



ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

## A CASA DOS MINERAIS

**Danilo Kymhyr**

**Guilherme Ferreira Pereira**

**João Augusto Costa Branco Marado Torres**



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

# A CASA DOS MINERAIS

**Danilo Kymhyr**  
**Guilherme Ferreira Pereira**  
**João Augusto Costa Branco Marado Torres**

ORIENTAÇÃO  
Dr. João Paulo Barros  
Dra. Sofia Maria Mesquita Soares

COORIENTAÇÃO  
Dr. Luís Carlos da Silva Bruno

---

# RESUMO

Este projeto apresenta o “Casa dos Minerais”, um jogo educativo desenvolvido para aumentar a literacia sobre a geologia no quotidiano. A maioria das pessoas desconhece a proveniência dos materiais que compõem os objetos comuns, como telemóveis ou eletrodomésticos. O objetivo principal é tornar visível esta ligação entre recursos minerais e produtos finais, utilizando uma abordagem de aprendizagem por descoberta e gamificação.

Tecnicamente, o jogo utiliza uma arquitetura híbrida inovadora, com a lógica central implementada na linguagem Odin e compilada para WebAssembly (WASM), permitindo execução nativa no navegador web. A interface gráfica combina renderização em Canvas com elementos HTML semânticos para acessibilidade.

O protótipo permite ao utilizador explorar cenários familiares (como uma casa), identificar objetos e consultar os minerais associados ao seu fabrico. Para consolidar a aprendizagem, o sistema inclui questionários de avaliação formativa no final de cada nível. Os resultados demonstram que é possível criar ferramentas educativas robustas e acessíveis que aproximam conceitos científicos abstratos da realidade tangível dos alunos.

**Palavras-chave:** Gamificação, Educação, Geologia, WebAssembly, Odin, Jogos Sérios, Minerais, Desenvolvimento Web.

---

# ABSTRACT

This project presents “Minerals’ House”, an educational game designed to improve literacy regarding geology in everyday life. Most people are unaware of the origin of materials that make up common objects, such as mobile phones or household appliances. The main goal is to make the connection between mineral resources and final products visible, using a discovery-based learning approach and gamification.

Technically, the game employs an innovative hybrid architecture, with core logic implemented in the Odin language and compiled to WebAssembly (WASM), allowing native execution within a web browser. The graphical interface combines Canvas rendering with semantic HTML elements for accessibility.

The prototype allows users to explore familiar settings (such as a house), identify objects, and consult the minerals associated with their manufacturing. To consolidate learning, the system includes formative assessment quizzes at the end of each level. The results demonstrate that it is possible to create robust and accessible educational tools that bridge the gap between abstract scientific concepts and the tangible reality of students.

**Keywords:** Gamification, Education, Geology, WebAssembly, Odin, Serious Games, Minerals, Web Development.

---

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar o nosso sincero agradecimento aos professores que coordenaram e orientaram a realização deste trabalho:

- ao Professor João Paulo Mestre Pinheiro Ramos e Barros;
- à Professora Sofia Maria Mesquita Soares;
- ao Professor Luís Bruno.

O vosso apoio, partilha de conhecimento e coordenação foram fundamentais para o desenvolvimento e concretização deste projeto.

---

# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMO</b>                                       | <b>3</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>AGRADECIMENTOS</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>ÍNDICE</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                            | <b>8</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABELAS</b>                            | <b>9</b>  |
| <b>ÍNDICE DE LISTAGENS</b>                          | <b>10</b> |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>               | <b>11</b> |
| <b>SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES</b>                        | <b>12</b> |
| <b>1      Introdução</b>                            | <b>13</b> |
| 1.1    Objetivos . . . . .                          | 14        |
| 1.2    Estrutura do documento . . . . .             | 14        |
| 1.3    Contexto e motivação educativa . . . . .     | 15        |
| 1.4    Cenário de uso . . . . .                     | 15        |
| 1.5    Contributos do trabalho . . . . .            | 16        |
| <b>2      Desenvolvimento</b>                       | <b>17</b> |
| 2.1    Enquadramento teórico . . . . .              | 17        |
| 2.2    Metodologia . . . . .                        | 21        |
| 2.3    Tech Stack . . . . .                         | 31        |
| <b>3      Implementação</b>                         | <b>34</b> |
| 3.1    Arquitetura geral . . . . .                  | 34        |
| 3.2    Modelo de dados . . . . .                    | 35        |
| 3.3    O mapa e o motor gráfico . . . . .           | 37        |
| 3.4    Sistema de navegação e pathfinding . . . . . | 38        |

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.5      | Interface com o utilizador (UI) . . . . .           | 39        |
| 3.6      | Sistema de questionários . . . . .                  | 40        |
| <b>4</b> | <b>Conclusão e Trabalho Futuro</b>                  | <b>42</b> |
| 4.1      | Síntese do trabalho realizado . . . . .             | 42        |
| 4.2      | Limitações Atuais . . . . .                         | 43        |
| 4.3      | Trabalho Futuro . . . . .                           | 43        |
|          | Referências bibliográficas . . . . .                | 46        |
|          | <b>Apêndices</b>                                    | <b>47</b> |
| <b>A</b> | <b>Ética e Sustentabilidade na Extração Mineira</b> | <b>49</b> |
| <b>B</b> | <b>Software Livre e Dados Abertos na Educação</b>   | <b>51</b> |
| B.1      | Software Livre . . . . .                            | 51        |
| B.2      | Dados Abertos e Conhecimento Partilhado . . . . .   | 51        |
|          | <b>Anexos</b>                                       | <b>52</b> |
| <b>A</b> | <b>Catálogo de Objetos e Minerais</b>               | <b>54</b> |

---

# ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Comparação entre geração automática e assets estruturados para jogos 2D.<br>Apesar da qualidade estética, a ausência de formato e escala (ex.: 32×32 px) na geração automática limitou a utilização prática no projeto. | 24 |
| <b>Figura 2</b> Exemplos de <i>pixel art</i> de minerais gerados por IA (Gemini) e refinados manualmente.   | 25 |
| <b>Figura 3</b> Zona de transição onde o questionário é iniciado. Ao sair do mapa e clicar no “chão azul”, começa o quiz.   | 26 |
| <b>Figura 4</b> Separação entre a camada visual (canvas) e a camada informativa (HTML semântico), permitindo acessibilidade e melhor suporte a tecnologias de apoio.  | 29 |
| <b>Figura 5</b> Fluxo simplificado de build e execução da versão web do jogo, desde o código-fonte e scripts de compilação até ao carregamento do WASM no navegador.  | 33 |
| <b>Figura 6</b> Decomposição do cenário em camadas independentes para renderização.   | 38 |
| <b>Figura 7</b> Exemplos da interface gráfica do utilizador durante o jogo e nos menus.   | 40 |

---

## ÍNDICE DE TABELAS

**Tabela 3** Comparação entre recursos/jogos educativos sobre minerais..... 18

**Tabela 7** Lista de objetos interativos e minerais constituintes. .... 54

---

# ÍNDICE DE LISTAGENS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Listagem 1</b> | Estruturas principais do estado de jogo em Odin. . . . .   | 35 |
| <b>Listagem 2</b> | Exemplo de estrutura de dados para um Eletrodoméstico..... | 36 |

---

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IPBeja            Instituto Politécnico de Beja

UML            Unified Modelling Language

...

...

---

# SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| $\wedge$ (E lógico / Conjunção)  | Representa a operação "E". Ex: $P \wedge Q$ (P e Q).   |
| $\vee$ (OU lógico / Disjunção)   | Representa a operação "OU". Ex: $P \vee Q$ (P ou Q).   |
| $\neg$ (Negação lógica)          | Representa a operação "NÃO". Ex: $\neg P$ (Não P).   |
| $\rightarrow$ (Implicação)       | "Se... então...". Ex: $P \rightarrow Q$ (Se P, então Q).   |
| $\forall$ (Para todo)            | Quantificador Universal. Indica que uma proposição é verdadeira para todos os elementos de um conjunto.    |
| $\exists$ (Existe)               | Quantificador Existencial. Indica que existe pelo menos um elemento para o qual a proposição é verdadeira. |
| $\in$ (Pertence a)               | Indica que um elemento faz parte de um conjunto. Ex: $x \in S$ .   |
| $\notin$ (Não pertence a)        | Indica que um elemento não faz parte de um conjunto.   |
| $\subseteq$ (Subconjunto)        | Indica que um conjunto está contido noutro. Ex: $A \subseteq B$ .  |
| $\cup$ (União de conjuntos)      | Operação que combina todos os elementos de dois ou mais conjuntos.   |
| $\cap$ (Interseção de conjuntos) | Operação que resulta nos elementos comuns a dois ou mais conjuntos.  |

---

# CAPÍTULO I

---

## INTRODUÇÃO

---

«Os minerais são a matéria-prima essencial para a esmagadora maioria dos objetos que utilizamos no nosso quotidiano, desde os dispositivos eletrónicos mais complexos aos materiais de construção mais básicos. No entanto, a origem e a importância destes recursos são frequentemente desconhecidas do público em geral.» Não interessa se estás a ler este documento num dispositivo eletrónico, ou em impresso, os minerais, eles estão presentes tanto nos *microchips* (e não só) assim como no papel também.

Faz sentido que nunca pensemos na origem dos bens que usamos no nosso dia-a-dia. Eles aparecem *por magia* nas parteleiras das lojas, tu os compras, e os usas para aquilo que tu precisas sem pensar muito em todo o processo que foi necessário para esse produto existir. Se tu já cozinhaste, mais depressa olhas para uma refeição e consegues ter uma ideia de quais foram os ingredientes necessários para confecioná-lo. Bem, imagino que o leitor provavelmente nunca fez parte do processo da criação de uma resma de papel<sup>l</sup>, nem da construção das peças de um computador, nem dos processos anteriores a esse para as peças das peças existirem, **incluindo a extração de minérios do solo, de onde eles provêm, e por que razão eles são um ingrediente necessário** para confeccionar o produto final.

Um painel solar, uma televisão, uma telha ou uma torneira, todos estes e muitos mais, normalmente presentes nas próprias casas e sendo objetos que usamos no dia-a-dia, para o seu

<sup>l</sup>Que também não é concerteza um processo simples e linear. É necessário ferramentas e máquinas para cortar as árvores e processar a madeira, e essas ferramentas e máquinas têm que ser feitas anteriormente, talvez por outras ferramentas e máquinas, e por aí adiante, e essas ferramentas, máquinas e tudo o que é necessário durante o processo, usa minerais.

fabrico, são necessários vários minerais essenciais. Às vezes são coisas que nem chegamos a dar o valor que elas realmente possuem, exatamente porque o processo de produção está parcial ou completamente escondido do consumidor. Não pensamos, por exemplo, na quantidade de trabalhadores de várias zonas do globo que fazem o seu trabalho às vezes nas condições mais precárias, para extrair o minério da natureza usando a sua força humana. Outra vez, o que quer que seja que está a tocar o teu pé agora (meia, calçado, o chão da tua casa, etc., etc.), por exemplo, não apareceu magicamente na tua vida porque alguém teve dinheiro para o comprar, existe toda uma cadeia de trabalho humano envolvida.

## I.I OBJETIVOS

- Promover a literacia científica sobre os minerais e a sua importância no quotidiano;
- Usar a **gamificação** como uma ferramenta pedagógica para tornar «a aprendizagem em experiências interativas e motivadoras», mais envolventes e visualmente apelativas a criação de um jogo educativo e recreativo.

## I.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O relatório está organizado da seguinte forma. No Capítulo 1 (Introdução) é apresentado o contexto do projeto e definidos os objetivos, bem como a forma como o documento se encontra estruturado. O Capítulo 2 (Desenvolvimento) reúne o enquadramento teórico e pedagógico que suporta o jogo, descreve a metodologia seguida durante o trabalho e explica a pilha tecnológica escolhida.

No Capítulo 3 (Implementação) é descrita a concretização técnica do projeto, incluindo a arquitetura geral, o modelo de dados, a construção do mapa e do motor gráfico, o sistema de navegação e a interface com o utilizador.

Por fim, o Capítulo 4 (Conclusão e Trabalho Futuro) sintetiza os principais resultados alcançados, discute as limitações atuais do protótipo e identifica linhas de investigação e desenvolvimento futuro.

## I.3 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO EDUCATIVA

Os minerais estão presentes em praticamente todos os aspectos do quotidiano, ainda que a sua origem e função passem muitas vezes despercebidas. Materiais comuns como vidro, cerâmica, cimento, metais e componentes eletrónicos dependem de recursos minerais específicos, extraídos, processados e integrados em cadeias de produção globais. Esta “invisibilidade” do contributo geológico no dia a dia contribui para uma literacia limitada sobre matérias-primas, dificultando a compreensão de temas atuais como sustentabilidade, reciclagem, dependência tecnológica e impacto ambiental associado à extração. Neste contexto, o projeto surge com a resposta pedagógica baseada em aprendizagem ativa: em vez de apresentar a informação de forma expositiva, o jogo promove a exploração de cenários familiares (inicialmente uma casa e, numa fase seguinte, uma escola), onde o utilizador identifica objetos e descobre os minerais associados ao seu fabrico. A escolha de ambientes reconhecíveis reduz a barreira de entrada e facilita a ligação entre conceitos abstratos (mineral, recurso, processamento) e exemplos concretos do quotidiano. A motivação educativa do jogo assenta em três objetivos principais. Primeiro, contextualizar a geologia no quotidiano, associando objetos comuns a minerais específicos para tornar a aprendizagem mais concreta e memorável. Segundo, reforçar a retenção por avaliação formativa: após a exploração, o utilizador realiza um questionário curto de seis perguntas, consolidando o conhecimento através de recordação ativa. Terceiro, promover curiosidade e autonomia, permitindo que o utilizador explore ao seu ritmo e escolha os objetos com que interage, sem impor uma sequência rígida.

Desta forma, o jogo procura equilibrar a componente informativa e a componente recreativa: a exploração funciona como introdução e descoberta, enquanto o questionário atua como mecanismo de verificação e reforço, permitindo repetir o ciclo e consolidar progressivamente os conteúdos.

## I.4 CENÁRIO DE USO

O Casa dos Minerais foi concebido para adequação a contextos educativos. Podendo ser utilizado como recurso complementar em disciplinas onde existam conteúdos relacionados com geologia, recursos naturais, materiais e tecnologia. A abordagem visual e baseada em interação

permite também que seja acessível a utilizadores sem conhecimentos prévios aprofundados, incluindo público geral interessado em compreender a origem dos materiais presentes no quotidiano.

O caso de uso mais natural é o ambiente de sala de aula, como atividade curta de introdução ou consolidação de conteúdos. O professor pode sugerir que os alunos explorem o cenário (casa e a escola), identifiquem objetos e consultem a informação associada, seguindo-se um questionário de seis perguntas para reforço imediato. Em alternativa, o jogo pode ser usado de forma autónoma fora do contexto escolar, em sessões curtas, devido ao seu fluxo simples e repetível que permite aprender por descoberta e reforço progressivo.

Como o jogo foi pensado para execução no navegador, o acesso é simples e compatível com diferentes dispositivos, o que facilita o seu uso em ambientes com recursos limitados. Esta característica é relevante tanto para trabalho individual como para atividades em pequenos grupos, onde o objetivo é promover curiosidade, discussão e ligação entre objetos comuns e os minerais necessários à sua produção.

## I.5 CONTRIBUTOS DO TRABALHO

---

# CAPÍTULO 2

## DESENVOLVIMENTO

---

### 2.I ENQUADRAMENTO TEÓRICO

#### 2.I.I ESTADO DA ARTE

A utilização de jogos digitais no ensino das geociências tem crescido, procurando tornar conteúdos tradicionalmente áridos em experiências interativas. De modo a posicionar o *Casa dos Minerais*, analisaram-se outros recursos educativos existentes, identificando as suas valências e lacunas.

Comparativamente ao «A mala das aplicações minerais» (2024), o *Casa dos Minerais* aposta numa abordagem mais exploratória. Enquanto o *BriefCase* foca na associação imediata objeto-mineral, o nosso projeto privilegia a contextualização espacial (o objeto no seu “habitat”) antes da validação. Relativamente ao Mineralogical Society of America (2022), que funciona mais como uma enciclopédia interativa, o nosso jogo introduz um ciclo de *gameplay* com desafios (quizzes) para testar a retenção. Por fim, ao contrário dos exercícios isolados do Wordwall Community (2026), oferecemos um cenário persistente e contínuo.

Em síntese, o *Casa dos Minerais* distingue-se por juntar a exploração livre à validação estruturada, conforme detalhado na Tabela 3.

**Tabela 3**

*Comparação entre recursos/jogos educativos sobre minerais.*

| Recurso                                 | Tipo de interação                        | Contexto (cenário)                               | Avaliação                                      |
|---|--|--|--|
| «A mala das aplicações minerais» (2024) | Associação direta objeto–mineral         | Pouco contexto espacial; foco na correspondência | Feedback imediato da associação                |
| Mineralogical Society of America (2022) | Consulta/informação                      | Conteúdo mais informacional                      | Sem validação estruturada                      |
| Wordwall Community (2026)               | Mini-jogos simples                       | Contexto reduzido; tarefas isoladas              | Feedback rápido por exercício                  |
| <i>Casa dos Minerais</i>                | Exploração <i>point-and-click</i> + Quiz | Cenários familiares (casa/escola)                | Quiz curto para reforço e desbloqueio de nível |

## 2.1.2 Os MINERAIS

Eles andam por aí espalhados, mas tu nem pensas neles: os minerais. Matéria-prima e recurso importante para diversos setores como a indústria química, da construção civil, da agricultura e da energia. Mas é que estão presentes em todo o lado mesmo:

- Se estás a ler isto através de um aparelho eletrónico, esquece, desde o cobre e ouro dos cabos elétricos até ao silício dos microchips;
- Mas mesmo lendo numa folha de papel, é capaz dessa folha ter vestígios de cádmio, cobalto e titânio.

As frutas e vegetais que consomes, além das vitaminas, também têm os minerais presentes no solo. Minerais são indispensáveis para a nossa vida e para a sociedade.

O objetivo principal deste jogo é ensinar onde é que estes minerais, que existem naturalmente no nosso planeta, estão presentes nas coisas que usamos todos os dias. Além isso, ensinamos qual a utilidade de certo mineral numa ocasião específica. Mas basta isso?

Uma das razões para a qual estes minerais ficam escondidos dos consumidores é porque, tu vais à loja e compras o telemóvel, mas o processo de produção desse telemóvel, da extração dos minerais da terra, da montagem do equipamento, até ao produto final, é totalmente ofuscado. Existe uma alienação entre as nossas vidas e a geologia — os minerais — e todo o trabalho humano que leva à realização dos teus bens. Simplesmente o telemóvel não apareceu na estante da loja por pozinhos de perlimpimpim. O telemóvel é visto como uma coisa e não como fruto de mineração e do trabalho. Tudo isto já havia sido dito na 1.

Usamos o jogo para conectar também o mineral, ao país de origem (geografia), e ao trabalho e/ou processo necessário para esse material estar disponível.

### 2.1.3 GAMIFICAÇÃO NA PEDAGOGIA

A “Casa dos Minerais” utiliza elementos de gamificação para estruturar a aprendizagem e aumentar a motivação. A principal mecânica implementada é a inclusão de um **questionário no final de cada nível** (ver detalhes de implementação na Secção 3.6).

Este questionário atua como um “guardião” ou *boss fight* educativa: o jogador explora livremente para adquirir conhecimento e, no final, deve demonstrar o que aprendeu para desbloquear o próximo estágio. Esta abordagem cria um ciclo de recompensa intrínseco, onde o conhecimento é a chave para a progressão.

No entanto, a abordagem pedagógica foca-se em usar a brincadeira como uma forma de descoberta. O objetivo principal não é criar um sistema de avaliação punitivo, mas sim celebrar a aprendizagem. Elementos mais competitivos, como pontuações ou temporizadores, foram considerados opcionais para futuras iterações (??), para não desvirtuar o ambiente exploratório inicial.

### 2.1.4 PARA QUEM É O JOGO?

O público-alvo principal são crianças e jovens, servindo como ferramenta de apoio às disciplinas de Estudo do Meio e Ciências Naturais. No entanto, o design visual e a mecânica de exploração foram pensados para serem apelativos a qualquer faixa etária.

Idealmente, o acesso deve ser universal. Para promover a inclusão de utilizadores com dificuldades de leitura, como a dislexia, optou-se pela utilização de **tipografia sem serifa (sans-serif)** com espaçamento generoso e bom contraste, seguindo recomendações de acessibilidade web. Embora o protótipo atual ainda não suporte navegação total por teclado ou leitores de ecrã (como referido na Secção 4.2), estas escolhas visuais de base formam um alicerce sólido para uma futura acessibilidade plena.

### 2.1.5 APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E CONTEXTUALIZAÇÃO

A aprendizagem por descoberta baseia-se na ideia de que o aluno comprehende melhor quando participa ativamente no processo. No *Casa dos Minerais*, esta metodologia é aplicada através da ancoragem de conceitos abstratos em exemplos concretos.

#### A. ANCORAÇÃO NA CADEIA PRODUTIVA

Conceitos como “Recurso Mineral” ou “Extração” podem parecer distantes. O jogo encurta essa distância ao ligar o objeto familiar (ex: a torradeira na cozinha) à sua origem geológica.

Esta estrutura permite, teoricamente, criar níveis para cada etapa da cadeia de produção:

1. **Nível Casa:** Onde usamos o produto final.
2. **Nível Fábrica:** Onde vemos a montagem dos componentes.
3. **Nível Mina:** Onde ocorre a extração do minério bruto.

Deste modo, o jogador pode seguir o “caminho inverso” da produção dos seus bens, comprehendendo que o telemóvel não nasce na loja, mas começa como rocha na terra. O sistema de

níveis do jogo foi desenhado para suportar essa expansão temática, permitindo adicionar novos cenários que representem estas diferentes etapas.

### 2.1.6 CICLO PEDAGÓGICO E QUESTIONÁRIOS COMO REFORÇO

O ciclo do jogo combina aprendizagem por descoberta com reforço através de avaliação formativa. Numa primeira fase, o utilizador explora o cenário e comprehende os conceitos no respetivo contexto. Numa segunda fase, o utilizador inicia um questionário curto para recuperarativamente o que observou.

### 2.1.7 QUALIDADE DO CONTEÚDO E FONTES

A qualidade do conteúdo é fundamental para garantir que o jogo seja acessível, envolvente e educativo. Para conseguir isso, é importante seguir boas práticas:

- **Fontes fiáveis:** As associações foram baseadas em fontes reconhecidas como a USGS U.S. Geological Survey (n.d. a, n.d. b) e a Minerals Education Coalition Minerals Education Coalition (n.d.).
- **Coerência e Estrutura:** Utilização consistente de terminologia e estrutura uniforme nas descrições (Mineral, Uso, Origem).
- **Linguagem adequada:** Textos claros e diretos.

## 2.2 METODOLOGIA

Para a implementação, o projeto baseia-se em tecnologias de multiplataforma, tirando partido da linguagem de programação Odin. Para a parte gráfica escolhemos a Raylib, integrada com Odin. Esta combinação permite criar gráficos 2D interativos com desempenho nativo e exportação para WebAssembly (WASM). A visualização final no navegador é assegurada pela integração deste módulo WASM com tecnologias web padrão (HTML5, CSS3 e JavaScript).

### 2.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS MINERAIS USADOS NO QUOTIDIANO

Minerais são todas as substâncias naturais formadas por processos geológicos que normalmente consegues encontrar na crosta da terra. A telha das casas pode ser feita com argila, o vidro com areia (quartzo). Na cozinha, tens pratos que podem conter feldspato, e panelas de ferro e crómio. O mais impressionante são os bens tecnológicos como telemóveis, que contêm uma vasta gama de metais raros e preciosos como ouro, lítio e cobalto.

### 2.2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE OBJETOS

A seleção de objetos para os níveis “casa” e “escola” foi guiada por critérios pedagógicos e práticos: objetos comuns, facilmente reconhecíveis e com associações minerais claras e educativas.

### 2.2.3 DIFERENÇAS DE ABORDAGEM (EXPLORAÇÃO VS ASSOCIAÇÃO DIRETA)

Uma diferença central entre jogos educativos sobre minerais está na forma como o conhecimento é apresentado. Numa abordagem de **exploração**, o utilizador aprende ao interagir com um ambiente. Numa abordagem de **associação direta**, foca-se na memorização rápida.

O *Casa dos Minerais* combina ambas: exploração inicial para contextualização, seguida de quiz para validação e treino.

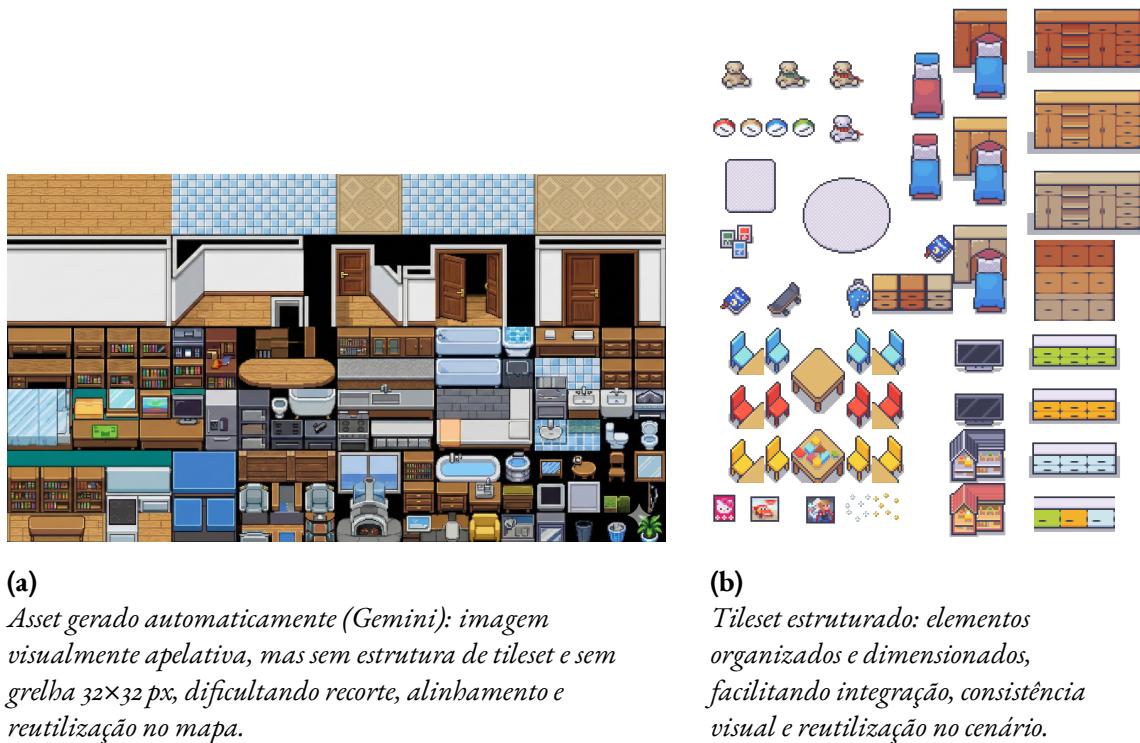
### 2.2.4 LIMITAÇÕES OBSERVADAS E DECISÕES ADOTADAS NO PROJETO

Durante a análise de recursos e ao longo do desenvolvimento, foram identificadas limitações comuns em abordagens educativas sobre minerais. Uma delas é a tendência para conteúdos demasiado expositivos, onde o utilizador lê informação mas tem pouca oportunidade de a aplicar. Outra limitação é a associação direta sem contexto, que pode treinar a memorização de

pares objeto–mineral, mas nem sempre ajuda a compreender a relevância desses minerais no quotidiano.

Para responder a estas limitações, o *Casa dos Minerais* adotou decisões de design que equilibram simplicidade com contexto. Em vez de depender apenas de exercícios isolados, o jogo organiza a aprendizagem em dois momentos: (1) exploração num cenário familiar, onde a informação surge ligada a objetos do dia a dia; e (2) um questionário curto de escolha múltipla para reforço e validação, mantendo o ritmo e evitando fadiga.

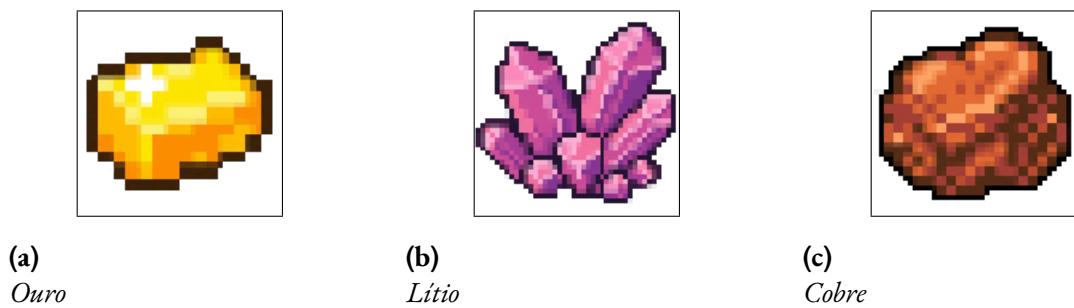
Do ponto de vista visual, também existiram limitações na produção de assets. Numa fase inicial, foi testada a geração de elementos gráficos com o Gemini, mas os resultados não cumpriam requisitos técnicos essenciais para um mapa baseado em tiles, nomeadamente a disponibilização de um *tileset* com grelha  $32 \times 32$  px. Apesar de visualmente apelativas, as imagens geradas surgiam tipicamente em dimensões muito grandes e sem organização reutilizável, o que dificultava recorte, alinhamento e integração consistente no cenário. Por esse motivo, optou-se por adquirir um conjunto de assets estruturados, garantindo compatibilidade com o formato do mapa, consistência visual e uma experiência mais polida.

**Figura 1**

Comparação entre geração automática e assets estruturados para jogos 2D. Apesar da qualidade estética, a ausência de formato e escala (ex.:  $32 \times 32$  px) na geração automática limitou a utilização prática no projeto.

A Figura 1 ilustra que a principal limitação não foi estética, mas sim técnica: o projeto exigia assets reutilizáveis em tilesets com dimensões uniformes ( $32 \times 32$  px) para montagem eficiente do mapa.

Em contrapartida, a utilização de IA (Gemini) revelou-se bastante útil para a criação de elementos individuais, nomeadamente as representações em *pixel art* dos próprios minerais. Ao contrário dos *tilesets* de mapa que exigem encaixe perfeito, as imagens isoladas foram geradas com qualidade satisfatória, necessitando apenas de pequenas correções pontuais (como limpeza de fundo ou ajustes de detalhes) realizadas em software de edição de imagem como o Photopea ou Photoshop.

**Figura 2**

Exemplos de pixel art de minerais gerados por IA (Gemini) e refinados manualmente.

Para obter estes resultados, foi necessário especificar características detalhadas no *prompt* (instrução dada à IA), como o estilo visual, a perspetiva isométrica e a paleta de cores. Um exemplo do *prompt* utilizado para gerar o ícone de “Terras Raras” foi:

“Terras Raras Pixel art icon of rare earth minerals, 32x32 pixels, multicolored iridescent crystalline rock cluster with rainbow shimmer effect (mix of green, blue, purple, pink hues), dark outlines, simple geometric facets showing 3D depth, clean retro RPG game item style matching these references, transparent background, isometric 3/4 view, magical glowing appearance”

Outra decisão importante foi manter o fluxo de interação simples e repetível. O utilizador pode regressar ao mapa após o questionário para rever objetos já descobertos ou encontrar novos, permitindo aprendizagem progressiva sem impor uma sequência rígida. Por fim, ao estruturar os dados de conteúdo (objetos, minerais, origem e utilização) de forma consistente, o projeto facilita a manutenção e a expansão para novos cenários, como a introdução de um nível centrado numa escola.

## 2.2.5 CONCEITO, REGRAS E ÂMBITO DO JOGO

### A. CONCEITO

O conceito central do “Casa dos Minerais” foca-se na exploração interativa e autoguiada de um ambiente virtual, começando numa casa, e podendo ser expandido para outros cenários,

como uma escola. Inspirado num formato *point-and-click*, semelhante ao “Club Penguin”, o jogador tem liberdade para navegar pelo mapa e interagir com objetos do quotidiano.

Ao clicar em objetos comuns (por exemplo, um frigorífico, uma televisão ou uma torradeira), o jogador acede a informação sobre os minerais associados ao seu fabrico. O objetivo é tornar visível a relação entre recursos naturais e produtos do dia a dia, através de exemplos concretos e familiares.

## B. LOOP DE GAMEPLAY

O *Casa dos Minerais* segue um ciclo simples e repetível, pensado para alternar descoberta e reforço do conteúdo. O jogador inicia num cenário (por exemplo, a casa) e explora o mapa, interagindo com objetos do quotidiano para desbloquear informação sobre os minerais/minérios associados.

Quando decide consolidar o que aprendeu, o jogador sai do cenário e inicia o questionário ao clicar numa área específica (marcada pela cor azul). O quiz é composto por 6 perguntas de escolha múltipla, com 4 opções por pergunta e apenas 1 resposta correta.



**Figura 3**  
Zona de transição onde o questionário é iniciado. Ao sair do mapa e clicar no “chão azul”, começa o quiz.

Para avançar para o cenário seguinte, o jogador deve obter pelo menos 50% de respostas corretas no questionário. Caso não atinja esse valor, pode regressar ao mapa e tentar novamente.

após rever os conteúdos.

Após concluir o quiz, o jogador regressa ao mapa, podendo continuar a exploração no mesmo cenário ou prosseguir para o próximo, caso cumpra o critério de aprovação. Este ciclo promove aprendizagem progressiva, mantendo sessões curtas e um fluxo consistente entre cenários.

### C. REGRAS E PROGRESSÃO

As regras do jogo privilegiam clareza e acessibilidade. A exploração não impõe uma sequência fixa de objetos nem penaliza o jogador por escolhas de percurso, permitindo diferentes estratégias de descoberta.

A progressão entre cenários é condicionada pelo desempenho no momento de consolidação (questionário). Quando o jogador não atinge o critério mínimo, a experiência incentiva a revisão do conteúdo através do regresso ao mapa, promovendo repetição e melhoria incremental.

### D. ÂMBITO DO JOGO

O âmbito do *Casa dos Minerais* centra-se na descoberta de informação sobre minerais/minérios em objetos do quotidiano e no reforço desse conteúdo através de um mecanismo simples de questionário. O foco do projeto é oferecer uma experiência curta, clara e educativa, adequada para uso autónomo ou em contexto de sala de aula.

Não fazem parte do âmbito atual funcionalidades avançadas como inventário, sistemas complexos de personalização, narrativa extensa, economia de jogo, ou modos competitivos. A prioridade é a qualidade do conteúdo, a coerência visual e a estabilidade da experiência em diferentes dispositivos.

## 2.2.6 COMO INTEGRAR OUTROS PÚBLICOS?

### A. ACESSIBILIDADE

Para que o jogo seja útil a diferentes públicos, a acessibilidade deve ser considerada como parte do design e não apenas como um extra. Em contexto web, existem recomendações consolidadas

pelo W3C através da *Web Accessibility Initiative (WAI)*, que servem como referência para tornar interfaces mais inclusivas.

Como o jogo é renderizado num *canvas*, é importante garantir que a informação relevante (por exemplo, textos descritivos e botões/ações) não depende exclusivamente de pixels no ecrã. Sempre que possível, essa informação deve existir também em elementos HTML semânticos, permitindo leitura por tecnologias de apoio, como leitores de ecrã.

Do ponto de vista de interface, boas práticas incluem: contraste adequado entre texto e fundo, tamanhos de letra legíveis, linguagem clara e consistente, e feedback visual percetível quando ocorre uma interação. Atualmente, a interação do jogo é feita apenas com o rato, pelo que a expansão para suporte de teclado e toque (*touch*) constitui uma melhoria relevante para aumentar a acessibilidade em diferentes dispositivos.

## B. INTERNACIONALIZAÇÃO

A internacionalização é importante para que o jogo possa ser utilizado por públicos com diferentes línguas e contextos culturais, sem alterar a lógica do programa. A estratégia adotada passa por separar texto e conteúdo localizável do código, mantendo strings de interface e textos informativos (nomes de objetos, minerais e descrições) em ficheiros externos, selecionados consoante o idioma.

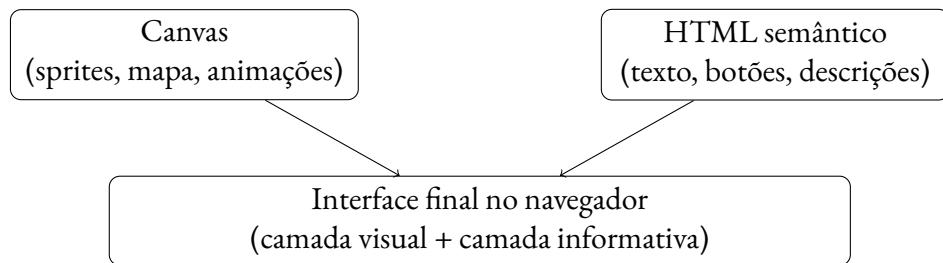
Esta abordagem facilita suportar, no mínimo, português e inglês, e permite adicionar novos idiomas no futuro com impacto reduzido na implementação. Embora os browsers disponibilizem tradução automática, a localização nativa com recursos próprios oferece maior controlo terminológico e maior consistência do conteúdo educativo.

## C. INFORMAÇÃO SEMÂNTICA (HTML VS CANVAS)

Quando o jogo é executado no navegador, grande parte do conteúdo visual é renderizado num elemento HTML *canvas*. No entanto, o *canvas* representa a informação como pixels, o que significa que tecnologias de apoio (como leitores de ecrã) não conseguem interpretar diretamente o texto ou a estrutura apresentada no ecrã.

Por este motivo, sempre que existe informação relevante para a aprendizagem (por exemplo, descrições de minerais, botões de interface ou mensagens de feedback), é preferível disponibilizá-la também através de HTML semântico, com elementos apropriados. Esta abordagem melhora a acessibilidade, facilita indexação e permite maior compatibilidade com ferramentas de tradução e de apoio ao utilizador.

No contexto deste projeto, esta distinção é particularmente importante porque o conteúdo educativo não deve depender apenas da representação gráfica. Ao separar a camada visual (canvas) da camada informativa (HTML semântico), torna-se possível manter a experiência de jogo e, ao mesmo tempo, aumentar a inclusão e a reutilização do conteúdo.



**Figura 4**

*Separação entre a camada visual (canvas) e a camada informativa (HTML semântico), permitindo acessibilidade e melhor suporte a tecnologias de apoio.*

#### D. INDEPENDÊNCIA DE PLATAFORMA E PERFORMANCE

Um objetivo importante do projeto é garantir que o jogo possa ser utilizado em diferentes plataformas e em dispositivos com capacidades variadas. Em contexto educativo, é comum existirem restrições de hardware e de rede, pelo que uma solução multiplataforma reduz barreiras de acesso e facilita adoção em sala de aula ou em uso autónomo.

Atualmente, o jogo é disponibilizado no navegador, permitindo acesso imediato sem instalação. No entanto, a base de código foi estruturada de forma a manter a lógica do jogo separada de detalhes específicos da plataforma, tornando mais simples uma futura adaptação para execução nativa noutras sistemas. Esta opção preserva o investimento de desenvolvimento e facilita a expansão do projeto.

Do ponto de vista de performance, a execução em browser exige cuidados particulares, como

reduzir o peso de assets, evitar carregamentos desnecessários e manter um *loop* de atualização/renderização eficiente. Em geral, a performance depende sobretudo de:

- gestão de recursos gráficos (tamanho e número de sprites/tiles);
- otimização do ciclo de jogo (*update/draw*);
- minimizar operações custosas durante a interação.

Estas medidas ajudam a garantir uma experiência fluida e consistente, mesmo em dispositivos mais modestos.

### 2.2.7 PLANEAMENTO E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Numa fase inicial, o planeamento do projeto foi realizado em conjunto, com foco na definição do mapa, do fluxo do jogo e das principais funcionalidades. A partir desse planeamento, as tarefas foram divididas por áreas, de forma a permitir desenvolvimento em paralelo e reduzir dependências.

A distribuição principal de responsabilidades foi a seguinte:

- Torres: lógica principal do jogo e integração dos sistemas.
- Danilo: construção do mapa e elementos associados ao cenário (assets, organização do nível e interação com o ambiente).
- Guilherme: sistema de navegação e *pathfinding*, bem como suporte ao design e implementação do questionário.

Esta divisão permitiu manter uma estrutura de trabalho clara, onde cada membro tinha um foco definido, mantendo coordenação através do planeamento conjunto e da integração progressiva das funcionalidades.

## 2.3 TECH STACK

Esta secção descreve as principais tecnologias utilizadas no desenvolvimento do *Casa dos Minerais*. A escolha da stack procurou equilibrar simplicidade, performance e facilidade de manutenção, garantindo uma base sólida para execução no navegador e expansão futura do projeto.

### 2.3.1 LINGUAGEM (ODIN)

O *Casa dos Minerais* foi feito em Odin, uma linguagem compilada com foco em simplicidade, desempenho e controlo direto sobre recursos. A escolha de Odin permitiu implementar a lógica do jogo numa base leve, sem dependências excessivas, mantendo ao mesmo tempo um modelo de programação próximo de linguagens de baixo nível, adequado para aplicações interativas.

Outro fator relevante foi a boa integração de Odin com bibliotecas C, o que facilitou a utilização da raylib para gráficos e multimédia. Esta combinação simplifica a organização do projeto e torna mais fácil manter o código e adaptá-lo a diferentes plataformas no futuro, sem reescrever a lógica central.

### 2.3.2 BIBLIOTECA GRÁFICA/MULTIMÉDIA (RAYLIB)

Para a execução nativa foi utilizada a raylib, integrada através do módulo vendor:`:raylib`. Esta biblioteca fornece a base do ciclo de aplicação em desktop, incluindo criação de janela, controlo de *frame rate*, câmara 2D, leitura de input do rato e desenho dos elementos visuais.

No código nativo (`native/main.odin`), a raylib é usada para inicializar e executar o *loop* principal e para dar suporte à navegação no mapa. Exemplos de chamadas relevantes incluem `InitWindow` e `SetTargetFPS` (configuração), `BeginMode2D` e `GetScreenToWorld2D` (câmera e conversão de coordenadas), e funções de desenho como `DrawRectangle` e `DrawCircleV`. Esta abordagem permitiu validar rapidamente a lógica do jogo e o comportamento de interação num ambiente local simples de executar.

No estado atual do projeto, a raylib é usada sobretudo como base gráfica e de input no alvo nativo. Na versão web, a camada de áudio é gerida pelo JavaScript através da Web Audio API, o

que permite adaptar a gestão de som às restrições e APIs do navegador.

### 2.3.3 BUILD WEB / WEBASSEMBLY (WASM)

Para disponibilizar o jogo no navegador, a lógica principal é compilada em Odin para o alvo `js_wasm32`, gerando o módulo `index.wasm`. Este processo é automatizado através de `build.sh` e `build.bat`, que também copiam o `odin.js` (runtime de Odin) para a pasta `web/`.

De forma resumida, o fluxo de build web é:

1. copiar `core/sys/wasm/js/odin.js` para `web/odin.js`;
2. compilar o projeto com `odin build . -target:js_wasm32`;
3. gerar a saída em `web/index.wasm`.

No arranque da aplicação web, o `odin.js` é carregado em `web/index.html` e o WASM é inicializado em `web/index.js` através de `odin.runWasm("index.wasm", ...)`. A partir desse ponto, o JavaScript gera a camada de interface e renderização em *canvas*, enquanto a lógica do jogo permanece no módulo compilado em WASM.

Como o navegador impõe restrições de acesso a ficheiros locais para módulos WASM, a execução é feita através de um servidor HTTP estático na pasta `web/`, conforme descrito no `README.md`.

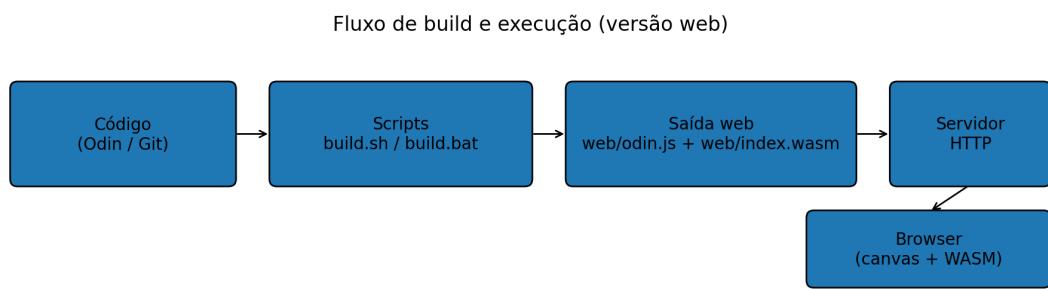
### 2.3.4 SCRIPTS/FERRAMENTAS DE BUILD E COLABORAÇÃO (GIT, ETC.)

O desenvolvimento foi suportado por um conjunto de ferramentas e scripts para facilitar colaboração e tornar o processo de build reproduzível. Para controlo de versões foi utilizado Git, com alojamento no GitHub, permitindo trabalho em paralelo e histórico completo de alterações através de *commits*. Esta abordagem simplificou a integração do trabalho do grupo e reduziu conflitos durante a implementação.

Para automatizar tarefas repetitivas, o repositório inclui scripts de build, nomeadamente `build.sh` e `build.bat`. Estes scripts tratam da compilação para WebAssembly e da preparação

da pasta `web/`, incluindo a cópia do runtime `odin.js` e a geração do ficheiro `index.wasm`. Desta forma, o processo de compilação torna-se consistente entre sistemas operativos e reduz erros associados a passos manuais.

Adicionalmente, a execução local da versão web é feita através de um servidor HTTP estático (conforme descrito no `README.md`), contornando as restrições do navegador relativas ao carregamento de módulos WASM a partir do sistema de ficheiros. Esta organização permitiu testar rapidamente alterações e manter um fluxo de desenvolvimento estável ao longo do projeto.



**Figura 5**

*Fluxo simplificado de build e execução da versão web do jogo, desde o código-fonte e scripts de compilação até ao carregamento do WASM no navegador.*

---

# CAPÍTULO 3

---

## IMPLEMENTAÇÃO

---

Este capítulo detalha as soluções técnicas adotadas para concretizar a “Casa dos Minerais”. A implementação reflete a necessidade de criar um sistema robusto, capaz de correr nativamente e na web, mantendo uma separação clara entre a lógica de simulação e a camada de apresentação.

### 3.1 ARQUITETURA GERAL

A arquitetura do projeto segue um modelo híbrido e modular, desenhado para tirar partido da portabilidade da linguagem Odin e das capacidades universais dos navegadores web. A base do sistema divide-se em dois componentes principais:

1. **Núcleo Lógico (Core):** Implementado em Odin, é responsável por toda a gestão de estado do jogo, regras de simulação, *pathfinding* (navegação) e deteção de colisões. Este código é agnóstico à plataforma, ou seja, não sabe se está a correr num PC ou num browser. Para a web, este núcleo é compilado para WebAssembly (WASM), gerando um ficheiro `index.wasm` de tamanho reduzido.
2. **Camada de Apresentação (Frontend):** Responsável por desenhar o jogo, capturar o *input* do utilizador (rato/teclado) e reproduzir áudio.
  - Na versão **Web**, esta camada é escrita em JavaScript, utilizando a API Canvas do HTML5 para renderização e a Web Audio API para som. O JavaScript comunica

com o módulo WASM, lendo a memória do jogo (posição do jogador, itens recolhidos) e chamando funções exportadas (como `step` ou `player_click`).

- Na versão **nativa** (utilizada para testes e desenvolvimento rápido), esta camada é implementada em Odin utilizando a biblioteca `Raylib`, que fornece janelas e gráficos acelerados por hardware.

Esta separação permitiu à equipa desenvolver e testar a lógica complexa (como o movimento do personagem) em ambiente nativo, com ferramentas de *debug* superiores, e exportar o resultado para a web sem alterações no código base.

## 3.2 MODELO DE DADOS

A integridade e eficiência da simulação dependem de um modelo de dados bem definido. O projeto adota uma estratégia mista: estruturas estáticas e compactas para o estado do jogo (em Odin) e estruturas dinâmicas e flexíveis para o conteúdo descritivo (em JSON/JavaScript).

### 3.2.1 ESTRUTURAS DE ESTADO (CORE/ODIN)

No núcleo da simulação, os dados são organizados em estruturas (*structs*) de memória contínua, o que favorece a performance e a previsibilidade, essenciais para ambientes com recursos limitados como o WASM.

A estrutura `GameState` centraliza toda a informação mutável, contendo o jogador e o registo de itens encontrados. A posição e o destino são vetores de 2 elementos ('[2]f32'), permitindo cálculos matemáticos diretos.

#### Listagem 1

*Estruturas principais do estado de jogo em Odin.*

```
1 MAX_PATH_LENGTH :: 64
2 MAX_FOUND_ITEMS :: 16
3
4 Player :: struct {
5     pos, dest: Vector2,
```

```

6     speed:      f32 ,
7     // Waypoints para pathfinding (navegacao)
8     path:        [MAX_PATH_LENGTH]Vector2 ,
9     path_len:    u32 ,
10    path_index: u32 ,
11 }
12
13 GameState :: struct {
14     player:           Player ,
15     // IDs dos itens encontrados (0 = slot vazio)
16     found_items:      [MAX_FOUND_ITEMS]u8 ,
17     found_items_count: u32 ,
18 }
```

O mapa do jogo é representado pela estrutura `World`, que define as dimensões da grelha e contém um *array* linear (`world_map`) onde cada célula corresponde a um *tile*. O valor 0 indica uma célula transitável e 1 uma parede ou obstáculo. Esta representação simplificada facilita a verificação de colisões e o cálculo de rotas.

### 3.2.2 DADOS DE CONTEÚDO (JSON/JAVASCRIPT)

Enquanto o núcleo gera a lógica espacial, o conteúdo educativo (nomes, descrições, associações mineral-objeto) reside em ficheiros JSON externos. Esta separação permite alterar textos, traduzir o jogo ou adicionar novos objetos sem necessidade de recompilar o código binário (WASM).

Cada objeto interativo no jogo possui uma entrada correspondente no ficheiro JSON, que detalha os seus atributos pedagógicos.

#### Listagem 2

*Exemplo de estrutura de dados para um Eletrodoméstico.*

```

1 {
2     "name": "Micro-ondas",
3     "category": "Cozinha",
4     "minerals": [
5         {
```

```

6     "name": "Cobre",
7     "origin": "Chile, Peru, China",
8     "use": "Magnetrao e fiacao"
9   },
10  {
11    "name": "Silicio",
12    "origin": "China, Russia, EUA",
13    "use": "Painel de controlo (chips)"
14  }
15 ]
16 }
```

No arranque, o motor JavaScript carrega estes ficheiros e cria um dicionário de objetos indexado pelo nome, permitindo que a interface apresente a informação correta quando o jogador interage com um item no cenário.

### 3.3 O MAPA E O MOTOR GRÁFICO

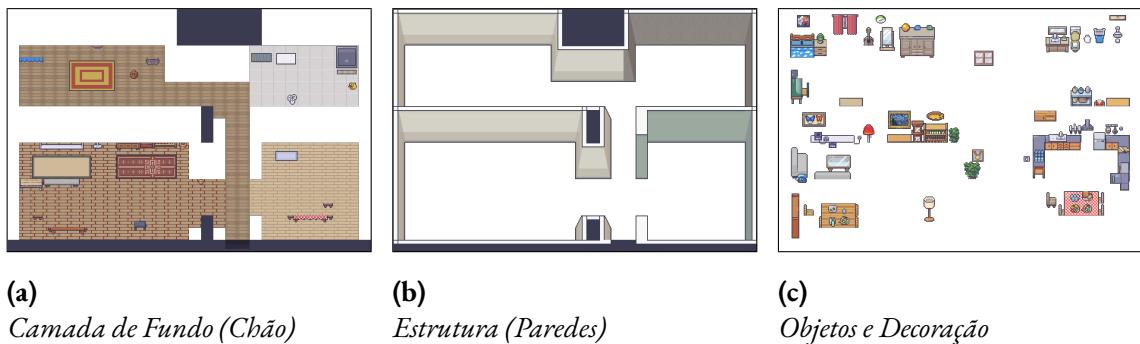
A renderização na versão web é realizada num elemento `<canvas>`. Ao contrário de motores de jogo comerciais que abstraem este processo, o “Casa dos Minerais” implementa o seu próprio ciclo de desenho (*render loop*) para manter o projeto leve e educativo.

O mapa é construído através de camadas (*layers*) exportadas como imagens PNG transparentes: chão, paredes, objetos decorativos e itens interativos. A cada quadro (*frame*), o motor executa os seguintes passos:

1. Limpeza do ecrã e desenho da camada de fundo (chão).
2. **Ordenação de Profundidade (Z-Sorting):** Para criar a ilusão de profundidade num jogo 2D “top-down”, é fundamental que o personagem apareça *atrás* de objetos quando está “acima” deles no ecrã, e *à frente* quando está “abaixo”. O motor constrói uma lista de renderização, ordenando todos os elementos (partes do cenário e o jogador) com base na sua coordenada Y (vertical). Elementos com menor Y são desenhados primeiro.

3. Aplicação de efeitos visuais dinâmicos, como a pulsação em itens interativos (calculada via função seno no tempo) ou o destaque na zona de saída.

A Figura 6 ilustra como o cenário é composto por estas diferentes camadas, permitindo a sobreposição correta e a criação de um ambiente rico visualmente.



**Figura 6**

*Decomposição do cenário em camadas independentes para renderização.*

## 3.4 SISTEMA DE NAVEGAÇÃO E PATHFINDING

O movimento do personagem não é direto; o jogador clica num destino e o personagem deve contornar obstáculos (mesas, sofás, paredes) para lá chegar. Para isso, foi implementado o algoritmo **A\*** (**A-Star**) no núcleo Odin.

### 3.4.1 ALGORITMO E HEURÍSTICA

O A\* explora a grelha do mapa para encontrar o caminho mais curto entre a posição atual e o destino. Foi utilizada a distância de Manhattan como heurística, dado que o movimento base ocorre numa grelha quadrangular. O sistema suporta movimento em 8 direções (cardinais e diagonais), com um custo ligeiramente superior para as diagonais ( $\sqrt{2} \approx 1.41$ ) para garantir realismo.

### 3.4.2 SUAVIZAÇÃO DE CAMINHO (*PATH SMOOTHING*)

Um problema comum em jogos de grelha é o movimento “robótico” e em ziguezague. Para mitigar isto, implementou-se uma técnica de *String Pulling*: após calcular o caminho base, o algoritmo verifica se existem atalhos diretos e desimpedidos entre pontos afastados do caminho, removendo nós intermédios desnecessários. Isto resulta num movimento fluido e natural, onde o personagem descreve linhas retas sempre que possível, recorrendo à grelha apenas para contornar esquinas apertadas.

## 3.5 INTERFACE COM O UTILIZADOR (UI)

A interface adota uma abordagem mista:

- **Mundo de Jogo:** Elementos diegéticos, como nomes de itens ou indicadores de interação, são desenhados diretamente no Canvas para acompanhar a posição dos objetos no mundo.
- **Menus e HUD:** Menus de início, configurações, e caixas de diálogo utilizam HTML e CSS sobrepostos ao Canvas. Isto garante que o texto é perfeitamente legível, acessível a leitores de ecrã (parcialmente) e responsivo a diferentes tamanhos de janela, tirando partido do motor de layout do próprio browser.



**Figura 7**  
*Exemplos da interface gráfica do utilizador durante o jogo e nos menus.*

O sistema de áudio, gerido pela Web Audio API, permite misturar efeitos sonoros (*clicks*, passos) e música de fundo, com controlos de volume independentes persistidos no armazenamento local do navegador (`localStorage`).

## 3.6 SISTEMA DE QUESTIONÁRIOS

O módulo de questionários funciona como um momento de avaliação formativa. A sua ativação segue duas lógicas distintas, dando liberdade ao jogador:

- **Acesso Voluntário:** O jogador pode dirigir-se à porta de saída a qualquer momento, mesmo sem ter encontrado todos os itens. Isto permite que utilizadores mais confiantes testem os seus conhecimentos sem serem forçados a uma exploração exaustiva.
- **Sugestão Automática:** Quando o jogador recolhe a totalidade dos itens disponíveis no cenário e se dirige à saída, o jogo assume que a fase de exploração terminou e inicia o

questionário automaticamente.

As perguntas são geradas proceduralmente com base no conteúdo JSON carregado. O sistema escolhe aleatoriamente um eletrodoméstico ou mineral encontrado e apresenta quatro opções de resposta. O estado de progresso (quantas perguntas acertou) determina se o nível seguinte é desbloqueado. Esta lógica reside inteiramente no JavaScript, permitindo uma integração fluida com a interface HTML modal onde o utilizador seleciona as respostas.

---

## CAPÍTULO 4

---

# CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

---

O projeto “Casa dos Minerais” alcançou o seu objetivo principal: criar uma experiência educativa interativa que desmistifica a relação entre os minerais e os objetos do quotidiano. Através da combinação de uma tecnologia robusta (Odin/WASM) com a acessibilidade da web, foi possível desenvolver um protótipo funcional e visualmente apelativo, capaz de engajar o utilizador através da exploração e da descoberta.

### 4.I SÍNTESE DO TRABALHO REALIZADO

Ao longo deste projeto, a equipa implementou:

- Um motor de jogo híbrido que corre nativamente e no navegador, garantindo portabilidade.
- Um sistema de mapas e camadas que permite criar cenários ricos e detalhados.
- Mecânicas de *pathfinding* ( $A^*$ ) que permitem uma navegação fluida do personagem.
- Uma interface de utilizador funcional com menus, diálogos e feedback visual.
- Um sistema de questionários dinâmico que valida a aprendizagem do jogador.
- Conteúdo educativo estruturado em JSON, facilitando a expansão e tradução.

O resultado é um jogo que cumpre a promessa pedagógica de ligar a geologia à vida diária, demonstrando que é possível aprender conceitos complexos de forma lúdica.

## 4.2 LIMITAÇÕES ATUAIS

Devido ao âmbito temporal e académico do projeto, algumas funcionalidades idealizadas não puderam ser plenamente implementadas nesta versão:

1. **Acessibilidade Completa:** Embora o jogo seja jogável, carece de suporte total para tecnologias de apoio (leitores de ecrã) e navegação exclusiva por teclado, limitando o seu alcance a utilizadores com deficiência.
2. **Conteúdo Limitado:** O protótipo conta atualmente com dois níveis completos e funcionais. No entanto, a visão global do projeto incluía uma variedade maior de cenários, para abranger mais objetos e minerais.
3. **Interação Tátil:** O suporte para dispositivos móveis (telas de toque) é funcional mas não otimizado, podendo apresentar dificuldades em ecrãs pequenos.

## 4.3 TRABALHO FUTURO

O “Casa dos Minerais” foi desenhado como uma plataforma escalável. Embora a versão inicial se foque na experiência *single-player* e na exploração da casa, a equipa já identificou várias expansões futuras que podem enriquecer significativamente a vertente pedagógica, a acessibilidade e a rejogabilidade.

Para além da potencial exploração de um modo **multijogador** (que poderia assumir a forma de questionários competitivos ou exploração cooperativa de um mapa), destacam-se as seguintes funcionalidades:

### I. Enciclopédia de Minerais (O “Mineral-dex”)

Conceito

Implementar um “caderno de campo” ou enciclopédia digital.

|                |   |
|----------------|---|
| Funcionalidade | Cada vez que o jogador descobre um novo mineral num objeto, este seria automaticamente adicionado à enciclopédia. O jogador poderia consultá-la a qualquer momento para rever todos os minerais que já encontrou, as suas propriedades, proveniência, e uma lista dos objetos onde estes estão presentes (ex: “Silício: encontrado nos microchips da TV e do telemóvel”). |
|----------------|---|

## 2. Níveis de Dificuldade Selecionáveis

|                 |  |
|-----------------|--|
| Conceito        | Alinhar o jogo ainda mais com os objetivos de acessibilidade, permitindo ao jogador adaptar a experiência às suas necessidades ou objetivos.   |
| Modos Propostos | <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Modo Exploração (Fácil)</i>: Focado puramente na descoberta. Os questionários seriam opcionais ou inexistentes, e não haveria temporizadores. Seria ideal para públicos mais jovens ou para uma utilização livre em sala de aula.</li><li>• <i>Modo Desafio (Normal)</i>: A experiência principal como definida, onde a conclusão do questionário de nível é obrigatória para progredir.</li><li>• <i>Modo Contra-relógio (Difícil)</i>: Ativaria o sistema de pontuação baseado no tempo, oferecendo um desafio adicional para quem procura rejogar os níveis.</li></ul> |

## 3. Sistema de Pistas (Hint System) nos Questionários

|          |  |
|----------|--|
| Conceito | Integrar um sistema de ajuda nos minijogos de questionário para evitar a frustração e manter o foco na aprendizagem. |
|----------|--|

|                |  |
|----------------|--|
| Funcionalidade | O jogador poderia usar “pontos” (ganhos durante a exploração ou ao descobrir novos minerais) para pedir uma pista durante o questionário. As pistas poderiam incluir “eliminar uma resposta errada”. |
|----------------|--|

Em suma, este projeto serviu como prova de conceito viável de que a tecnologia de jogos pode ser uma aliada poderosa na educação científica. Com o devido investimento futuro, o “Casa dos Minerais” tem potencial para se tornar uma ferramenta de referência no ensino da geologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A mala das aplicações minerais.* (2024). The Briefcase Game. Obtido fevereiro 8, 2026, de <https://www.thebriefcasegame.eu/> (citado nas páginas 17, 18).
- Mineralogical Society of America. (2022). *Minerals in Your House*. Mineralogy4Kids. Obtido fevereiro 8, 2026, de <https://min4kids.org/minerals-your-house> (citado nas páginas 17, 18).
- Minerals Education Coalition. (n.d.). *Minerals in Your Life*. Minerals Education Coalition. Obtido fevereiro 12, 2026, de <https://mineralseducationcoalition.org/mining-minerals-information/minerals-in-your-life/> (citado na página 21).
- U.S. Geological Survey. (n.d. a). *Education - Mineral Resources Program*. U.S. Geological Survey. Obtido fevereiro 12, 2026, de <https://www.usgs.gov/programs/mineral-resources-program/science/education> (citado na página 21).
- U.S. Geological Survey. (n.d. b). *Minerals 101*. U.S. Geological Survey. Obtido fevereiro 12, 2026, de <https://www.usgs.gov/science/science-explorer/minerals/minerals-101> (citado na página 21).
- Wordwall Community. (2026). *Comunidade Wordwall: Rochas e Minerais — Recursos de Ensino*. Wordwall. Obtido fevereiro 8, 2026, de <https://wordwall.net/pt-br/community/rochas-e-minerais> (citado nas páginas 17, 18).

# APÊNDICES

## **APÊNDICE A**

# **ÉTICA E SUSTENTABILIDADE NA EXTRAÇÃO MINEIRA**

---

O desenvolvimento tecnológico e o conforto da vida moderna dependem intrinsecamente da extração de recursos minerais. No entanto, é imperativo reconhecer que esta dependência acarreta frequentemente custos humanos e ambientais severos, que permanecem invisíveis para o consumidor final.

A cadeia de valor global dos minerais, desde a extração até ao produto acabado, é marcada por profundas desigualdades. Em diversas regiões ricas em recursos naturais, como a República Democrática do Congo, a exploração mineira está, por vezes, associada a conflitos armados, trabalho infantil e condições laborais precárias. O contraste é gritante: as populações locais, que suportam o ónus da extração, raramente beneficiam da riqueza gerada, que é canalizada para mercados internacionais.

Além da dimensão social, o impacto ambiental da mineração inclui a contaminação de solos e águas, desflorestação e emissão de gases com efeito de estufa. Embora o foco pedagógico do projeto “Casa dos Minerais” seja a identificação e utilidade dos recursos, o projeto não ignora estas realidades. Pelo contrário, ao revelar a origem dos materiais, pretende-se fomentar uma consciência crítica no utilizador: os objetos não surgem por “magia”, mas são o resultado de processos complexos com implicações reais.

Acreditamos que a educação é o primeiro passo para a mudança. Ao compreender a proveniência dos materiais, o cidadão torna-se mais apto a questionar as cadeias de produção e a exigir práticas mais éticas e sustentáveis. A responsabilidade não é apenas individual, mas coletiva, exigindo uma reflexão sobre os modelos de consumo e produção globais.

## APÊNDICE B

# SOFTWARE LIVRE E DADOS ABERTOS NA EDUCAÇÃO

Para além dos objetivos pedagógicos específicos sobre geologia, o projeto “Casa dos Minerais” alinha-se com os princípios do Software Livre e dos Dados Abertos. Estas filosofias são fundamentais em contexto educativo, pois promovem a transparência, a colaboração e o acesso universal ao conhecimento.

## B.I SOFTWARE LIVRE

A opção por ferramentas de código aberto (como a linguagem Odin, a biblioteca Raylib e o ecossistema Web) não é apenas técnica, mas ideológica. O software livre garante as liberdades essenciais de:

- **Usar** o programa para qualquer fim;
- **Estudar** como o programa funciona e adaptá-lo às necessidades (o que permite aos alunos ver o código por trás do jogo);
- **Redistribuir** cópias para ajudar o próximo;
- **Melhorar** o programa e libertar as melhorias para o público.

Em educação, isto significa que a ferramenta de ensino não é uma “caixa negra”, mas sim um recurso aberto que convida à curiosidade e à apropriação tecnológica.

## B.2 DADOS ABERTOS E CONHECIMENTO PARTILHADO

O conhecimento científico deve ser um bem comum, livre de restrições artificiais. A utilização de formatos abertos (como JSON para os dados do jogo) facilita a reutilização da informação por terceiros. Futuramente, o projeto poderá integrar-se com bases de conhecimento colaborativas, como o Wikidata. Através de consultas SPARQL, seria possível enriquecer dinamicamente o conteúdo do jogo com dados atualizados sobre minerais, proveniência e aplicações, conectando o “Casa dos Minerais” à vasta rede do, *potencialmente*, Linked Open Data.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

# **CATÁLOGO DE OBJETOS E MINERAIS**

---

A tabela seguinte apresenta a relação completa entre os objetos implementados no nível “Casa”, a respetiva categoria e os minerais associados, conforme definido na estrutura de dados do jogo. Esta informação serve de base para a geração dos questionários.

**Tabela 7**

*Lista de objetos interativos e minerais constituintes.*

| Objeto           | Categoria  | Minerais e Utilização   |
|------------------|------------|---|
| Fogão Elétrico   | Cozinha    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ferro (Corpo do fogão e resistências)</li><li>• Crómio (Resistências)</li><li>• Níquel (Revestimento)</li></ul> |
| Torradeira       | Cozinha    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ferro (Estrutura da torradeira)</li><li>• Mica (Isolamento térmico)</li><li>• Cobre (Fios elétricos)</li></ul>  |
| Máquina de Lavar | Lavandaria | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ferro (Tambor e motor)</li><li>• Neodímio (Ímanes do motor)</li><li>• Cobre (Fios do motor)</li></ul>           |
| Televisão        | Eletrónica | <ul style="list-style-type: none"><li>• Silício (Chips e processadores)</li><li>• Terras Raras (Ecrã colorido)</li><li>• Ouro (Conectores)</li></ul>    |
| Computador       | Eletrónica | <ul style="list-style-type: none"><li>• Silício (Processador e memória)</li><li>• Lítio (Bateria)</li><li>• Zinco (Proteção da bateria)</li></ul>       |
| Piano            | Música     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Ferro (Cordas do piano)</li><li>• Cobre (Cordas graves)</li><li>• Zinco (Pinos de afinação)</li></ul>           |

Documento elaborado com base no *template for final reports and dissertations (Instituto Politécnico de Beja)*, disponível em <https://www.overleaf.com/project/5d936b9ea273390001434a37> para cumprimento do disposto nas “Norma para a elaboração de trabalhos académicos, produzidos no IPBeja” disponível em [https://www.ipbeja.pt/UnidadesOrganicas/biblioteca/Documents/NormasTrabalhosAcad%C3%A9micos/NormasTrabalhosAcad%C3%A9micos\\_IPBeja.pdf](https://www.ipbeja.pt/UnidadesOrganicas/biblioteca/Documents/NormasTrabalhosAcad%C3%A9micos/NormasTrabalhosAcad%C3%A9micos_IPBeja.pdf). Version 2.01, 2025/06/10, Autor: João Paulo Barros, joao.barros@ipbeja.pt