



ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

A CASA DOS MINERAIS

Danilo Kymhyr

Guilherme Ferreira Pereira

João Augusto Costa Branco Marado Torres



Beja, Fevereiro 2026

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

Professor João Paulo Barros

Professora Sofia Maria Mesquita Soares

COORIENTAÇÃO

Professor 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. The general public often lacks awareness regarding the geological origin of materials that constitute everyday 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

RESUMO	3
ABSTRACT	4
AGRADECIMENTOS	5
ÍNDICE	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABELAS	9
ÍNDICE DE LISTAGENS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES	12
1 Introdução	13
1.1 Objetivos	14
1.2 Estrutura do documento	14
1.3 Contexto e motivação educativa	15
1.4 Cenário de uso	15
2 Desenvolvimento	17
2.1 Enquadramento teórico	17
2.2 Metodologia	21
2.3 Tech Stack	29
3 Implementação	32
3.1 Arquitetura geral	32
3.2 Modelo de dados	33
3.3 O mapa e o motor gráfico	35
3.4 Sistema de navegação e pathfinding	36
3.5 Interface com o utilizador (UI)	37

3.6	Sistema de questionários	38
4	Conclusão e Trabalho Futuro	40
4.1	Síntese do trabalho realizado	40
4.2	Limitações Atuais	41
4.3	Trabalho Futuro	41
	Referências bibliográficas	44
	Apêndices	45
A	Ética e Sustentabilidade na Extração Mineira	47
B	Software Livre e Dados Abertos na Educação	49
B.1	Software Livre	49
B.2	Dados Abertos e Conhecimento Partilhado	49
C	Manual de Instalação e Execução	51
C.1	Requisitos do Sistema	51
C.2	Instalação e Execução	51
C.3	Guia de Utilização (Demo)	53
C.4	Resolução de Problemas (<i>Troubleshooting</i>)	53
	Anexos	55
A	Catálogo de Objetos e Minerais	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Comparação entre geração automática e assets estruturados para jogos 2D. Apesar da qualidade estética, a ausência de formato e escala (ex.: 32×32 px) na geração automática limitou a utilização prática no projeto.	23
Figura 2	Exemplos de <i>pixel art</i> de minerais gerados por IA (Gemini) e refinados manualmente.. . . .	24
Figura 3	Zona de transição onde o questionário é iniciado. Ao sair do mapa e clicar no “chão azul”, começa o quiz.	25
Figura 4	Separação entre a camada visual (canvas) e a camada informativa (HTML semântico), permitindo acessibilidade e melhor suporte a tecnologias de apoio.	28
Figura 5	Fluxo simplificado do processo de compilação e execução da versão Web, desde o código-fonte até ao carregamento do módulo WebAssembly no navegador.. . . .	31
Figura 6	Decomposição do cenário em camadas independentes para renderização.	36
Figura 7	Exemplos da interface gráfica do utilizador durante o jogo e nos menus.	37
Figura 8	Visão geral do ambiente de jogo (<i>gameplay</i>).. . . .	38

ÍNDICE DE TABELAS

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

Tabela 4 Lista de objetos interativos e minerais constituintes. 57

ÍNDICE DE LISTAGENS

Listagem 1	Estruturas principais do estado de jogo em Odin.	33
Listagem 2	Exemplo de estrutura de dados para um Eletrodoméstico.....	34

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 pensem na origem dos bens que usamos no nosso dia-a-dia. Eles aparecem *por magia* nas prateleiras 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 papel¹, 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. Não sabe de onde os minérios 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

¹Que também não é com certeza 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.

fabricao, 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.

1.1 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.

No jogo, através da exploração de uma casa virtual, o jogador poderá clicar em diferentes objetos do dia-a-dia como uma televisão, um frigorífico ou uma torneira, e descobrir os minerais essenciais para o seu fabrico, a sua proveniência e relevância.

O código fonte do projeto encontra-se disponível na plataforma GitHub em <https://github.com/torres-engineer/minerals-house>, e a versão jogável pode ser acedida através do GitHub Pages em <https://torres-engineer.github.io/minerals-house/>.

1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O relatório está organizado da seguinte forma. No Capítulo 1 é apresentado o contexto do projeto e definidos os objetivos, bem como a forma como o documento se encontra estruturado.

O Capítulo 2 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 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 sintetiza os principais resultados alcançados, discute as limitações atuais do protótipo e identifica linhas de investigação e desenvolvimento futuro.

1.3 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO EDUCATIVA

Vidro, cerâmica, cimento, metais, componentes eletrónicos, todos dependem de minerais específicos, extraídos e processados em cadeias de produção espalhadas pelo mundo. Apesar disso, a maioria das pessoas nunca pensa na origem geológica dos objetos que usa. Esta distância entre o quotidiano e a geologia dificulta a compreensão de temas como sustentabilidade, reciclagem ou o impacto ambiental da extração mineira.

O jogo parte de uma ideia simples: em vez de apresentar a informação de forma expositiva, o utilizador explora cenários familiares começa numa casa, depois vamos para uma escola, etc., etc. e descobre por si próprio quais os minerais presentes nos objetos à sua volta. O facto de serem ambientes conhecidos ajuda a tornar conceitos como “recurso mineral” ou “processamento” em algo concreto.

Depois da exploração, o utilizador responde a um questionário curto de seis perguntas, que serve para consolidar o que observou. Não há uma ordem fixa de interação, cada pessoa explora ao seu ritmo e escolhe os objetos com que quer interagir. A exploração introduz, o questionário reforça, e o ciclo pode repetir-se.

1.4 CENÁRIO DE USO

A Casa dos Minerais pode ser usado como recurso complementar em disciplinas de geologia, ciências naturais, materiais ou tecnologia. Não exige conhecimentos prévios, o que o torna acessível também a público geral.

O cenário mais direto é a sala de aula: o professor sugere que os alunos explorem o cenário, identifiquem objetos e consultem a informação associada, e depois respondam ao questionário

de seis perguntas. Mas o jogo também funciona fora da escola, em sessões curtas e autónomas — o fluxo é simples o suficiente para isso.

Como corre no navegador, não precisa de instalação de um software em específico e funciona em dispositivos diferentes, o que é útil em escolas com recursos limitados. Pode ser usado individualmente ou em pequenos grupos.

CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO

2.1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1.1 ESTADO DA ARTE

Existem já alguns jogos e recursos digitais sobre minerais e geociências. Para perceber onde a *Casa dos Minerais* se encaixa, analisámos o que já existe e o que falta.

Comparativamente ao «A mala das aplicações minerais» (2024), a *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.

A Tabela 3 resume estas diferenças. O ponto que mais diferencia o nosso jogo é a combinação de exploração livre com questionário de validação.

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 informativo	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> + Questionário	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 disso, 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” usa elementos de gamificação para dar estrutura à aprendizagem. A mecânica principal é um **questionário no final de cada nível** (ver Secção 3.6).

Na prática, o questionário funciona como um “guardião” ou *boss fight* educativa: o jogador explora livremente, e no final tem de demonstrar o que aprendeu para desbloquear o nível seguinte. O conhecimento é, literalmente, a chave para avançar.

A ideia não é punir quem erra, mas incentivar a descoberta. Por isso, elementos mais competitivos como pontuações ou temporizadores ficaram de fora desta versão, podendo ser introduzidos mais tarde (como dito na Secção 4.3).

2.1.4 PARA QUEM É O JOGO?

O público-alvo principal são crianças e jovens em idade escolar, como apoio a Estudo do Meio e Ciências Naturais. Dito isto, o visual e a mecânica de exploração foram pensados para funcionar com qualquer faixa etária.

Do lado da acessibilidade, usámos o tipo de letra OpenDyslexic (Gonzalez, 2011), criada para facilitar a leitura para pessoas com deslexia. Caso o uso da mesma não seja possível, como *fallback* usamos uma **tipografia sem serifa (sans-serif)**. Nas duas ocasiões, é utilizado um espaçamento generoso e bom contraste, pensando em utilizadores com dificuldades de leitura. O protótipo atual ainda não suporta navegação total por teclado nem leitores de ecrã (ver Secção 4.2), mas estas escolhas visuais já apontam nessa direção.

2.1.5 APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E CONTEXTUALIZAÇÃO

A ideia por trás da aprendizagem por descoberta é simples: quem participa ativamente compreende melhor. Na *Casa dos Minerais*, isto traduz-se em ancorar conceitos abstratos (como “recurso mineral”) em exemplos concretos do dia a dia.

A. ANCORAGEM 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, compreendendo 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 tem duas fases. Primeiro, o utilizador explora o cenário e vai absorvendo os conceitos no seu contexto. Depois, responde a um questionário curto que o obriga a recuperar ativamente o que observou.

2.1.7 QUALIDADE DO CONTEÚDO E FONTES

Para que o conteúdo do jogo seja fiável e útil, seguiram-se algumas 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

O projeto usa a linguagem de programação Odin e a biblioteca gráfica Raylib. O Odin compila para WebAssembly (WASM), o que permite correr o jogo no navegador com desempenho próximo do nativo. No browser, o módulo WASM é integrado com HTML5, CSS3 e JavaScript para tratar da parte visual e da interação.

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 painéis 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)

Há duas formas comuns de apresentar este tipo de conteúdo: na **exploração**, o utilizador aprende ao interagir com um ambiente; na **associação direta**, o foco é a memorização rápida de pares.

O *Casa dos Minerais* mistura as duas: primeiro explora-se para ganhar contexto, depois faz-se um quiz para verificar e treinar.

2.2.4 LIMITAÇÕES OBSERVADAS E DECISÕES ADOTADAS NO PROJETO

Ao analisar outros recursos e ao longo do desenvolvimento, encontrámos dois problemas recorrentes. O primeiro é a tendência para conteúdos demasiado expositivos, o utilizador lê informação mas não tem oportunidade de a aplicar. O segundo é a associação direta sem contexto: decorar que “o cobre está no fio elétrico” não ajuda muito se não se perceber porquê.

Para contornar isso, o jogo organiza a aprendizagem em dois momentos: primeiro a exploração num cenário familiar, onde a informação aparece ligada a objetos do dia a dia; depois um questionário curto de escolha múltipla para reforço e validação.

Do ponto de vista visual, houve limitações na produção de assets. Testámos a geração de elementos gráficos com o Gemini, mas os resultados não serviam para um mapa baseado em tiles: faltava uma grelha de *tileset* 32×32 px. As imagens geradas vinham em dimensões grandes

demais e sem organização reutilizável, o que tornava difícil o recorte, alinhamento e integração no cenário. Por isso, compramos um conjunto de assets já estruturados, compatíveis com o formato do mapa e visualmente consistentes.



(a)
Asset gerado automaticamente (Gemini): imagem visualmente apelativa, mas sem estrutura de tileset e sem grade 32×32 px, dificultando recorte, alinhamento e reutilização no mapa.

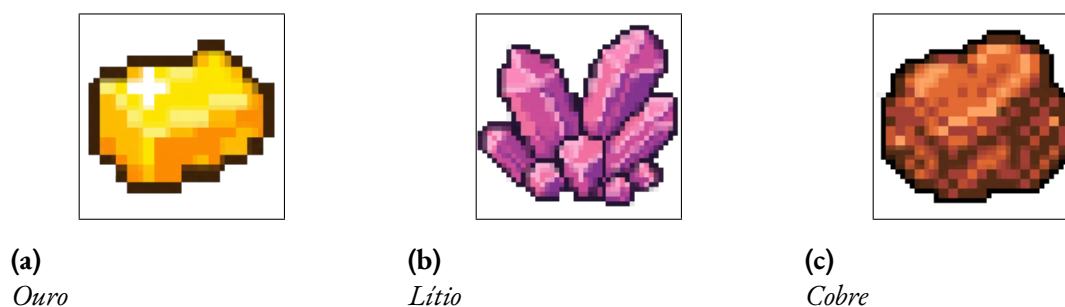
(b)
Tileset estruturado: elementos organizados e dimensionados, facilitando integração, consistência visual e reutilização no cenário.

Figura 1

Comparação entre geração automática e assets estruturados para jogos 2D. Apesar da qualidade estética, a ausência de formato e escala (ex.: 32×32 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 (32×32 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 perspectiva 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 são simples. A exploração não impõe uma sequência fixa de objetos nem penaliza o jogador por escolhas de percurso, cada um descobre à sua maneira.

A progressão entre cenários depende do desempenho no questionário. Quando o jogador não atinge o mínimo, pode voltar ao mapa, rever os conteúdos e tentar novamente.

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

A acessibilidade deve fazer parte do design e não ser apenas um extra. Em contexto web, as recomendações do W3C através da *Web Accessibility Initiative (WAI)* são a referência que seguimos.

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 perceptível 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

Para que o jogo funcione em diferentes línguas sem alterar a lógica do programa, o texto e o conteúdo localizável são mantidos separados do código. 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. Isto melhora a acessibilidade e permite maior compatibilidade com ferramentas de tradução e de apoio ao utilizador.

No contexto deste projeto, o conteúdo educativo não deve depender apenas da representação gráfica. Ao separar a camada visual (canvas) da camada informativa (HTML semântico), é possível

manter a experiência de jogo e, ao mesmo tempo, tornar o conteúdo acessível e reutilizável.

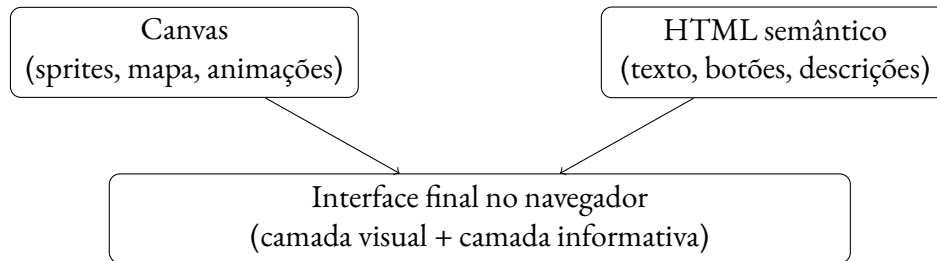


Figura 4

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

O jogo precisa de correr em diferentes plataformas e em dispositivos com capacidades variadas. Em contexto educativo, é comum haver restrições de hardware e de rede, pelo que uma solução multiplataforma reduz barreiras de acesso.

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 noutros 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.

Com esta divisão, cada membro tinha um foco definido, e a coordenação fazia-se pelo planeamento conjunto e pela integração progressiva do trabalho.

2.3 TECH STACK

Esta secção descreve as tecnologias usadas no desenvolvimento do *Casa dos Minerais* e as razões por trás de cada escolha.

2.3.1 LINGUAGEM (ODIN)

O *Casa dos Minerais* usa Odin, uma linguagem compilada com foco em simplicidade e controlo direto sobre recursos. Permite implementar a lógica do jogo sem dependências excessivas, com um modelo de programação próximo de C.

A integração de Odin com bibliotecas C facilitou o uso da raylib para gráficos e multimédia, e simplifica a adaptação a diferentes plataformas 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` (câmara 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 gere 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.

Para testar localmente, a versão web é servida por 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.

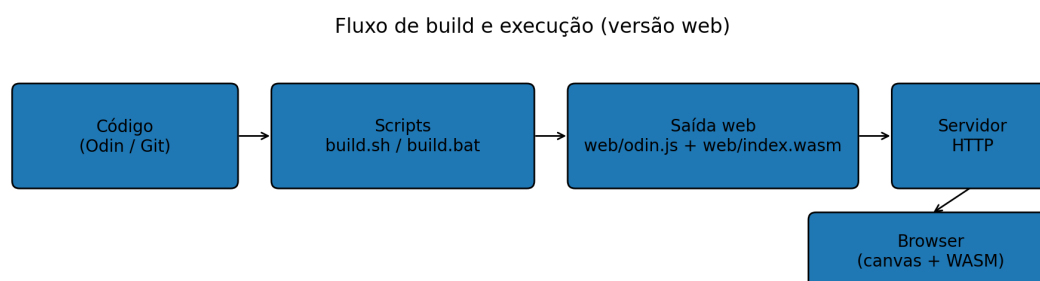


Figura 5

Fluxo simplificado do processo de compilação e execução da versão Web, desde o código-fonte até ao carregamento do módulo WebAssembly no navegador.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo descreve como o “Casa dos Minerais” foi implementado na prática. O jogo corre tanto nativamente como no browser, o que obrigou a separar a lógica de simulação da camada de apresentação.

3.1 ARQUITETURA GERAL

A arquitetura divide-se em dois componentes:

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

O projeto usa dois tipos de estruturas de dados: estáticas e compactas em Odin para o estado do jogo, e dinâmicas em JSON/JavaScript para o conteúdo descritivo.

3.2.1 ESTRUTURAS DE ESTADO (CORE/ODIN)

No núcleo da simulação, os dados são organizados em estruturas (*structs*) de memória contígua, 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 gere 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.

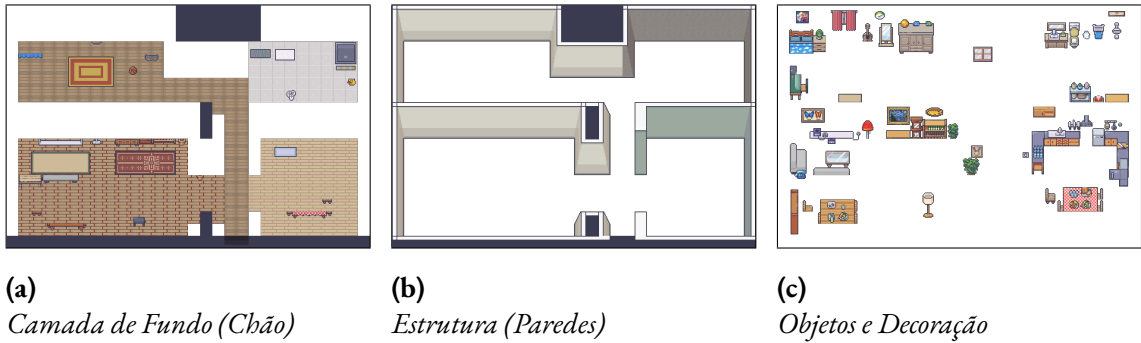
3.3 O MAPA E O MOTOR GRÁFICO

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 mostra como as diferentes camadas se sobrepõem para compor o cenário.

**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.



(a)
Descoberta do Piano



(b)
Menu de Definições

Figura 7

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

**Figura 8**

Visão geral do ambiente de jogo (gameplay).

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 se-

guinte é desbloqueado. Esta lógica reside inteiramente no JavaScript, o que simplifica a integração com a interface HTML modal onde o utilizador selecciona as respostas.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

O “Casa dos Minerais” cumpriu o objetivo que se propôs: mostrar de forma interativa a relação entre minerais e os objetos do dia a dia. Usando Odin compilado para WASM e uma camada web em HTML/JS, o resultado é um protótipo funcional que corre no navegador sem instalação.

4.1 SÍNTESE DO TRABALHO REALIZADO

Ao longo deste projeto, a equipa implementou:

- Um motor de jogo que corre nativamente e no navegador.
- Um sistema de mapas por camadas para compor os cenários.
- Navegação com *pathfinding* (A^*) para o personagem contornar obstáculos.
- Interface com menus, diálogos e feedback visual.
- Questionários gerados a partir dos dados JSON para validar a aprendizagem.
- Conteúdo educativo em JSON, separado do código, o que facilita a edição e tradução.

Na prática, o jogo liga a geologia ao dia a dia de uma forma que não exige conhecimentos prévios.

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:

1. **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 Seleccionáveis

Conceito	Alinhar o jogo ainda mais com os objetivos de acessibilidade, permitindo ao jogador adaptar a experiência às suas necessidades ou objetivos.
-----------------	--

Modos Propostos	<p>leftmargin=* <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.</p>
------------------------	--

leftmargin=* *Modo Desafio (Normal)*: A experiência principal como definida, onde a conclusão do questionário de nível é obrigatória para progredir.

leftmargin=* *Modo Contra-relógio (Difícil)*: Ativar o sistema de pontuação baseado no tempo, oferecendo um desafio adicional para quem procura rejogar os níveis.

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”.

O projeto mostra que é possível usar um jogo simples para ensinar geologia de forma acessível. Com mais conteúdo e melhorias de acessibilidade, o “Casa dos Minerais” pode vir a ser útil em mais contextos educativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gonzalez, A. (2011). OpenDyslexic [SIL Open Font License v1.1]. (Citado na página 20).

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.1 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.

APÊNDICE C

MANUAL DE INSTALAÇÃO E EXECUÇÃO

Este apêndice fornece as instruções necessárias para instalar e executar o jogo “Casa dos Minerais”. O projeto foi concebido primariamente para a Web, garantindo facilidade de acesso sem necessidade de instalação complexa.

C.1 REQUISITOS DO SISTEMA

Para a correta execução da aplicação, o sistema deve cumprir os seguintes requisitos mínimos:

- **Sistema Operativo:** Windows 10/11, macOS, Linux, Android ou iOS.
- **Navegador Web:** Versões recentes do Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge ou Apple Safari.
- **Motor Gráfico:** Suporte a WebGL 2.0 e WebAssembly (WASM).
- **Hardware:** Processador *dual-core* ou superior, 4GB de RAM recomendados. É necessária uma placa gráfica (integrada ou dedicada) com controladores atualizados.

C.2 INSTALAÇÃO E EXECUÇÃO

O jogo pode ser executado de duas formas: remotamente (via servidor web) ou localmente.

C.2.1 OPÇÃO A: ACESSO REMOTO (RECOMENDADO)

A aplicação foi preparada para ser alojada na plataforma **Vercel**, tirando partido da sua rede de distribuição global (CDN) e integração contínua. Sendo uma aplicação Web (WASM), não requer instalação persistente no dispositivo do utilizador.

Para aceder à versão mais recente, utilize o navegador para visitar o seguinte endereço (pendente de *deploy* final):

<https://torres-engineer.github.io/minerals-house/>

C.2.2 OPÇÃO B: EXECUÇÃO LOCAL (DESENVOLVIMENTO)

Para executar o jogo a partir do código fonte, é necessário ter o compilador da linguagem Odin instalado.

Pré-requisitos:

1. Instalar o compilador Odin (consultar <https://odin-lang.org/docs/install/>).
2. (Opcional) Para a versão nativa, garantir que as bibliotecas do Raylib estão configuradas corretamente.

Passos para a versão Nativa (Desktop): Executar o seguinte comando na raiz do projeto:

```
1 odin run ./native
```

Passos para a versão Web:

1. Compilar o jogo para WebAssembly (WASM):

```
1 # Linux / macOS
2 ./build.sh
3
4 # Windows
5 .\build.bat
6
```

2. Iniciar um servidor web local na pasta web:

```
1 cd ./web
2
3 # Opcao 1: Python
4 python -m http.server
5
6 # Opcao 2: PHP
7 php -S localhost:8000
8
9 # Opcao 3: BusyBox
10 busybox httpd -f -p 8000
11
```

3. Abrir o navegador e aceder a `http://localhost:8000`.

C.3 GUIA DE UTILIZAÇÃO (DEMO)

Para testar as funcionalidades principais do jogo (Demo), siga este roteiro:

1. **Início:** No ecrã de título, selecione o idioma (Português) e clique em “Iniciar Jogo”.
2. **Exploração:** Utilize o botão esquerdo do rato para mover o personagem. Clique sobre os objetos destacados (ex: Torradeira, Piano) para abrir a janela de informações.
3. **Aprendizagem:** Leia a descrição e os minerais associados ao objeto. Feche a janela para continuar.
4. **Conclusão:** Após encontrar os objetos, dirija-se à porta de saída (com um destaque azul) para iniciar o questionário.
5. **Avaliação:** Responda às perguntas apresentadas para completar o nível.

C.4 RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (*TROUBLESHOOTING*)

Erro: O jogo fica preso no ecrã “A carregar...”

Verifique se está a tentar abrir o ficheiro `index.html` diretamente (protocolo `file://`). O jogo requer o protocolo `http://` ou `https://` para carregar o módulo WebAssembly. Consulte a secção “Execução Local”.

Erro: Sem som ou música

Os navegadores modernos bloqueiam a reprodução automática de áudio. Interaja com a página (clique no ecrã) para ativar o contexto de áudio. Verifique também se o som não está silenciado no menu de definições (ícone de engrenagem).

Erro: Performance lenta (lags)

Certifique-se de que a aceleração por hardware está ativada nas definições do seu navegador.

Se estiver num portátil, verifique se está a usar o modo de poupança de energia, que pode limitar o desempenho gráfico.

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 4

Lista de objetos interativos e minerais constituintes.

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