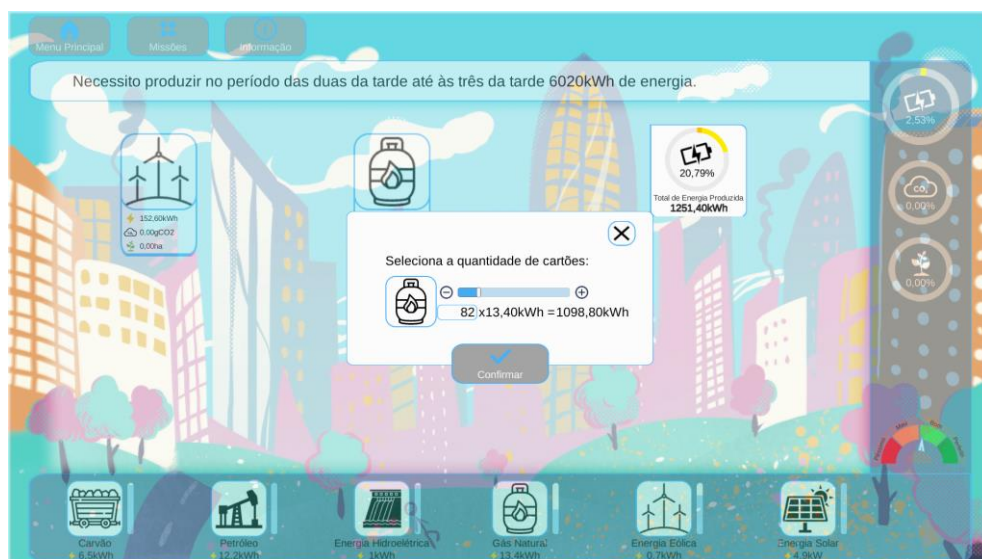


Figura 4.13 - Ecrã do motor do jogo, representação do indicador ao ser acrescentado mais energia à produção

Existindo a confirmação da escolha é feita a atualização dos dados em relação ao cartão de energia selecionado. Esta atualização dos dados acontece em três locais:

1. Na barra inferior onde se encontra o conjunto de energia, atualizando a quantidade de energia ainda disponível no depósito, avisando quando o depósito de armazenamento chega a zero para o caso das energias não renováveis e energia hidroelétrica;
2. Nos valores da legenda apresentada por baixo do cartão posicionado na zona do jogo. A atualização dos valores é sujeita à aplicação de uma máscara para que em cada dígito na casa das centenas e milhares exista um espaço. O valor do dióxido de carbono é sujeito à aplicação de uma conversão de grama para quilograma ou para tonelada, na Tabela 4.1 encontram-se as conversões a que o valor é sujeito e como se realiza a conversão;
3. Atualiza os quatro indicadores (orientados na vertical, à direita) com base na nova informação que foi adicionada ou retirada na zona do jogo.

*Tabela 4.1 – Representação das conversões para cada unidade*

<b>Condição</b>	<b>Conversão</b>	<b>Unidade</b>
$\text{valor\_CO2} < 100000$	$\text{valor\_CO2} \times 1$	gCO2
$100000 \leq \text{valor\_CO2} < 100000000$	$\text{valor\_CO2} \times 0.001$	kgCO2
$\text{valor\_CO2} \geq 100000000$	$\text{valor\_CO2} \times 0.000001$	tCO2

À medida que o jogo decorre é realizada a verificação se a produção chega ao objetivo indicado na missão. Caso o jogador consiga produzir a quantidade desejada fica visível o botão para finalizar a missão, como é representado na Figura 4.14.



Figura 4.14 - Ecrã do motor do jogo, representação quando o jogador produz a quantidade de energia indicada na missão

#### 4.1.5. Loja

Conforme mencionado anteriormente, o utilizador tem a oportunidade de comprar e vender energias. Pode comprar ou vender as que têm no depósito e adquirir as turbinas eólicas e os painéis solares, estas regras estão representadas na Tabela 3.2.

O custo para comprar ou vender uma quantidade de energia, no caso das energias que têm depósito, corresponde ao valor que representa um cartão para cada tipo de energia, custando 5 moedas. Para as energias do tipo objeto (energia solar e eólica) a compra tem o custo de 5 moedas.

O utilizador ao entrar na “Loja”, a *scene* EcrãLoja é renderizada, obtendo as quantidades das energias que tem disponível e o carregamento das componentes para cada energia que pode ser comprada e/ou vendida.

Inicialmente, cada componente está no modo “compra”. É feita a realização da confirmação se o jogador tem moedas e/ou se o depósito das energias não renováveis não se encontra cheio para poder realizar a funcionalidade de compra. No cenário em que o jogador não tem moedas, a funcionalidade de compra não vai ser possível realizar. No caso em que existe moedas e os depósitos se encontram cheios só existe a possibilidade de comprar as energias do tipo objeto, este cenário está representado na Figura 4.15.

Outro cenário, é o modo de “venda” em que essa funcionalidade só está disponível nas energias não renováveis e que o depósito não se encontre vazio.

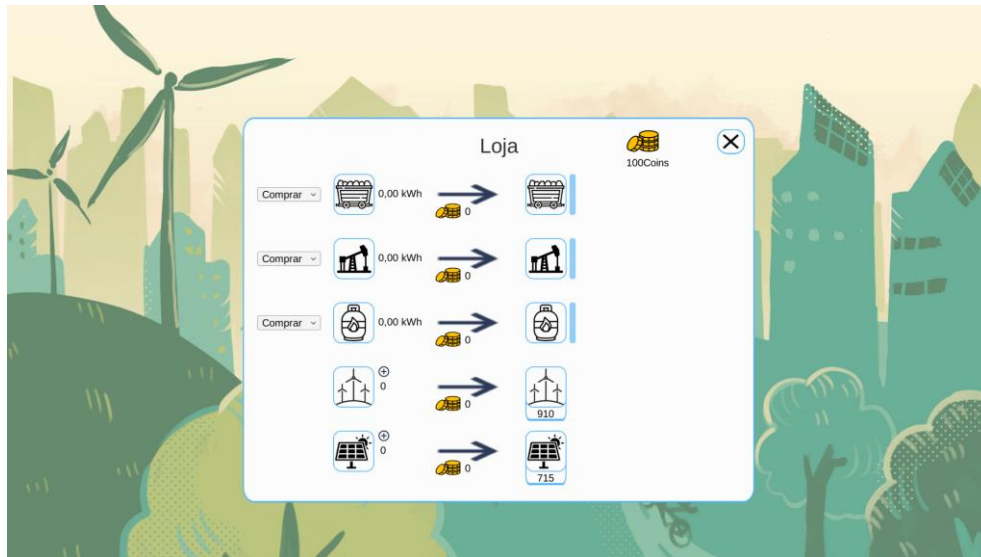


Figura 4.15 – Ecrã Loja, representação do modo compra no cenário que as energias não renováveis tem os depósitos cheios

Quando ocorre uma compra ou venda, os dados do jogador são atualizados em relação à quantidade de energia disponível e à quantidade de moedas. Além disso, os contadores de todas as energias e moedas são repostos a zero e os botões dos contadores são atualizados de acordo com as novas informações.

Na Figura 4.16 encontra-se o diagrama de fluxo para demonstrar a ordem da atualização e validação das componentes quando existe uma troca do modo (entre “compra” e “venda”). Nesse diagrama a indicação **(a)** quando se trata da energia solar ou eólica não se aplica. Os diagramas de sequência dos casos de utilização “Visitar Loja”, “Comprar Energias” e “Vender Energias” estão representadas nas Figuras H.4, H.5 e H.6, respetivamente, situadas no Apêndice H.



#### 4.1.6. Recompensas e Classificação

Existem dois tipos de recompensas: pontos e moedas. Para o ranking é só contabilizado o valor dos pontos, dando o nome de pontuação ambiental. Estes dois valores são obtidos pela equação (1), mencionada no capítulo Análise das tarefas do cenário 2.

O resultado dessa expressão dá a rotação da coordenada z, movimentando a seta do indicador de progresso com base nas percentagens da quantidade de energia produzida, da quantidade de dióxido de carbono libertado e da quantidade de solo ocupado. Esse valor pode ir de -1.8 a 1.8. A Tabela 4.2 apresenta os valores para cada classificação e cada intervalo que o resultado da expressão pode adquirir, bem como o “carimbo” que indica se a estratégia adotada para concluir a missão foi boa (G), má (B) ou neutra (N).

*Tabela 4.2 – Representação das recompensas e penalizações que o jogador pode receber*

<b>Intervalo de valores</b>	<b>Pontos</b>	<b>Moedas</b>	<b>Carimbo</b>
[-1.8; -0.9]	1000	100	G
] -0.9; -0.2 [	500	0	N
[-0.2; 0.2]	0	0	N
] 0.2; 0.9 [	-500	0	N
[0.9; 1.8]	-1000	-50	B

Quando o utilizador acede ao ecrã EcraRanking (Figura 4.17), é efetuado um pedido REST ao Firebase para obter informação sobre os três jogadores que ocupam as primeiras posições no pódio, apresentando os seus nomes e a sua pontuação no ecrã. Este pedido REST é constituído com base no seguinte URL:

`https://{projectID}.firebaseio.com/users.json?orderBy={keyOrderby}&startAt=3&limitToLast=3`

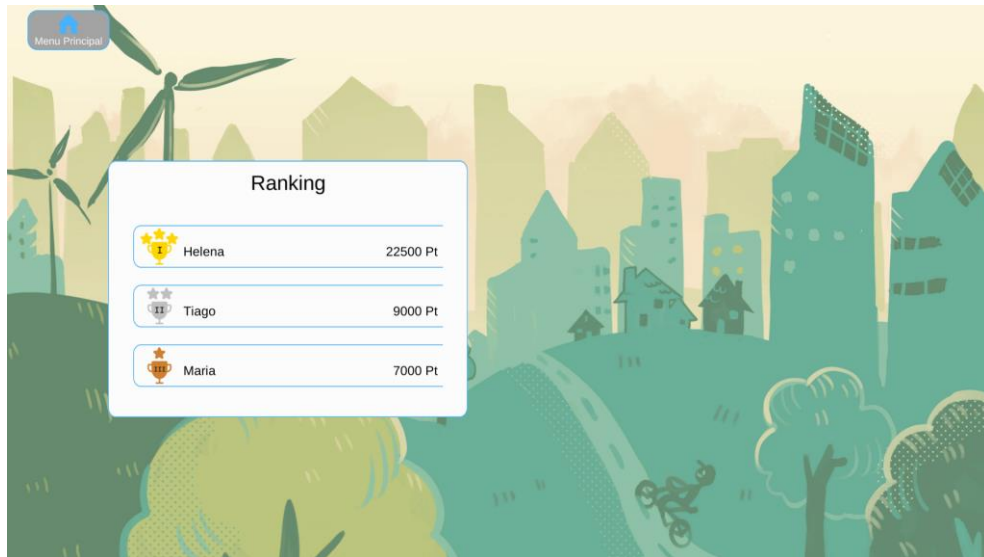


Figura 4.17 – Ecrã Ranking, representado os jogadores que ocupam os três primeiros lugares no pódio

Contudo, para obter os três jogadores com as maiores pontuações, foi necessário realizar uma ordenação. Para isso é preciso programar uma regra (Figura 4.18) que indique qual dos campos deve ser sujeito a ordenação. Neste caso, adicionou-se a regra para ordenar os dados pelo campo “pontos”. No entanto, os dados não se encontram em ordem decrescente, essa ordenação é feita internamente, devolvendo como resultado a ordenação pelo identificador do jogador. Sendo assim, é necessário realizar a ordenação da chave “pontos” por ordem descendente.

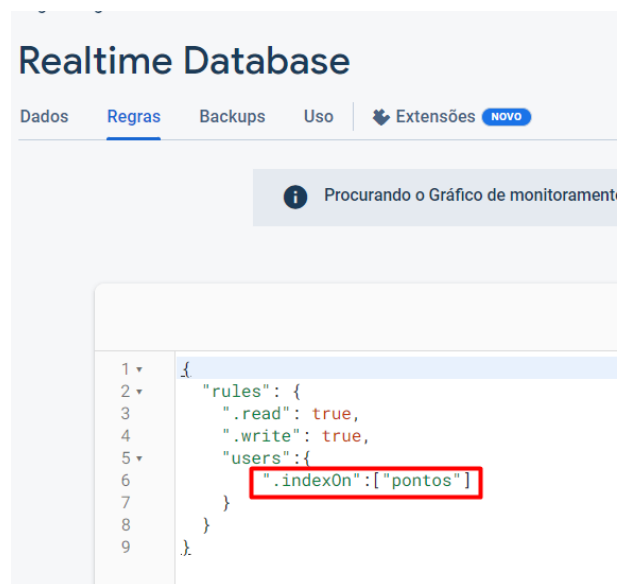


Figura 4.18 – Representação da regra colocada no Realtime Database

No final da missão ou quando o jogador termina de concluir todas as missões (Figura 4.19), é realizado um pedido REST para obter a sua posição no ranking. Para realizar esta funcionalidade, o pedido é feito usando o seguinte URL:

```
https://{projectID}.firebaseio.com/users.json?orderBy={keyOrderby}&startAt=" + pontos
```

No entanto, este pedido devolve uma lista de jogadores ordenados, a partir dos pontos que o jogador adquiriu. Para determinar a posição do jogador, é realizado uma contagem para saber quantos jogadores foram obtidos e somando mais um, referente ao próprio jogador.

Após adquirir o Ranking é feito um pedido “put” para atualizar os dados do jogador. Este pedido é realizado com base no seu identificador, enviando a estrutura com os pontos e o nome no “body” do pedido REST. Este procedimento também é concretizado quando o jogador comunica com a base de dados online.



Figura 4.19 – Ecrã da Missões, representação quando o jogador conclui todas as missões disponíveis

#### 4.1.7. Repetição das Missões

A funcionalidade de repetição em Energy Primary, permite realizar as Missões de duas maneiras: repetir a missão quando esta termina ou escolher uma das missões já concluídas. Contudo ao optar pela segunda opção, é como se o jogador estivesse a realizar pela “primeira vez” a missão selecionada. Isso implica que a quantidade de energia disponível para cada tipo, os pontos ambientais, as moedas, e todas as outras missões realizadas posteriormente retornam ao estado inicial. Em resumo, é um regresso ao passado no jogo.

A repetição do tutorial não tem o mesmo comportamento, só volta a ensinar como jogar, mas não volta a ganhar as recompensas que recebeu pela primeira vez.

O diagrama de sequência está representado na Figura H.15 do Apêndice H, representando o modo de repetir a missão quando acaba de a concluir (Figura 4.20), a informação é guardada na **instância** quando o utilizador clica no botão “Concluir missão” e só realiza a atualização dos dados quando se clica no botão “Próxima Missão” ou para redirecionar para a lista de missões. Ao clicar no botão de “repetir a missão” os dados são repostos como se fosse a primeira vez a fazer a missão.

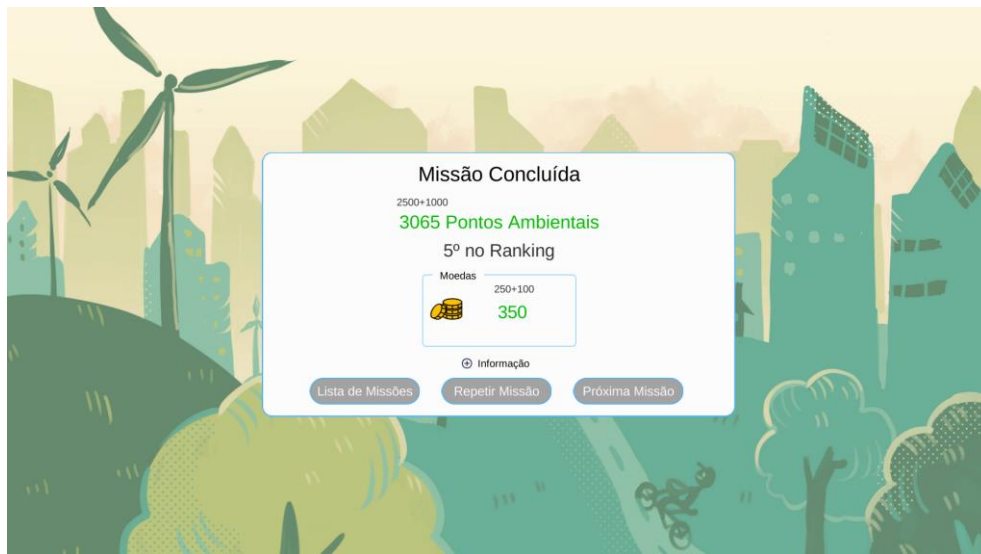


Figura 4.20 – Ecrã das recompensas, quando termina uma missão recebendo as recompensas

Os diagramas de sequência que estão representados nas Figuras H.7 e H.9 do Apêndice H, representam o modo de repetir missões já concluídas. Esta representação é realizada quando se seleciona uma das missões concluídas na *scene* EcráMissões e confirma que se pretende continuar representada na Figura 4.21. Após esta ação é realizada a atualização dos pontos e moedas, assim como a quantidade de energia disponível com os dados que se encontram guardados na estrutura “transationSave” da missão anterior à selecionada. É feita a atualização dos dados do jogador e eliminados os dados das missões concluídas após a missão selecionada.

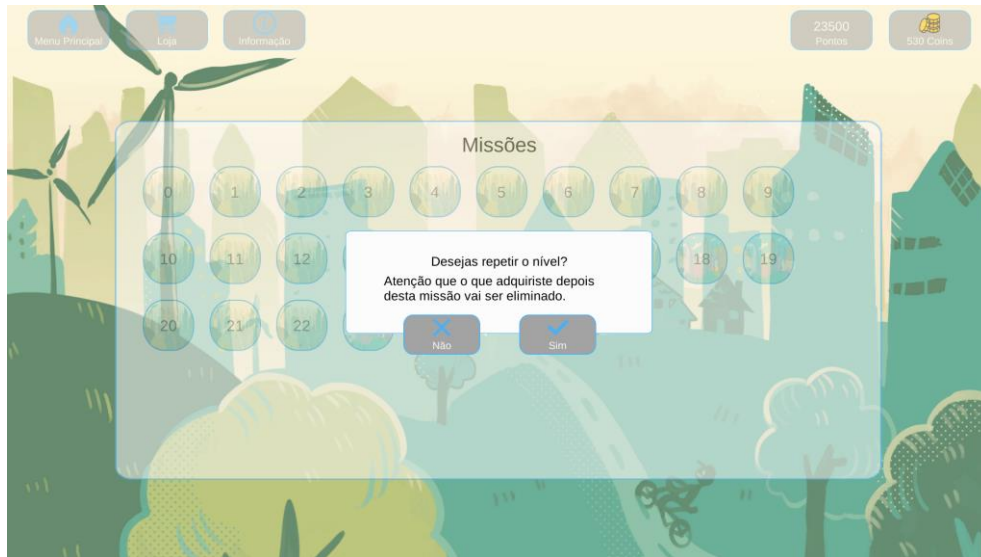


Figura 4.21 – Ecrã das missões, quando é selecionado uma missão concluída aparecendo a Pop-up de confirmação

No caso de se repetir a missão do tutorial, não é feita esta lógica e é indicado com uma variável booleana que se encontra na **instância**, que controla se o jogador recebe ou não as recompensas.

## 4.2 Aplicação Healthy Sound

Nesta secção descreve-se os desenvolvimentos programáticos para realizar os requisitos definidos para a aplicação Healthy Sound. Aqui vai ser apresentada a organização estrutural dos *scripts* de código desenvolvido, como também as duas partes que definem o cenário 3: como foi feita a análise de som dos ficheiros ou gravação do som e apresentação dos três tipos de gráficos resultantes do som processado.

### 4.2.1. Organização Estrutural

Com as análises realizadas nas secções anteriores consegue-se prever quantos ficheiros de código são necessários, cada um com uma funcionalidade específica. Na Figura 4.22 encontra-se a representação do nome dos ficheiros e as suas ligações. Um dos ficheiros do código, representado a azul na Figura 4.22, é o principal a controlar as interações realizadas pelo utilizador, invocando cada funcionalidade que seja disputada pelo mesmo. Em dois dos ficheiros de código, representados com a cor laranja, é onde ocorre a criação de elementos gráficos, como a representação dos gráficos, a criação dos *GameObjects* necessários e dos eventos sobre esses *GameObjects*. Existem mais três ficheiros representados a verde: as bibliotecas. Uma

foi criada para calcular e analisar o ruído do som e os outros são *plugins* pré-criados para obter as FFT e o carregamento do ficheiro de som no dispositivo móvel.

A aplicação Healthy Sound é representada por um único ecrã, sendo assim todas as componentes que se encontram nesse ecrã são controladas pelo ficheiro de código “Main\_sound”.

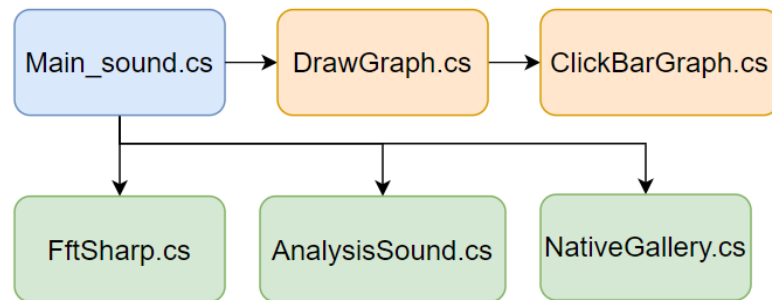


Figura 4.22 - Diagrama de estrutura de scripts da aplicação Healthy Sound

#### 4.2.2. Realização da análise dos ficheiros de som

A Healthy Sound foi definida para implementar duas maneiras de obter o som a ser analisado. Essas duas formas de obter o som são: gravar diretamente o som na aplicação ou realizar o *upload* do ficheiro que se encontra no dispositivo móvel.

Em seguida, vai ser explicado como se realizou estas duas opções e as decisões tomadas durante a implementação.

#### Gravação do som

Na realização da gravação do som, é necessário encontrar entradas de áudio disponíveis no dispositivo, obtendo as frequências de amostragem máxima e mínima suportadas pelo dispositivo móvel. Caso essas informações não sejam devolvidas, a frequência de amostragem é definida com o valor padrão de 48000, que é a frequência de amostragem típica para áudio. Esta funcionalidade é adquirida pela componente *Microphone*.

Além disso, é necessário existir a componente *AudioSource*, na qual o áudio clip será igualado ao som capturado pelo microfone. Ao iniciar a captura, é configurado o tempo de gravação, 30 segundos, e a frequência de amostragem máxima obtida.

Para terminar a gravação existe duas abordagens: o utilizador seleciona a opção de parar a gravação ou, após 30 segundos a gravação é interrompida automaticamente. Obtendo assim as amostras de som capturadas.

Na Figura 4.23 é apresentado o diagrama de sequência que mostra a forma como é realizada a integração desde a obtenção da entrada do som do dispositivo, até obter as amostras do som capturado.

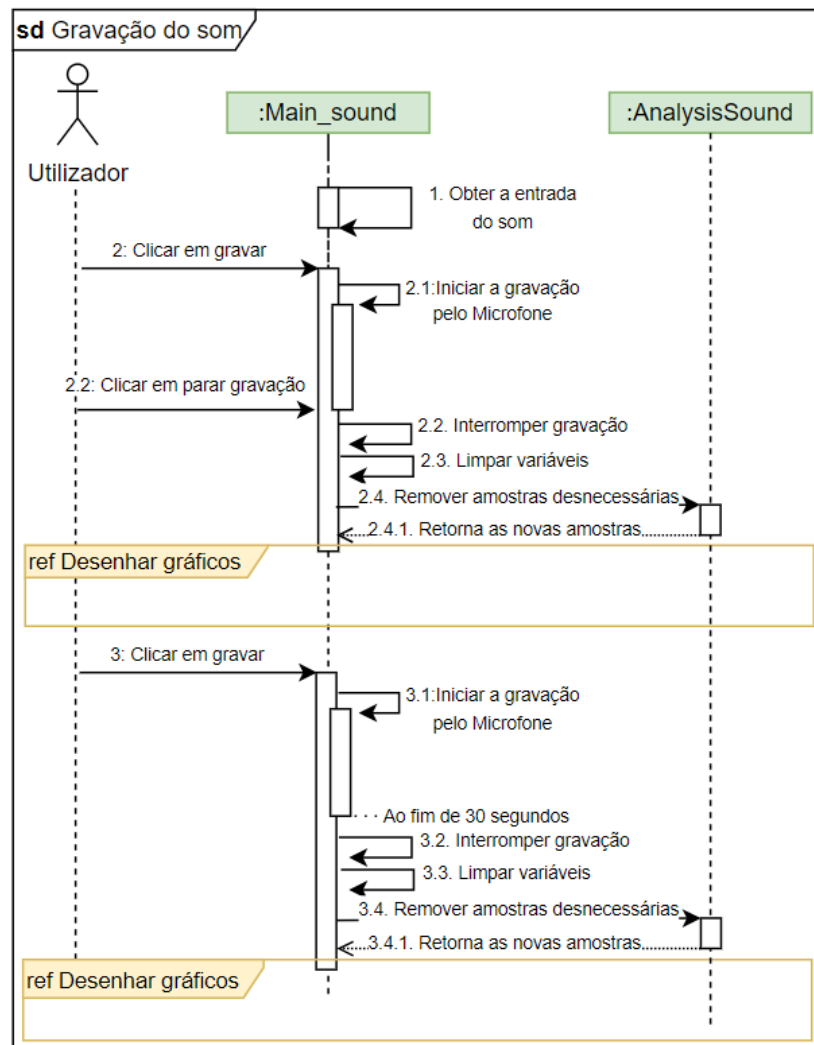


Figura 4.23 – Diagrama de sequência dos casos de utilização que envolvem a gravação som.

Ao obter as amostras, foi detetado que ao interromper a gravação, por exemplo após 10 segundos, o conjunto de amostras obtidas corresponde a um período de 30 segundos. Como os últimos 20 segundos são amostras nulas, elas podem ser descartadas. Sendo assim, foi criada uma lógica que realiza essa limpeza, percorrendo o conjunto de amostras começando no final até encontrar uma amostra que seja diferente do valor nulo. A partir do índice dessa amostra é dada uma folga de 1024 amostras, pois pode existir efetivamente a captura de silêncio no fim da gravação. A Figura 4.24 ilustra o problema por meio do gráfico de ruído implementando, onde, ao fim de alguns segundos, quando ocorre a interrupção da gravação, não há valores capturados, representando amostras nulas.

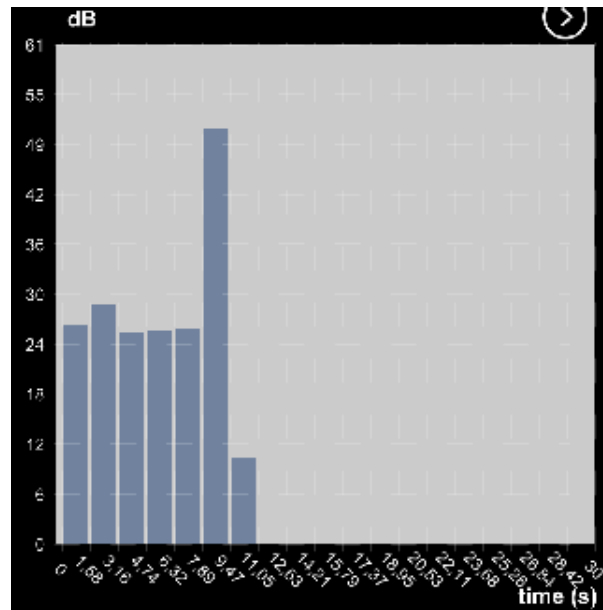


Figura 4.24 – Representação gráfica do som gravado aproximadamente de duração de 12 segundo e apresenta o som de 30 segundos

### Upload dos ficheiros de som

No carregamento do ficheiro foi utilizado o *plugin NativeGallery*, encontrado na Asset Store do Unity, que permite aceder às pastas internas do dispositivo onde se encontra o repositório para as fotografias, vídeos e áudio. Ao iniciar o *upload* do ficheiro, é necessário solicitar a permissão de acesso aos ficheiros. Após conceder a permissão, o *plugin* realiza a abertura da diretoria raiz onde se encontra os ficheiros.

Ao seleccionar o ficheiro, é realizado o carregamento do mesmo, a partir de uma chamada HTTP do tipo ‘get’ para se conseguir obter um *AudioClip*. É necessário saber a extensão do ficheiro com base do caminho obtido pelo *plugin*, pois é realizada uma codificação específica para cada tipo de ficheiro. Ao obter a resposta desse pedido HTTP, o áudio é carregado no *AudioClip*. Na fase de obter o ficheiro é realizado assincronamente, numa *thread* que executa em paralelo.

Na Figura 4.25 encontra-se a representação de cada integração que é realizada entre o utilizador, a aplicação, o *plugin* e o dispositivo móvel.

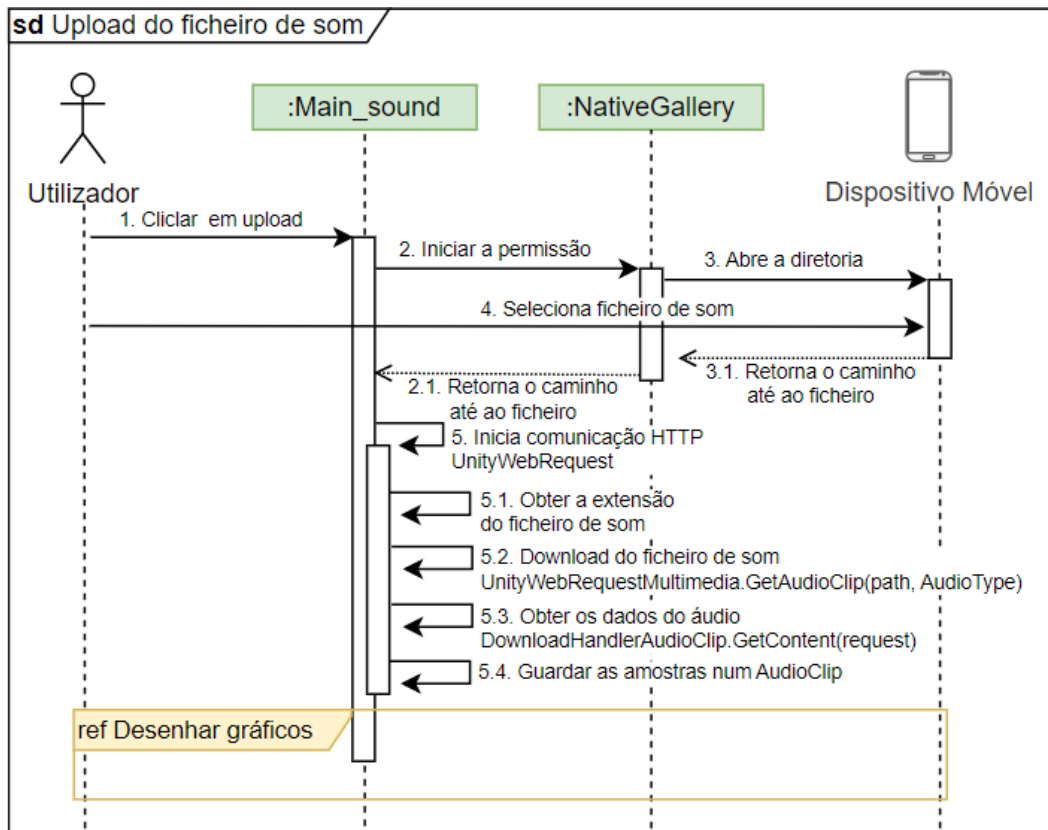


Figura 4.25 - Diagrama de sequência do caso de utilização Upload do ficheiro de som

Os tipos de extensão de áudio que são processadas e que o Unity tem são as seguintes: mp3 ou m4a. Na codificação é utilizado o mpeg: aiff, ogg e wav.

### 4.2.3. Apresentação dos gráficos

Um dos requisitos indica que seja desenhado o diagrama de espectro do som. Para esse requisito foi decidido adicionar três tipos de gráfico: a representação dos níveis de ruído num conjunto de amostras que correspondem a um bloco de tempo, a representação do som ao longo do tempo em amplitude e a representação do som no domínio da frequência visualizando as frequências que são predominantes do som capturado.

É apresentado um gráfico de cada vez, necessitando que o utilizador mude o tipo de gráfico quando assim o desejar. Cada gráfico tem uma determinada característica e são realizadas interações fora da visão do utilizador para obter os resultados pretendidos. Utilizando o som obtido a partir de um dos métodos apresentados anteriormente: gravação do som ou *upload* do ficheiro, o gráfico é desenhado de acordo com a secção do tipo de gráfico que se encontra selecionado, ou seja, se a última escolha do utilizador foi ver o gráfico de amplitude e foi feita uma captura do

som, o gráfico que vai ser desenhado é o da amplitude. Na Figura 4.26 encontra-se a representação do diagrama de estados para as possíveis possibilidades para representar cada gráfico.

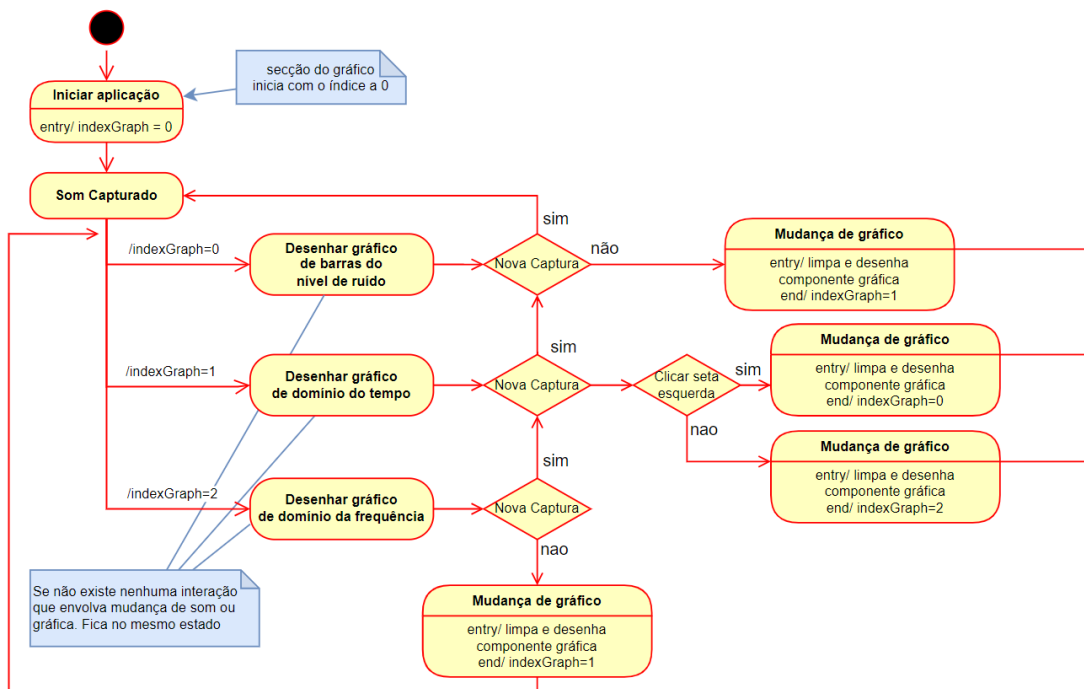


Figura 4.26 – Diagrama de estados que representada das alterações do tipo de gráfico a ser apresentado

### Gráfico de barras do nível de ruído

A criação deste gráfico de barras é realizada a partir de *GameObjects* já pré-definidos na cena, e ao utilizá-los é feita uma cópia e são posicionados no lugar correto. A barra é criada de raiz a partir da componente *Image* e os valores da sua altura são criados a partir do valor do ruído calculado.

Como é referido na análise, existe uma limitação da quantidade de *GameObjects* criados numa cena, e também existe uma ocupação de memória tornando a aplicação sem possibilidade de resposta. Sendo assim definiu-se um limite de 19 barras a serem desenhadas, fazendo com que as amostras do som fiquem divididas pelas 19 barras.

A partir do tempo do som que é obtido pelo *AudioClip* e dividindo-o pelas 19 barras, consegue-se determinar o número de amostras correspondentes a cada barra. Com esses conjuntos de amostras de som, calcula-se o nível de ruído do som. As equações (2) e (3) representa a obtenção da energia média de um conjunto de amostras, sendo esse valor usado para calcular o nível do ruído do som.

$$EnergiaMedia = \frac{\sum amostra^2}{tamanho\ do\ som} \quad (2)$$

$$NivelRuido = 10 \times \log_{10} \frac{EnergiaMedia}{referenciaLimiar} \quad (3)$$

Para o cálculo do nível de ruído, foi definido um limiar de audição de  $1 \times 10^{-7}$ , o qual produziu resultados mais realistas para os valores do ruído obtidos.

No final, ao obter o conjunto de valores de ruído para cada barra e os seus intervalos de tempo, inicia-se a construção do gráfico e a apresentação dos valores de ruído.

Cada uma das barras tem um evento que ao clicar mostra os dados do ruído assim como a valor que o representa, a descrição onde esse ruído é inserido e o tempo de exposição quanto aos riscos de saúde.

Na figura 4.27 encontra-se a representação do diagrama de sequência realizado quando se encontra no estado “Desenhar gráfico de barras do nível de ruído” representado na figura 4.26.

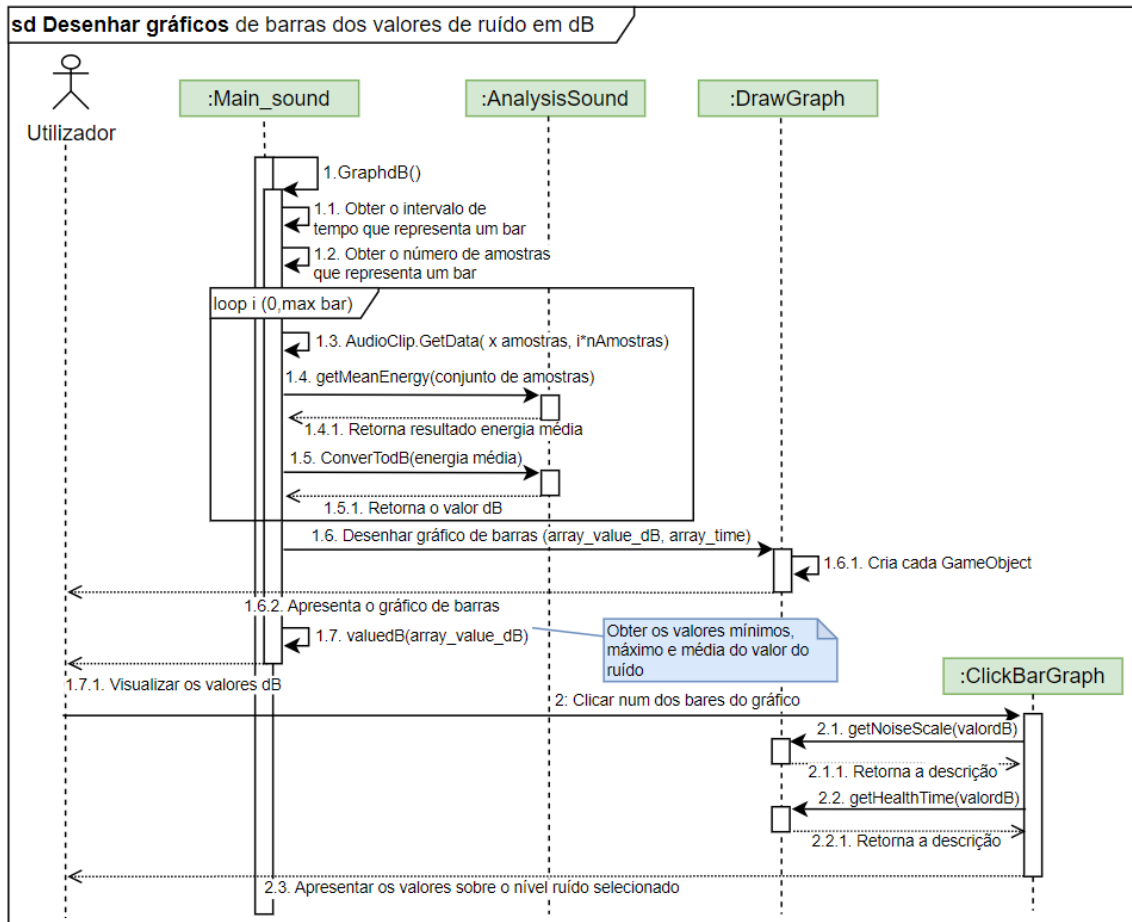


Figura 4.27 - Diagrama de sequência que representa como é realizado a apresentação do gráfico de barras dos valores de ruído e a apresentação de informação extra

### Gráfico de domínio do tempo

A criação do gráfico para representar a amplitude ao longo do tempo, podia ter sido feita a partir de *GameObjects*. Contudo existe uma componente, *Line Renderer*, que com base na criação de pontos realiza a interligação entre eles, criando assim um gráfico de linhas para representar a amplitude. Como o *AudioClip* já tem as amostras e o tempo que corresponde à numeração das amostras, é possível utilizar esses dados para definir as coordenadas x (tempo) e y (amplitude) para ser utilizado no gráfico. Na Figura 4.28 encontra-se a representação da sequência que é realizada para criar este tipo de gráfico.

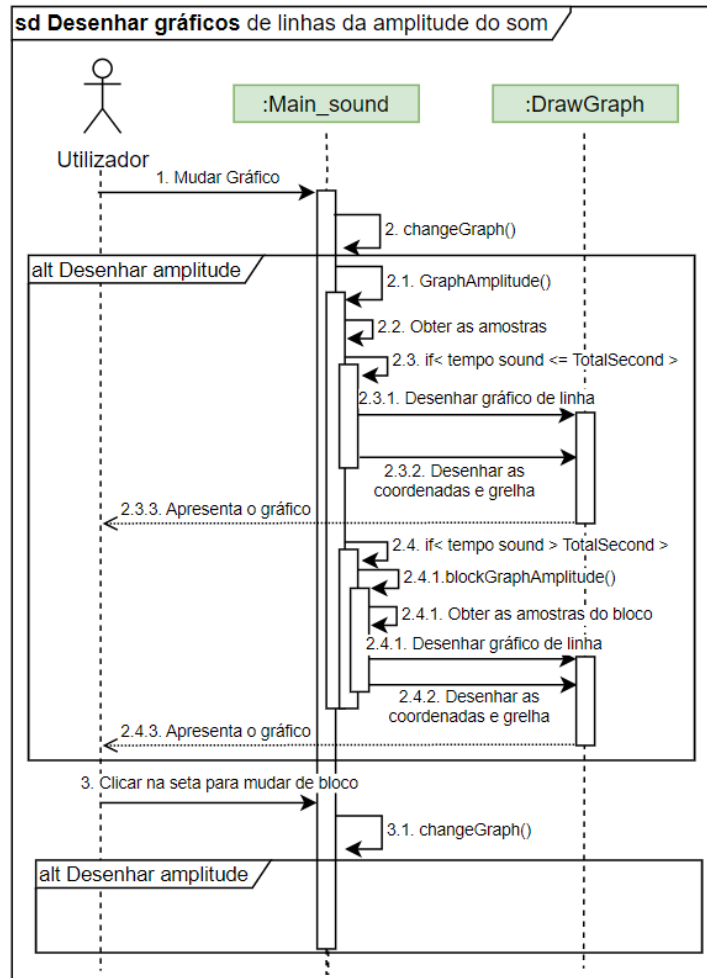


Figura 4.28 - Diagrama de seqüência que representa como é realizada a apresentação do gráfico de amplitude e quando existe mudança de bloco

A componente utilizada para este gráfico contém uma limitação na criação de vértices, não suportando que sejam criados mais que 2100000 (nomeado como MAXVERTICES). Sendo assim utilizou-se a abordagem de dividir o som por blocos, caso o mesmo tenha mais que 30 segundos. Tendo o som mais que esse tempo é possível navegar por cada bloco de 30 segundos, criando variáveis locais que guardam a posição do bloco para se conseguir buscar as amostras que pertencem ao bloco anterior ou ao seguinte. Na Figura 4.29 está representado o diagrama de fluxo que demonstra os passos que são feitos para obter as amostras que pertencem a cada bloco, como é feita a navegação entre blocos e quando é possível existir essa alteração.

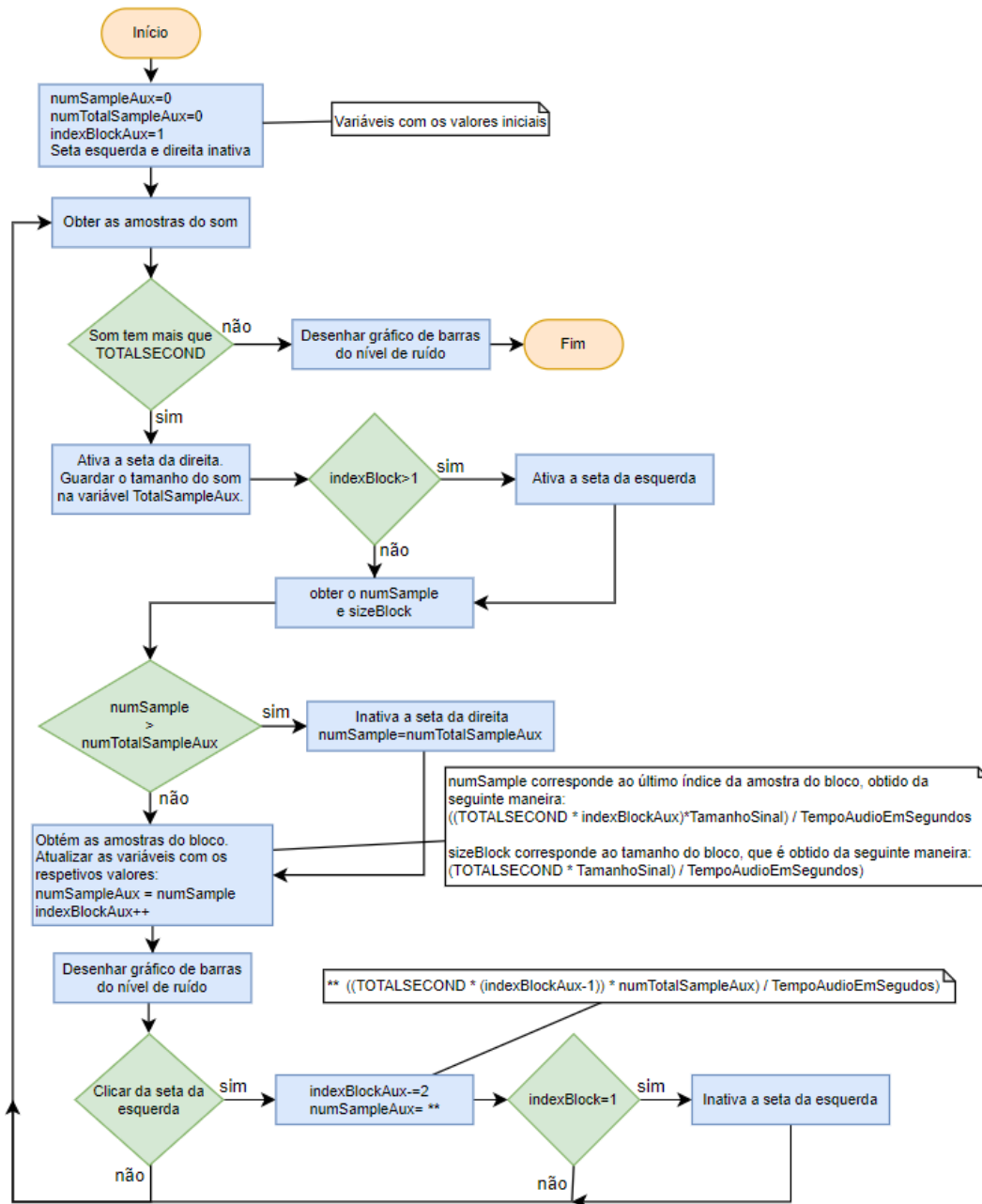


Figura 4.29 - Fluxograma do Processo de alteração entre blocos do gráfico de amplitude

## Gráfico de domínio da frequência

Ao mudar para o tipo de gráfico do domínio da frequência, é apresentado a magnitude no eixo Y e as frequências no eixo X. Este gráfico da FFT, na sua forma completa, representa frequências tanto na faixa negativa quanto na faixa positiva, criando uma divisão no zero verticalmente. No entanto, neste caso, é só apresentado as frequências positivas.

Na utilização do *plugin* FftSharp, existe uma particularidade para obter as FFT do som: o tamanho do som deve ser uma potência de 2. Portanto, é obtido o valor mais

próximo, que é uma potência de 2, do total do número de amostras do som a ser processado. Para cada valor de FFT, a magnitude é calculada, seguida das suas frequências.

Para desenhar o gráfico, é utilizada a mesma componente *Line Renderer*, mas neste caso, apenas metade do gráfico é desenhado. No entanto, é importante mencionar que pode ocorrer a ultrapassagem do limite de vértices. Se isso ocorrer, uma mensagem de aviso é apresentada, indicando que o gráfico não pode ser desenhado. Optou-se por esta escolha, porque ao representar este tipo de gráfico em blocos, pode se tornar confuso a sua interpretação, uma vez que as primeiras frequências têm valor 0.

Na Figura 4.30 encontra-se a representação do diagrama de sequência para criar este tipo de gráfico.

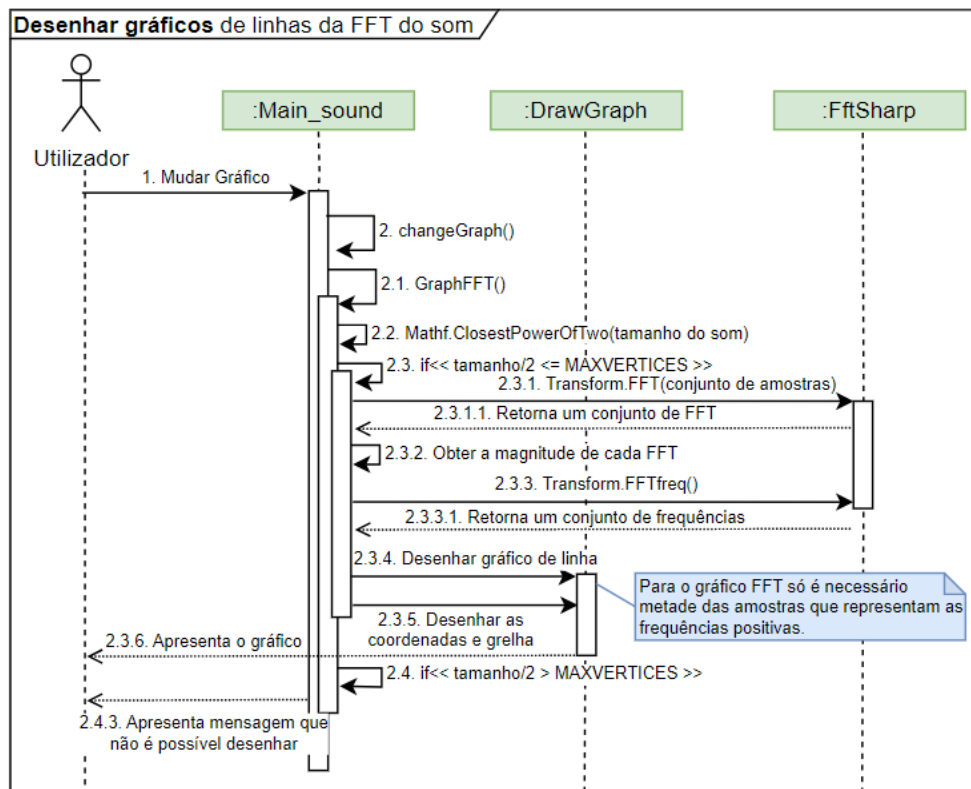


Figura 4.30 - Diagrama de sequência que representa como é realizada a apresentação do gráfico de FFT



# Capítulo 5

## 5. Avaliação

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos na avaliação da usabilidade dos dois cenários a partir das respostas dadas pelos participantes. No decorrer da implementação do modelo é fundamental realizar todo o tipo de testes e avaliações. Esta fase é tão relevante como a implementação uma vez que ao proceder aos testes é possível obter um maior conhecimento sobre a resposta e comportamento dos dois cenários.

O processo de avaliação e de testes pode ser decomposto em partes específicas. Sendo assim é importante avaliar e testar a usabilidade ao realizar tarefas para os dois cenários. Para o cenário 2 foi avaliado a concretização das seguintes tarefas: realizar a autenticação; obter sucesso nas missões; realizar uma compra ou venda na loja. Para o cenário 3 foi avaliado a concretização das seguintes tarefas: realizar o carregamento ou gravação de um ficheiro de som; exploração dos gráficos resultantes.

### 5.1 Jogo Primary Energy

Nesta secção são apresentados os resultados da avaliação feita para o jogo Primary Energy. Como referido no capítulo 3.1.3 da análise foram feitas duas pré-avaliações antes de submeter à avaliação final. A primeira pré-avaliação foi realizada por meio do método da observação direta durante os testes, em conjunto com uma entrevista no final, obtendo opiniões dos alunos e professores. Na segunda pré-avaliação, já feitas as melhorias obtidas na primeira, a avaliação também foi feita por observação direta, recebendo também comentários e ainda houve respostas ao questionário. Finalmente, foi realizada uma avaliação do protótipo final, não presencial e com recolha de informação através de um questionário.

#### 5.1.1. Metodologia

Como foi referido houve três momentos de avaliação para este jogo. No primeiro momento foi possível realizar testes para detetar possíveis erros existentes e avaliação de usabilidade. Esta avaliação foi realizada presencialmente com uma turma de alunos, explicando de que se trata o jogo, pedindo depois para explorarem. A exploração do jogo foi realizada com acompanhamento, realizando perguntas

diretamente a cada aluno. Esta vertente trouxe benefícios pois foi possível falar e obter comentários da primeira versão do jogo. Recolhendo essas observações e comentários foi possível corrigir certas falhas e acrescentar melhorias para a aprendizagem.

O segundo momento foi realizado presencialmente para que os participantes pudessem responder aos questionários, explicando primeiro de que se trata o jogo, e depois deixando os participantes explorarem. No final foi pedido para responderem ao questionário, conseguindo obter comentários e observações mais uma vez para saber se as novas correções surtiram algum efeito na melhoria da usabilidade no jogo.

O terceiro foi realizado por iniciativa própria dos utilizadores que se voluntariaram para responder ao questionário. Foi enviado um email com o jogo, explicando do que se trata e indicando cada passo para a sua instalação no computador, juntamente com o link para submeter as respostas ao questionário. O email enviado encontra-se no Apêndice G.

### 5.1.2. Questionário

O questionário que foi utilizado contém 37 questões, encontra-se dividido em 7 secções:

1. Realizar questões no contexto geral do utilizador.
2. Avaliar se o utilizador conseguiu realizar o seu registo no jogo.
3. Aborda questões sobre o jogo, fazendo perguntas gerais assumindo que o utilizador realizou uma exploração no jogo, como a realização de missões e a navegação pela Loja.
4. Avaliação ao realizar uma compra ou venda de energia, desde que efetuou essa tarefa durante a navegação pelo jogo.
5. Avaliar a dificuldade de realizar uma missão.
6. Avaliação em contexto gráfico do jogo.
7. Avaliação da usabilidade do jogo.

Em cada uma das secções encontra-se uma breve descrição do que se pretende avaliar nesse conjunto de questões. A maioria das perguntas é de escolha única e obrigatória. Existem ainda três perguntas de resposta aberta, em que uma é obrigatória. Existem ainda outras três perguntas de escolha múltipla com várias opções possíveis. A maior parte dessas questões é formulada para avaliar o grau de objetividade. O questionário é orientado à avaliação de tarefas (cenários). Inclui o SUS (System Usability Scale) [45] na avaliação da usabilidade geral do jogo.

A estrutura do questionário encontra-se no Apêndice C.

### 5.1.3. Participantes

O primeiro momento de avaliação foi realizado na Escola Luís de Camões, os participantes faziam parte de uma turma de 23 alunos com idades compreendidas entre os doze e os catorze anos, foram agrupados em grupos de cinco e cada grupo continha um computador.

O segundo momento de avaliação ocorreu em eventos escolares, na Escola Dona Filipa de Lencastre e Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, onde houve 7 participantes com idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos. A maioria expressou preferência por jogar em contexto familiar ou em grupo, e observou-se uma variedade de categorias de jogos que apreciam.

No último momento de avaliação, as correções realizadas só ficaram concluídas no início do período de férias de verão. Com a inexistência de eventos escolares ou aulas, tornou-se difícil encontrar voluntários com idades compreendidas entre os 12 e 16 anos. Assim, foi decidido incluir pessoas com idades fora dos parâmetros inicialmente estabelecidos. Participaram 10 voluntários a responderem ao questionário. Com este público-alvo, houve uma maior diversidade nos tipos de jogos que apreciam (Figura 5.1). As três categorias mais escolhidas foram “Estratégia” e “RPG”, ambas com 70%, e “Ação”, com 60%. Em relação à preferência de jogar jogos sozinhos ou em conjunto (Figura 5.2), 90% referiram que é hábito jogar sozinho em vez de em grupo, o que representa uma grande diferença em relação aos participantes que estiveram presentes no primeiro e segundo momento de avaliação.

3. Indica os quatro tipos de jogos que mais costumam jogar.  
10 respostas

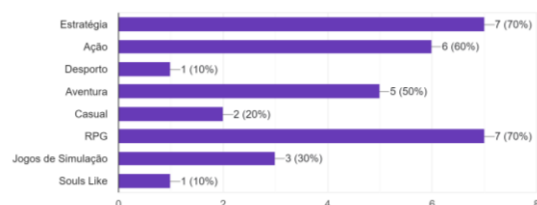


Figura 5.1 – Resultado da recolha de características do último momento de avaliação sobre o tipo de jogos que costumam jogar.

4. É habitual jogar jogos em:  
10 respostas

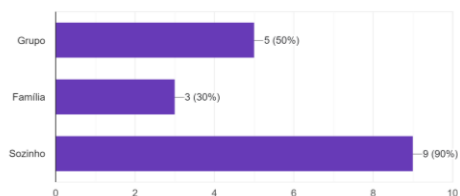


Figura 5.2 - Resultado da recolha de características do último momento de avaliação sobre habitual forma de jogar sozinho ou em conjunto.

### 5.1.4. Resultados

#### Resultados da avaliação da primeira versão

Para a primeira versão do jogo, referente ao primeiro momento de avaliação, em termos de resultados obtemos os comentários retirados durante a secção de avaliação. Contudo a maioria, cerca de 80%, disse que achava o jogo divertido, mas havia certos aspetos que poderiam ser melhorados para torná-lo menos maçador, como não ter de

arrastar as mesmas energias na próxima missão novamente. Outros aspetos de melhoria mencionados foram:

- adaptar a parte gráfica à resolução do ecrã;
- dificuldade em perceber o que tinham de fazer depois do registo;
- não havia perceção quando ganhavam ou perdiam pontos;
- inexistência de um histórico com as energias e as suas quantidades que foram usadas em cada missão;
- existir mais que uma casa decimal na quantidade de energia dificultando muito as contas.

A maior parte destes pontos referidos, foram resolvidos na segunda versão do jogo. Na secção de análise no capítulo 3.1.3. encontra-se a explicação de alguns pontos, o que foi implementado para colmatar estes problemas identificados.

No aspeto educacional, os estudantes perceberam os impactos de cada energia e alguns mencionaram que adquiriram mais conhecimento sobre as energias.

## **Resultados da avaliação da segunda versão**

Para a segunda versão do jogo, referente ao segundo momento de avaliação, os resultados foram obtidos pelo questionário realizado pelos participantes.

Na segunda secção de questões representadas no questionário, houve uma grande evolução face à primeira versão que foi submetida à avaliação. A maior parte dos participantes conseguiram perceber o que tinham de realizar após se registarem pela primeira vez.

Os participantes estiveram de acordo em que o jogo é divertido e a jogabilidade é boa. Compreenderam os impactos de cada energia e a atribuição das recompensas e penalizações no final de cada missão, apenas um dos participantes discordou que o jogo era simples e intuitivo, porém nas respostas dadas nas questões que se seguiram deu uma pontuação positiva, como por exemplo não considerou o jogo complicado de jogar, não achou o jogo complexo e as funcionalidades do jogo estavam bem integradas. Por isso, esta opinião pode ser considerada como não válida.

Todos os participantes responderam que não tiveram necessidade de comprar energias, porém ao se depararem com esta questão perguntaram onde essa opção se encontrava. Ou seja, existiu falta de informação em relação a esta funcionalidade, sendo uma das tarefas a ter tido em conta nas correções da versão final.

Para o motor do jogo, todos consideraram que as regras do jogo (Figura 5.3) e os objetivos da missão são claros e objetivos (Figura 5.4). Já a ação de arrastar e seleccionar a quantidade de energia para alguns foi complicado, mesmo assim não houve a pontuação máxima ao concordarem em como é fácil utilizar essa ação (Figura 5.5). Por esse motivo é que se tomou a decisão de melhorar esta funcionalidade de

arrastar e seleccionar a quantidade de energia como foi explicada na secção Análise de tarefas para o cenário 2.

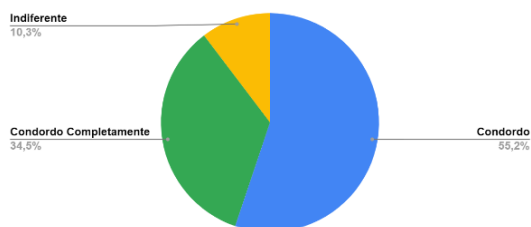


Figura 5.3 – Opinião do segundo momento de avaliação sobre se as regras do jogo são fáceis de aprender

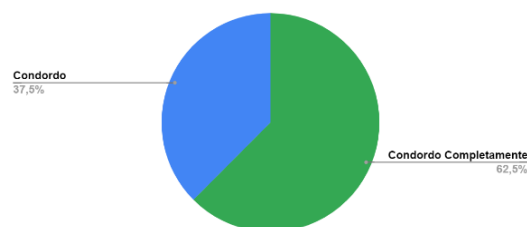


Figura 5.4 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre se os objetivos de cada missão são fáceis de compreender

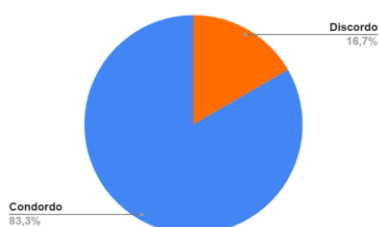


Figura 5.5 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre se as ações de arrastar e seleccionar a quantidade de energia são fáceis de realizar

No aspeto gráfico do jogo, as opiniões foram positivas e nos aspetos da avaliação geral algumas opiniões variam como, o jogo ser muito complicado de utilizar (Figura 5.9), ter de aprender muito antes de jogar (Figura 5.10), que o jogo tinha muita inconsistência (Figura 5.8), existe a necessidade de ajuda para conseguir jogar (Figura 5.7) ou o jogo é mais complexo do que o necessário (Figura 5.6).

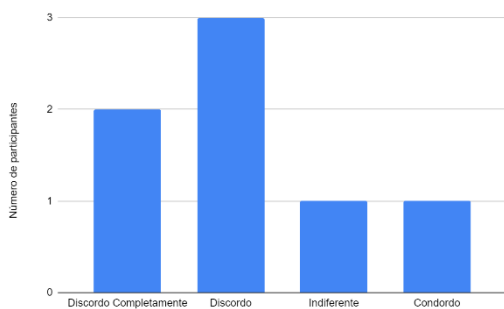


Figura 5.6 – Opinião do segundo momento de avaliação sobre jogo ser mais complexo do que necessário.

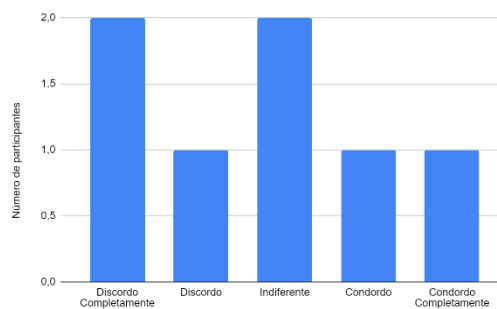


Figura 5.7 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre a necessidade de ajuda de um professor para conseguir jogar

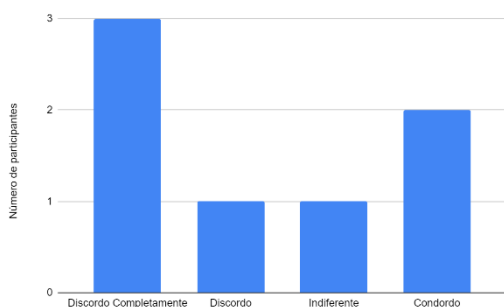


Figura 5.8 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre jogo ter muitas inconsistências

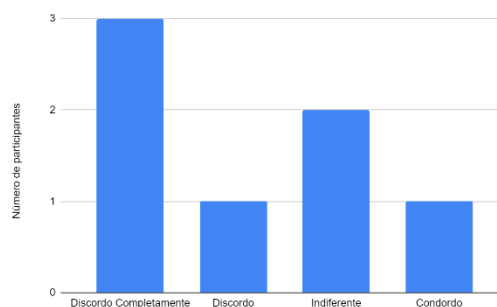


Figura 5.9 - Opinião do segundo momento de avaliação sobre jogo ser muito complicado de utilizar

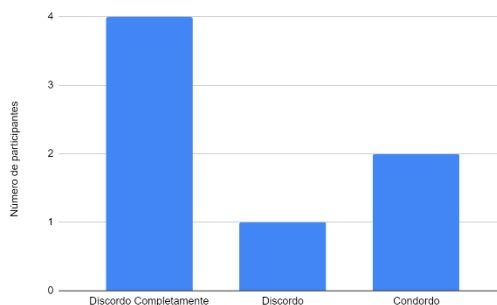


Figura 5.10 – Opinião do segundo momento de avaliação sobre a necessidade de aprender muito antes de conseguir lidar com este jogo

## Resultados da avaliação da versão final

Para a versão final do jogo, referente ao último momento de avaliação, os resultados foram obtidos por meio do questionário respondido pelos participantes, sem a supervisão ou apoio.

Comparando a avaliação da segunda versão do jogo com esta avaliação final, não foram observadas alterações em relação às dificuldades durante o registo do jogo e ir para a lista de missões. Essa etapa foi cumprida sem dificuldades.

Na secção de Exploração do jogo, as opiniões variam. Mais de 50% teve uma boa impressão do jogo (Figura 5.11), da jogabilidade (Figura 5.12) e da compreensão dos impactos ambientais (Figura 5.13). No entanto, 10% discordaram dessas duas últimas opiniões.

9. Considero a minha primeira impressão do jogo positiva.  
10 respostas

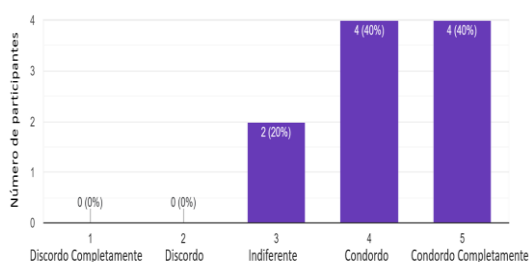


Figura 5.11 – Opinião do último momento de avaliação sobre se a primeira impressão do jogo

11. A jogabilidade é boa.  
10 respostas

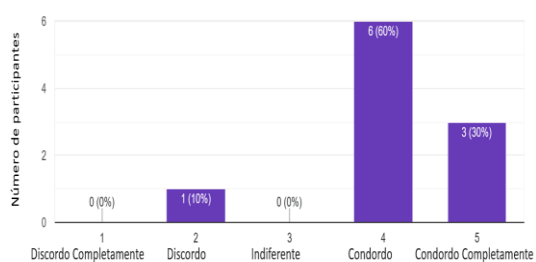


Figura 5.12 - Opinião do último momento de avaliação sobre se a jogabilidade

14. Compreendi os impactos que cada energia provocam no ambiente.  
10 respostas

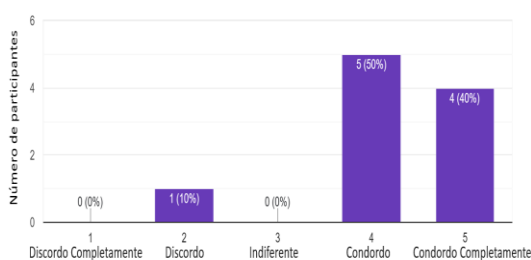


Figura 5.13 - Opinião do último momento de avaliação sobre se a compreensão dos impactos ambientais que cada energia provoca

Quanto à simplicidade e intuição do jogo (Figura 5.14), 30% discordaram. Mesmo com melhorias nas recompensas, 20% dos participantes não entenderam a distribuição no final de cada missão (Figura 5.15).

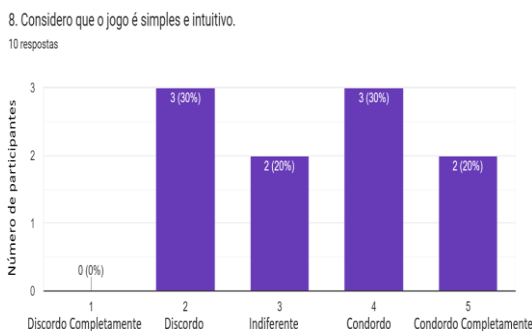


Figura 5.14 - Opinião do último momento de avaliação sobre se o jogo é simples e intuitivo

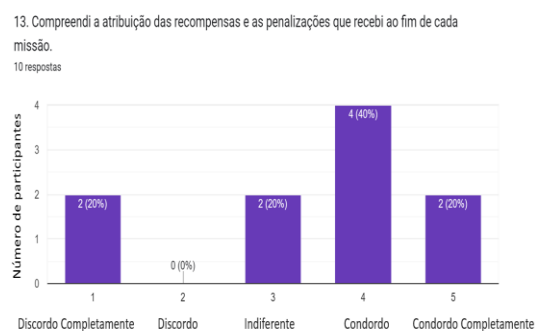


Figura 5.15 - Opinião do último momento de avaliação sobre se foi compreendido as recompensas e penalizações recebidas

Entre a segunda versão do jogo e a versão final, realizou-se melhoria no tutorial do jogo, tal como acrescentar a apresentação da Loja, onde é possível comprar e vender energias. Nesta última versão, 30% dos praticantes utilizaram essa funcionalidade. Dois dos participantes não deram opinião se esta parte é intuitiva, se perceberam a diferença entre a compra e venda de cada tipo de energia e o seu valor.

Na secção das opiniões sobre o motor do jogo, destacaram-se duas sugestões de melhoria: “Ter uma opção de ajuda ou pista” e “À medida que se adiciona as energias na zona do jogo os indicadores são alterados em tempo real”. Para as três opiniões principais, mais de 50% dos participantes entenderam as regras do jogo (Figura 5.16), compreenderam seu objetivo (Figura 5.17) e acharam fácil interagir com a escolha das energias e a quantidade (Figura 5.18). No entanto, 20% discordaram de que as regras eram fáceis de entender, e um participante não compreendeu o objetivo das missões. Contudo, esse participante conseguiu completar sete missões, levando a interpretar que a sua opinião negativa não se refere à realização da quantidade que tem de ser produzida, mas à escolha das energias e ao entendimento das escolhas certas para produzir a quantidade de energia e obter uma melhor recompensa.

21. Considero as regras do jogo fáceis de aprender.  
10 respostas

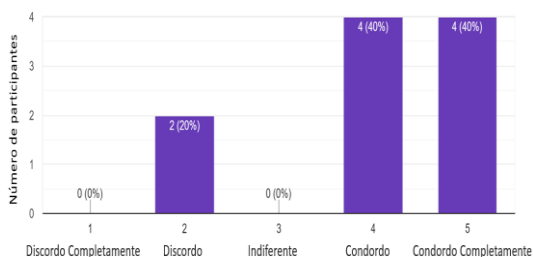


Figura 5.16 – Opinião do último momento de avaliação sobre se as regras do jogo são fáceis de aprender

22. Compreendi o objetivo de cada missão.  
10 respostas

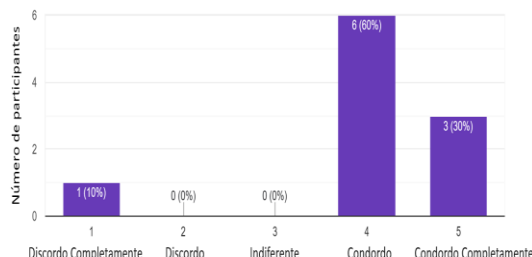


Figura 5.17 - Opinião do último momento de avaliação sobre se os objetivos de cada missão são fáceis de compreender

23. Ao arrastar e selecionar a quantidade de energia que pretendia, considerei fácil a realização destas duas ações.  
10 respostas

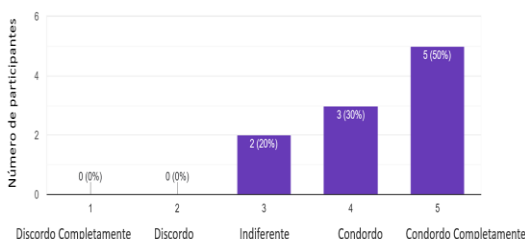


Figura 5.18 - Opinião do último momento de avaliação sobre se as ações de arrastar e selecionar a quantidade de energia são fáceis de realizar

Na avaliação gráfica do jogo, houve uma opinião positiva semelhante à avaliação da segunda versão. Quanto ao tamanho dos elementos (Figura 5.19), as opiniões variam, e isso é evidente nas sugestões de melhorias, mencionando que o ecrã não estava responsivo sem o modo tela cheia (Figura 5.20). Esse aspeto tinha sido notado no primeiro momento de avaliação, mas não foi corrigido devido à falta de tempo.

25. O tamanho e localização dos elementos do ecrã é adequado.  
10 respostas

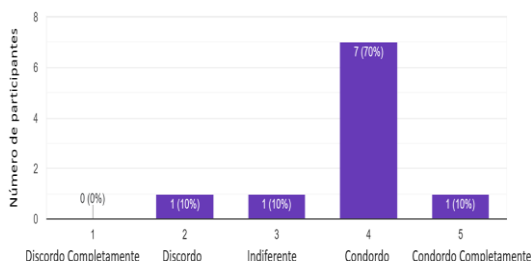


Figura 5.19 - Opinião do último momento de avaliação sobre o tamanho e localização dos elementos do ecrã

28. Tem alguma sugestão em relação ao aspeto visual da aplicação?  
2 respostas

Se quiser jogar sem ser em full screen fica desalinhado. Não está responsivo.  
dar resize aos itens do jogo quando este não se encontra em tela cheia

Figura 5.20 - Sugestão do último momento de avaliação sobre o aspeto visual da aplicação

Na avaliação geral, as opiniões aproximaram-se das respostas dadas no segundo momento de avaliação. Comparando as opiniões sobre o jogo ser mais complexo que o necessário (Figura 5.21), necessitar de ajuda de um professor (Figura 5.22) e ter inconsistências (Figura 5.23), estas opiniões desta vez encontram-se mais concentradas nos três primeiros níveis.

29. Considerei o jogo mais complexo do que necessário.  
10 respostas

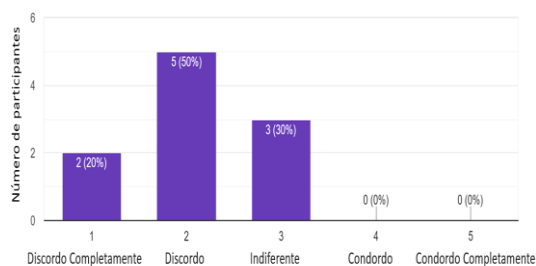


Figura 5.21 – Opinião do último momento de avaliação sobre jogo ser mais complexo do que necessário

31. Acho que necessitaria de ajuda de um professor para conseguir utilizar esta aplicação  
10 respostas

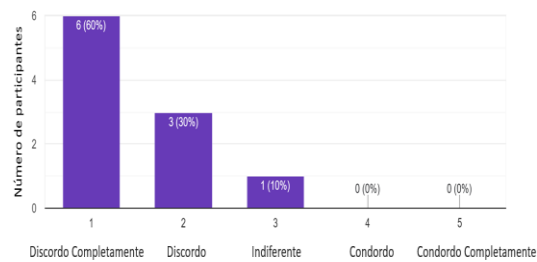


Figura 5.22 - Opinião do último momento de avaliação sobre a necessidade de ajuda de um professor para conseguir jogar

33. Achei que este jogo tinha muitas inconsistências  
10 respostas

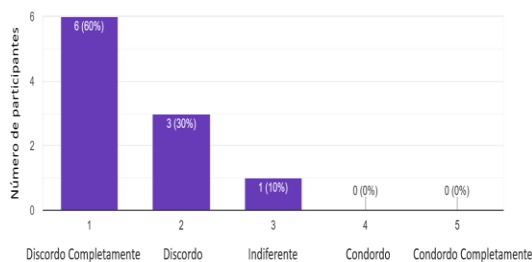


Figura 5.23 - Opinião do último momento de avaliação sobre jogo ter muitas inconsistências

## 5.2 Aplicação Healthy Sound

Nesta secção são apresentados os resultados da avaliação feita para a aplicação Healthy Sound. Para este caso esta aplicação só foi sujeita a uma avaliação, fixando-se mais na avaliação da experiência do utilizador.

### 5.2.1. Metodologia

A avaliação a esta aplicação foi feita à distância, enviando um email aos participantes, com o APK da aplicação e a explicação do que trata a aplicação e os passos para instalar num dispositivo android assim como o link para submeter as respostas ao questionário. O email enviado encontra-se no Apêndice G.

O questionário foi realizado a partir da ferramenta que o Google disponibiliza para a realização do mesmo, aplicando numa das secções as questões para avaliar a experiência do utilizador através do UEQ (User Experience Questionnaire) [46].

### 5.2.2. Questionário

O questionário que foi realizado contém 44 questões, encontra-se dividido em 4 secções:

1. Realiza questões no contexto geral do utilizador.
2. Avalia as experiências do utilizador ao explorar a aplicação.
3. Avaliação em contexto gráfico do jogo.
4. Avaliação da usabilidade da aplicação.

Em cada uma das secções encontra-se uma breve descrição do que se pretende avaliar nesse conjunto de questões. A maior parte das questões são de escolha única e obrigatória, existindo uma pergunta de resposta aberta. Na secção 3, as respostas são para responder com o grau de adjetividade para se conseguir medir a experiência do utilizador da aplicação. O questionário inclui o UEQ e o SUS.

A estrutura do questionário encontra-se no Apêndice E.

### 5.2.3. Participantes

O desenvolvimento desta aplicação não ficou concluída na época escolar, mas sim durante o período de férias de verão, devido ao facto de ser difícil encontrar voluntários com ideias compreendidas entre os 12 e 16 anos. Assim, foi decidido incluir pessoas com idades fora dos parâmetros de idades referidas.

Participaram 10 voluntários para responderem ao questionário, cerca de 60% do género masculino e 40% feminino. A maioria já teve contacto com aplicações de análise de som (Figura 5.24). Em relação à pergunta sobre se têm cuidado ou devida atenção ao ruído que se encontra presente no dia a dia, a maioria respondeu que tem preocupação em relação a este aspeto (Figura 5.25).

Já tiveste algum contacto com ferramentas que analisam o som?  
10 respostas

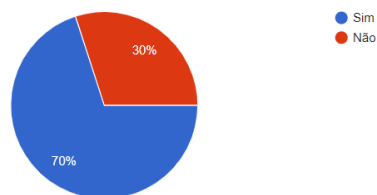


Figura 5.24 – Respostas dos participantes à questão se já utilizou alguma ferramenta que analisa o som.

Tenho especial atenção ao ruído sonoro que me rodeia.  
10 respostas

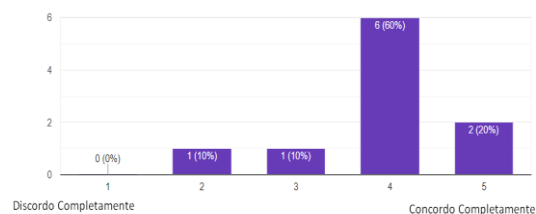


Figura 5.25 - Respostas dos participantes à questão se já tem preocupação ao ruído sonoro que rodeia.

## 5.2.4. Resultados

Analisando os resultados obtidos em cada par de adjetivos, na seção 2 do questionário e com a ajuda do Excel, que contém as expressões e tabelas para analisar os resultados com base nas respostas, é possível perceber que, com base na escala UEQ (Figura 5.26), foram avaliados os seguintes critérios: Atractividade; Transparência; Eficiência; Controlo; Estimulação e Inovação. Cada uma dessas escalas representa um conjunto de pares de adjetivos que as caracterizam. Na figura 5.27, encontra-se a distribuição dos valores atribuídos aos pares de adjetivos.

UEQ Scales (Mean and Variance)		
<b>Atractividade</b>	↑ 0,850	0,82
<b>Transparência</b>	↑ 1,325	0,25
<b>Eficiência</b>	↑ 1,325	0,45
<b>Controlo</b>	↑ 1,425	0,42
<b>Estimulação</b>	→ 0,675	0,49
<b>Inovação</b>	→ 0,375	1,34

Figura 5.26 – Tabela que representa as seis escalas do UEQ

No que diz respeito à Estimulação, obteve uma classificação média, uma vez que algumas opiniões sugerem que a aplicação é considerada aborrecida, desmotivante ou desinteressante, o que contribui para uma diminuição nesse valor de escala. No entanto, esses resultados estão alinhados com a ideia de que a aplicação não motiva o utilizador a explorar as suas funcionalidades com maior motivação.

Além de ser considerado aborrecido e desmotivante, dado que existem várias aplicações com funcionalidades semelhantes àquela que foi submetida à avaliação, os participantes consideram a Inovação muito baixa. No entanto, olhando para os adjetivos em separado que contemplam esta escala, existe opiniões diversas sobre este aspeto entre os participantes (Figura 5.27). Aproximadamente 30% dos participantes deu uma pontuação de 4, significando que não têm opinião neste aspeto. Cerca de 20% deram pontuações negativas aos adjetivos que compõem a escala Inovação. No

entanto, quase metade dos participantes deu pontuação positiva, indicando que há potencial para a aplicação evoluir no aspeto criativo, original ou inovadora.

Nr	Item	1	2	3	4	5	6	7	Scale
1	Desagradável/Agradável	0	0	0	4	2	4	0	Atractividade
2	Incompreensível/Compreensível	0	0	0	0	5	3	2	Transparência
3	Sem criatividade/Criativo	0	1	2	3	1	3	0	Inovação
4	De difícil aprendizagem/De Fácil aprendizagem	0	1	1	1	2	3	2	Transparência
5	Sem valor/Valioso	0	0	2	1	4	2	1	Estimulação
6	Aborrecido/Excitante	0	1	0	6	1	2	0	Estimulação
7	Desinteressante/Interessante	0	0	0	3	6	1	0	Estimulação
8	Imprevisível/Previsível	0	1	0	3	4	2	0	Controlo
9	Lento/Rápido	0	1	1	0	3	3	2	Eficiência
10	Convencional/Original	0	2	1	2	3	1	1	Inovação
11	Obstrutivo/Condutor	0	0	0	1	6	2	1	Controlo
12	Mau/Bom	0	1	0	1	3	4	1	Atractividade
13	Complicado/Fácil	0	0	1	0	2	7	0	Transparência
14	Desinteressante/Atrativo	0	0	1	2	4	2	1	Atractividade
15	Comum/Vanguardista	0	0	2	4	1	3	0	Inovação
16	Incómodo/Cómodo	0	0	1	2	3	3	1	Atractividade
17	Inseguro/Seguro	0	0	0	1	2	4	3	Controlo
18	Desmotivante/Motivante	0	0	0	6	2	1	1	Estimulação
19	Não atende as expectativas/Atende as expectativas	0	0	1	0	1	5	3	Controlo
20	Ineficiente/Eficiente	0	0	0	1	4	4	1	Eficiência
21	Confuso/Evidente	0	0	1	3	1	5	0	Transparência
22	Impraticável/Prático	0	0	0	2	2	5	1	Eficiência
23	Desorganizado/Organizado	0	0	2	2	0	5	1	Eficiência
24	Feio/Atraente	0	2	2	3	1	1	1	Atractividade
25	Antipático/Simpático	0	0	1	3	3	3	0	Atractividade
26	Conservador/Inovador	0	1	1	3	3	2	0	Inovação

Figura 5.27 – Representação da distribuição das respostas por cada par de adjetivos

No que concerne à atratividade da aplicação, a avaliação foi positiva. No entanto, as opiniões divergem em relação ao aspeto gráfico, à distribuição da informação e às cores escolhidas (Figura 5.30). Por outro lado, houve algumas opiniões positivas sobre o tamanho e a localização (Figura 5.28) e a adequação dos ícones utilizados (Figura 5.29) e como representam corretamente o conteúdo.

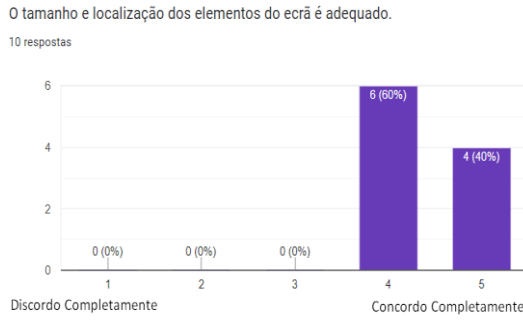


Figura 5.28 – Respostas dos participantes à opinião do tamanho e localização dos elementos do ecrã é adequado.

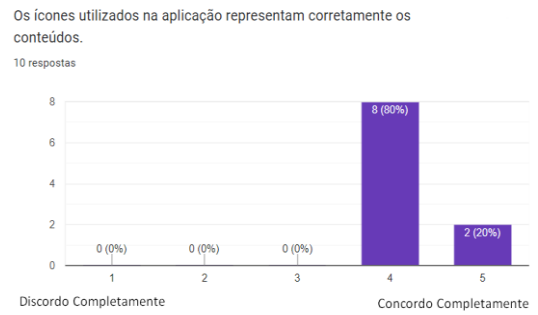


Figura 5.29 - Respostas dos participantes à opinião se os ícones utilizados representação corretamente os conteúdos.

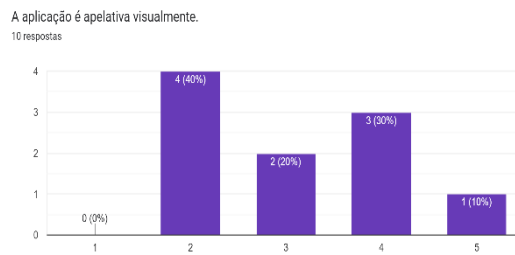


Figura 5.30 – Respostas dos participantes à opinião do visual da aplicação

Quanto às outras três escalas, os participantes concordaram que a usabilidade da aplicação é intuitiva (Figuras 5.31 e 5.33) e fácil de aprender (Figuras 5.32 e 5.36), sem necessidade de ajuda de terceiros (Figuras 5.34 e 5.35).

Considereei a aplicação mais complexa do que necessário.  
10 respostas

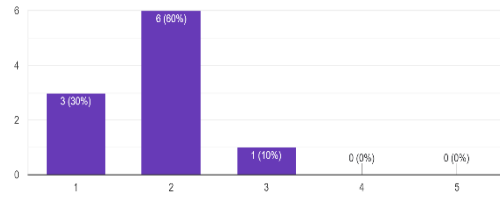


Figura 5.31 - Respostas dos participantes à opinião se consideram a aplicação mais complexa que necessário

Achei a aplicação fácil de utilizar.  
10 respostas

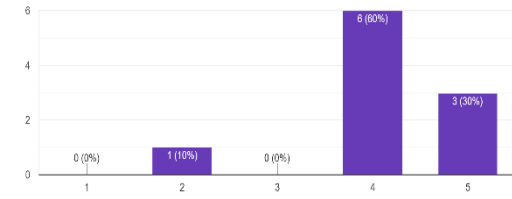


Figura 5.32 - Respostas dos participantes à opinião se acharam fácil de utilizar

Considereei a aplicação muito complicada de utilizar.  
10 respostas

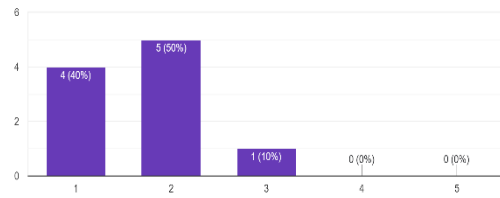


Figura 5.33 - Respostas dos participantes à opinião se foi muito complicado de utilizar

Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta aplicação.  
10 respostas

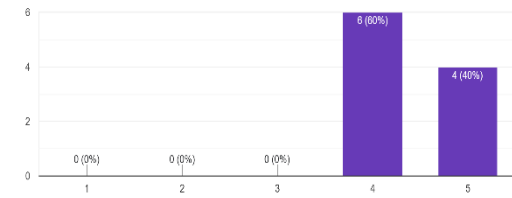


Figura 5.34 - Respostas dos participantes à opinião se as pessoas aprenderiam utilizar rapidamente a aplicação

Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta aplicação.  
10 respostas

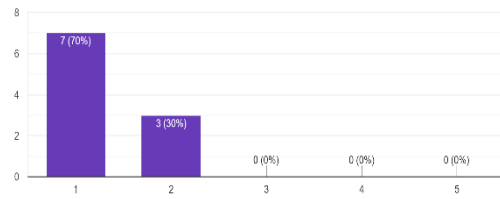


Figura 5.35 - Respostas dos participantes à opinião se é necessário de ajuda de terceiros

Tive de aprender muito antes de conseguir lidar com esta aplicação.  
10 respostas

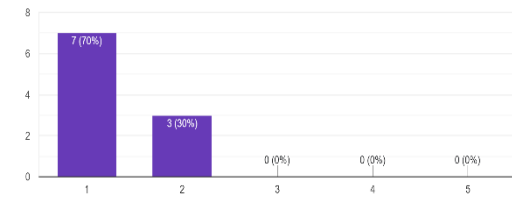


Figura 5.36 - Respostas dos participantes à opinião de ter conhecimento antes de utilizar esta aplicação.



## Capítulo 6

### 6. Conclusões e Trabalho Futuro

O projeto descrito neste documento teve como objetivo o desenvolvimento de duas aplicações que abordam temas que tem como impactos a saúde pública relativamente à poluição atmosférica e sonora, conseguindo sensibilizar para esses impactos e como são causados a partir de atividades divertidas que permitem explorar esses temas de maneira mais lúdica. Tem existido uma evolução ao aplicar estas componentes de aprendizagem na educação para um determinado tema, incorporando-as em jogos sérios ou aplicando as componentes de gamificação. Contudo, é de salientar que estes modelos não substituem a aprendizagem educativa nas escolas e nos livros, mas complementam o conhecimento teórico, oferecendo a oportunidade de experimentar e aprender com os erros livremente de forma prática.

Nas avaliações efetuadas em ambas as aplicações, notou-se que os participantes que não possuíam conhecimento prévio sobre a energia renovável ou não renovável e sobre as funcionalidades do som, encontram dificuldades para compreender a funcionalidade das aplicações, mesmo com uma introdução. É necessário perceberem o básico para assim conseguirem experimentar livremente e perceberem os erros cometidos.

Durante as várias etapas de avaliação do jogo Primary Energy, observou-se melhorias significativas em cada fase. O jogo tornou-se mais fácil de compreender, a jogabilidade foi aprimorada, as interações que o jogador tem de realizar tornaram-se mais intuitivas e fáceis de aplicar. Muitos participantes acharam o jogo divertido, embora tenham sido identificados pontos que podem ser aperfeiçoados. No contexto, educacional, a maioria dos participantes ampliou o seu conhecimento sobre o assunto com base na sua aprendizagem prévia.

Pelos resultados obtidos das respostas ao questionário para aplicação Healthy Sound, percebeu-se a falta de motivação que os participantes sentiram ao experimentar a aplicação. Porém a aplicação em si, encontra-se simples e intuitiva ao ser utilizada. Salientando que os participantes que responderam ao questionário não se encontram no intervalo de idades do público alvo deste projeto, obtendo assim uma visão de outra perspetiva de participantes que contém maior conhecimento sobre este tema.

Houve uma pequena diferença na implementação e avaliação entre Primary Energy e Healthy Sound. Na aplicação do som, faltou a implementação de elementos de gamificação para torná-la mais dinâmica e educativa, como a existência de perguntas

## **Conclusões e Trabalho Futuro**

sobre o som capturado, assim como também melhorar o aspeto gráfico, conseguindo adaptar aos ecrãs dos dispositivos móveis. Futuramente será necessário obter participantes com idades no intervalo pré-definido para conseguir avaliar noutra perspetiva, focando-se na parte educativa.

No jogo, ao ter mais secções de avaliação conseguiu se ter resultados mais satisfatórios, aprimorando a experiência do jogo em aprendizagem. Contudo existe sempre algo a ser melhorado, como os aspetos gráficos ou incluir novas funcionalidades, mudar o grau de dificuldade com base no perfil do aluno durante a sua prestação no jogo ou aplicar questões no final de cada missão para verificar a compreensão da mensagem transmitida pelo jogo. Para além destas funcionalidades, incluir também outros aspetos relacionados à saúde, como as alterações climáticas e seus efeitos nas escolhas de fontes de energia, embora isso possa exigir uma expansão do jogo para um período mais longo, como um ano, para abordar desafios sazonais que influenciam o uso de energias.

## Referência

- [1] Hawthorn, S., Jesus, R., Baptista, M. A., ““A review of digital serious games for tsunami risk communication”,” 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17083/ijsg.v8i2.411>.
- [2] “Gamification and the Future of Education,” [Online]. Available: [https://www.worldgovernmentsummit.org/docs/default-source/publication/2016/gamification/gamification\\_en.pdf?sfvrsn=b710f0a\\_2](https://www.worldgovernmentsummit.org/docs/default-source/publication/2016/gamification/gamification_en.pdf?sfvrsn=b710f0a_2).
- [3] Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J.P., Rampnoux, O., ““Origins of Serious Games”,” 2011. [Online]. Available: doi:10.1007/978-1-4471-2161-9\_3.
- [4] Zyda, Michael, ““From visual simulation to virtual reality to games”,” 2005. [Online]. Available: doi:10.1109/MC.2005.297. S2CID 19105209.
- [5] S. L. Gjelstrup, “Guide To FFT Analysis (Fast Fourier Transform) | Dewesoft,” 4 10 2021. [Online]. Available: <https://dewesoft.com/blog/guide-to-fft-analysis>. [Acedido em 10 de junho de 2023].
- [6] “Abandono Escolar | European Education Area,” [Online]. Available: <https://education.ec.europa.eu/pt-pt/education-levels/school-education/early-school-leaving>. [Acedido em 4 de junho de 2023].
- [7] “Portugal foi o país que mais reduziu o abandono escolar precoce desde 2015 | Portugal.GOV.PT,” 23 05 2023. [Online]. Available: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc23/comunicacao/noticia?i=portugal-foi-o-pais-que-mais-reduziu-o-abandono-escolar-precoce-desde-2015>. [Acedido em 4 de junho de 2023].
- [8] “Duolingo - The world's best way to learn a language,” [Online]. Available: <https://en.duolingo.com/>. [Acedido em 23 de julho de 2023].
- [9] Jenni Majuri, Jonna Koivisto, Juho Hamari, “Gamification of education and learning: A review of empirical,” 2018. [Online]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-2186/paper2.pdf>.
- [10] Armando Toda, Pedro Henrique Dias Valle, Seiji Isotani, “The Dark Side of Gamification: An Overview of Negative Effects of Gamification in Education,” Agosto 2018. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/326876949\\_The\\_Dark\\_Side\\_of\\_Gamification\\_An\\_Overview\\_of\\_Negative\\_Effects\\_of\\_Gamification\\_in\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/326876949_The_Dark_Side_of_Gamification_An_Overview_of_Negative_Effects_of_Gamification_in_Education).

## Referência

- [11] “Pandemic (board game) - Wikipedia,” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Pandemic\\_\(board\\_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pandemic_(board_game)). [Acedido em 22 de julho de 2023].
- [12] “Pandemic Legacy, The Board-Game Series for the Age of the Coronavirus,” [Online]. Available: <https://www.newyorker.com/culture/culture-desk/pandemic-the-board-game-series-for-the-age-of-the-coronavirus>. [Acedido em 22 de julho de 2023].
- [13] Stefan Göbel, Sandro Hardy, Viktor Wendel, Florian Mehm, Ralf Steinmetz, “Serious Games for Health – Personalized Exergames,” 10 2010. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/221572079\\_Serious\\_games\\_for\\_health\\_personalized\\_exergames](https://www.researchgate.net/publication/221572079_Serious_games_for_health_personalized_exergames).
- [14] “Ring Fit Adventure | Wikipedia,” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ring\\_Fit\\_Adventure](https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_Fit_Adventure). [Acedido em 23 de julho de 2023].
- [15] “Dance Dance Revolution | Wikipedia,” [Online]. Available: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Dance\\_Dance\\_Revolution](https://pt.wikipedia.org/wiki/Dance_Dance_Revolution). [Acedido em 23 de julho de 2023].
- [16] “Energy Czar,” 1980. [Online]. Available: <https://www.mobygames.com/game/87763/energy-czar/>. [Acedido em 4 de junho de 2023].
- [17] “SimEarth,” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/SimEarth>. [Acedido em 4 de junho de 2023].
- [18] “Windfall - Games4Sustainability,” [Online]. Available: <https://games4sustainability.org/gamepedia/windfall/>. [Accessed 4 de junho de 2023].
- [19] “Energyville | Green Game,” [Online]. Available: <https://zielonegry.crs.org.pl/gamepedia/energyville-2/>. [Acedido em 5 de novembro de 2022].
- [20] “BBC Science & Nature - Climate Challenge game,” 24 9 2014. [Online]. Available: [https://www.bbc.co.uk/sn/hottopics/climatechange/climate\\_challenge/aboutgame.shtml](https://www.bbc.co.uk/sn/hottopics/climatechange/climate_challenge/aboutgame.shtml). [Acedido em 4 de junho de 2023].
- [21] “Energy Transition Model Light,” [Online]. Available: <https://light.energytransitionmodel.com/>. [Accessed 4 de novembro de 2022].

## Referência

- [22] “Wordwall,” [Online]. Available: <https://wordwall.net/en-us/community/sources-of-energy>. [Accessed 4 de novembro de 2022].
- [23] “Fate of the World - Wikipedia,” [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fate\\_of\\_the\\_World](https://en.wikipedia.org/wiki/Fate_of_the_World). [Accessed 6 de novembro de 2022].
- [24] Erik Knol, Peter W. De Vries, “EnerCities, a Serious Game to Stimulate,” 4 Jul 2013. [Online]. Available: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1866206](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1866206). [Acedido em 4 de novembro de 2022].
- [25] Erik Knol, Peter W. de Vries, “ENERCITIES: EDUCATIONAL GAME ABOUT ENERGY,” [Online]. Available: [http://cesb.cz/cesb10/papers/8\\_education/191.pdf](http://cesb.cz/cesb10/papers/8_education/191.pdf). [Acedido em 4 de novembro de 2022].
- [26] “Decibel X - Sonómetro Pro - Apps Google Play,” [Online]. Available: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.skypaw.decibel&hl=pt\\_PT&gl=US&pli=1](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.skypaw.decibel&hl=pt_PT&gl=US&pli=1). [Acedido em 8 de junho de 2023].
- [27] “Noise-Planet - NoiseCapture,” [Online]. Available: <https://noise-planet.org/noisecapture.html>. [Acedido em 8 de junho de 2023].
- [28] “SmarterNoise,” [Online]. Available: <https://smarternoise.com/>. [Acedido em 8 de junho de 2023].
- [29] “World Energy Statistics | Enerdata,” [Online]. Available: <https://yearbook.enerdata.net/>. [Accessed 7 de fevereiro de 2023].
- [30] “Aerogeradores são erguidos com "grande precisão e risco",” [Online]. Available: <https://www.dn.pt/arquivo/2008/aerogeradores-sao-erguidos-com-grande-precisao-e-risco-1136240.html>. [Acedido em 8 de fevereiro de 2023].
- [31] “What time do solar panels start and stop working?,” [Online]. Available: <https://www.solarempower.com/blog/time-solar-panels-start-working/>. [Acedido em 8 de fevereiro de 2023].
- [32] “SNIRH > Dados Sintetizados,” [Online]. Available: <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.3>. [Acedido em 9 de fevereiro de 2023].
- [33] “REN Data Hub,” [Online]. Available: <https://datahub.ren.pt/en/>. [Accessed 12 de fevereiro de 2023].

## Referência

- [34] “Ruídos: quais são os limites dos seus ouvidos? | CUF,” [Online]. Available: <https://www.cuf.pt/mais-saude/ruído-quais-são-os-limites-dos-seus-ouvidos>. [Acedido em 13 de junho de 2023].
- [35] “GitHub - ScottPlot / ScottPlot,” [Online]. Available: <https://github.com/ScottPlot/ScottPlot>. [Acedido em 10 de julho de 2023].
- [36] “GitHub - yasirkula / UnityNativeGallery,” [Online]. Available: <https://github.com/yasirkula/UnityNativeGallery>. [Acedido em 12 de julho de 2023].
- [37] “FFT Fast Fourier Transform | Audio | Unity Asset Store,” [Online]. Available: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/audio/fft-fast-fourier-transform-152492>. [Acedido em 10 de junho de 2023].
- [38] “GitHub - TSantosFigueira / fast-fourier-transform,” [Online]. Available: <https://github.com/TSantosFigueira/fast-fourier-transform>. [Acedido em 10 de julho de 2023].
- [39] “GitHub - sw Harden / FftSharp,” [Online]. Available: <https://github.com/swHarden/FftSharp>. [Acedido em 10 de julho de 2023].
- [40] “Figma,” [Online]. Available: <https://www.figma.com/>. [Acedido em 9 de novembro de 2022].
- [41] “Unity,” [Online]. Available: <https://unity.com/pt>. [Acedido em 29 de janeiro de 2023].
- [42] “libGDX,” [Online]. Available: <https://libgdx.com/>. [Acedido em 29 de janeiro de 2023].
- [43] “Firebase,” [Online]. Available: <https://firebase.google.com/?hl=pt>. [Acedido em 30 de março de 2023].
- [44] “Cloud Save: Save Game Progress & Store Player Data | Unity,” [Online]. Available: <https://unity.com/products/cloud-save>. [Acedido em 30 de março de 2023].
- [45] “System Usability Scale (SUS) | Usability.gov,” [Online]. Available: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>. [Acedido em 1 de abril de 2023].
- [46] “User Experience Questionnaire (UEQ),” [Online]. Available: <https://www.ueq-online.org/>. [Acedido em 1 de abril de 2023].

# Apêndice A

## A. Wireframes do Jogo Primary Energy



Figura A.1 – Wireframe do ecrã principal do jogo

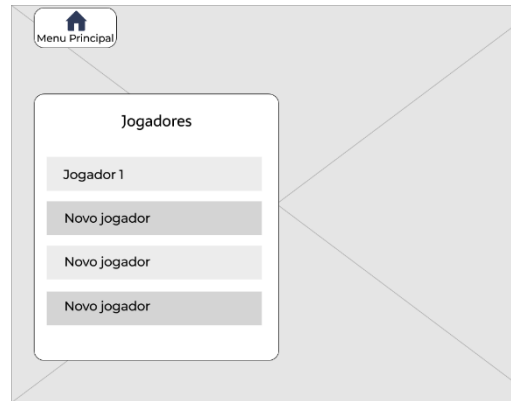


Figura A.2 – Wireframe do ecrã da lista dos jogadores registados

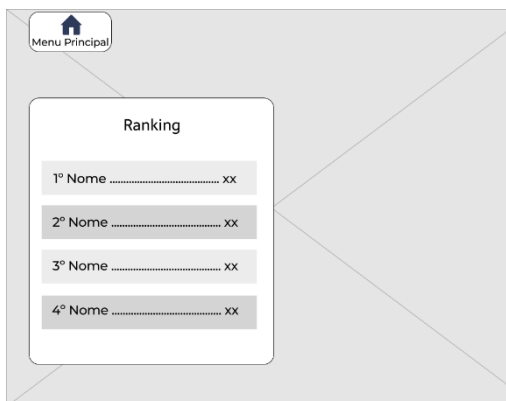


Figura A.3 – Wireframe do ecrã do Ranking

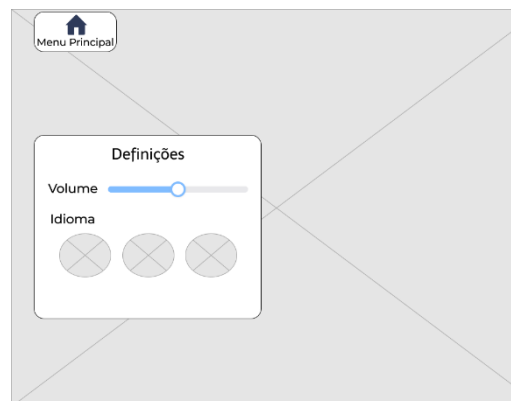


Figura A.4 – Wireframe do ecrã das definições

## Wireframes do Jogo Primary Energy

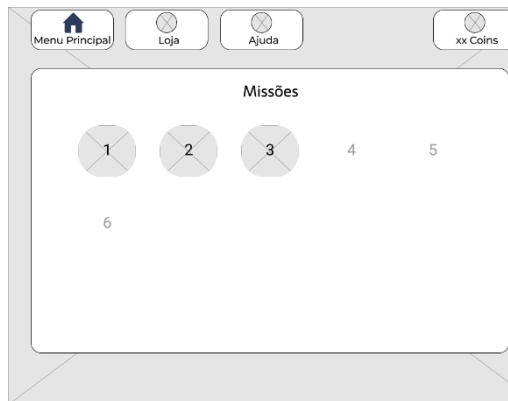


Figura A.5 – Wireframe da lista das missões para serem realizadas

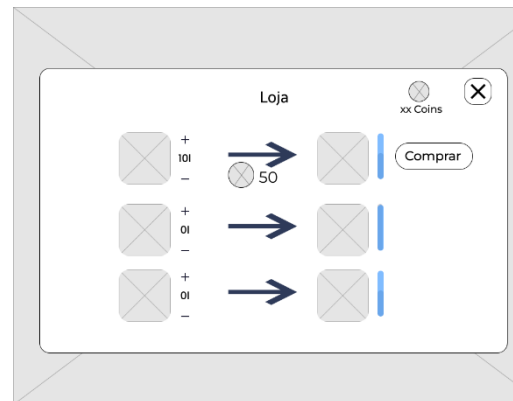


Figura A.6 – Wireframe do ecrã da loja

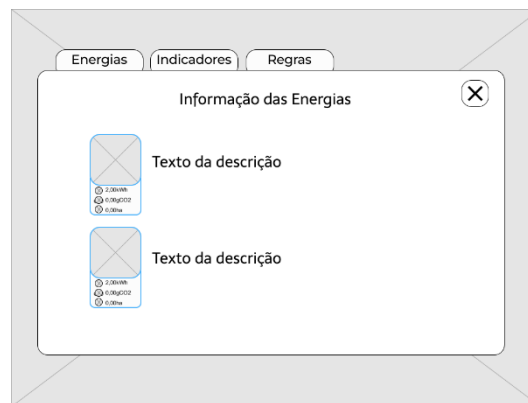


Figura A.7 – Wireframe do ecrã de informação do jogo

## Apêndice B

### B. Mockups dos ecrãs do Jogo Primary Energy

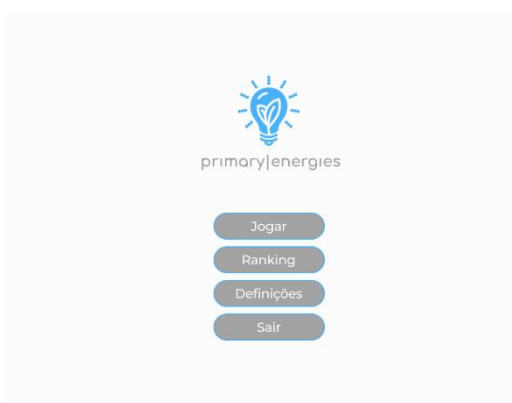


Figura B.1 – Ecrã principal do jogo



Figura B.2 – Ecrã da lista dos jogadores registados

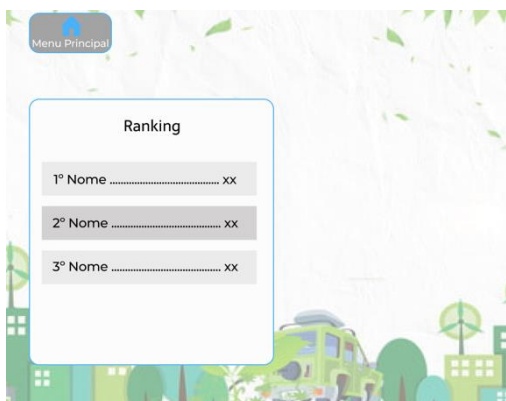


Figura B.3 – Ecrã do ranking

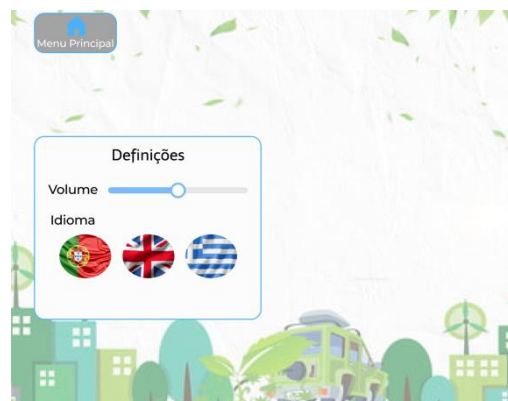


Figura B.4 – Ecrã das definições

## Mockups dos ecrãs do Jogo Primary Energy

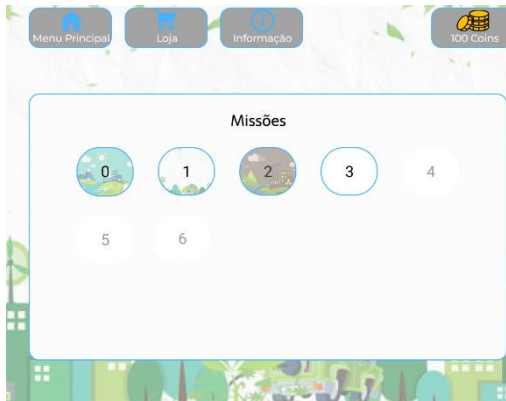


Figura B.5 – Ecrã da lista das missões para serem realizadas

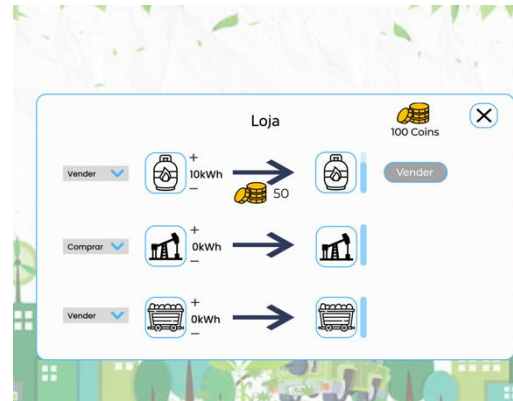


Figura B.6 – Ecrã da loja do jogo



Figura B.7 – Ecrã das recompensas no final da missão



Figura B.8 – Ecrã do resumo das energias utilizadas no final da missão



Figura B.9 - Ecrã com a informação do jogo

# Apêndice C

## C. Questionário do Jogo Primary Energy

### Primary Energies.

Primary Energies consiste num jogo para computador, que tem como objetivo principal ensinar aos alunos do 3º ciclo a gerir o consumo de energia de forma sustentável, de forma pedagógica mas também divertida.

Agradecemos a quem preencher o questionário. Irá servir para melhorar o jogo nesta primeira versão.

*\* Indica uma pergunta obrigatória*

---

#### Características

As questões que se seguem são referentes à caracterização do utilizador que irá testar a primeira versão do jogo Primary Energies. Não serão pedidas informações invasivas, e qualquer questão imposta tem como objetivo o mapeamento do tipo de utilizadores da aplicação.

1. 1. Indica o teu género. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Feminino  
 Masculino  
 Prefiro não dizer

2. 2. Indica a tua idade. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- < 13  
 13 - 14  
 15 - 16  
 > 16

## Questionário do Jogo Primary Energy

3. 3. Indica os quatro tipos de jogos que mais costumam jogar. \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Estratégia
- Ação
- Desporto
- Aventura
- Casual
- RPG
- Jogos de Simulação
- Outra: \_\_\_\_\_

4. 4. É habitual jogar jogos em: \*

*Marcar tudo o que for aplicável.*

- Grupo
- Família
- Sozinho
- Outra: \_\_\_\_\_

### **Registar no jogo**

Para começar a jogar este jogo é necessário fazer o registo.

## Questionário do Jogo Primary Energy

5. 5. Ao abrir o jogo e ao chegar à zona de criar um novo jogador, como classificarias o grau de dificuldade sentido. \*

Marcar apenas uma ova.

Elevado

---

1

---

2

---

3

---

4

---

5

---

Baixo

---

6. 6. Quando registaste o teu nome, qual foi a tua primeira opção para finalizar a criação do jogador? \*

Marcar apenas uma ova.

- Tecla do enter do teclado
- Clicar no botão que aparece
- Outra: \_\_\_\_\_

## Questionário do Jogo Primary Energy

7. 7. Após a criação do jogador, consigo compreender o próximo passo a realizar. \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

### Explorar

Explora livremente a aplicação para avaliar o quanto é intuitiva.

## Questionário do Jogo Primary Energy

8. 8. Considero que o jogo é simples e intuitivo. \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

9. 9. Considero a minha primeira impressão do jogo positiva. \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

10. 10. O jogo é divertido. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

11. 11. A jogabilidade é boa. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

12. 12. A que missão do jogo conseguiste chegar? \*

---

13. 13. Compreendi a atribuição das recompensas e as penalizações que recebi ao fim de cada missão. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

---

1

---

2

---

3

---

4

---

5

---

Concordo Completamente

---

## Questionário do Jogo Primary Energy

14. 14. Compreendi os impactos que cada energia provocam no ambiente. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

15. 15. Considero este jogo uma forma divertida de aprender entre amigos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

16. 16. Tiveste necessidade de gastar moedas para comprar energias? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim    *Avançar para a pergunta 17*

Não    *Avançar para a pergunta 21*

**Loja**

Atribui a opinião da navegação e da realização da compra de energias.

17. 17. Considero intuitivo aceder à Loja. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

**Questionário** do Jogo Primary Energy

18. 18. Compreendi a diferença entre comprar uma energia armazenável e não armazenável. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

19. 19. Considero que o custo das energias está equilibrado. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

20. 20. Como melhoravas o processo de compra de energias?

---

---

---

---

---

Jogo

Atribui a opinião durante a realização da missão.

## Questionário do Jogo Primary Energy

21. 21. Considero as regras do jogo fáceis de aprender. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

22. 22. Compreendi o objetivo de cada missão. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

23. 23. Ao arrastar e selecionar a quantidade de energia que pretendia, considereei \*  
fácil a realização destas duas ações.

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

24. 24. Como melhoravas o ambiente do jogo?

Marcar tudo o que for aplicável.

- Ter o menu para comprar energias renováveis durante a missão
- Á medida que se adiciona as energias na zona do jogo os indicadores são alterados em tempo real
- Ter uma opção de ajuda ou pista
- Passar a animação das recompensas
- Outra: \_\_\_\_\_

Avaliação gráfica

Opinião sobre a avaliação gráfica da aplicação.

## Questionário do Jogo Primary Energy

25. 25. O tamanho e localização dos elementos do ecrã é adequado. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

26. 26. A aplicação é apelativa visualmente. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

27. 27. Os ícones utilizados na aplicação representam corretamente os conteúdos. \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

28. 28. Tem alguma sugestão em relação ao aspeto visual da aplicação?

---

---

---

---

---

Avaliação Geral

Avaliação geral da usabilidade da aplicação.

## Questionário do Jogo Primary Energy

29. 29. Considerarei o jogo mais complexo do que necessário. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

30. 30. Achei o jogo fácil de utilizar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

31. 31. Acho que necessitaria de ajuda de um professor para conseguir utilizar esta aplicação \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

32. 32. Considerei que as várias funcionalidades desta aplicação estavam bem integradas \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

**Questionário** do Jogo Primary Energy

33. 33. Achei que este jogo tinha muitas inconsistências \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

34. 34. Penso que a maioria das pessoas aprenderia a jogar rapidamente este jogo. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário do Jogo Primary Energy

35. 35. Considerarei o jogo muito complicado de utilizar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

36. 36. Sinto-me muito confiante de jogar este jogo \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

**Questionário** do Jogo Primary Energy

37. 37. Tive de aprender muito antes de conseguir lidar com este jogo. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Apêndice D

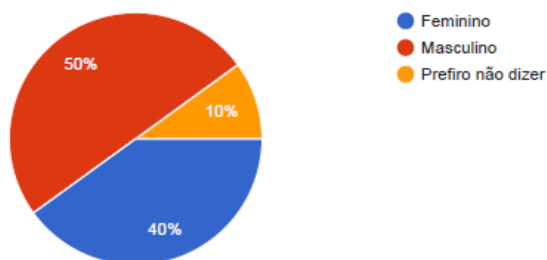
### D. Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

#### Características

1. Indica o teu género.

[Copiar](#)

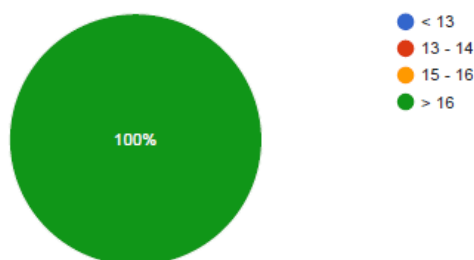
10 respostas



2. Indica a tua idade.

[Copiar](#)

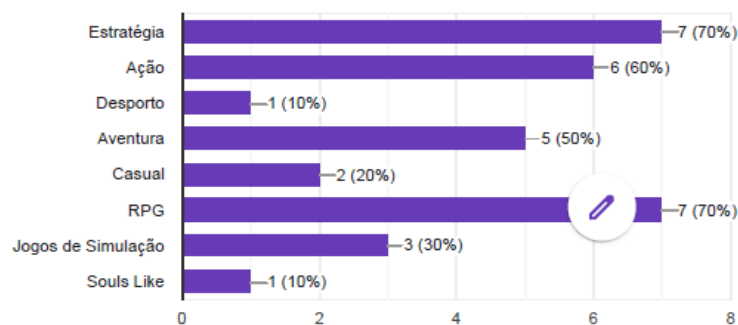
10 respostas



3. Indica os quatro tipos de jogos que mais costumavas jogar.

[Copiar](#)

10 respostas

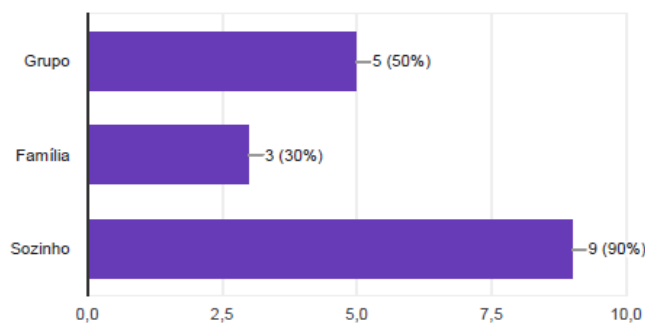


## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

4. É habitual jogar jogos em:

[Copiar](#)

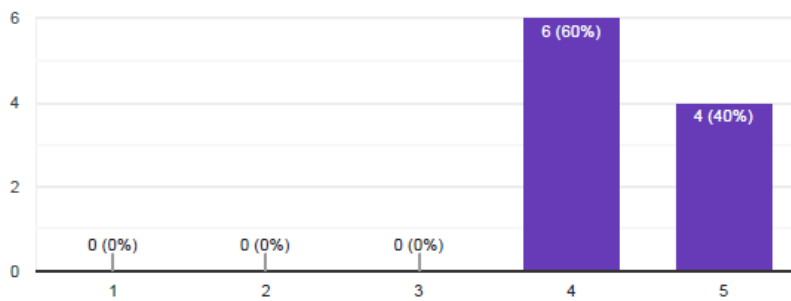
10 respostas



5. Ao abrir o jogo e ao chegar à zona de criar um novo jogador, como classificarias o grau de dificuldade sentido.

[Copiar](#)

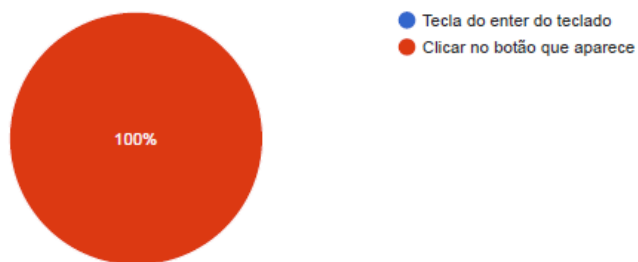
10 respostas



6. Quando registaste o teu nome, qual foi a tua primeira opção para finalizar a criação do jogador?

[Copiar](#)

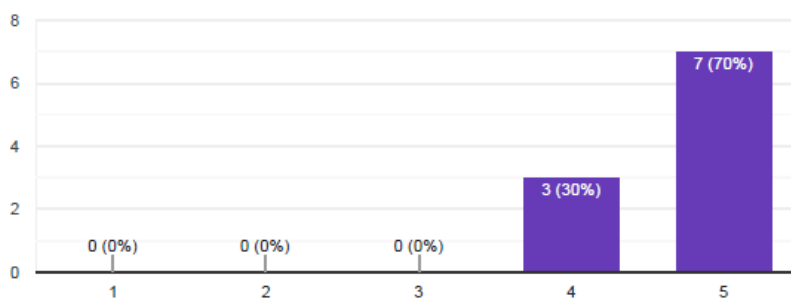
10 respostas



7. Após a criação do jogador, consigo compreender o próximo passo a realizar.

[Copiar](#)

10 respostas

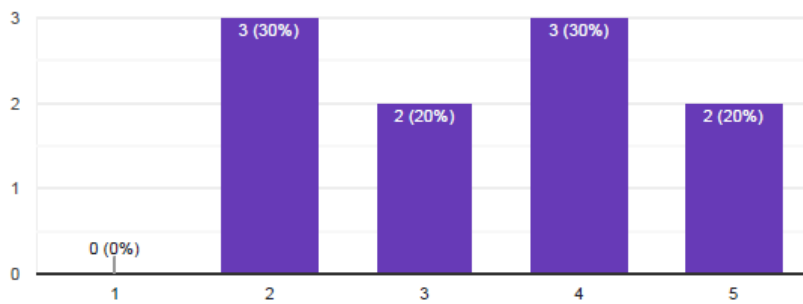


## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

8. Considero que o jogo é simples e intuitivo.

[Copiar](#)

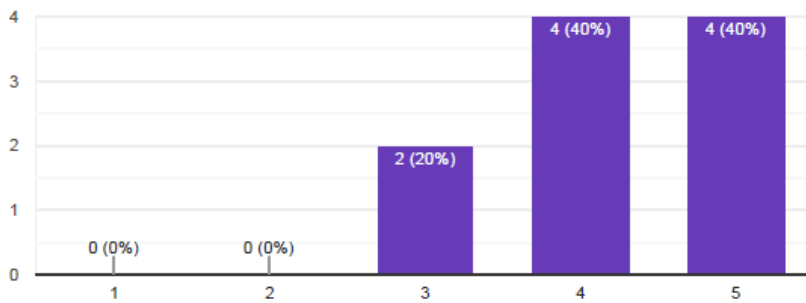
10 respostas



9. Considero a minha primeira impressão do jogo positiva.

[Copiar](#)

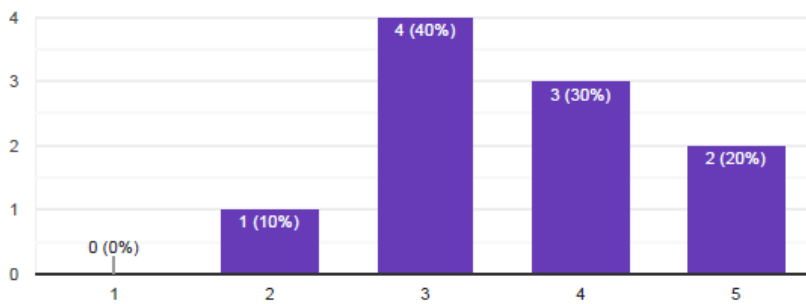
10 respostas



10. O jogo é divertido.

[Copiar](#)

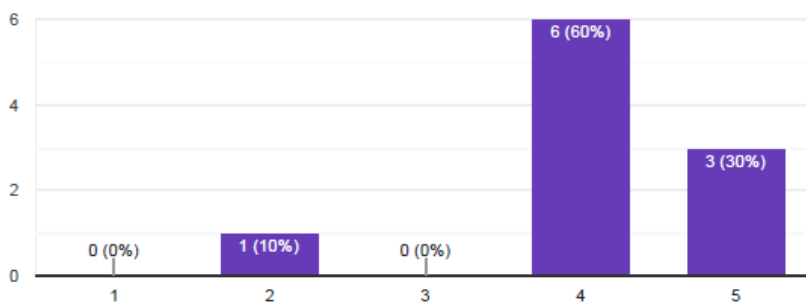
10 respostas



11. A jogabilidade é boa.

[Copiar](#)

10 respostas



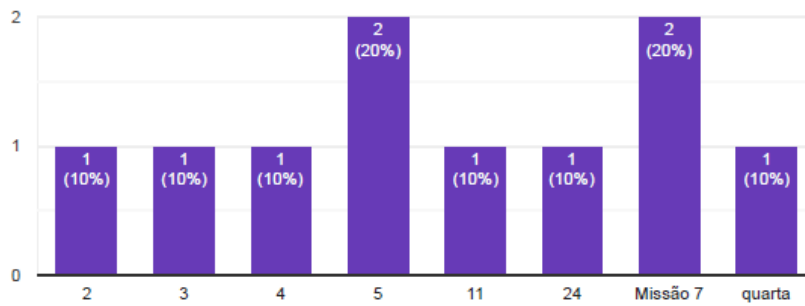
## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

12. A que missão do jogo conseguiste chegar?



[Copiar](#)

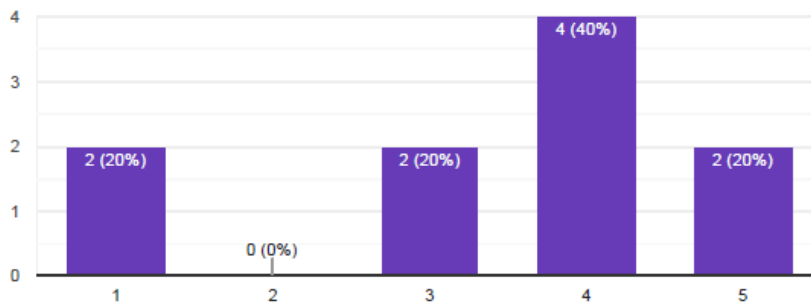
10 respostas



13. Compreendi a atribuição das recompensas e as penalizações que recebi ao fim de cada missão.

[Copiar](#)

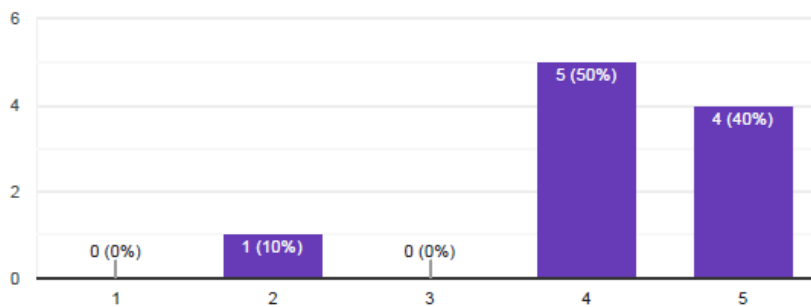
10 respostas



14. Compreendi os impactos que cada energia provocam no ambiente.

[Copiar](#)

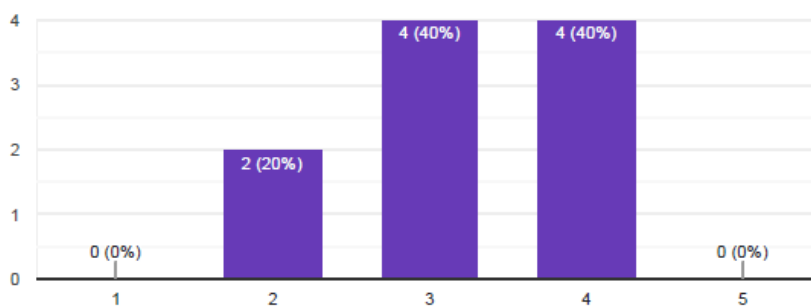
10 respostas



15. Considero este jogo uma forma divertida de aprender entre amigos.

[Copiar](#)

10 respostas

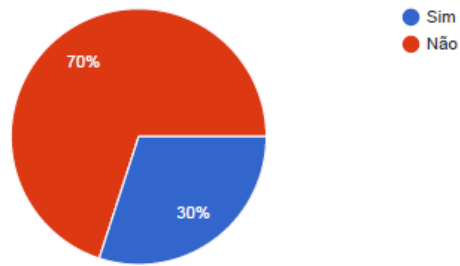


## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

16. Tiveste necessidade de gastar moedas para comprar energia?

[Copiar](#)

10 respostas

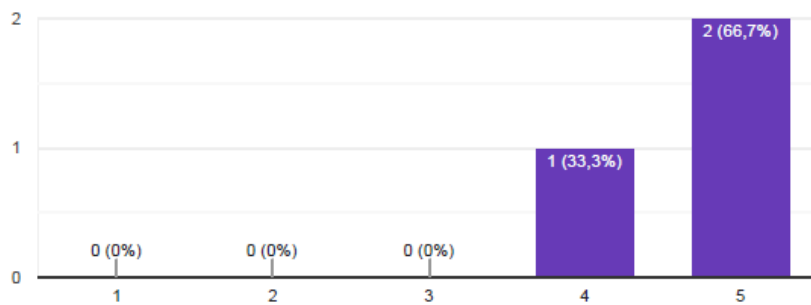


Loja

17. Considero intuitivo aceder à Loja.

[Copiar](#)

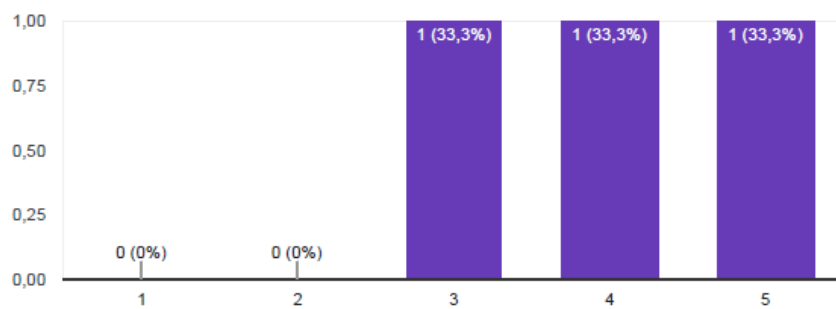
3 respostas



18. Compreendi a diferença entre comprar uma energia armazenável e não armazenável.

[Copiar](#)

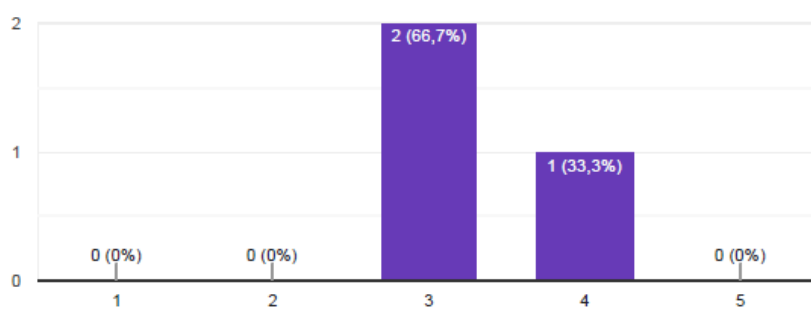
3 respostas



19. Considero que o custo das energias está equilibrado.

[Copiar](#)

3 respostas



## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

20. Como melhoravas o processo de compra de energias?



1 resposta

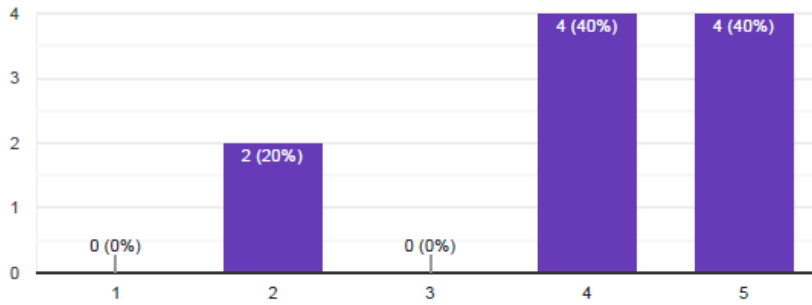
Conseguir escolher uma quantidade maior de energia do que selecionar uma de cada vez.

Jogo

21. Considero as regras do jogo fáceis de aprender.

 Copiar

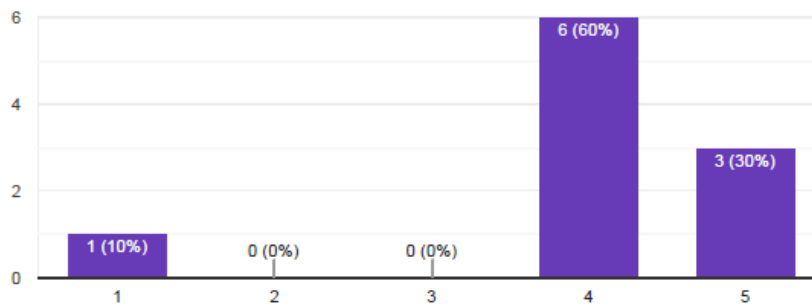
10 respostas



22. Compreendi o objetivo de cada missão.

 Copiar

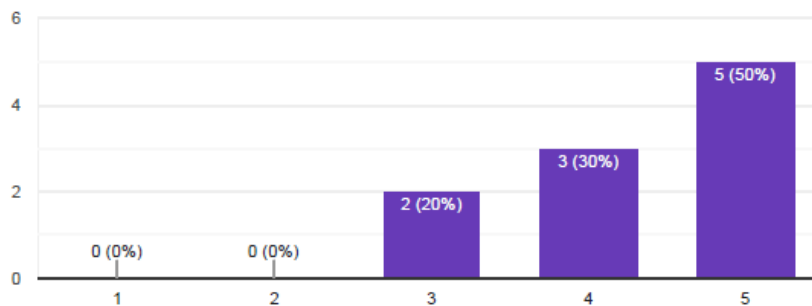
10 respostas



23. Ao arrastar e selecionar a quantidade de energia que pretendia, considerei fácil a realização destas duas ações.

 Copiar

10 respostas

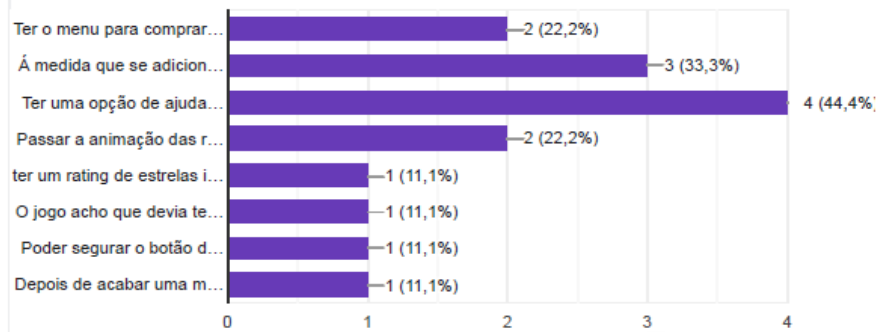


## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

24. Como melhoravas o ambiente do jogo?

[Copiar](#)

9 respostas



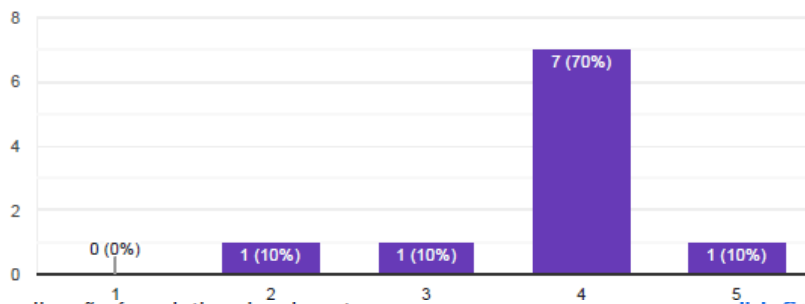
Avaliação gráfica



25. O tamanho e localização dos elementos do ecrã é adequado.

[Copiar](#)

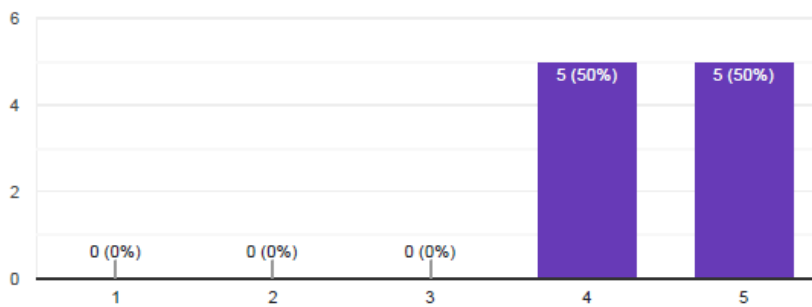
10 respostas



26. A aplicação é apelativa visualmente.

[Copiar](#)

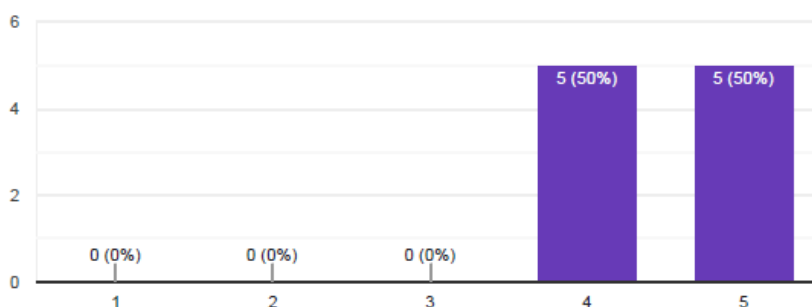
10 respostas



27. Os ícones utilizados na aplicação representam corretamente os conteúdos.

[Copiar](#)

10 respostas



## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

28. Tem alguma sugestão em relação ao aspeto visual da aplicação?

2 respostas

Se quiser jogar sem ser em full screen fica desalinhado. Não está responsivo.

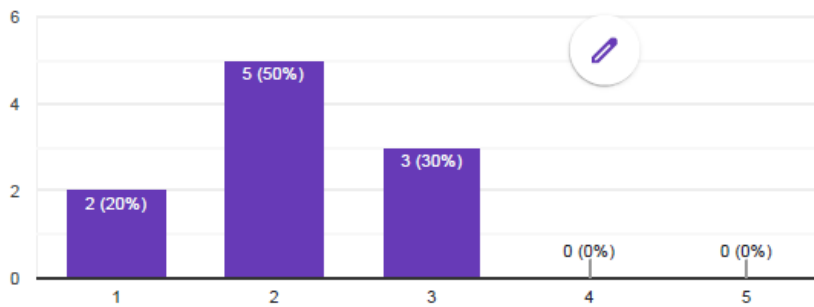
dar resize aos itens do jogo quando este não se encontra em tela cheia

### Avaliação Geral

29. Considerei o jogo mais complexo do que necessário.

 Copiar

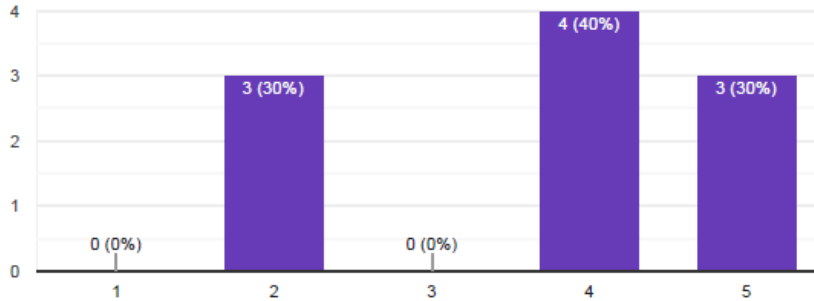
10 respostas



30. Achei o jogo fácil de utilizar.

 Copiar

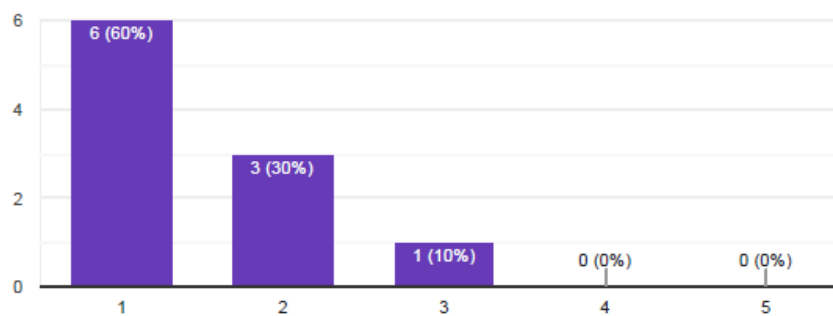
10 respostas



31. Acho que necessitaria de ajuda de um professor para conseguir utilizar esta aplicação

 Copiar

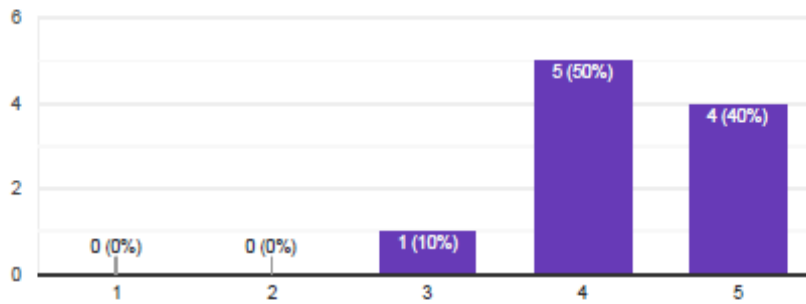
10 respostas



## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

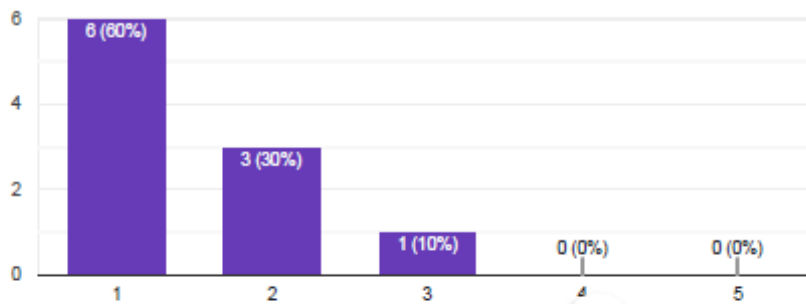
32. Considerei que as várias funcionalidades desta aplicação estavam bem integradas [Copiar](#)

10 respostas



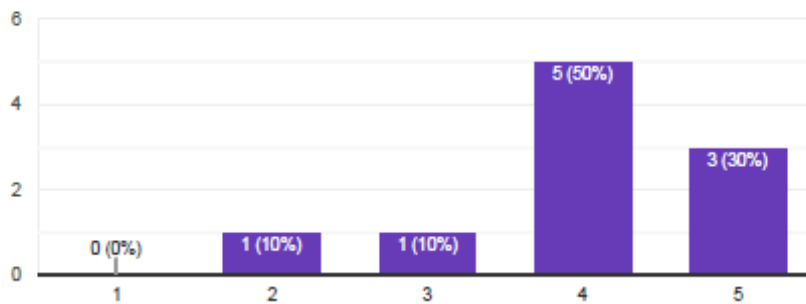
33. Achei que este jogo tinha muitas inconsistências [Copiar](#)

10 respostas



34. Penso que a maioria das pessoas aprenderia a jogar rapidamente este jogo. [Copiar](#)

10 respostas

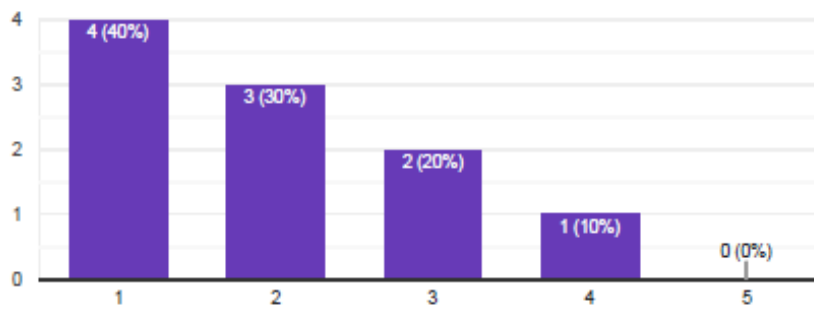


## Respostas ao questionário do Jogo Primary Energy

35. Considerei o jogo muito complicado de utilizar.

[Copiar](#)

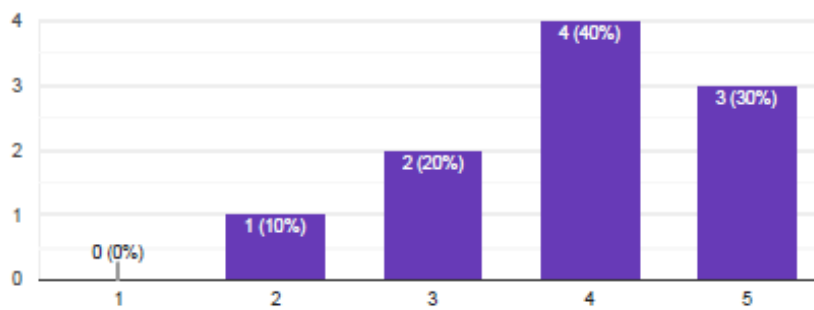
10 respostas



36. Sinto-me muito confiante de jogar este jogo

[Copiar](#)

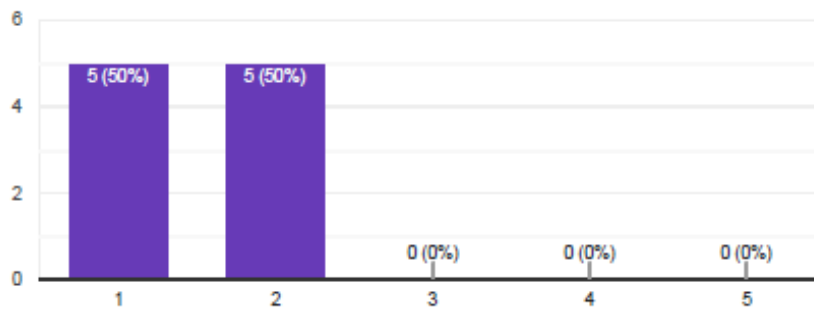
10 respostas



37. Tive de aprender muito antes de conseguir lidar com este jogo.

[Copiar](#)

10 respostas



# Apêndice E

## E. Questionário da Aplicação Healthy Sound

### Healthy Sound

Healthy Sound consiste numa aplicação para android, que tem como objetivo principal medir o nível de ruído a partir de um som gravado ou ficheiro de som e apresentar algumas das consequências do ruído.

Agradecemos a disponibilidade para experimentar a aplicação e para nos relatar a sua experiência através deste questionário.

A sua opinião servirá para melhorar a aplicação nesta primeira versão.

*\* Indica uma pergunta obrigatória*

---

#### Características

As questões que se seguem são referentes à caracterização do utilizador que irá testar a primeira versão da aplicação Healthy Sound. Não serão pedidas informações invasivas, e qualquer questão imposta tem como objetivo o mapeamento do tipo de utilizadores da aplicação.

1. Indica o teu género. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Feminino  
 Masculino  
 Prefiro não dizer

2. Indica a tua idade. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- < 13  
 13 - 14  
 15 - 16  
 > 16

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

3. Já tiveste algum contacto com ferramentas que analisam o som? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim

Não

4. Tenho especial atenção ao ruído sonoro que me rodeia. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

### Experiência do utilizador

Experimenta a aplicação durante 5 a 10 minutos. Em particular, grava num ficheiro o som ambiente do local onde estás. De seguida lê o ficheiro e verifica os gráficos resultantes do ruído.

Para cada par de adjetivos opostos apresentados a seguir, responde da forma mais espontânea possível, de forma a caracterizar a sua experiência de utilização da aplicação.

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

5.

\*

Marcar apenas uma oval.

Desagradável

---

1

---

2

---

3

---

4

---

5

---

6

---

7

---

Agradável

---

6.

\*

Marcar apenas uma oval.

Incompreensível

---

1

---

2

---

3

---

4

---

5

---

6

---

7

---

Compreensível

---

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

7.

\*

Marcar apenas uma oval.

Criativo

1

2

3

4

5

6

7

Sem criatividade

8.

\*

Marcar apenas uma oval.

De fácil aprendizagem

1

2

3

4

5

6

7

De difícil aprendizagem

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

9.

\*

Marcar apenas uma oval.

Valioso

1

2

3

4

5

6

7

Sem valor

10.

\*

Marcar apenas uma oval.

Aborrecido

1

2

3

4

5

6

7

Excitante

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

11.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Desinteressante

1

2

3

4

5

6

7

Interessante

12.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Imprevisível

1

2

3

4

5

6

7

Previsível

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

13.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Rápido

1

2

3

4

5

6

7

Lento

14.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Original

1

2

3

4

5

6

7

Convencional

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

15.

\*

Marcar apenas uma oval.

Obstrutivo

1

2

3

4

5

6

7

Condutor

16.

\*

Marcar apenas uma oval.

Bom

1

2

3

4

5

6

7

Mau

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

17.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Complicado

1

2

3

4

5

6

7

Fácil

18.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Desinteressante

1

2

3

4

5

6

7

Atrativo

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

19.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Comum

1

2

3

4

5

6

7

Vanguardista

20.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Incómodo

1

2

3

4

5

6

7

Cómodo

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

21.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Seguro

1

2

3

4

5

6

7

Inseguro

22.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Motivante

1

2

3

4

5

6

7

Desmotivante

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

23.

\*

Marcar apenas uma oval.

Atende as expectativas

1

2

3

4

5

6

7

Não atende as expectativas

24.

\*

Marcar apenas uma oval.

Ineficiente

1

2

3

4

5

6

7

Eficiente

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

25.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Evidente

1

2

3

4

5

6

7

Confuso

26.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Impraticável

1

2

3

4

5

6

7

Prático

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

27.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Organizado

1

2

3

4

5

6

7

Desorganizado

28.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Atraente

1

2

3

4

5

6

7

Feio

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

29.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Simpático

1

2

3

4

5

6

7

Antipático

30.

\*

*Marcar apenas uma oval.*

Conservador

1

2

3

4

5

6

7

Inovador

### Avaliação gráfica

Através das seguintes questões/afirmações dê-nos a sua opinião sobre o aspeto gráfico da aplicação.

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

31. O tamanho e localização dos elementos do ecrã é adequado. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

32. A aplicação é apelativa visualmente. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

33. Os ícones utilizados na aplicação representam corretamente os conteúdos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

34. Tem alguma sugestão em relação ao aspeto visual da aplicação?

---

---

---

---

---

### Usabilidade da aplicação

Para avaliar em particular a usabilidade da aplicação, dê-nos a sua opinião nas seguintes questões/afirmações.

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

35. Acho que gostaria de utilizar esta aplicação com frequência. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

36. Considerei a aplicação mais complexa do que necessário. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

37. Achei a aplicação fácil de utilizar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

38. Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta aplicação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

39. Considerei que as várias funcionalidades desta aplicação estavam bem integradas. \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

40. Achei que esta aplicação tinha muitas inconsistências. \*

Marcar apenas uma oval.

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

**Questionário** da Aplicação Healthy Sound

41. Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta aplicação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

42. Considerarei a aplicação muito complicada de utilizar. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

## Questionário da Aplicação Healthy Sound

43. Sinto-me muito confiante a utilizar esta aplicação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

5

Concordo Completamente

44. Tive de aprender muito antes de conseguir lidar com esta aplicação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

Discordo Completamente

1

2

3

4

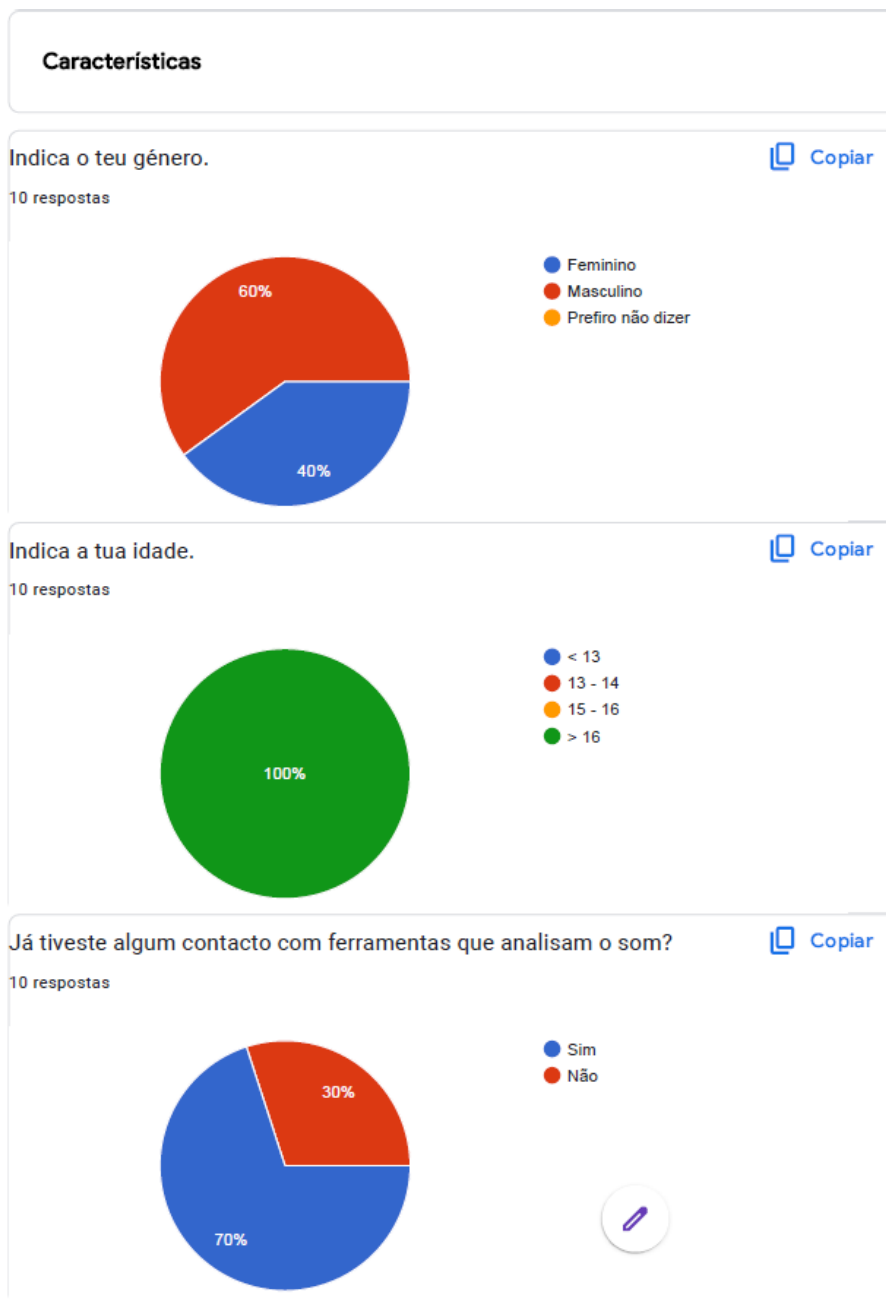
5

Concordo Completamente

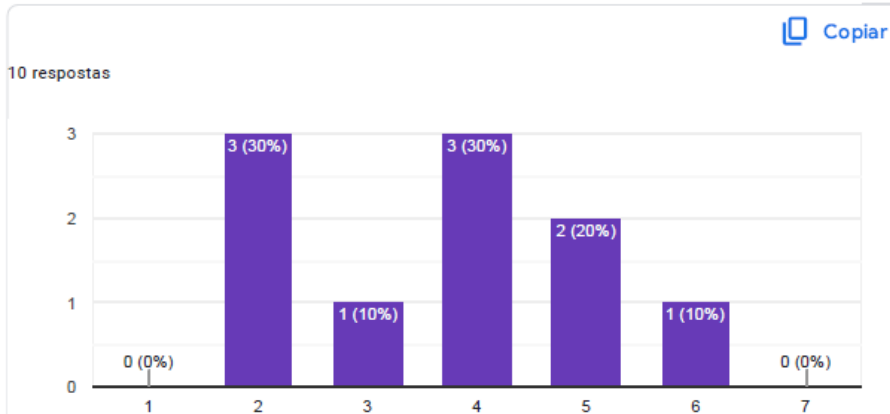
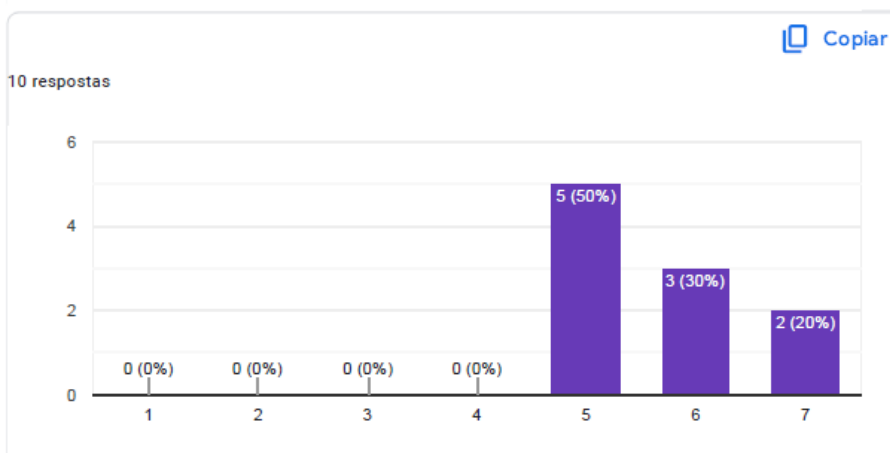
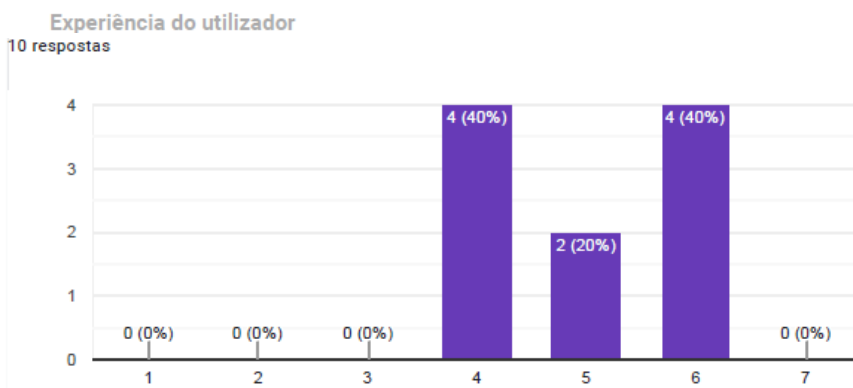
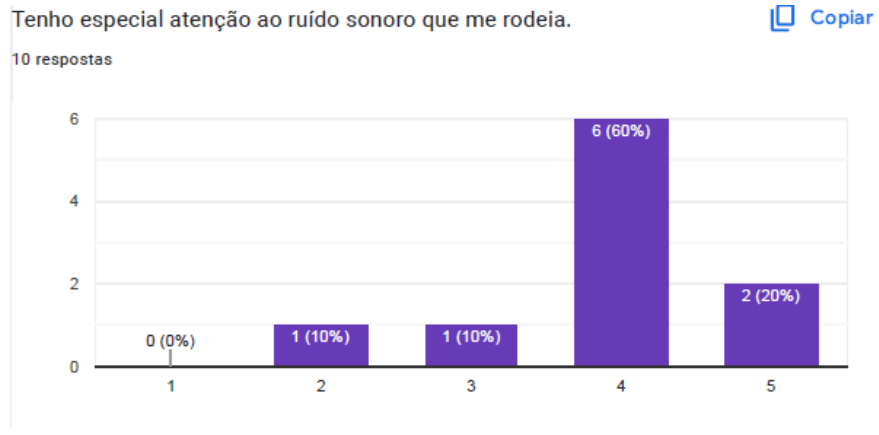
## Questionário da Aplicação Healthy Sound

# Apêndice F

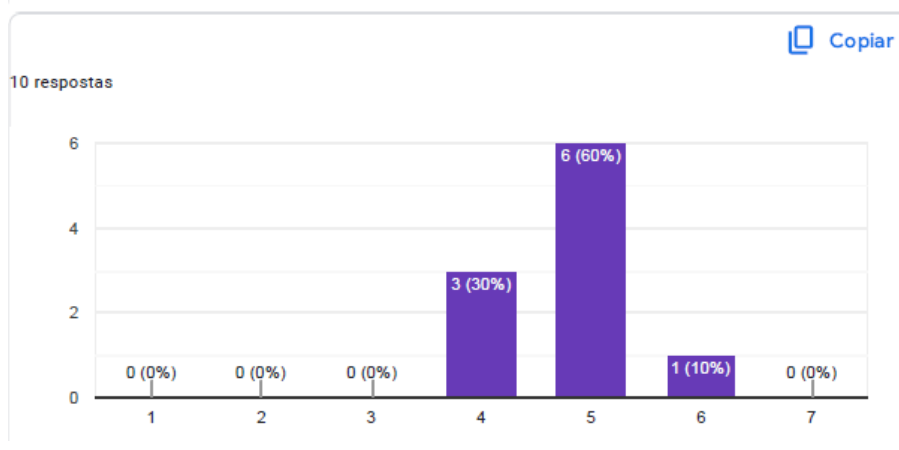
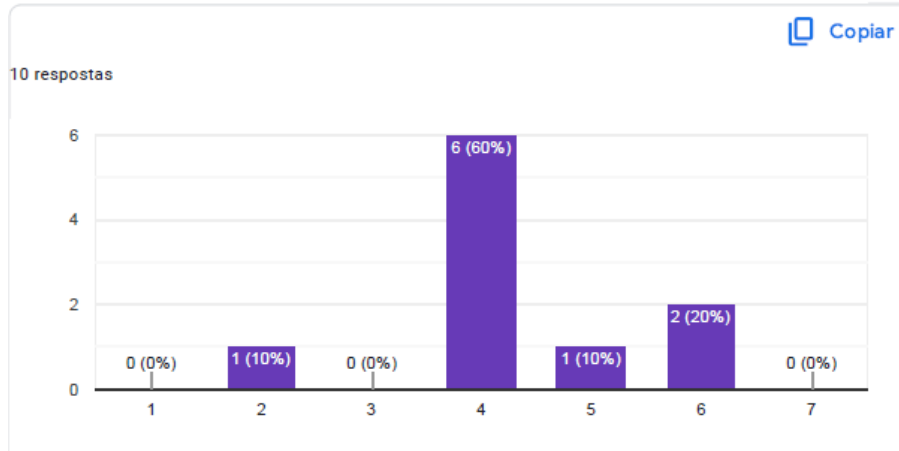
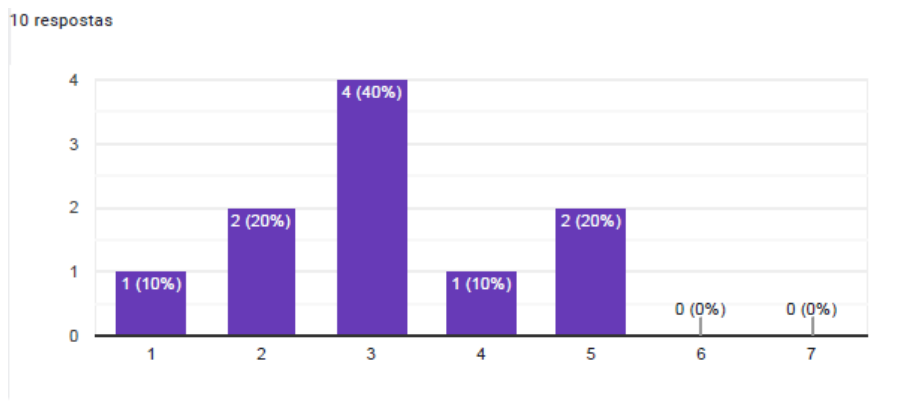
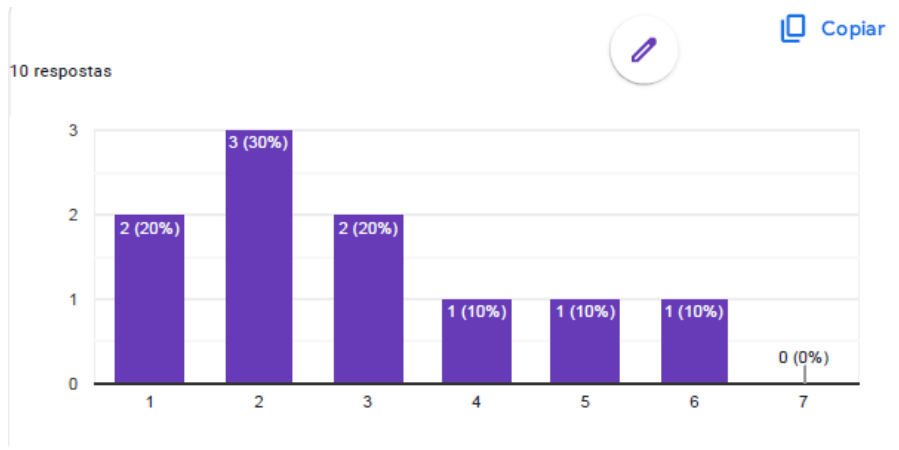
## F. Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound



## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

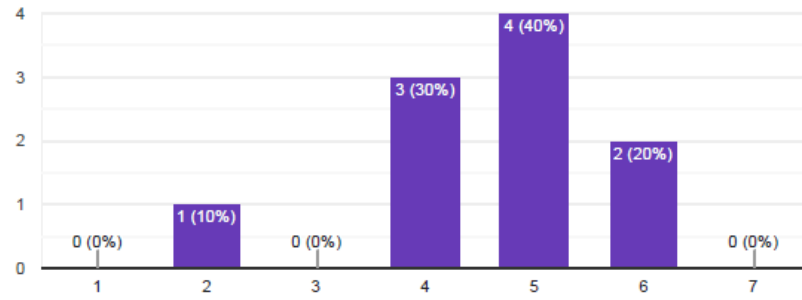


## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

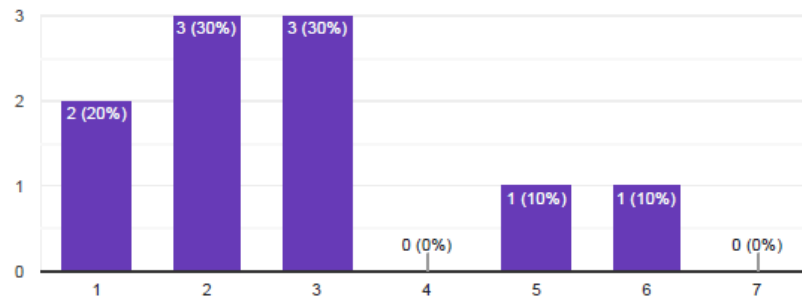


## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

10 respostas

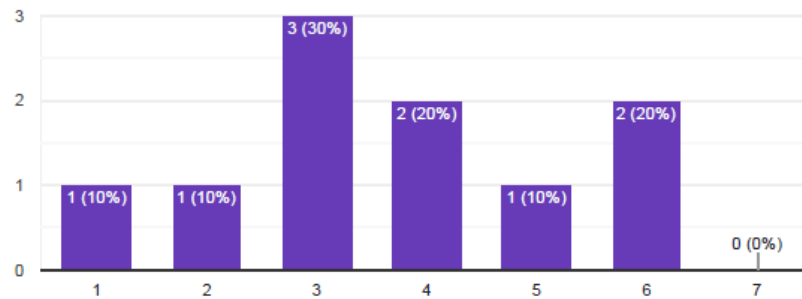


10 respostas



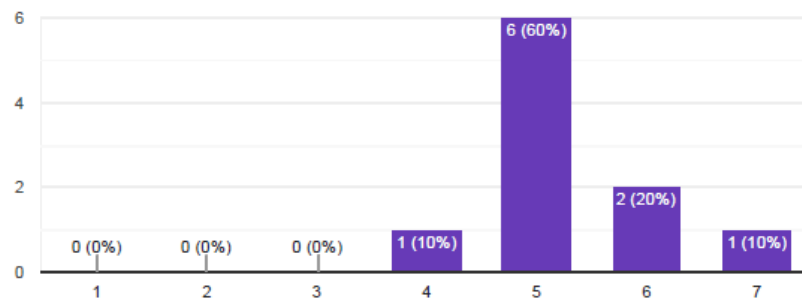
 Copiar

10 respostas

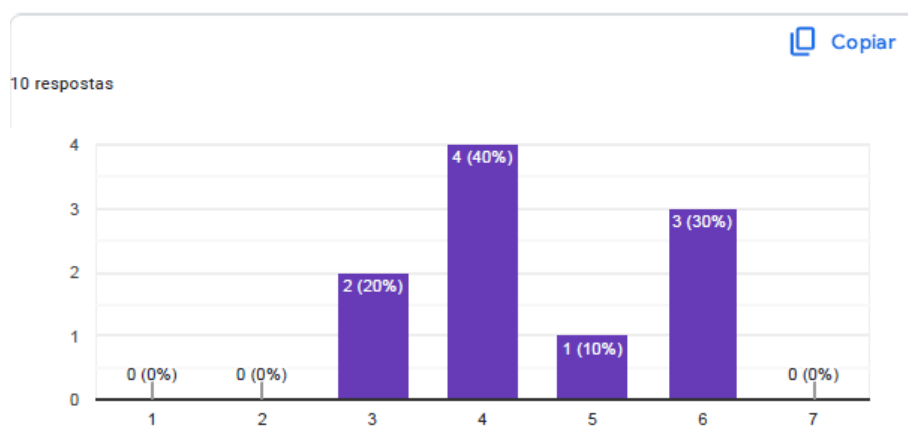
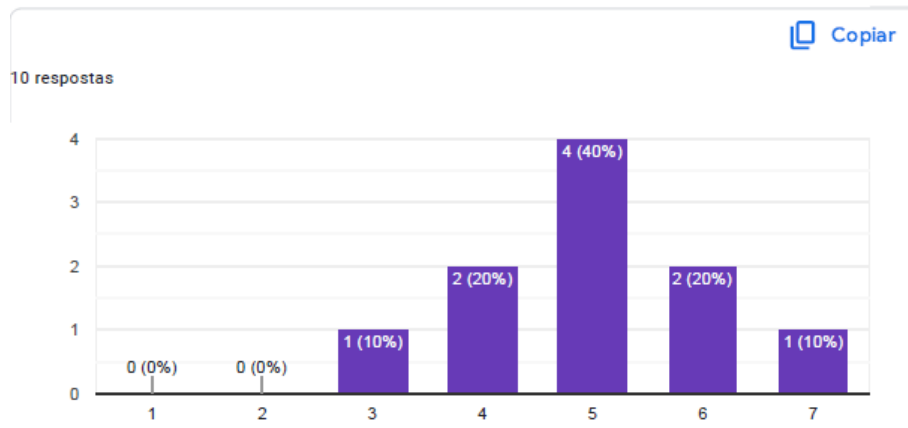
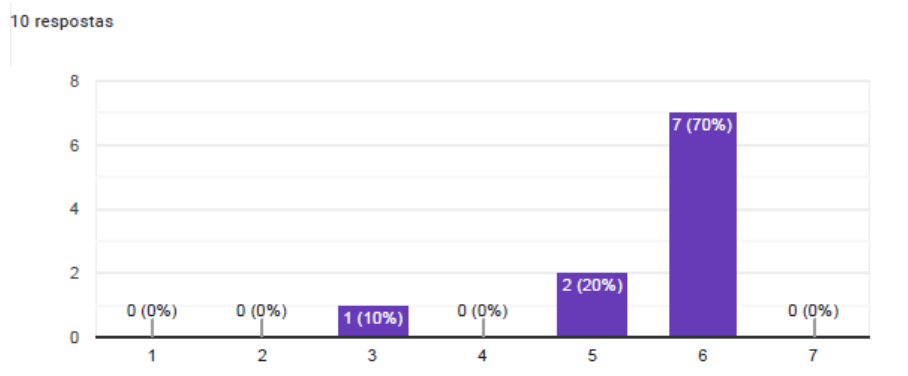
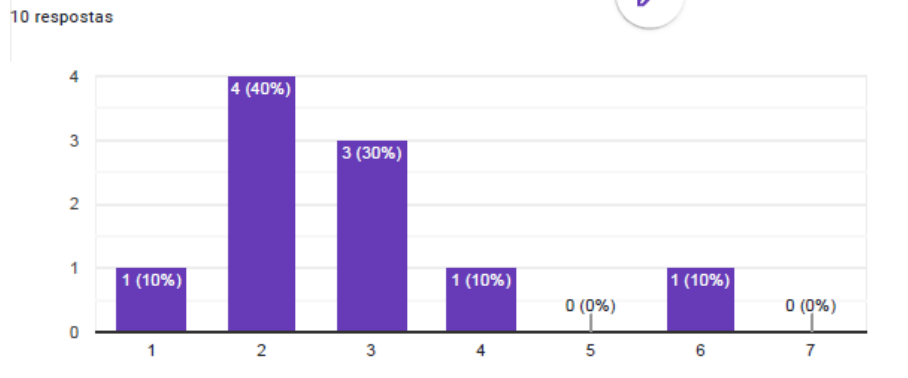


 Copiar

10 respostas

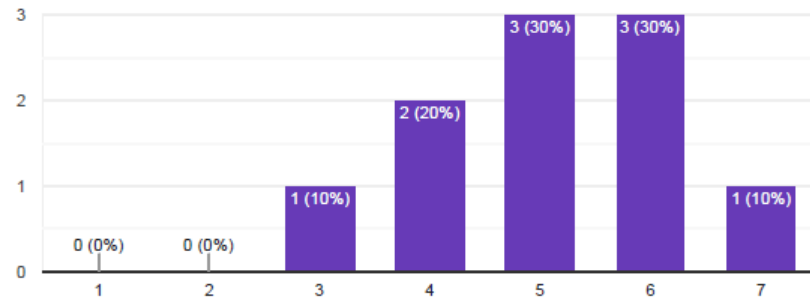


## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

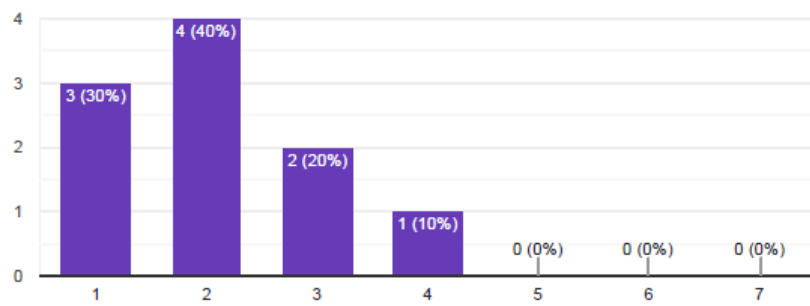


## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

10 respostas

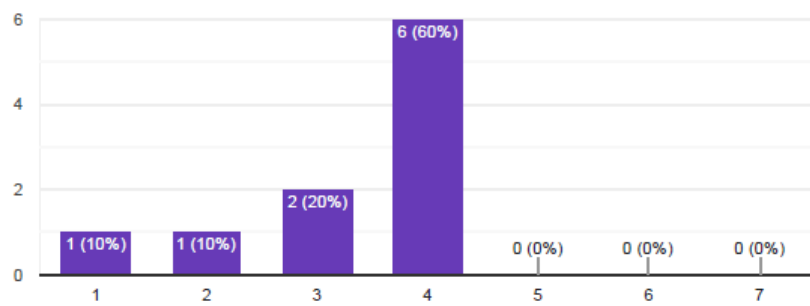


10 respostas



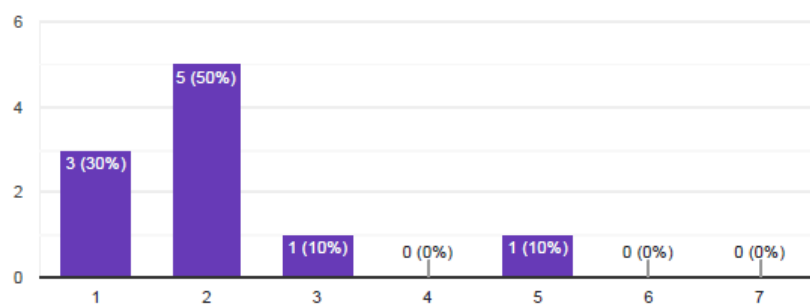
 Copiar

10 respostas



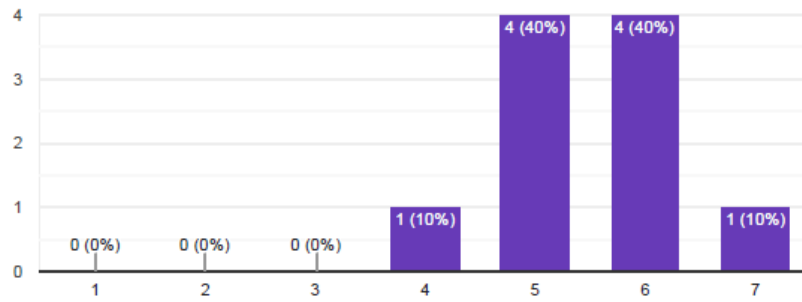
 Copiar

10 respostas

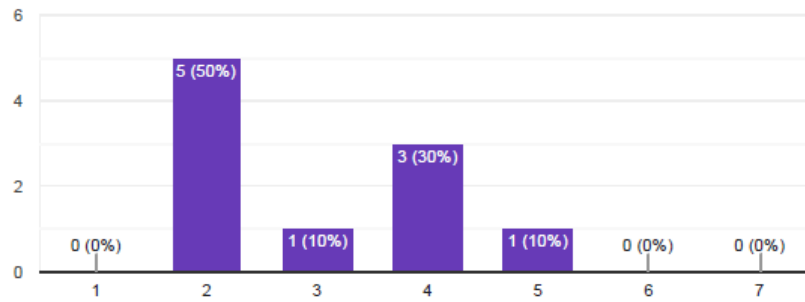


## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

10 respostas

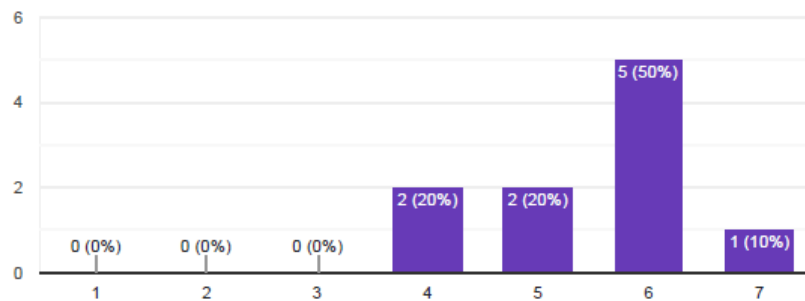


10 respostas



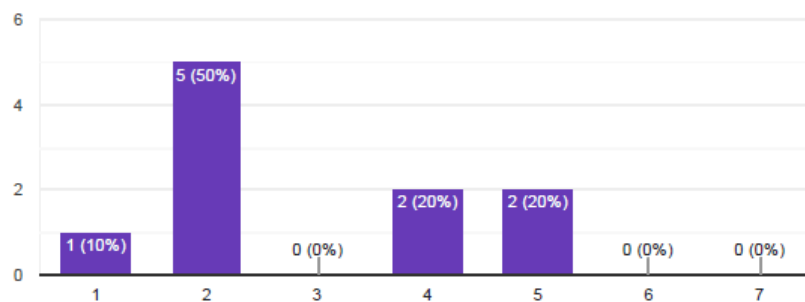
 Copiar

10 respostas

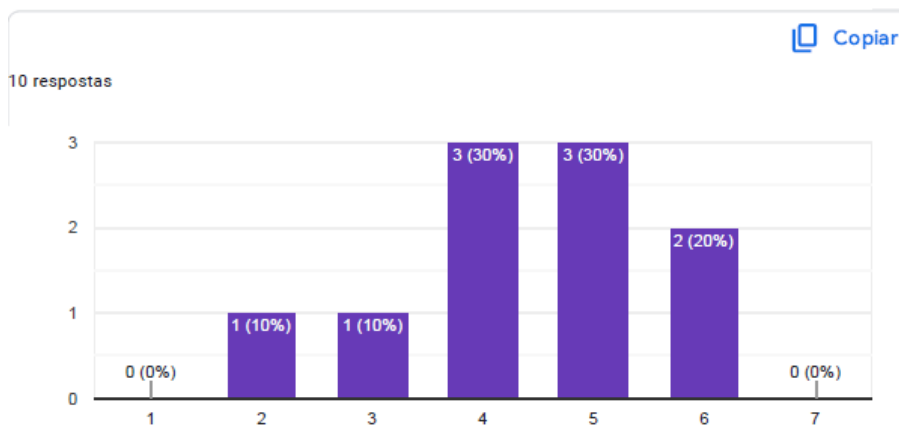
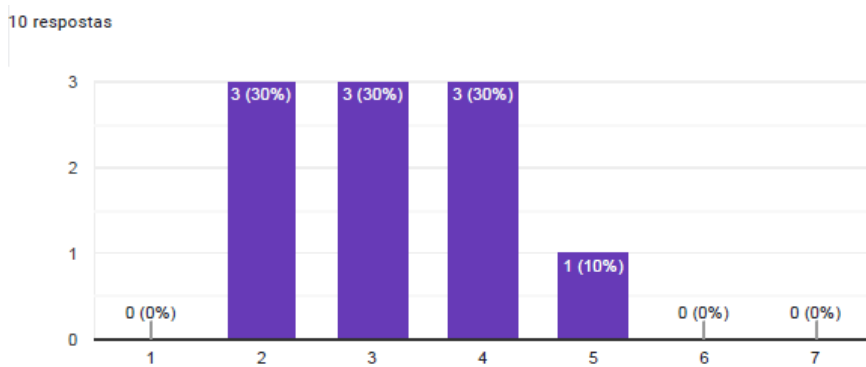
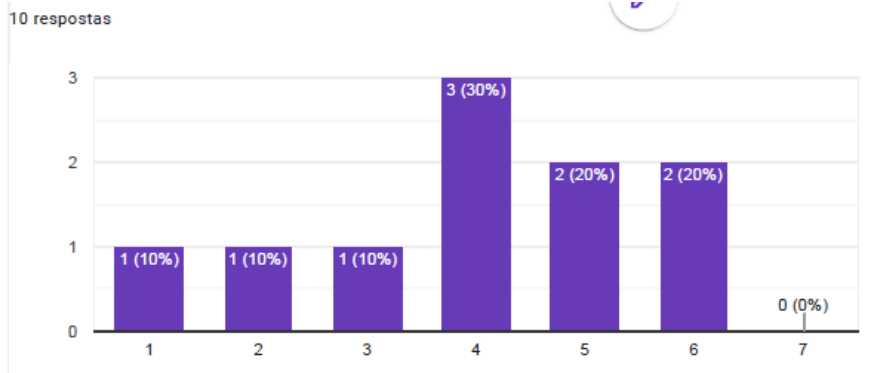


 Copiar

10 respostas



## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound



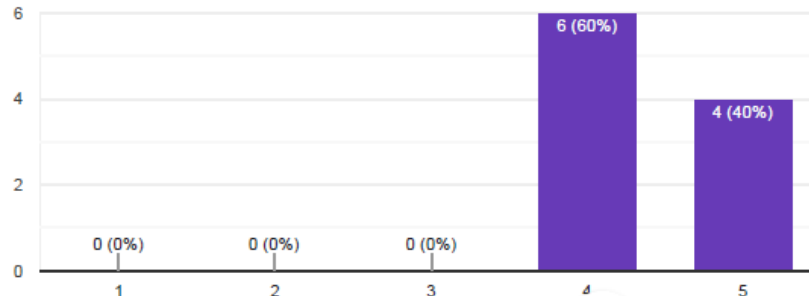
## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

### Avaliação gráfica

O tamanho e localização dos elementos do ecrã é adequado.

 Copiar

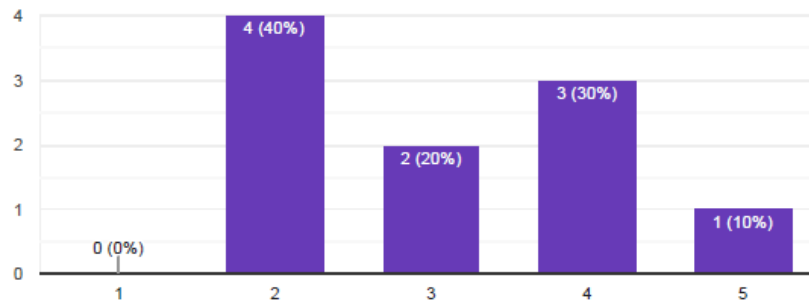
10 respostas



A aplicação é apelativa visualmente.

 Copiar

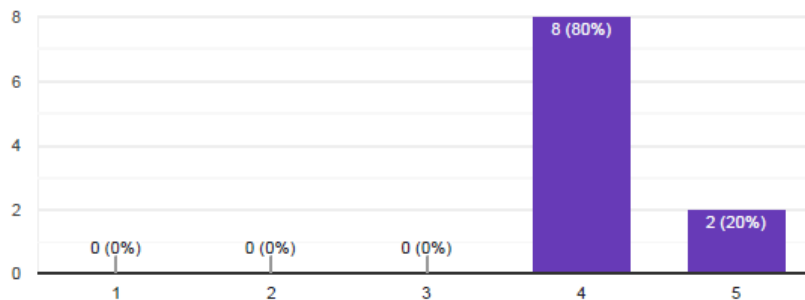
10 respostas



Os ícones utilizados na aplicação representam corretamente os conteúdos.

 Copiar

10 respostas



Tem alguma sugestão em relação ao aspeto visual da aplicação?

3 respostas

Acho que funcionaria melhor uma utilização de harmonia de cores análogas, acho também que houve um grande contraste entre o gráfico de som (e dos botões inferiores) e o resto da aplicação, transmitindo a ideia de que estes não fizessem propriamente parte da aplicação.

Os ícones deviam mudar de cor ou de aspeto quando "ativos"

Poderia estar mais modernizado com mais cor.

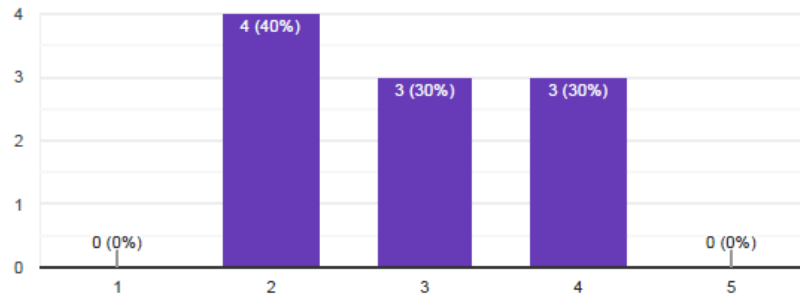
## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

### Usabilidade da aplicação

Acho que gostaria de utilizar esta aplicação com frequência.

 Copiar

10 respostas

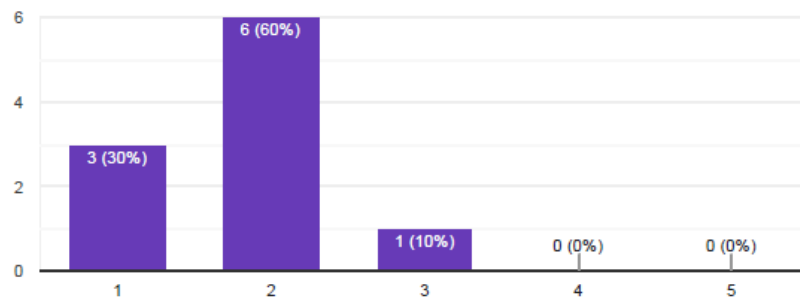


Considereei a aplicação mais complexa do que necessário.



 Copiar

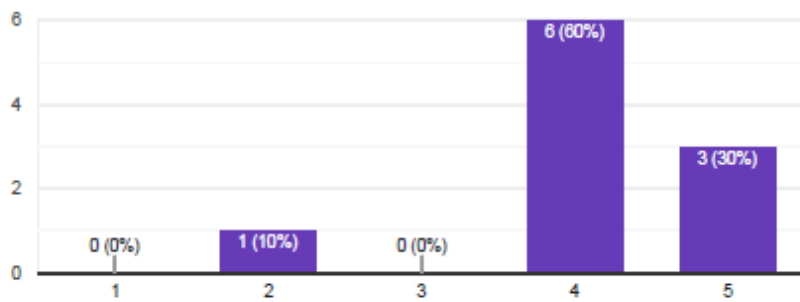
10 respostas



Achei a aplicação fácil de utilizar.

 Copiar

10 respostas

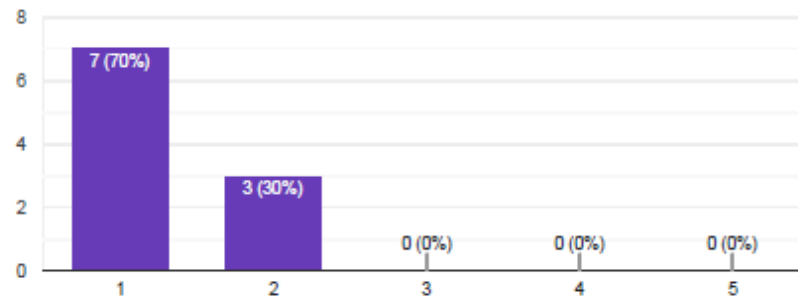


## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta aplicação.

[Copiar](#)

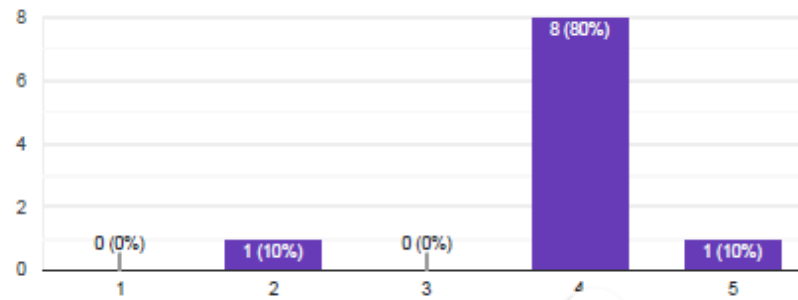
10 respostas



Considere que as várias funcionalidades desta aplicação estavam bem integradas.

[Copiar](#)

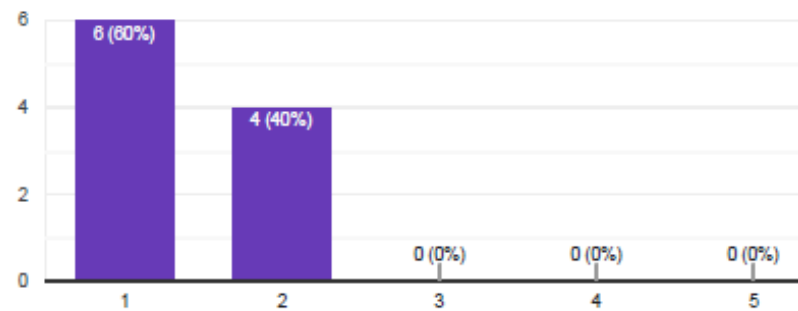
10 respostas



Achei que esta aplicação tinha muitas inconsistências.

[Copiar](#)

10 respostas

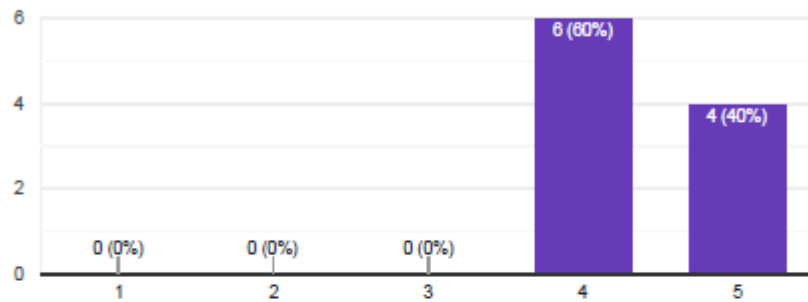


## Respostas ao questionário da Aplicação Healthy Sound

Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta aplicação.

 Copiar

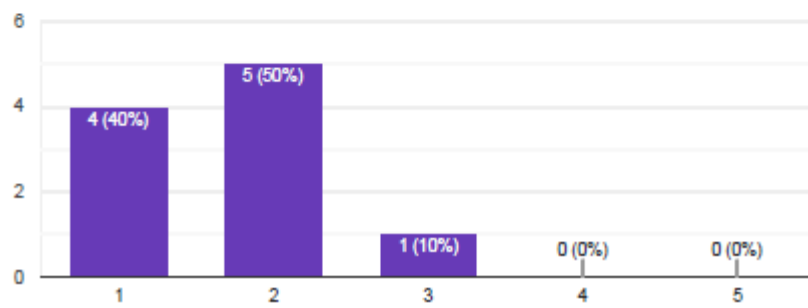
10 respostas



Considereei a aplicação muito complicada de utilizar.

 Copiar

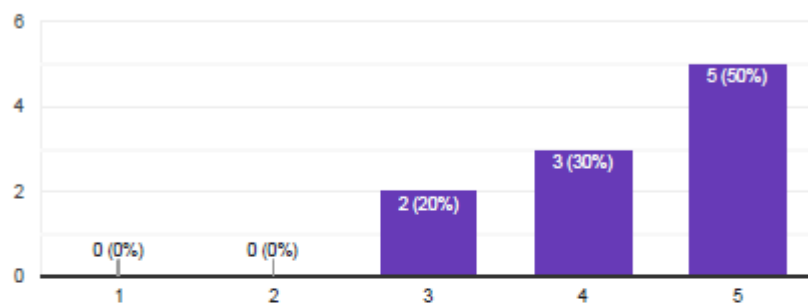
10 respostas



Sinto-me muito confiante a utilizar esta aplicação.

 Copiar

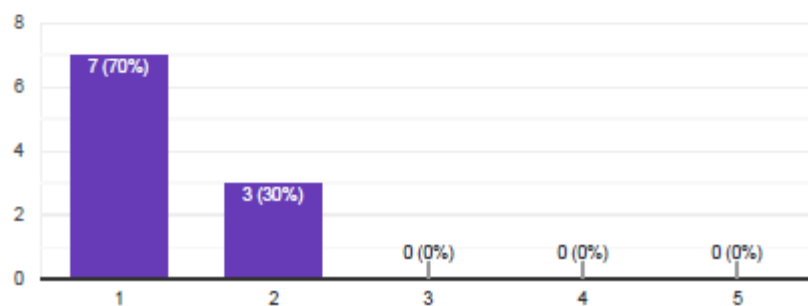
10 respostas



Tive de aprender muito antes de conseguir lidar com esta aplicação.

 Copiar

10 respostas



# Apêndice G

## G. Email de solicitação do preenchimento do questionário

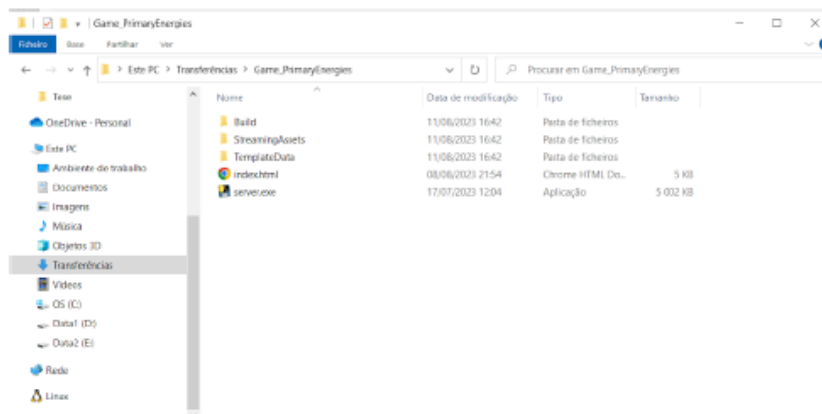
Boa tarde,

Preciso de ajuda para conseguir avaliar duas aplicações e com a sua opinião conseguir concluir uma parte da dissertação do mestrado. Sendo assim, seguem-se os passos para realizar a instalação das duas aplicações para serem experimentadas e em seguida responderem a um questionário que corresponde a cada aplicação.

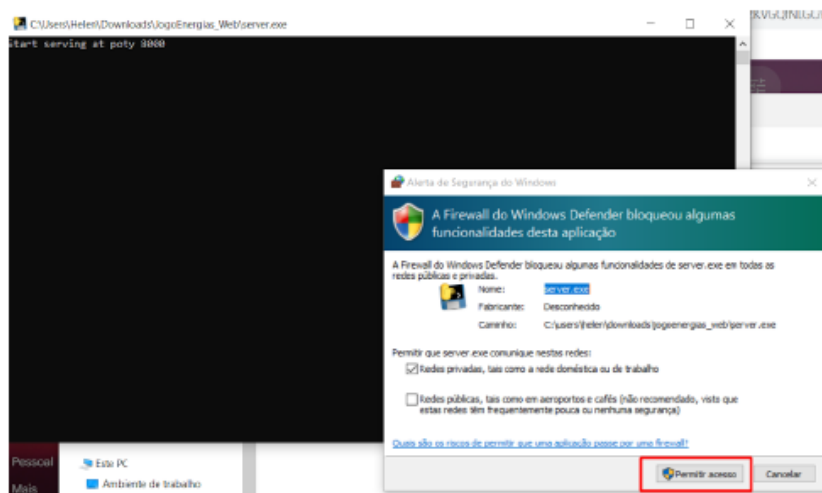
A primeira aplicação trata-se de um jogo que tem como objetivo realizar a gestão das energias para encontrar uma estratégia sustentável produzindo a quantidade de energia que cada missão pede para um período de uma hora. Este jogo é para ser jogado no pc. Para fazer download do mesmo é a partir deste link <https://drive.google.com/file/d/1CHakhREMglyaRTf9TuEX24t-KomuK2sY/view?usp=sharing>

Passos necessários para ser instalado:

- Extrair o ficheiro que se encontra dentro do zip.



- Clicar duas vezes no ficheiro server.exe.
- Se aparecer o ecrã a pedir permissão para executar o executável, dê permissão.



- Depois irá aparecer uma janela a preto é para deixar essa janela aberta.
- Abrir o browser e colocar o seguinte link <http://localhost:8000/>

## Email de solicitação do preenchimento do questionário

- Ao clicar em enter deve aparecer o seguinte ecrã. Clique no botão indicado na imagem para ocupar todo o ecrã.



- E pode desfrutar do jogo. Para sair do modo "ecrã completo" é necessário clicar na tecla ESC.

Ao terminar as 24 missões ou ficar cansado de jogar responda ao seguinte questionário <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdNx3yjZd6XToa2Bspm7zTS5VcZfwg8eF6JQBh7A3rC4g/viewform>

A segunda aplicação tem como objetivo sensibilizar para o ruído sonoro à nossa volta a partir do som capturado pela aplicação ou de um ficheiro do som. O download é feito a partir deste link <https://drive.google.com/file/d/1c2ekdnsezUtcXi86daCJSimtSEUtaLki/view?usp=sharing> encontra-se a aplicação para android. Ao ser instalado no dispositivo android com sucesso tem que aparecer o seguinte ecrã na sua execução.



Pretende-se que grave ou que utilize um ficheiro de som ou previamente gravado no seu dispositivo móvel e ao ser carregado explore os gráficos e os dados de ruído que se encontram no som escolhido.

## **Email** de solicitação do preenchimento do questionário

No final dessa experiência responda ao seguinte questionário <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc8X88OCW36w0z1YTA9fLcAthBpomsV6oB34qMflxvO4pS2vA/viewform>

Agradeço a participação da sua opinião nas duas aplicações.

Com os melhores cumprimentos,  
Helena Aguiar

**Email** de solicitação do preenchimento do questionário

# Apêndice H

## H. Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

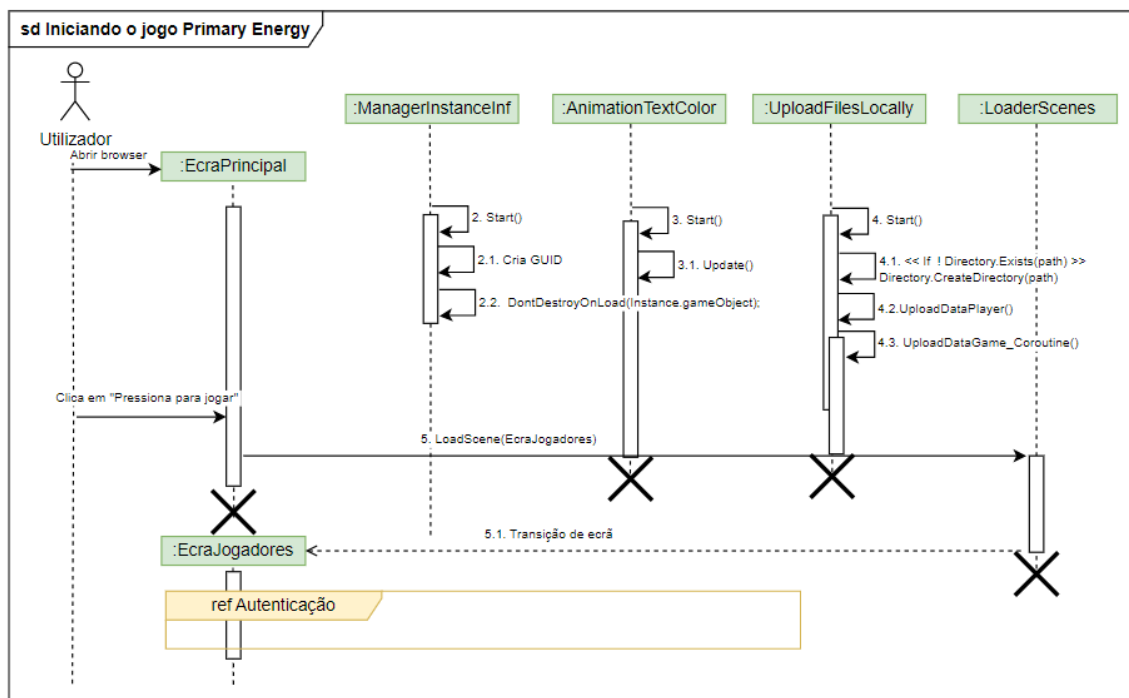


Figura H.1 – Diagrama de Sequências quando o Jogo Inicia

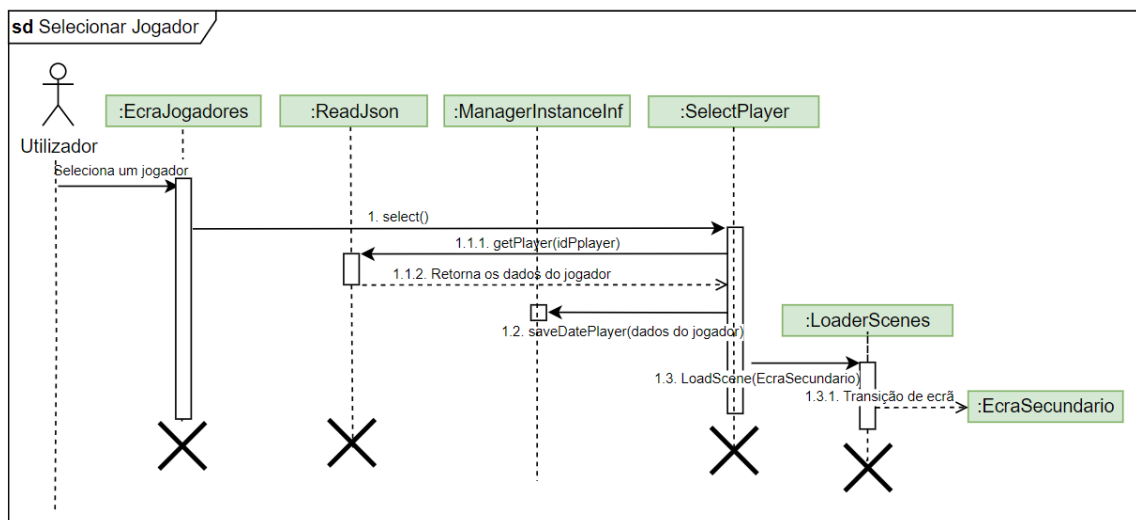


Figura H.2 – Diagrama de Sequências do caso de utilização “Selecionar Jogador”

## Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

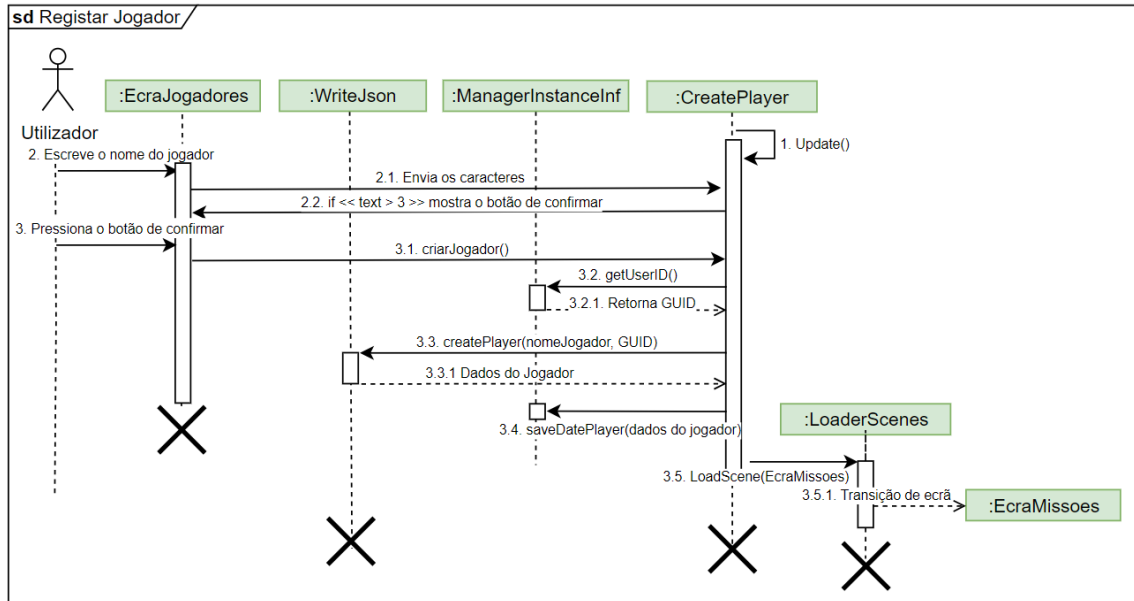


Figura H.3 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Registrar Jogador”

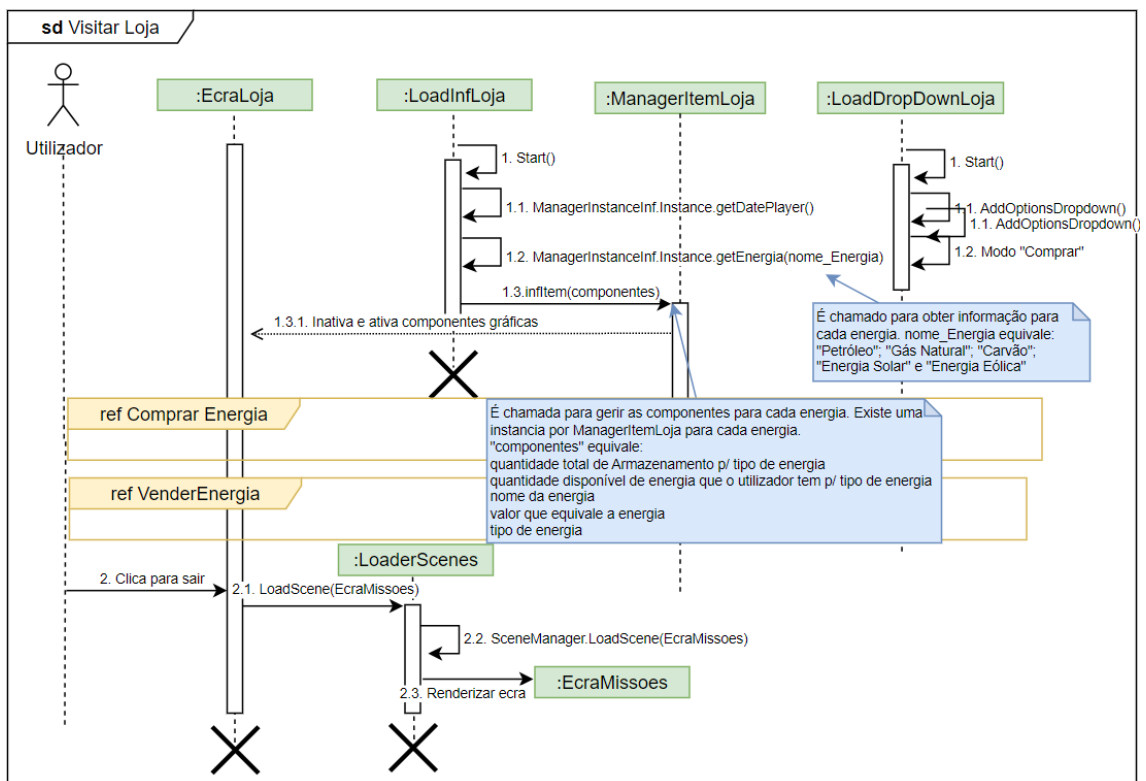


Figura H.4 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Visitar Loja”

## Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

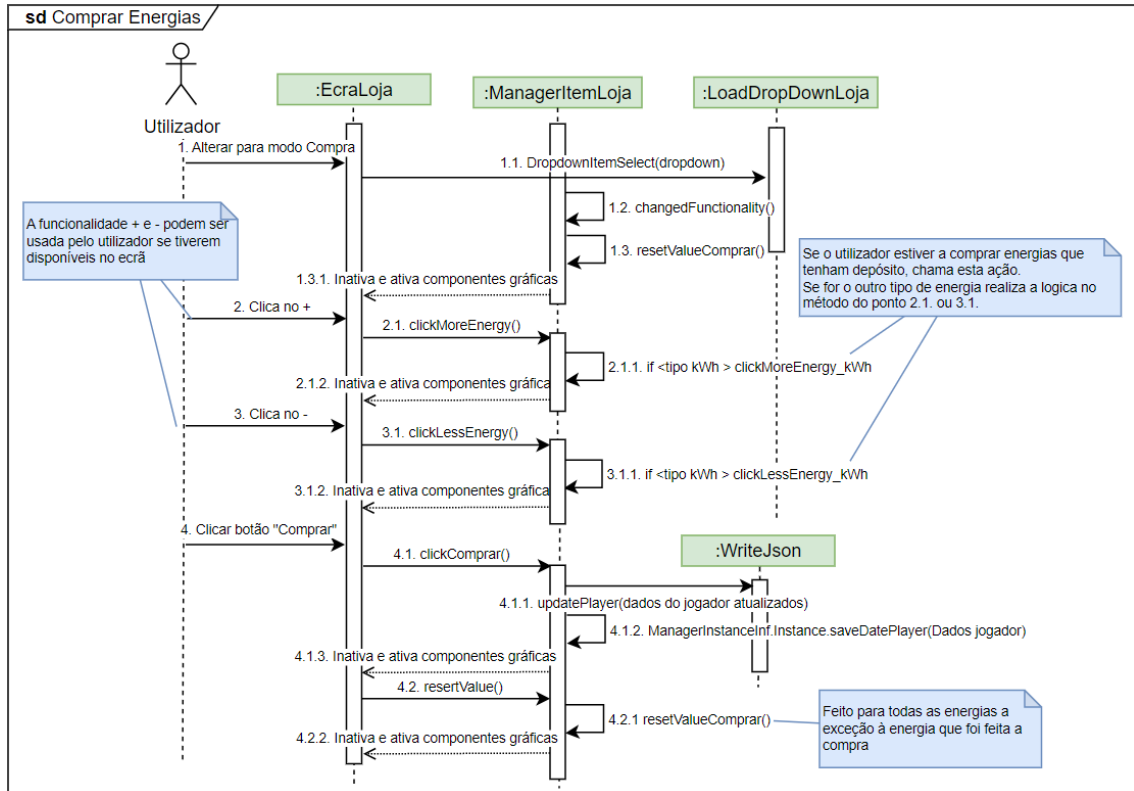


Figura H.5 - Diagrama de Sequências do caso de utilização "Comprar Energias"

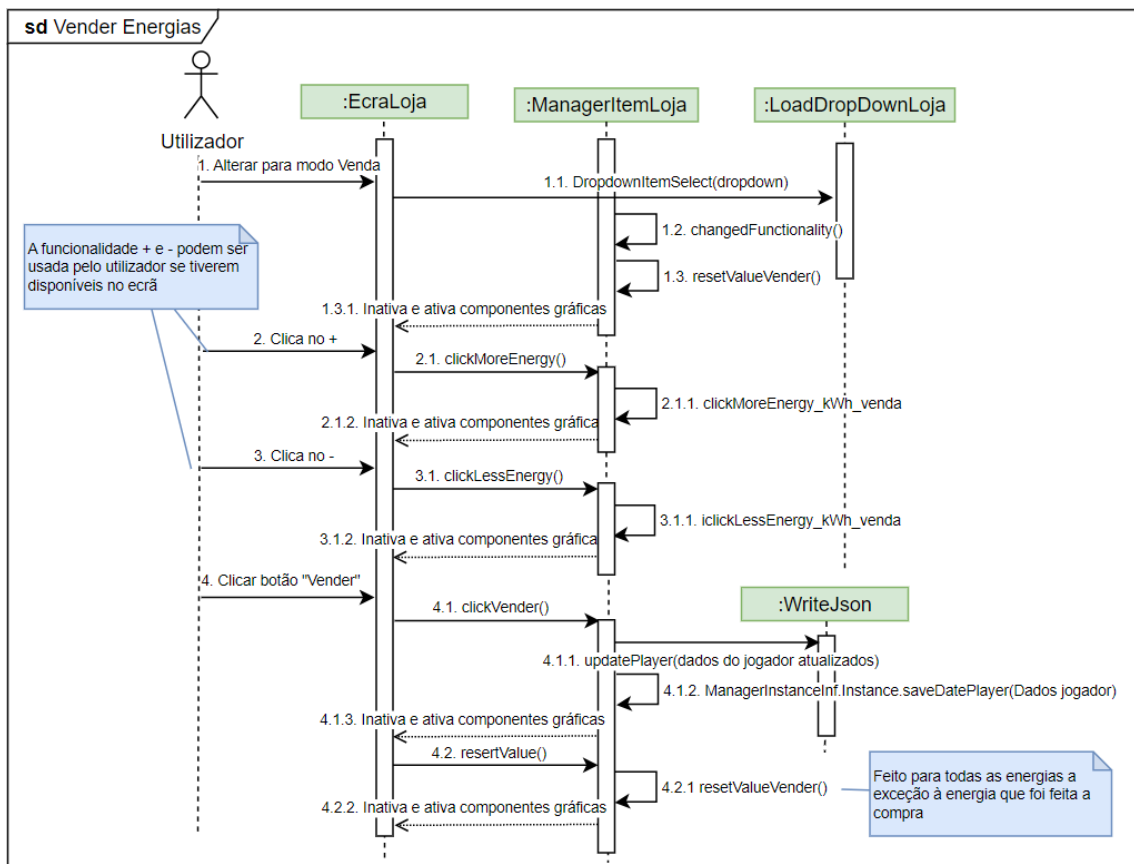


Figura H.6 - Diagrama de Sequências do caso de utilização "Vender Energias"

## Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

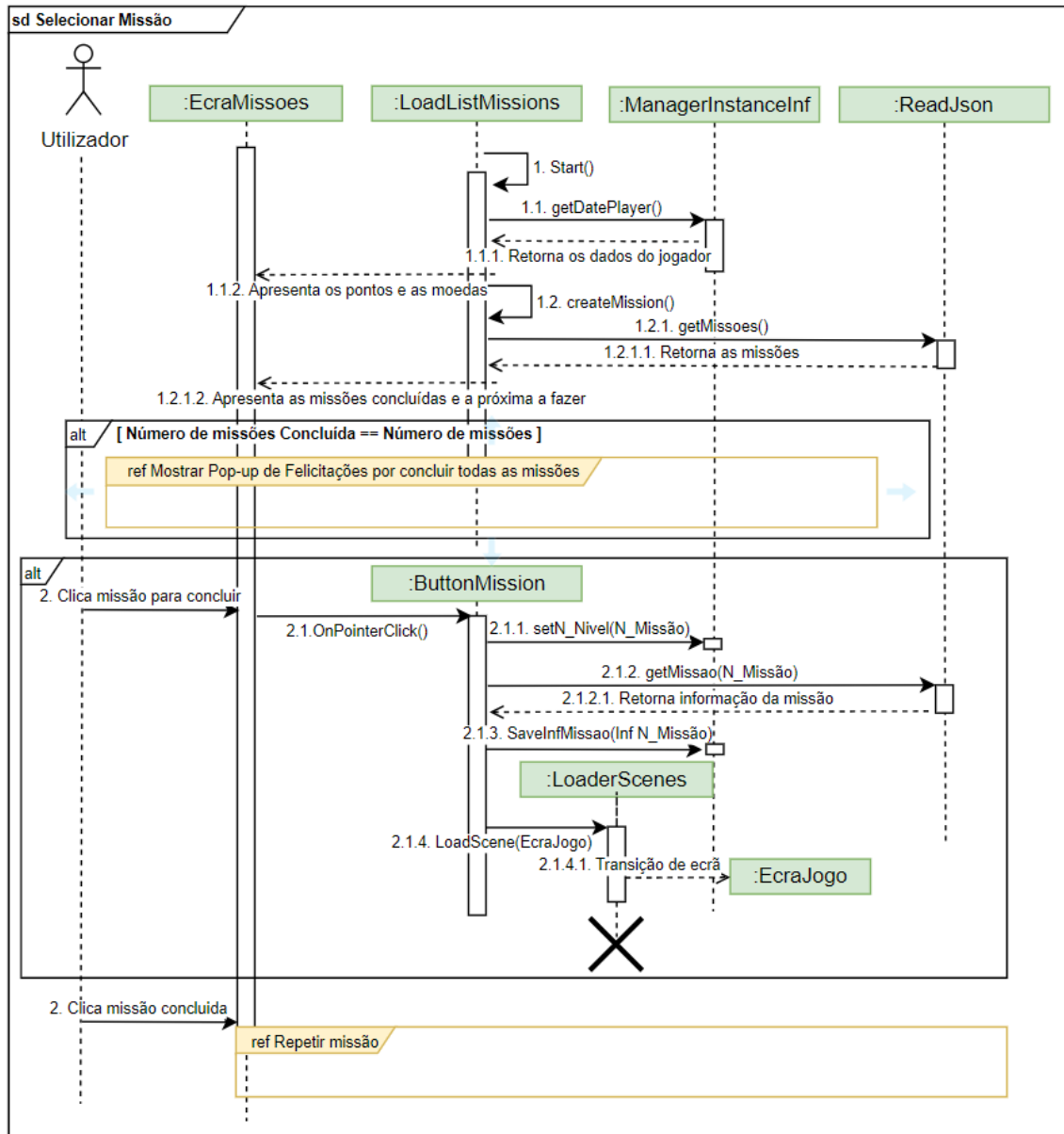


Figura H.7 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Selecionar Missão”

## Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

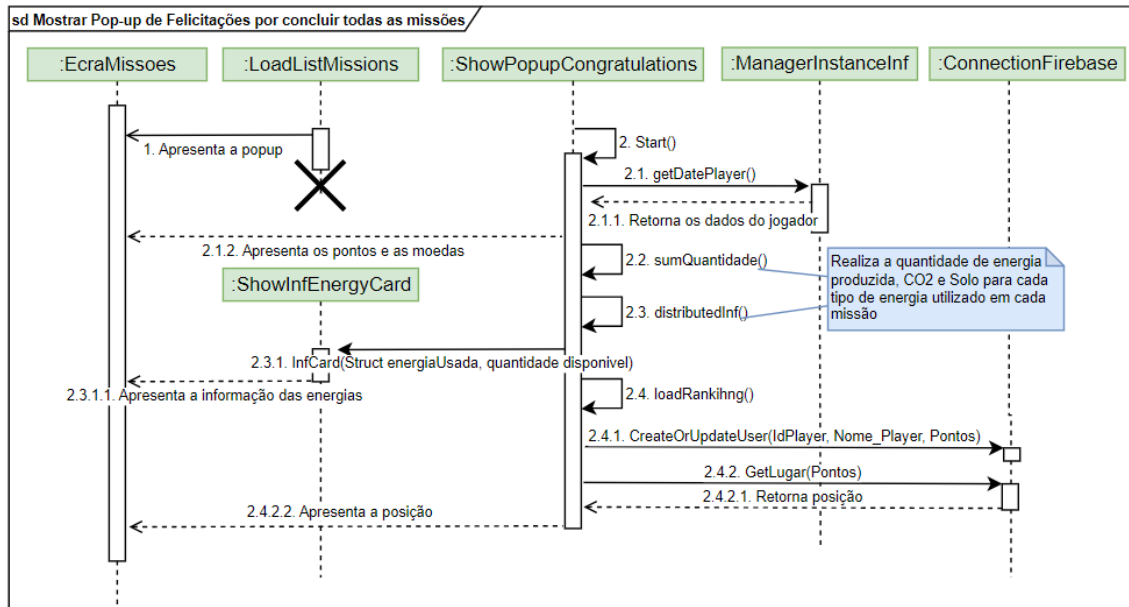


Figura H.8 - Diagrama de Sequências para mostrar a Pop-up de Felicitações quando todas as missões foram concluídas

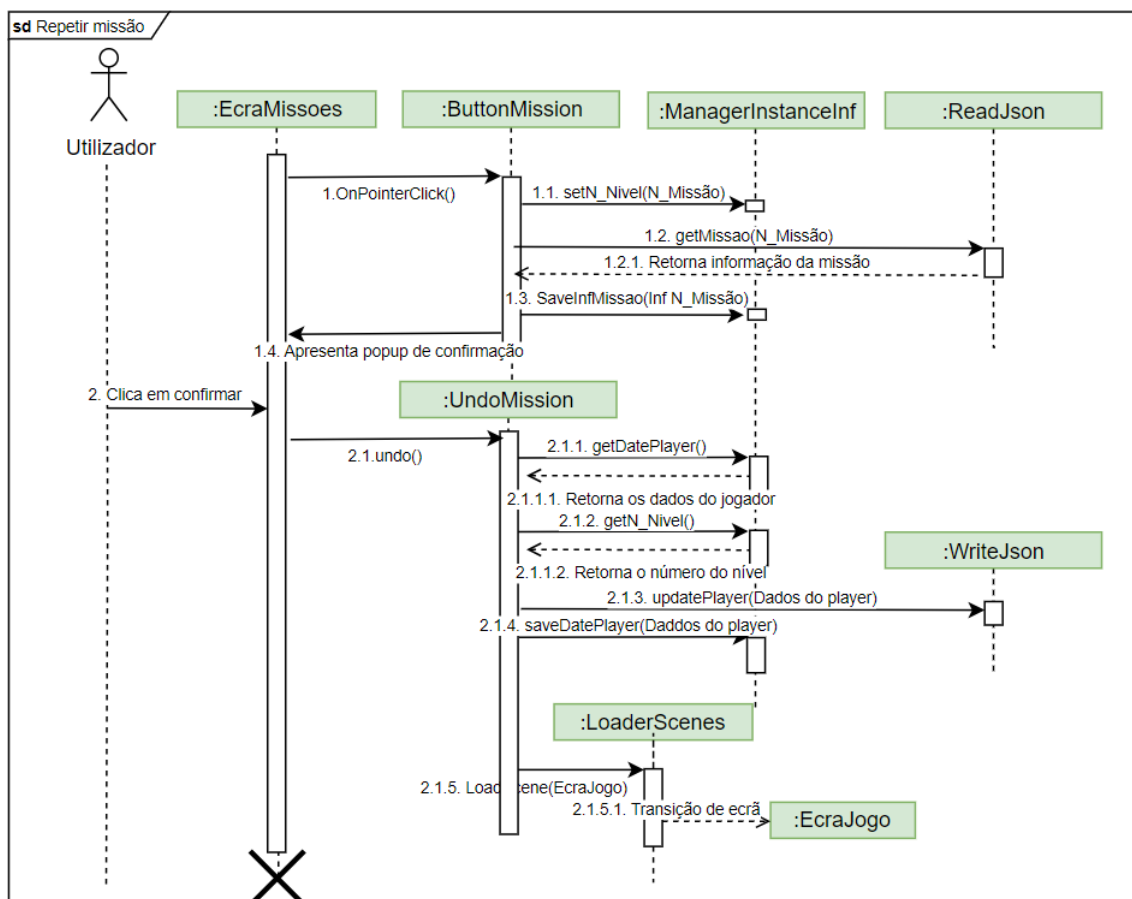


Figura H.9 - Diagrama de Sequências do caso de utilização "Repetir Missão"

## Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

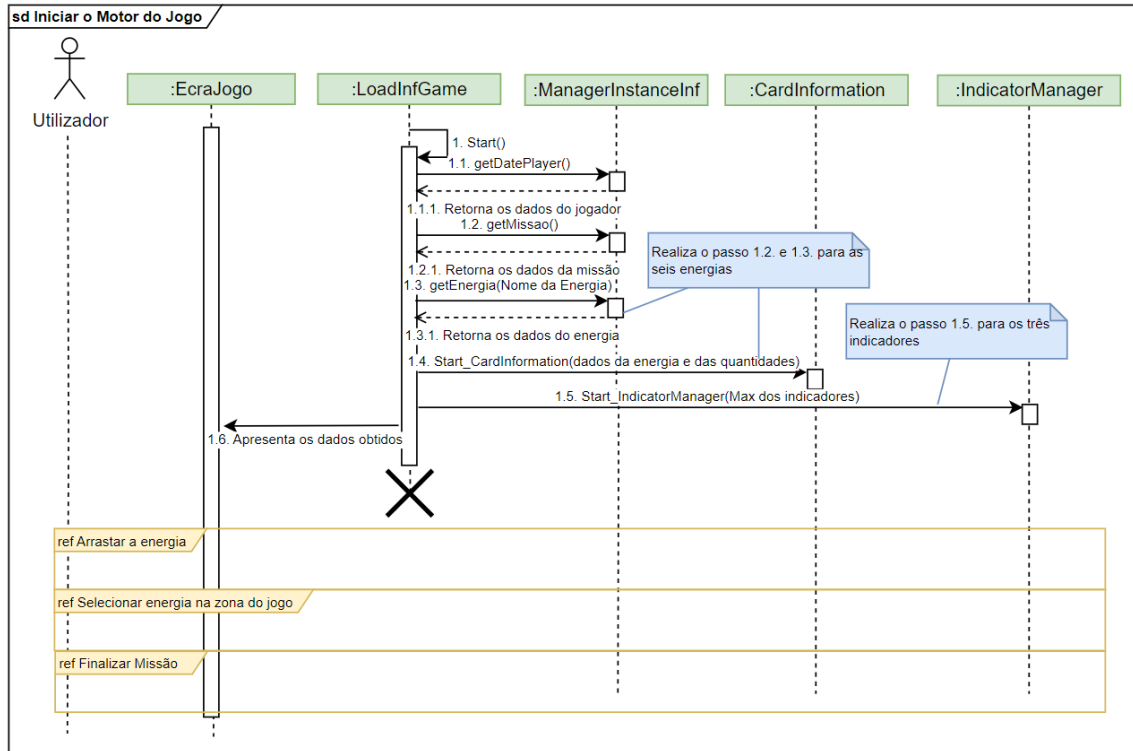


Figura H.10 - Diagrama de Sequência ao Iniciar o Motor do Jogo

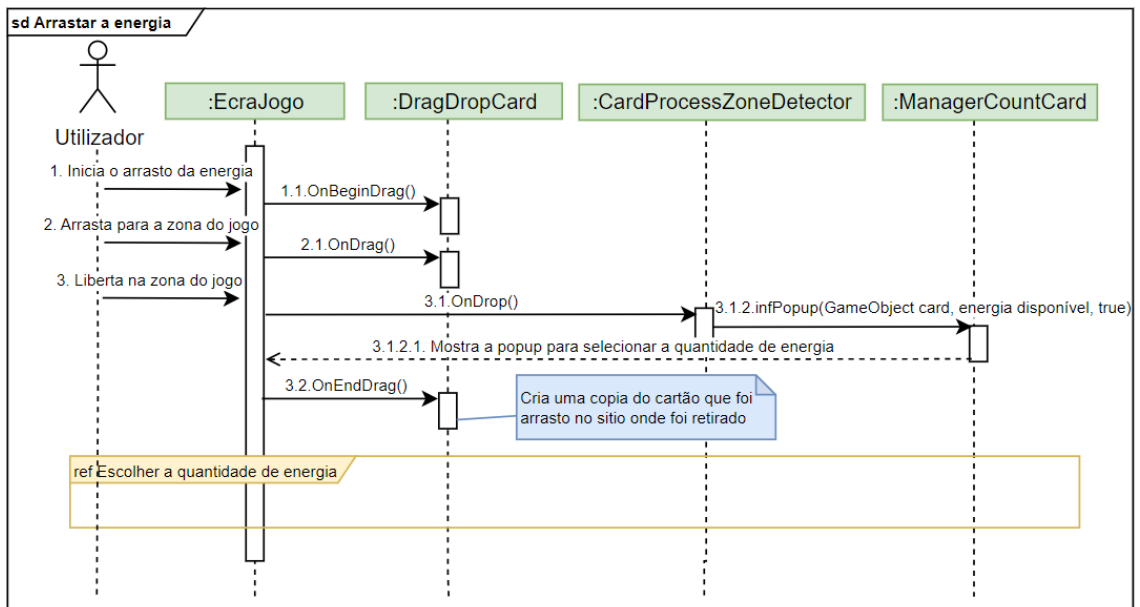


Figura H.11 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Arrastar energia para a zona do jogo”

## Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

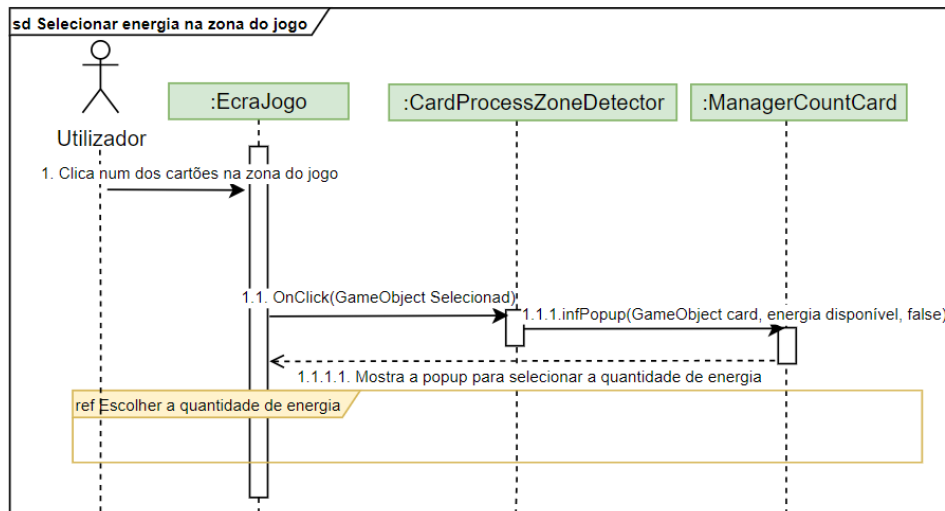


Figura H.12 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Selecionar energia para a zona do jogo Missão”

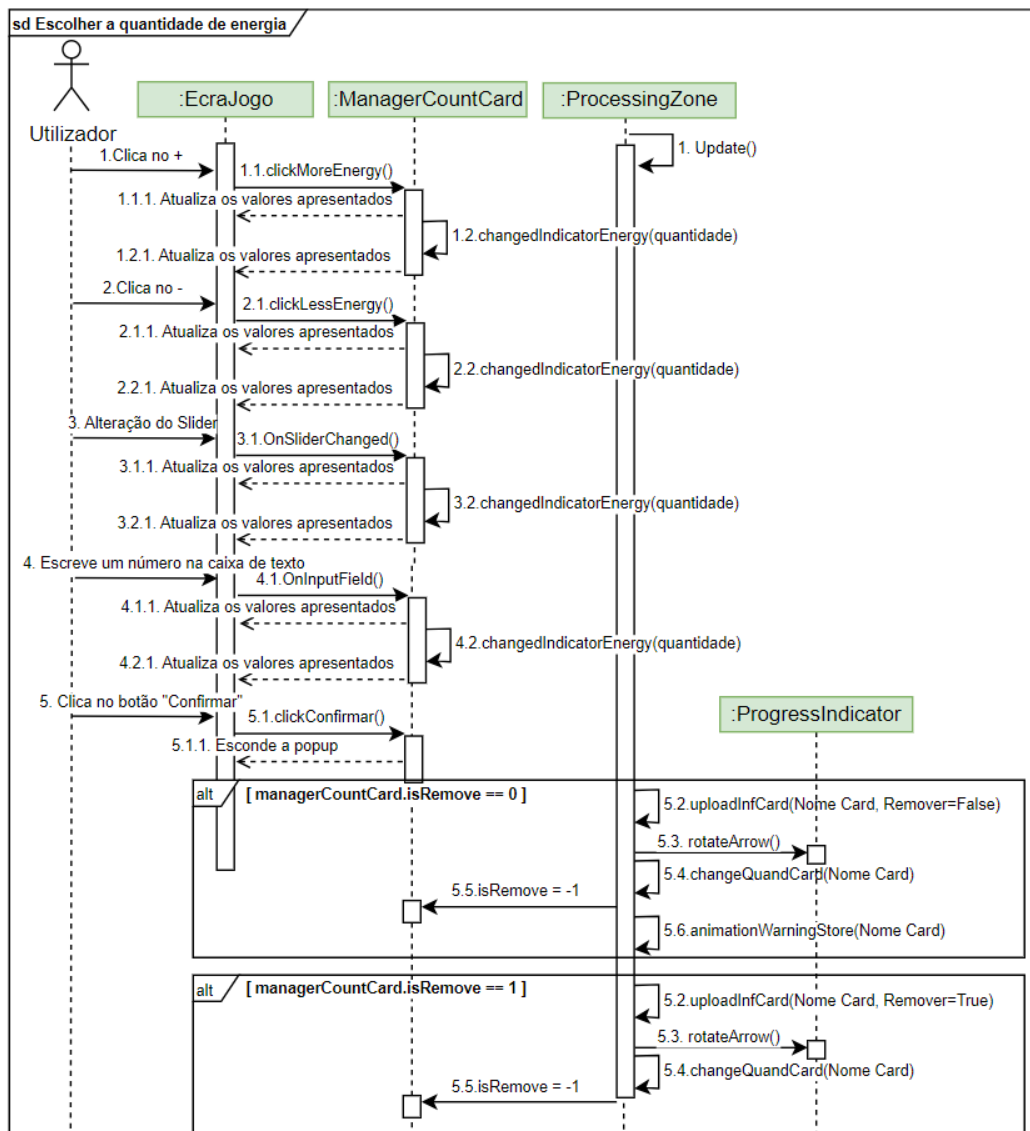


Figura H.13 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Escolher a quantidade de energia”

# Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

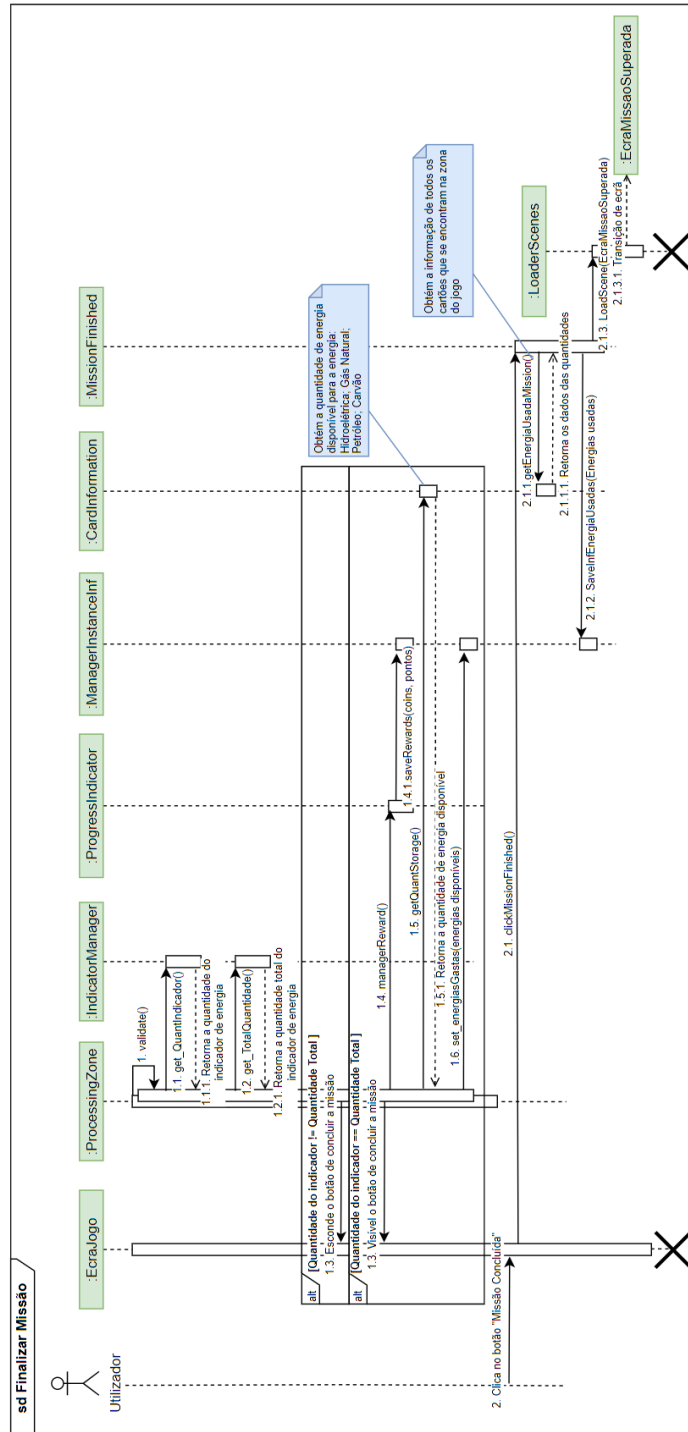


Figura H.14 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Finalizar Missão”

# Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

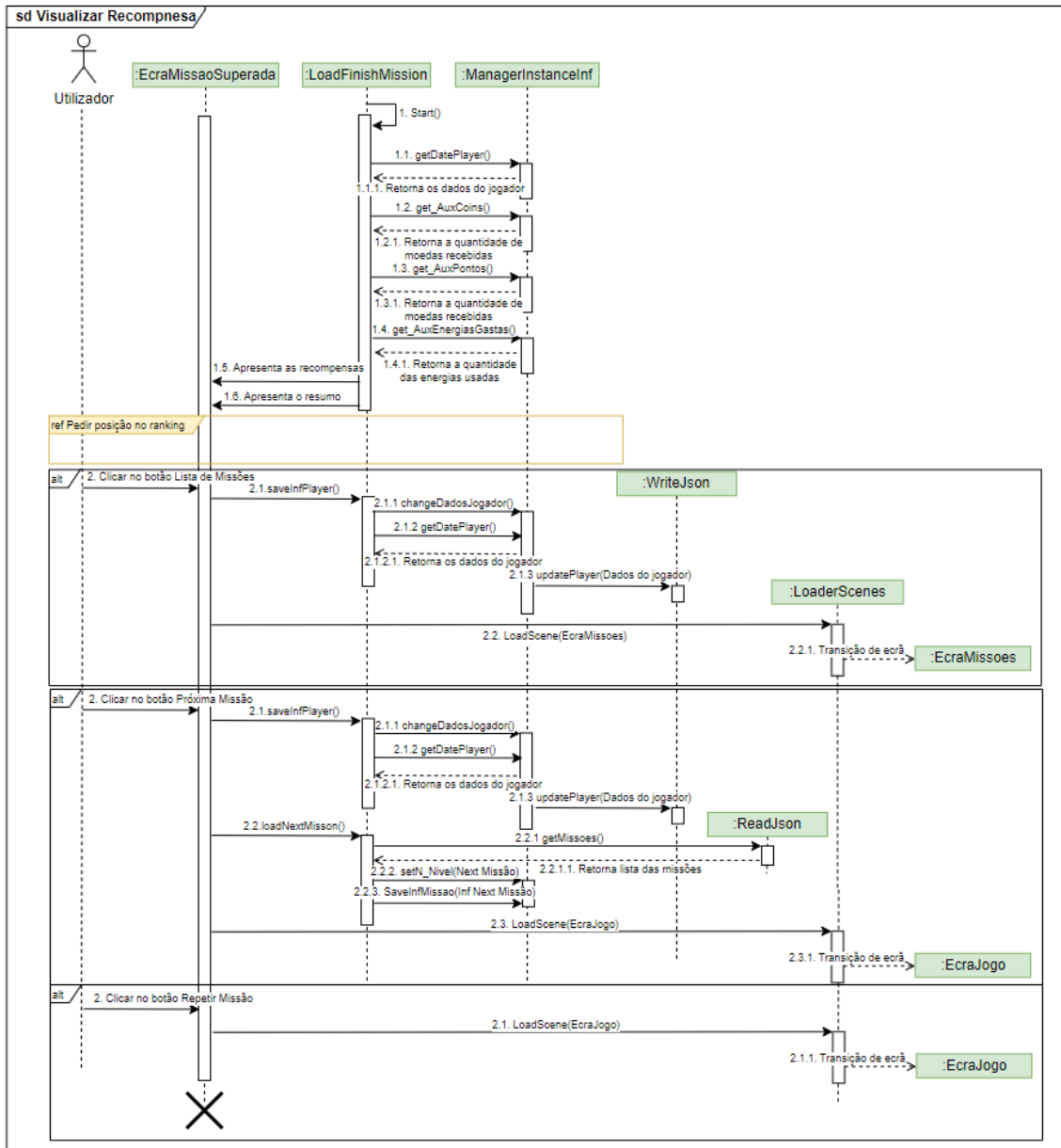


Figura H.15 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Visualizar recompensa”

## Diagrama de Sequência do Jogo Primary Energy

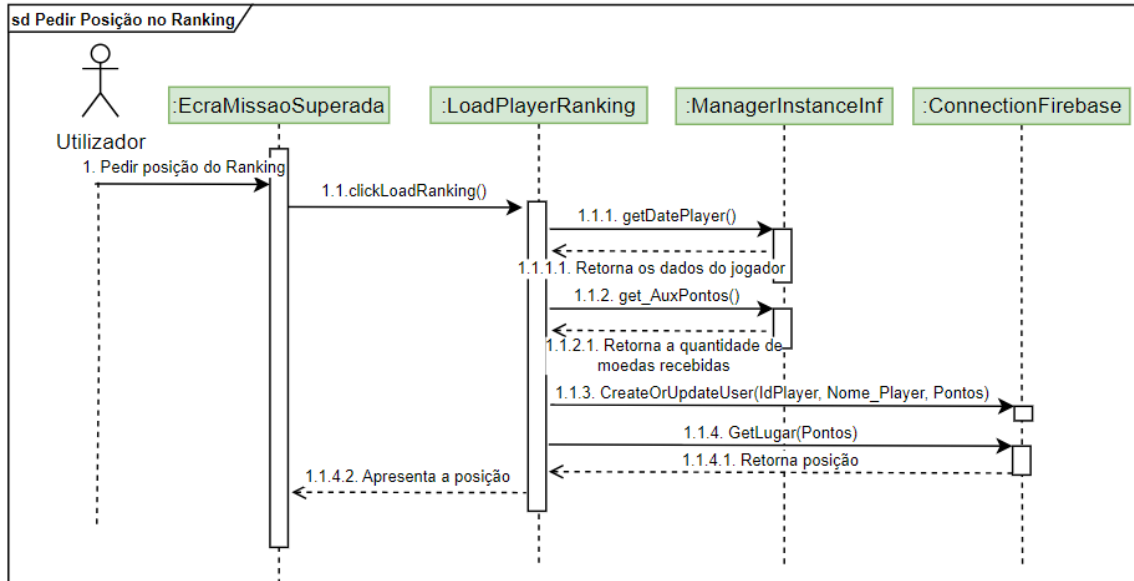


Figura H.16 - Diagrama de Sequências do caso de utilização “Pedir Posição no Ranking”

# Apêndice I

## I. Organização Geral do Jogo Primary Energy

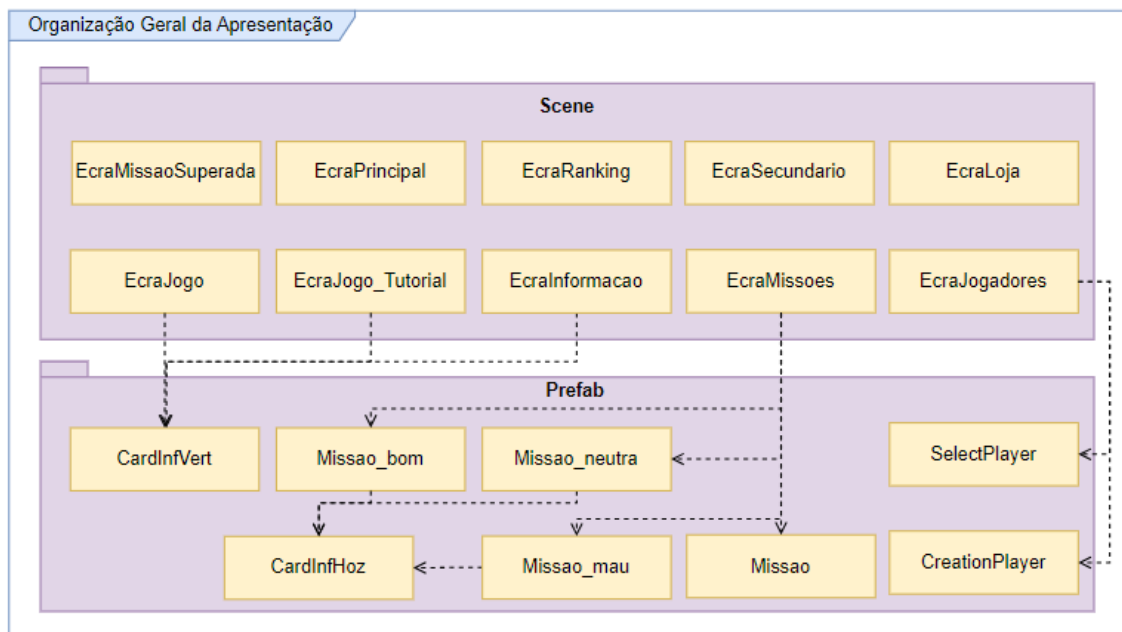


Figura I.1 – Representação do diagrama Organização Geral da Apresentação do Jogo Primary Energy

## Organização Geral do Jogo Primary Energy

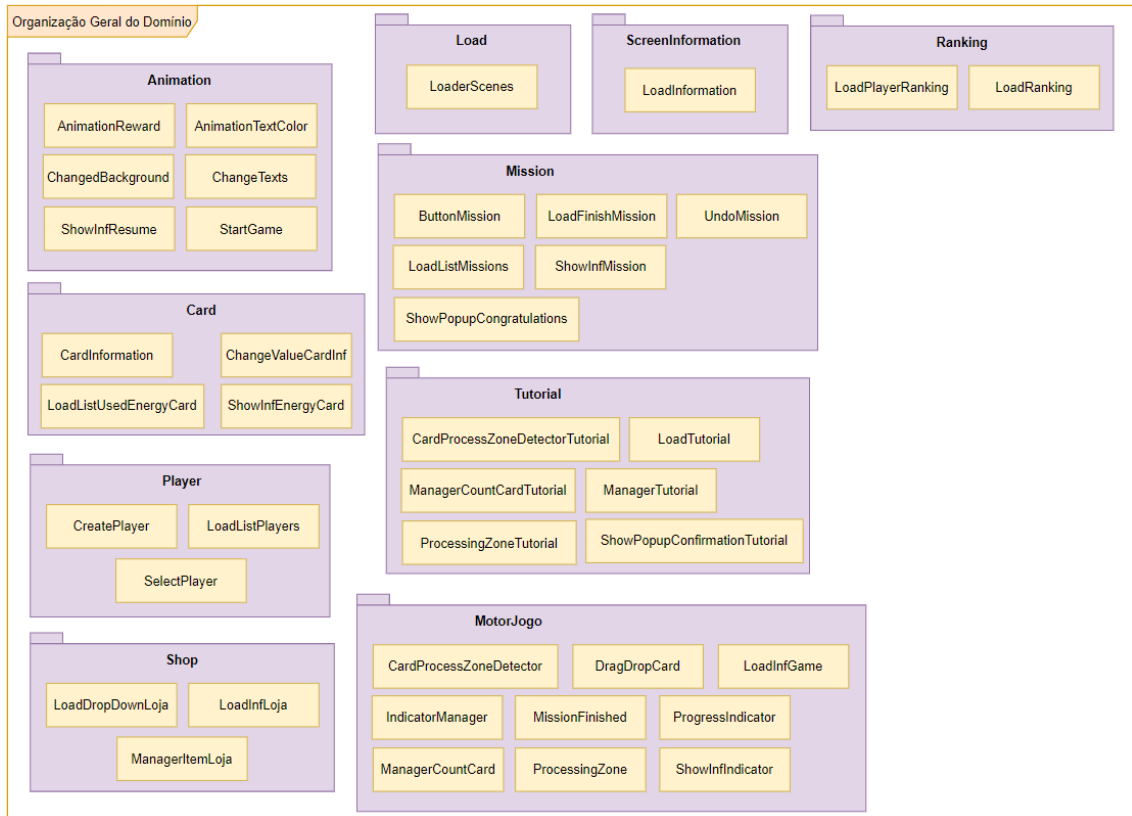


Figura I.2 - Representação do diagrama Organização Geral do Domínio do Jogo Primary Energy

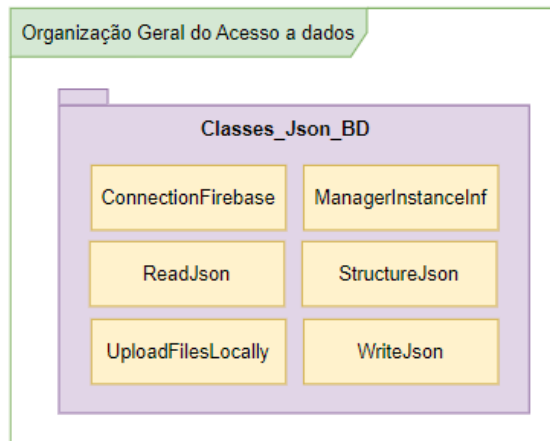


Figura I.3 - Representação do diagrama Organização Geral do Acesso a dados do Jogo Primary Energy

# Apêndice J

## J. Diagrama UML do Jogo Primary Energy

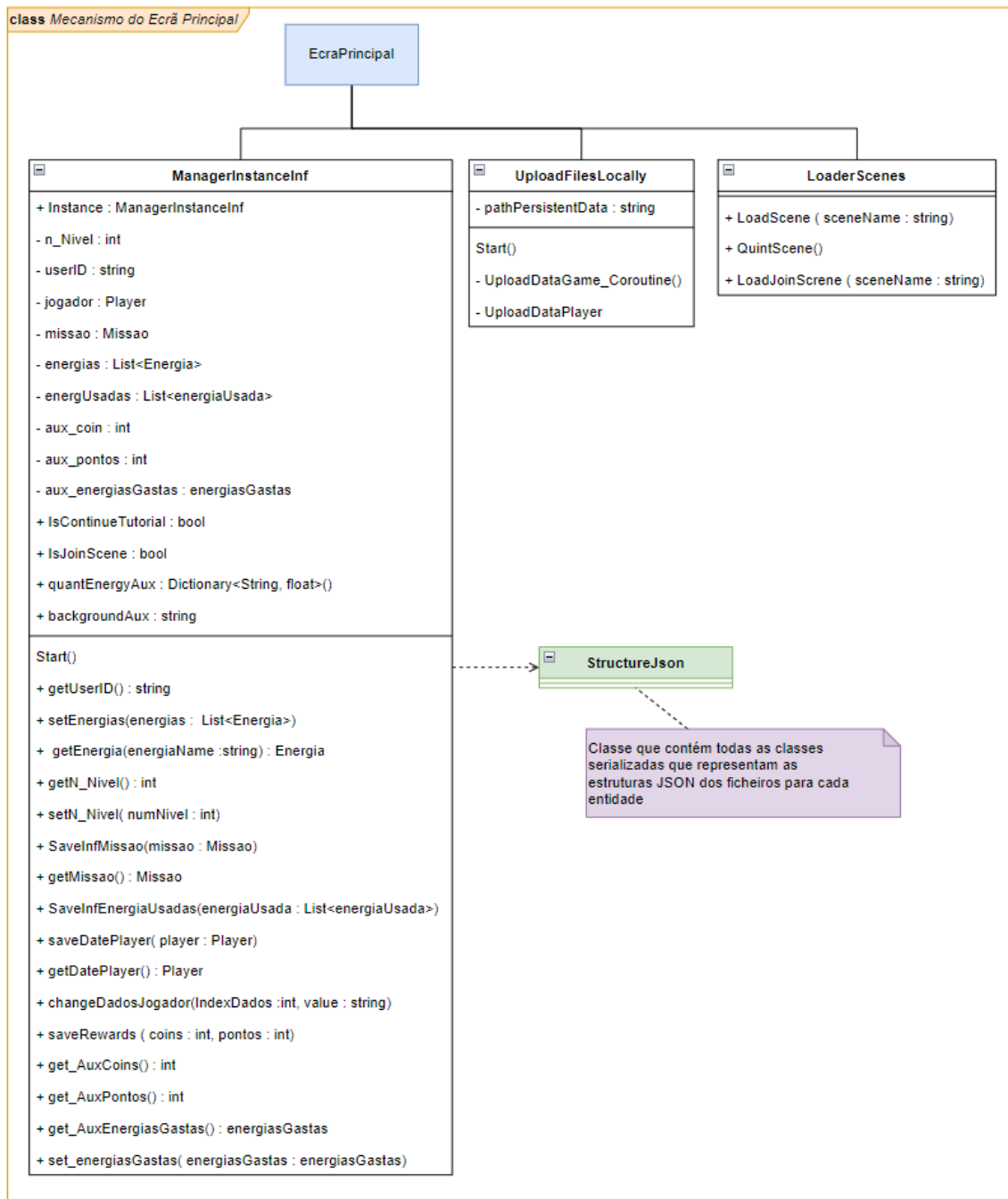


Figura J.1 – Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã Principal do Jogo

## Diagrama UML do Jogo Primary Energy

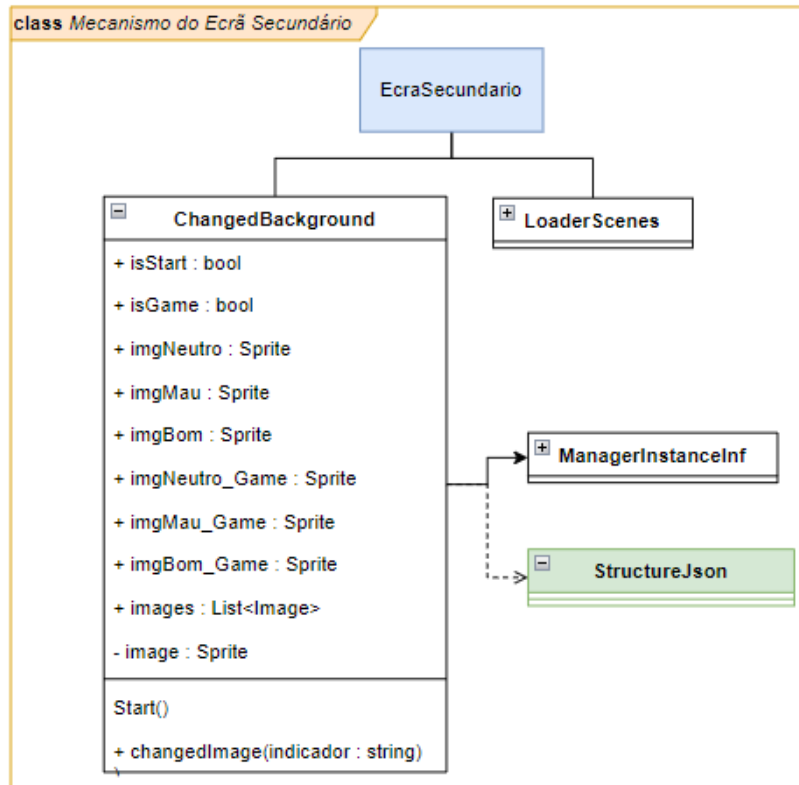


Figura J.2 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã Secundário

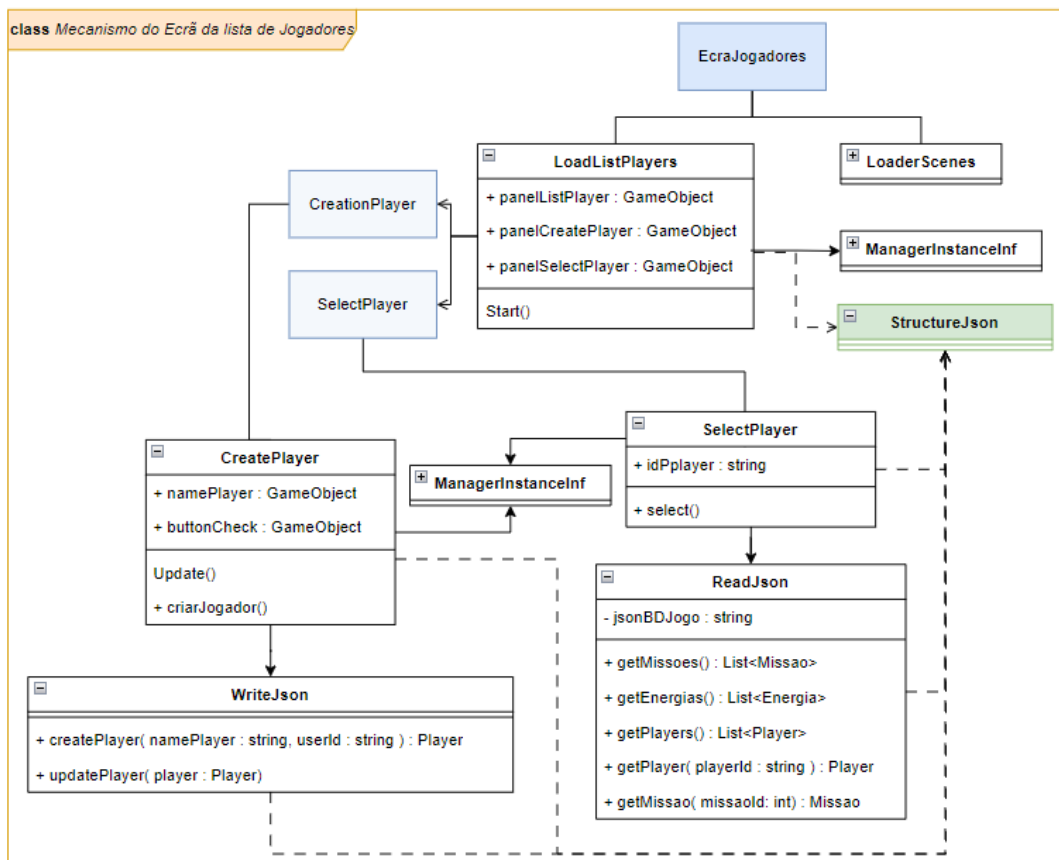


Figura J.3 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Lista de Jogadores

## Diagrama UML do Jogo Primary Energy

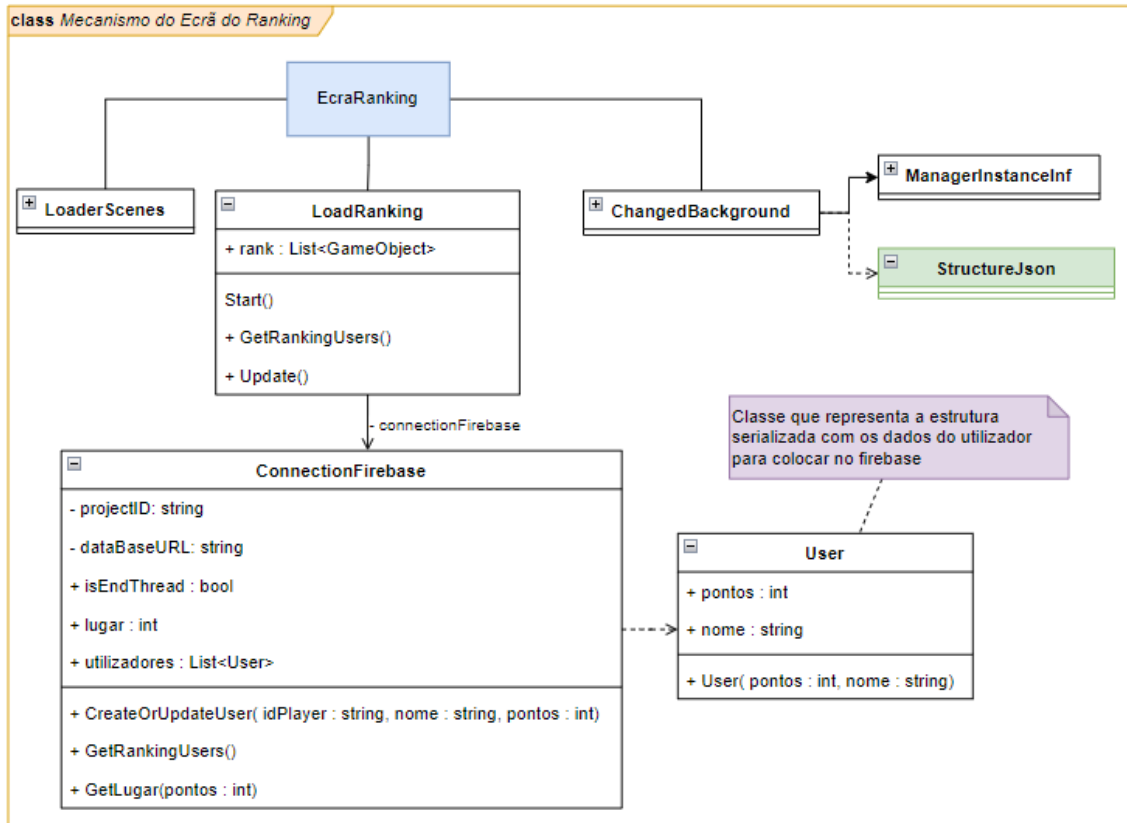


Figura J.4 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã do Ranking

## Diagrama UML do Jogo Primary Energy

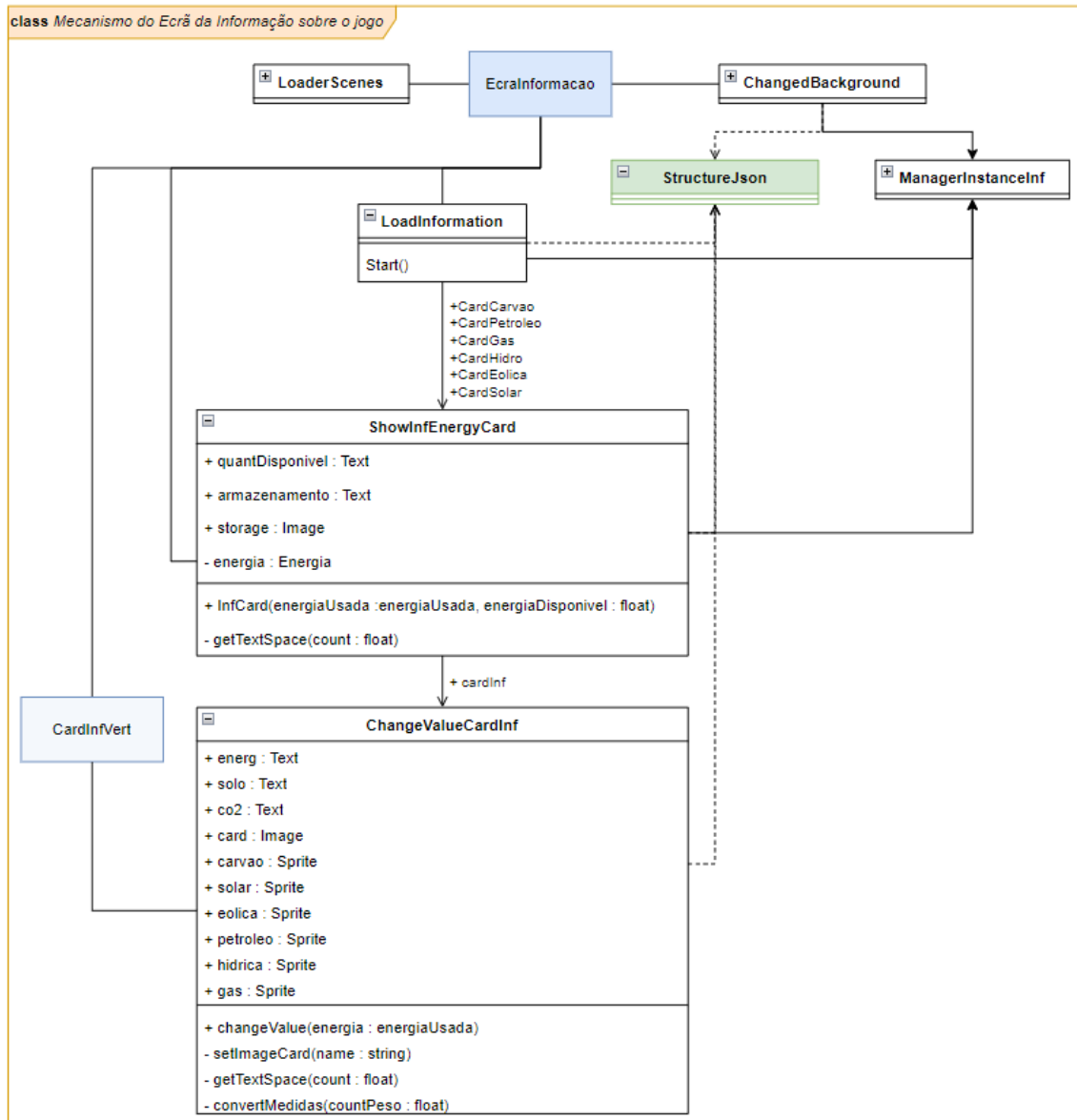


Figura J.5 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Informação sobre o Jogo

## Diagrama UML do Jogo Primary Energy

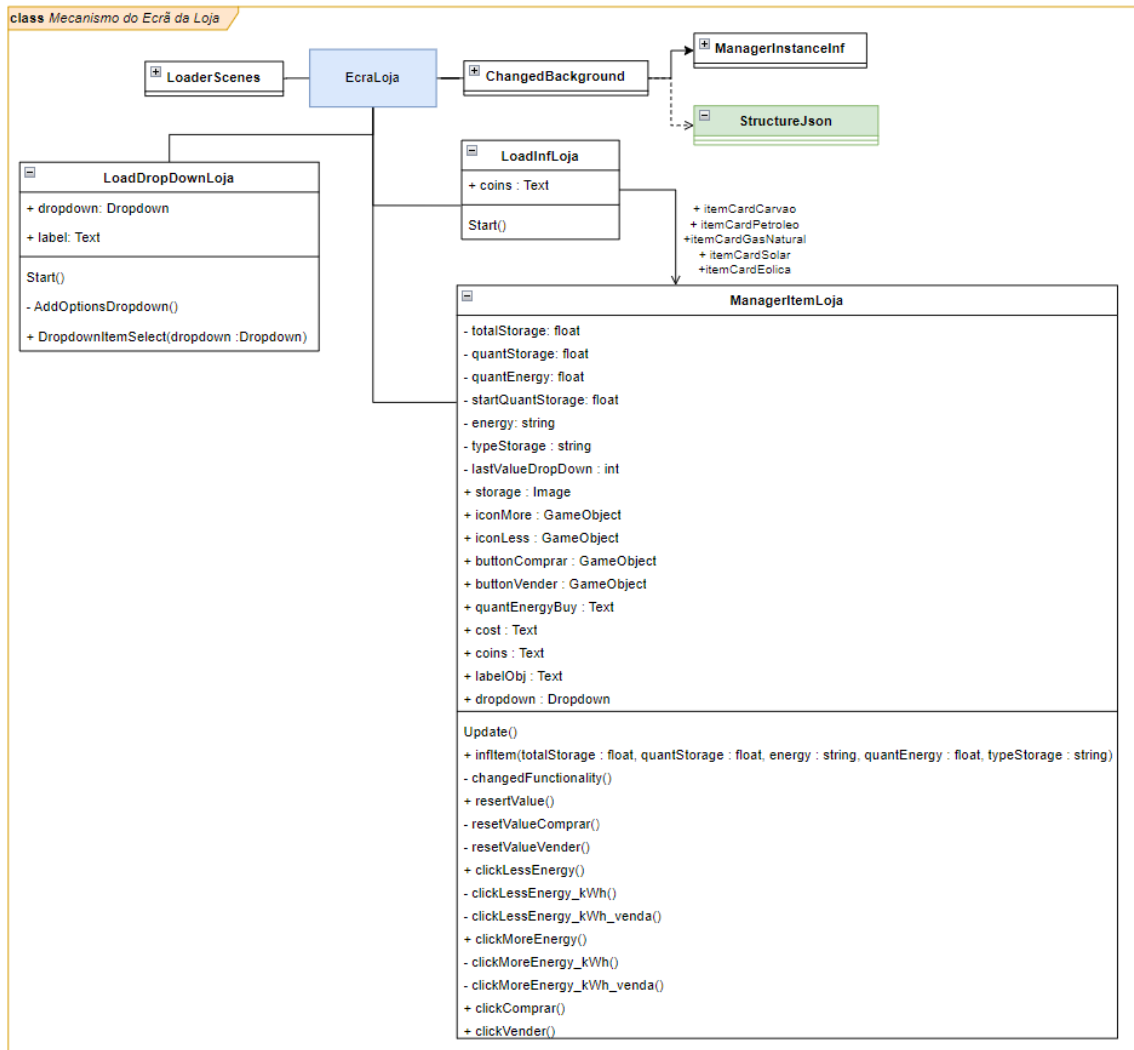


Figura J.6 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Loja



# Diagrama UML do Jogo Primary Energy

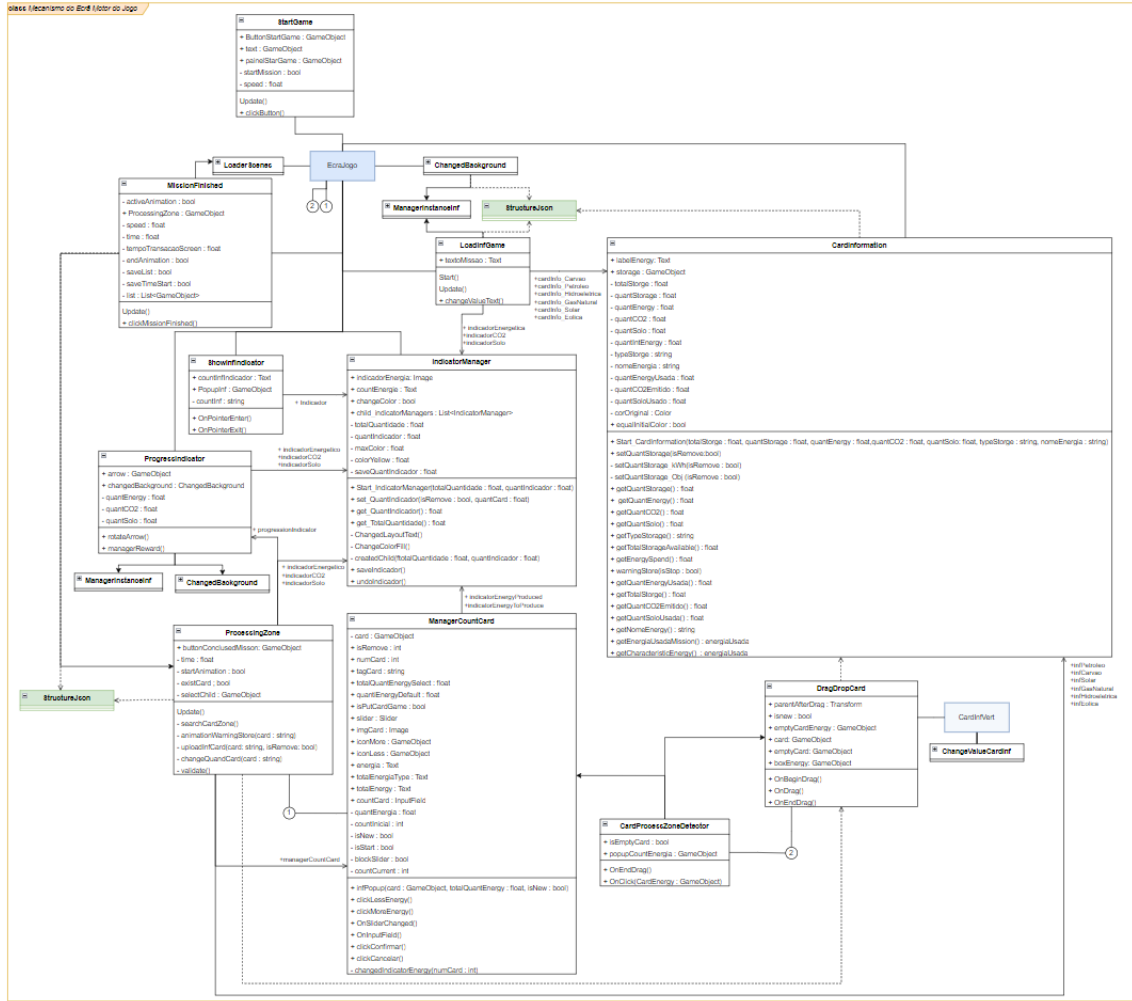


Figura J.8 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã do Motor do Jogo

## Diagrama UML do Jogo Primary Energy

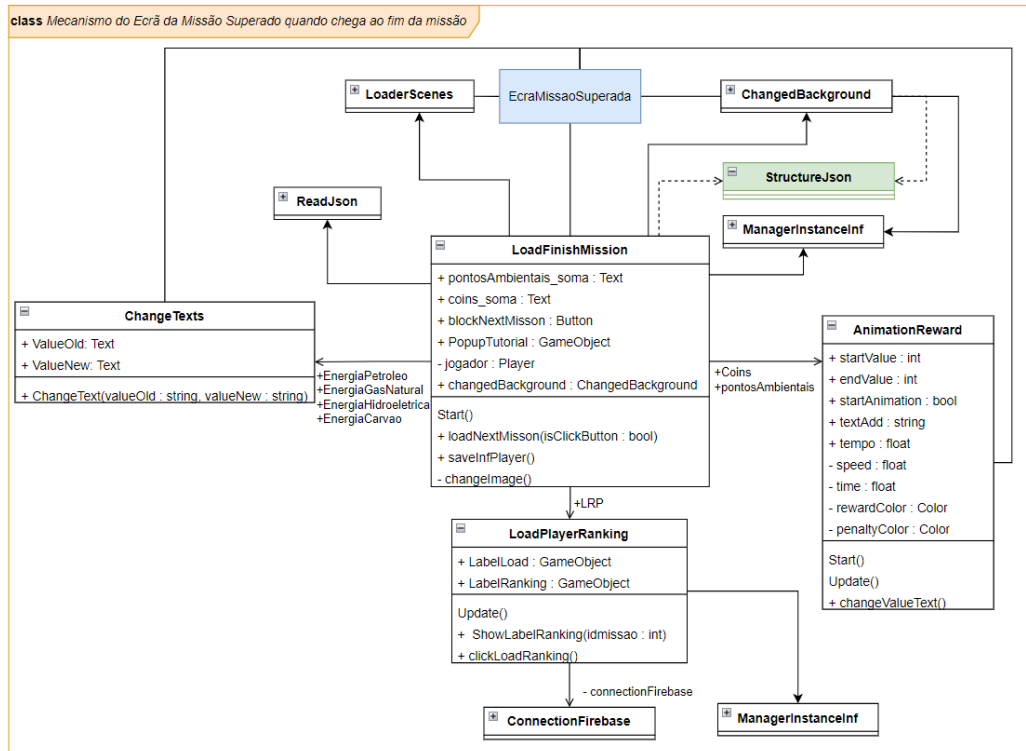


Figura J.9 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã da Missão Superada quando se termina uma missão

# Diagrama UML do Jogo Primary Energy

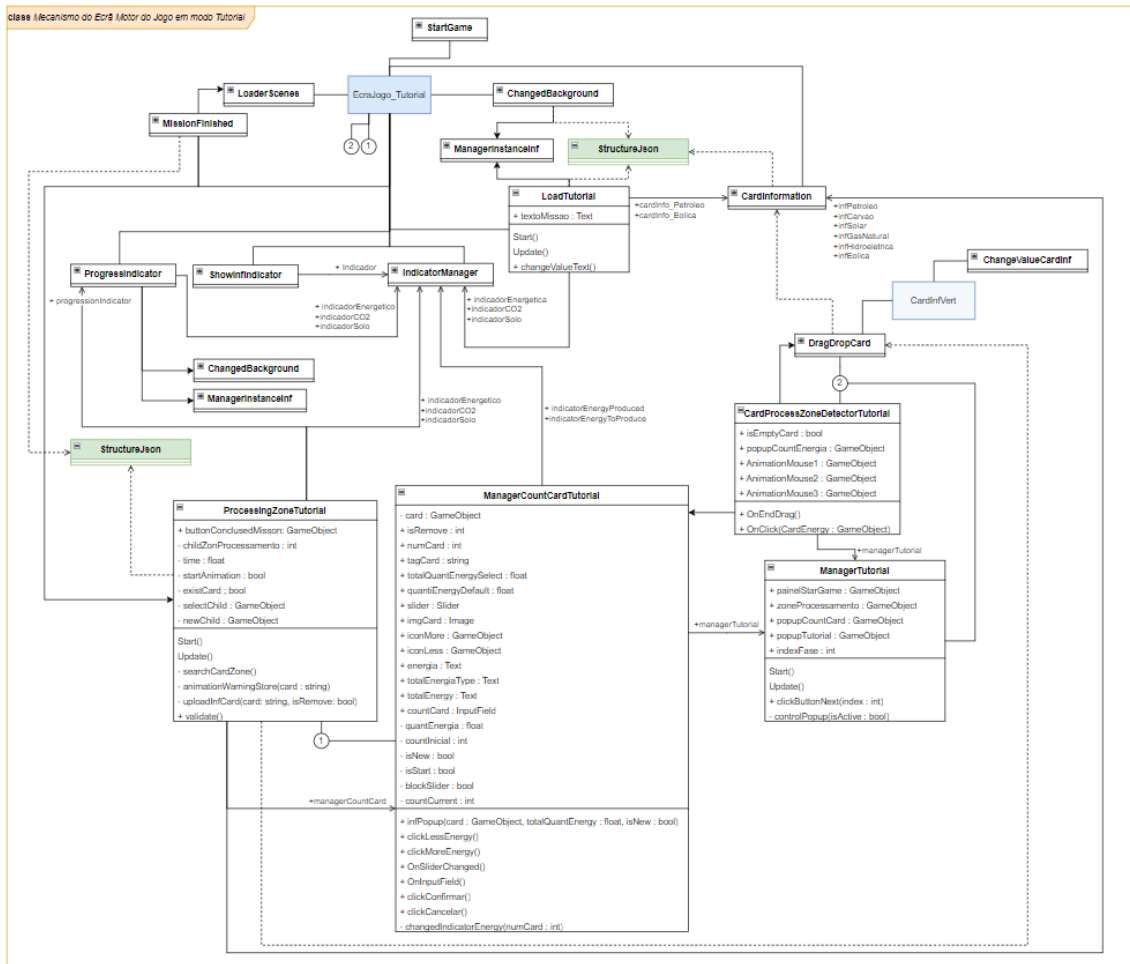


Figura J.10 - Diagrama de Classes do Mecanismo do Ecrã do Motor do Jogo no modo Tutorial