



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
de Tecnologia

Brew It Yourself

Sistema de aprendizagem

João Santos Pereira Azevedo

20150912

Orientadores

Ângela Cristina Marques de Oliveira

Filipe Miguel Bispo Fidalgo

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Informática, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ângela Cristina Marques de Oliveira e coorientação do Professor Doutor Filipe Miguel Bispo Fidalgo, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Março 2023

Composição do júri

Presidente do júri

Professor Adjunto, Alexandre José Pereira Duro Fonte

Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Vogais

Professor Adjunto, Luís Cláudio Barradas

Escola Superior de Gestão e Tecnologia do Instituto Politécnico de Santarém

Professor Adjunto Mónica Isabel Teixeira da Costa

Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Professor Adjunto Ângela Cristina Marques de Oliveira

Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Agradecimentos

Para o desenvolvimento deste projeto final de curso, foi dedicado muito tempo e esforço, que não teria sido possível sem apoio e ajudas de determinadas pessoas, que foram uma ajuda crucial. Dessa forma, gostaria de expressar o meu agradecimento especial a essas pessoas.

Aos meus orientadores de projeto, a Professora Doutora Ângela Oliveira e o Professor Doutor Filipe Fidalgo, pelo imenso apoio dado durante o desenvolvimento, opiniões e críticas construtivas que foram uma enorme ajuda.

Às professoras Deolinda Gil, Isabel Marques e Teresa Ramos, que aceitaram o meu pedido de apoio para testagem do projeto em ambiente escolar, oferecendo um pouco do seu tempo para verificar a fiabilidade deste projeto.

Finalmente, um enorme obrigado aos meus pais e à minha irmã, pois sem eles este projeto nunca existiria, e pelo enorme voto de confiança em mim durante este projeto, oferecendo enorme apoio durante o seu desenvolvimento.

Resumo

Atualmente, os métodos de ensino em espaços curriculares estão a ser alvo de uma mutação tecnológica. O autor verificou que vários professores, estudantes e pais, notam que a aprendizagem é mais eficaz quando os tópicos ensinados são explicados usando entretenimento como base.

Devido a isto, este projeto tem como objetivo examinar que tópicos de aprendizagem estão, ou não, a usar métodos educativos com base em entretenimento - mais especificamente, usando gamificação para educar estudantes usando este paradigma. Não sendo o conceito de gamificação um tópico muito recente, a sua aplicabilidade em termos curriculares ainda não é muito disseminada, sendo então desejável ter dados que mostrem factualmente como é que, e se, estes projetos de aprendizagem com base em entretenimento, funcionam em salas de aula. Este documento descreve o desenvolvimento de uma solução de aprendizagem com base em entretenimento, como foi testada, e respetivos resultados.

Palavras chave

Gamificação; Jogos; Conceitos educacionais; Aprendizagem; Entretenimento

Abstract

Today, teaching methods in curricular spaces are undergoing a technological mutation. The author verified that several teachers, students, and parents note that learning is more effective when the topics being taught are explained using entertainment as a basis.

Because of this, this project aims to examine what learning topics are, or are not, using entertainment-based educational methods - more specifically, using gamification to educate students using this paradigm. Since the concept of gamification is not a very recent topic, its applicability in curricular terms is not yet widespread, so it is desirable to have data that shows factually how, and if, these entertainment-based learning projects work in classrooms. This paper describes the development of an entertainment-based learning solution, how it was tested, and its results.

Keywords

Gamification; Games; Educational concepts; Learning; Entertainment

Índice geral

1. Introdução	1
Estrutura do Documento	2
Cronograma	2
3. Estudo e Análise de Trabalhos Relacionados	5
3.1. Métodos	5
3.1.1. Questões de Pesquisa	5
3.1.2. Critérios de Inclusão	6
3.1.3. Estratégia de Pesquisa	6
3.2. Análise do Estudo	6
3.3. Análise dos Artigos	7
3.4. Resultados	11
3.5. Discussão	14
4. Abordagem Digital de Conceitos da Disciplina de Química	18
4.1. Análise do Material de Referência	18
4.2. Análise do Jogo	19
Jogabilidade	19
Visão Geral da Jogabilidade	20
Experiência do Jogador	21
Diretrizes de Jogabilidade	21
Desenho dos Níveis	21
Estética do Jogo e Interface do Utilizador	25
5. Implementação	27
6. Testes	35
6.1. Testes do Protótipo	35
6.2. Testes em Salas de Aula	36
Testes - Turma 1	36
Testes - Turma 2	38
Testes - Turma 3	39
Agregação dos Resultados	41
7. Conclusões e Trabalho Futuro	44
Referências	46

Índice de figuras

Figura 1 — Cronograma de atividades.	3
Figura 2 — Fluxograma dos artigos selecionados.	7
Figura 3 — Distribuição de datas de publicação.	15
Figura 4 — Distribuição de ferramentas utilizadas.	15
Figura 5 — Distribuição de ciências.	16
Figura 6 — Distribuição de contribuições para gamificação.	16
Figura 7 — Páginas de referência de um livro de 8º ano.	20
Figura 8 — Fluxograma dos níveis do jogo.	28
Figura 9 — Nível 1-1.	31
Figura 10 — Corredor principal.	31
Figura 11 — Nível 1-2.	32
Figura 12 — Ecrã do sintetizador molecular.	32
Figura 13 — O jogador a disparar Néon, pintando o caminho verdadeiro.	33
Figura 14 — Nível 1-3.	33
Figura 15 — Nível 1-4.	34
Figura 16 — Nível 1-5.	34
Figura 17 — Nível 1-6.	35
Figura 18 — Nível 1-7.	35
Figura 19 — Corredor principal, com a porta enorme a ser aberta.	36
Figura 20 — Formulário final.	36

Figura 21 — O primeiro menu do sintetizador na esquerda, e a próxima versão na direita.	38
Figura 22 — O primeiro design do nível do jogo na esquerda, e a próxima versão na direita.	39
Figura 23 — O tempo que cada aluno da turma 1 demorou em cada nível.	40
Figura 24 — A avaliação dos alunos da turma 1 para cada nível.	40
Figura 25 — O tempo que cada aluno da turma 2 demorou em cada nível.	41
Figura 26 — A avaliação dos alunos da turma 2 para cada nível.	41
Figura 27 — O tempo que cada aluno da turma 3 demorou em cada nível.	42
Figura 28 — A avaliação dos alunos da turma 3 para cada nível.	43
Figura 29 — O tempo que cada aluno demorou em cada nível.	45
Figura 30 — A avaliação dos alunos para cada nível.	45

Lista de tabelas

Tabela 1 – Detalhes dos artigos selecionados. 9

Tabela 2 – *Storyboards* de cada nível do jogo. 25

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ACM Digital Library – Association for Computing Machinery Digital Library

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

C.C. – Ciências Computacionais

C.I. – Ciências de Informação

2D – Duas Dimensões

3D – Três Dimensões

Ne – Néon

H₂O – Água

H₂ – Hidrogénio

C₂H₄O₂ – Ácido Acético

C₃H₆O – Acetona

NH₃ – Amônia

1. Introdução

O mundo digital não é estranho a videogames com objetivos primários ou secundários didáticos. *Roblox*[1], um videogame de construção online que contém o editor de funcionalidades inteiro dentro do videogame, é provavelmente o videogame mais utilizado em espaços escolares hoje em dia[2], com vários recursos de ensino, para a sua linguagem de programação, designada por *Lua*[3-4]. *Human Resource Machine*[5], um videogame de puzzle que ensina o jogador a executar tarefas lógicas, tem uma versão didática – *Hour of Code Edition* – feita para professores que queiram ensinar logística com apoio digital[6]. *Minetest*[7], um videogame concebido na ideia de um *Minecraft* grátis e livre, tem várias modificações dedicadas à educação[8-9], tendo sucesso em salas de aula[10].

Apesar disto, não é comum ver videogames a serem utilizados como uma ferramenta didática em salas de aula. O uso tradicional de livros e quadro continuam a ser os métodos mais populares para ensino, mesmo apesar de especialistas em educação verem correlações entre videogames e desenvolvimento de interesses didáticos pós-jogo há 20 anos [11]. Isto pode ser devido a várias razões – falta de computadores nas salas, professores que continuam a preferir métodos tradicionais de ensino, não haver videogames que abrangem os tópicos didáticos que os professores querem ensinar, entre outros.

O conceito de gamificação é o uso de jogos, sendo estes físicos ou digitais, para uso em ambiente educacional. Gamificação pode referir-se a jogos feitos com o objetivo principal de serem didáticos, ou usando um jogo pré-existente para o modificar e tornar didático. Caso a sala de aula onde este seja testado tenha a capacidade para o manifestar, como computadores com placas gráficas caso seja um videogame, os alunos podem testar o mesmo nesses computadores, tendo como alternativa os computadores próprios dos alunos. O principal objetivo é fazer com que os alunos possam aprender algum conceito educacional, portanto é importante verificar essa aprendizagem [12-13].

O objetivo deste projeto, é então perceber quais os tópicos didáticos que já usufruem de gamificação, e tentar extrair desse entendimento um tópico que se possa gamificar. Este documento percorre vários capítulos onde se vai entender quais os tópicos gamificados, o escolhido para gamificar e o porquê do mesmo, as ferramentas para a sua gamificação, a implementação da mesma, e os testes da implementação.

Estrutura do Documento

Este documento está organizado em sete capítulos, onde ao longo dos mesmos é apresentado o processo de desenvolvimento do projeto.

No primeiro capítulo de introdução é efetuado o enquadramento do tema, apresentada a motivação e os objetivos para o projeto, bem como esses objetivos devem direcionar a aprendizagem numa sala de aulas.

No segundo capítulo, é abordado o estudo e análise de artigos relacionados ao tema escolhido, são identificados sistemas semelhantes, quais as ferramentas utilizadas nesses sistemas, e quais as aulas que usufruem – ou não – de gamificação.

No terceiro capítulo, é apresentado o material de referência e o que este enquadra, justificada a sua escolha e qual a sua aplicação neste projeto, sendo também mostrado o planeamento de cada nível do videojogo em *storyboards*.

No quarto capítulo, é apresentada a implementação do videojogo, o que o jogador pode fazer e quando o faz, as consequências das suas ações e que controlos este tem sob a sua personagem, bem como cada nível do videojogo e o que este pretende ensinar.

No quinto capítulo, são apresentados os testes realizados do videojogo, sendo estes tanto os testes dos protótipos como os realizados com a versão final em salas de aula, mostrando e comentando os dados fornecidos por cada aluno, chegando a conclusões baseados nos comentários dos mesmos e o que os resultados agregados mostram.

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões desta dissertação, propostas de trabalho futuro e as suas contribuições.

Cronograma

Foi desenvolvido um cronograma, visível na Figura 1, para as atividades a desenvolver no projeto, e a previsão de tempo de cada atividade, desde setembro 2021 até dezembro 2022, é apresentada da seguinte forma.

T1 – Análise do estado de arte e investigação de tópicos gamificados;

T2 – Definir metodologia do desenvolvimento;

T3 – Formar o conceito da solução a desenvolver;

T4 – Desenvolvimento da solução escolhida;

T5 – Testes da solução desenvolvida;

T6 – Escrita e revisão do documento final.

	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12	Mês 13	Mês 14	Mês 15
T1	X	X													
T2		X	X												
T3			X	X	X										
T4					X	X	X	X	X	X	X	X			
T5										X	X	X	X	X	X
T6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 1 – Cronograma de atividades.

2. Estudo e Análise de Trabalhos Relacionados

O objetivo deste capítulo consiste-se numa análise detalhada de artigos que contenham dados reais sobre estudos feitos na gamificação de tópicos científicos para determinar quais os tópicos onde foram encontradas as maiores dificuldades no seu ensino através de videojogos.

Este subcapítulo apresenta uma análise de sistemas de informação relacionadas com a aplicação a propor, tendo em consideração as linhas condutoras da metodologia PRISMA [14], onde se analisa e compara vários artigos e publicações que foram escolhidos de acordo com uma pesquisa feita nas bases de dados IEEEExplore e ACM Digital, sobre gamificação nas ciências.

Os artigos incluídos no estudo foram publicados entre 2011 e 2021, e selecionados de acordo com o seu grau de relevância para a proposta dessa revisão.

2.1. Métodos

Nesta seção serão determinados os critérios das pesquisas realizadas, para que as mesmas sejam coesas e estejam de encontro com os objetivos propostos. Para isso, serão formuladas questões de pesquisa para a procura de artigos relevantes, quais os critérios de inclusão para determinar artigos que sejam válidos para a examinação, bem como qual a estratégia de pesquisa a utilizar.

2.1.1. Questões de Pesquisa

Numa etapa inicial, e para que a pesquisa fosse realizada de um modo eficiente e concreto, foi efetuado um balanço de quais as questões a pesquisar, e as perguntas que foram consideradas fundamentais foram as seguintes:

1. Qual o contributo da gamificação no ensino/aprendizagem?
2. O artigo é relacionado com a gamificação de tópicos ou disciplinas científicas?
3. Identifica a população alvo que usa gamificação? (professores, estudantes, outros)
4. Competências identificadas no ensino através da gamificação?
5. Que *frameworks*/ferramentas são usadas na gamificação de tópicos?

2.1.2. Critérios de Inclusão

Os critérios de inclusão de estudos e métodos de avaliação para esta revisão foram:

1. Estudos onde estejam presentes técnicas de gamificação de ciências.
2. Estudos onde os autores tenham desenvolvido ferramentas próprias para a gamificação do tópico escolhido.
3. Estudos compreendidos entre 2011 e 2021.

2.1.3. Estratégia de Pesquisa

Como estratégia de pesquisa foram usadas as bases de dados ACM Digital Library e IEEE e os termos de pesquisa usados para realizar esta revisão sistemática foram:

```
gamification AND games AND science AND learning AND  
education AND results AND NOT (medicine OR workshop OR novel  
OR citizen OR "software testing" OR competition)
```

Foram escolhidos e analisados para identificar os diferentes tipos de tópicos científicos que já usufruem de ajuda digital através de gamificação. Esta pesquisa foi realizada em novembro de 2021.

2.2. Análise do Estudo

Para que fosse possível fazer a identificação e inclusão dos artigos a serem avaliados para o estudo, foi criado um fluxograma, que está representado na Figura 2.

O fluxograma contém quatro fases:

1. A **identificação**, onde é feita a junção inicial dos artigos, nesta secção foram incluídos 137 artigos da *ACM Digital Library* e 126 da *IEEE*, os mesmos formam um total de 263 registos identificados para a pesquisa nesta fase. Posteriormente foram eliminados 247 artigos por não serem relacionados com gamificação de tópicos científicos de todo.
2. A **seleção**, onde foi realizada uma exclusão de 1 artigo, com base na linguagem do mesmo, não sendo possível a leitura do documento.
3. A **elegibilidade**, contando um total de 15 artigos para análise íntegra dos artigos, ao fazermos esta análise retiramos 3 artigos pois os mesmos não eram acessíveis.
4. Por fim, a fase da **inclusão**, onde não foram retirados mais artigos.

Sintetizando, a elaboração deste fluxograma ajudou-nos a fazer uma seleção dos 12 artigos científicos a serem analisados, onde 3 são da Association for Computing Machinery Digital Library (ou ACM Digital Library) e 9 do Institute of Electrical and Electronics Engineers (ou IEEE).

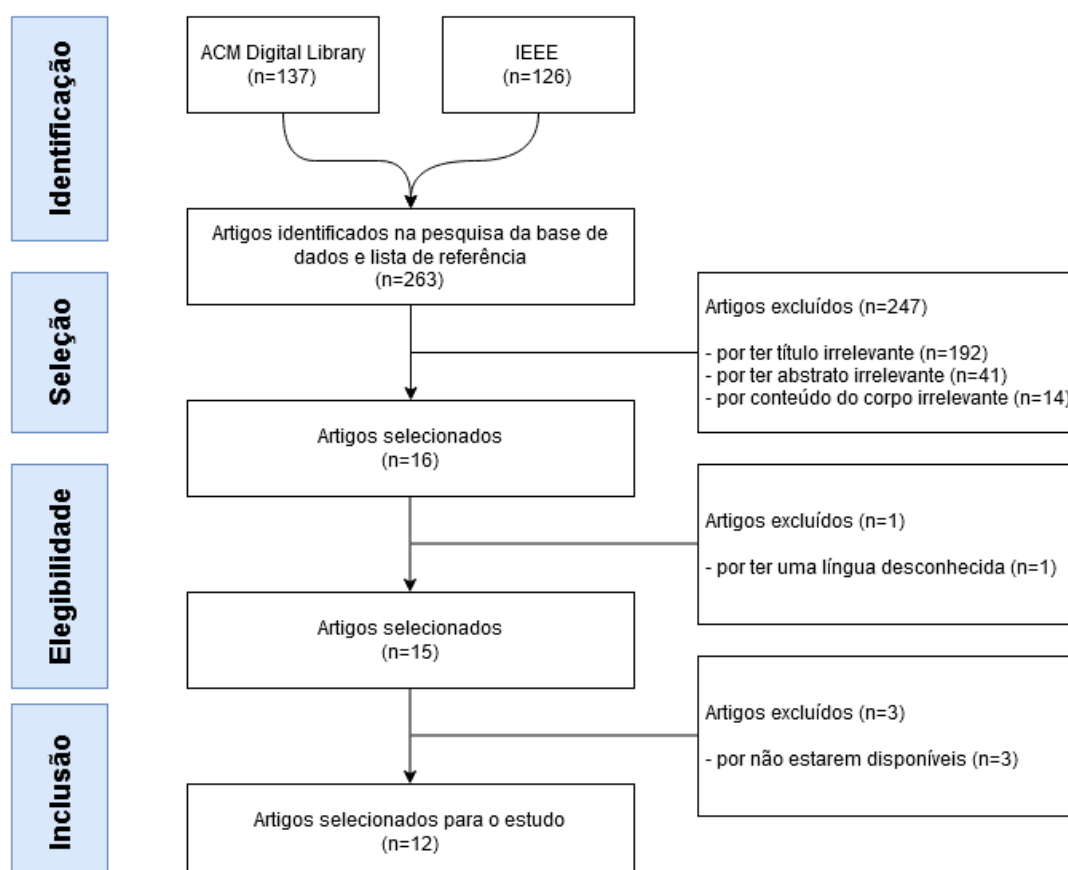


Figura 2 – Fluxograma dos artigos selecionados.

2.3. Análise dos Artigos

Após a escolha dos 12 artigos selecionados com recurso ao fluxograma, foi elaborada a Tabela 1 onde se consta toda a seguinte informação: o título do artigo, os nomes dos autores, a data de publicação, as ciências estudadas, e as ferramentas utilizadas.

Tabela 1 – Detalhes dos artigos seleccionados.

Artigo	Ciência	Ferramenta	Contributo de Gamificação
<p><i>Tariq Bouzid, Hassane Darhmaoui, and Fatiha Kaddari., 2017</i></p> <p>Promoting elementary mathematics learning through digital games: Creation, implementation and evaluation of an edutainment game to promote basic mathematical operations [15]</p>	Matemática	Restrita a autores	Facilidade de aprendizagem
<p><i>Brian Holtkamp, Mohammed Alshair, Daniel Biediger, Michael Wilson, Chang Yun, and Kyungki Kim, 2019</i></p> <p>Enhancing subject matter assessments utilizing augmented reality and serious game techniques [16]</p>	Aptidão Geral	<i>Microsoft HoloLens</i>	Aprendizagem mais interativa
<p><i>María del Carmen Córdova Martínez and Reynaldo Alfonte Zapana, 2020</i></p> <p>Collaborative game model for teaching physics using smartphone sensors [17]</p>	Física	<i>Unity</i>	Aprendizagem mais interativa
<p><i>B. Park and D. T. Ahmed, 2017</i></p> <p>Abstracting Learning Methods for Stack and Queue Data Structures in Video Games [18]</p>	Ciência Computacional	<i>Unity</i>	Facilidade de aprendizagem

Artigo	Ciência	Ferramenta	Contributo de Gamificação
<p><i>S. P. Sarkar, B. Sarker and S. K. A. Hossain, 2016</i></p> <p>Cross platform interactive programming learning environment for kids with edutainment and gamification [19]</p>	Ciência Computacional	Unity	Aprendizagem colaborativa
<p><i>C. Gütl, C. Cheong, F. Cheong, V. Chang, S. Z. Nau and J. Pirke.r, 2015</i></p> <p>Expectations of the generation NeXt in higher education: Learning engagement approaches in information sciences subjects [20]</p>	Ciências de Informação	MOODLE	Modernização de ensino
<p><i>E. A. Pacheco Velazquez, 2015</i></p> <p>The use of bussines simulators in teaching logistics [21]</p>	Logística	LOST	Aprendizagem mais interativa
<p><i>J. Isaac and S. V. Babu, 2016</i></p> <p>Supporting computational thinking through gamification [22]</p>	Ciência Computacional	VENVI	Facilidade de aprendizagem
<p><i>M. Venter, 2020</i></p> <p>Gamification in STEM programming courses: State of the art [23]</p>	Ciência Computacional	CPP Code.org CodeAcademy.com KhanAcademy.com Kahoot!	Modernização de ensino

Artigo	Ciência	Ferramenta	Contributo de Gamificação
<p><i>F. Pires, F. M. Maquine Lima, R. Melo, J. R. Serique Bernardo and R. de Freitas, 2019</i></p> <p>Gamification and Engagement: Development of Computational Thinking and the Implications in Mathematical Learning [24]</p>	<p>Ciência Computacional</p> <p>Matemática</p>	<p>N/A</p>	<p>Aprendizagem mais interativa</p>
<p><i>T. H. Frøland et al., 2019</i></p> <p>mStikk - A Mobile Application for Learning Phlebotomy [25]</p>	<p>Anatomia</p>	<p>N/A</p>	<p>Aprendizagem mais interativa</p>
<p><i>L. Carlos Begosso, L. Ricardo Begosso and N. Araçao Christ, 2020</i></p> <p>An analysis of block-based programming environments for CS1 [26]</p>	<p>Ciência Computacional</p>	<p><i>Alice</i></p> <p><i>APP Inventor</i></p> <p><i>Blockly Games</i></p> <p><i>Code.org</i></p> <p><i>GameBlox</i></p> <p><i>Pencil Code</i></p> <p><i>MakeCode</i></p> <p><i>Scratch</i></p>	<p>Aprendizagem mais interativa</p>

Com esta tabela, foi possível analisar que 50%, correspondente a 6 artigos, falam sobre a gamificação de Ciência Computacional (ou C.C.), dominando todas as outras ciências por uma larga margem, e 25% (sendo 3) dos artigos utilizam *Unity* como a ferramenta de escolha, ultrapassando apenas ligeiramente ~17% (sendo 2) artigos que utilizam *Code.org* como a ferramenta de escolha.

2.4. Resultados

Para a examinação dos estudos efetuados, há que realçar que a gamificação em ambientes educacionais ainda é um tópico bastante recente e em constante evolução – apesar de gamificação ter entrado em uso nos anos '70 com o advento dos primeiros videojogos, a maioria dos estudantes hoje em dia têm sempre consigo um computador no bolso capaz de cálculos previamente impossíveis, agora efetuados num piscar de olhos. Os artigos examinados aqui são então o resultado das tecnologias dos anos da sua publicação.

Passando para a análise dos artigos, a mesma foi feita, a fim de perceber melhor as características de cada um dos estudos.

No primeiro artigo analisado, os autores [15] desenvolveram uma nova ferramenta e, com a mesma, um novo jogo educacional para o ensino de matemática para estudantes jovens. Com base nos resultados obtidos pelos autores, foi notado que estudantes que tenham sido expostos ao jogo em vez de um exercício normal estiveram mais concentrados, obtiveram muito melhores resultados, e a comunicação entre os mesmos foi bastante intensa. Apesar disto, os autores admitem que o jogo não é uma estratégia pedagógica otimizada para uma sala de aulas.

Com a análise do artigo [16], foi desenvolvida a ferramenta *HoloLens Assessment Tool*, uma ferramenta de análise didática de segurança num ambiente de construção. A ferramenta dispõe trabalhadores virtuais num edifício 3D em construção, onde cada trabalhador é aleatoriamente escolhido para ter (ou não) equipamento de proteção e/ou relevante à tarefa que está a fazer. Os autores notam que estudantes expostos à ferramenta foram efetivos também em exercícios em papel, mas que devido ao controlos e interfaces não-intuitivas, alguns estudantes mostraram dificuldades em manobrar a ferramenta em certas situações, levando a respostas acidentalmente incorretas.

Os autores do artigo [17] desenvolveram a ferramenta *Collaborative Motion Videogame* em *Unity* com o propósito de ajudar no ensino de física, nomeadamente Movimento Linear Uniforme, ao deixar estudantes conduzir um carro virtual com o objetivo de chegar a um determinado ponto no menor tempo possível, enquanto em modo multijogador, estudantes também são dados mais pontos ao colaborarem uns com os outros. Os resultados do protótipo mostraram-se agradáveis, verificando que o grupo de estudantes que usou a ferramenta teve melhor pontuação geral do que o grupo que não a utilizou.

No artigo [18], os autores desenvolveram uma ferramenta em *Unity* com o objetivo de explicar, de forma visual, a diferença entre os termos *stack* e *queue* em Ciência Computacional, um tópico que os autores notaram ser extremamente fácil de confundir entre os dois termos quando estudantes estão a aprender os conceitos pela primeira vez. A ferramenta é um jogo interativo que mostra, de forma abstrata, como *stacks* e

queues funcionam em estruturas de dados. Aproximadamente 54% dos estudantes que participaram no teste do protótipo mostraram-se muito mais capazes de diferenciar e classificar a diferença entre *stacks* e *queues* depois de apenas uma ronda de testes.

Os autores do artigo [19] desenvolveram uma ferramenta em *Unity* que permite aos utilizadores controlar uma personagem num jogo de plataformas 2D, bem como trocar para um modo de edição onde o jogador pode posicionar feiticeiros que lançam encantações que equivalem a uma parte lógica de código. Os níveis são estáticos, mas não são completáveis por defeito – o jogador tem que “programar” a solução para o nível. Foi notado que o jogo teve bastante sucesso com os estudantes, com ~71% dos estudantes conseguindo completar todos os níveis, mas com uma vasta diferença entre rapazes e raparigas – um rácio de 75% a ~22% respetivamente.

No artigo [20], os autores investigaram várias tentativas de gamificação em escolas usando sistemas *MOODLE* para adicionar interatividade a várias aulas e tópicos de aprendizagem. Estes sistemas incluem vários métodos de pontuação para manter os estudantes focados nos tópicos. Apesar de vários métodos terem sido examinados, e todos terem sido geralmente recebido feedback positivo, a maior parte dos métodos têm um grande problema em comum – o tempo limite de cada exercício. Estudantes conseguiram absorver e confirmar mais informação com maior sucesso, mas o tempo limite de cada método provou ser frustrante para os estudantes.

O autor do artigo [21] desenvolveu um simulador denominado de *LOST* com o objetivo de gamificar empresas/negócios utilizando vários cenários definidos pelos estudantes. Cada cenário inclui problemas relacionados a negócios, como produção, transporte, entre outros, a dificuldade dos cenários aumentando gradualmente depois de um ser completo. Professores conseguem ver, numa base de dados, tanto os cenários que os estudantes escolheram para si próprios, as estratégias que estes desenvolveram para solucionar cada cenário, e as ações que cada estudante levou até ao momento para resolver o cenário e o quanto desvia da estratégia. O simulador foi extremamente bem recebido por estudantes e professores em igualdade – 70% dos estudantes chegando a uma pontuação mínima aceitável para completação, e 85% querendo por si próprios voltar a cenários previamente completos apenas para tentar aumentar a pontuação.

O artigo [22] explora a possibilidade de gamificar a ferramenta *VENVI*, uma ferramenta de programação de personagens virtuais para executar várias ações em sequência usando vários conceitos de programação. Estudantes recebem pontuação baseada em várias ações, como posicionar blocos de programação na sequência de ações, programar uma dança para a personagem, entre outros.

O estudo [23] fala sobre o estado da arte em termos de gamificação de tópicos científicos em ambientes educativos, mencionando vários métodos como a *CPP platform*, *Code.org*, *KhanAcademy.org*, entre outros. O estudo mostra que as ferramentas no geral conseguiram um nível de envolvimento e aumento de conhecimento ambos bastante elevados, com algum aumento na motivação e

melhoramento na atitude dos estudantes. O estudo também notou que, dos métodos usados, *Self Determination Theory* foi a framework teórica mais usada, obtendo os melhores resultados quando a gamificação inclui alguma forma de *leaderboards* das pontuações dos estudantes.

Os autores do artigo [24] desenvolveram uma sequência didática gamificada para ajudar estudantes a aprender conceitos de Ciência Computacional – Lógica, Decomposição & Abstração, Operações Matemáticas, entre outros. O protótipo foi posto em teste num grupo de 14 estudantes, com outros 14 fazendo um teste sem o uso da sequência. Em geral, antes dos testes, ambos os grupos rondavam ~34.5% na taxa de sucesso, enquanto depois do teste, o grupo com a sequência observou um aumento para 56%, enquanto o grupo sem a mesma apenas rondou os 36%.

Os autores do artigo [25] desenvolveram a ferramenta *mStikk* para o ensino de flebotomia para extração de amostras de sangue. Devido à falta calculável de recursos para prática apreciável do tópico, estudantes geralmente não têm como praticar a extração, apenas guiando-se através de livros ou vídeos da *web*. O objetivo da ferramenta é permitir aos estudantes identificar que veias são aceitáveis para extração, como manusear agulhas, encontrar e perceber as consequências de erros, entre outros. Dependendo do problema que o paciente digital tem, o procedimento do estudante tem de mudar para refletir as diferenças. Professores que experimentaram a ferramenta, previamente tendo acesso a flebotomia em pacientes, mostraram-se bastante contentes com a ferramenta e gostariam de a ter tido quando estavam a aprender, enquanto estudantes, apesar de também a apreciarem, acharam-na deveras “aborrecida” em termos de quando a ferramenta decide parar ou passar à frente alguma parte. Mesmo assim, estudantes apreciaram a aplicação pelo fato de poderem tentar várias vezes, um aspeto que não é tão possível quando efetuam em pessoas.

O artigo [26] analisa ambientes de programação baseados em “blocos” para estudantes de Ciências Computacionais 1. Várias ferramentas, como *Alice*, *MIT App Inventor*, *Scratch*, entre outros, foram examinadas para verificar a sua fiabilidade em “de-mistificar” a programação para estudantes de Ciências Computacionais 1. A área com mais problemas de todas as ferramentas usadas é que apenas metade das examinadas conseguem transferir o seu código de formas de blocos para código em texto – ou seja, estudantes que aprendam a programar com estas ferramentas poderão ter mais problemas em traduzir a sintaxe visual para código de *C++*, *Java*, entre outros. Apesar disso, todas as ferramentas utilizadas mostraram resultados positivos em termos de recursos disponíveis nas suas *frameworks*, mostrando-se ferramentas bem capazes de serem complementares ao processo de estudos normais de um estudante.

2.5. Discussão

Como já foi referido, e como é expectável, as Ciências Computacionais são as áreas de gamificação mais examinadas – isto é devido a vários aspetos, tais como proximidade de ambientes digitais com programação, facilidade de automação de aspetos programáticos em ambientes digitais, entre outros. Em 12 artigos analisados, 6 estão relacionados com C.C., mostrado na Figura 5. Além disso, 3 artigos decidiram utilizar *Unity*, sendo esta a ferramenta de escolha mais popular entre todos os artigos como se pode ver na Figura 4. Metade dos artigos focam-se em aumentar a interatividade da aprendizagem como se vê na Figura 6, pondo os estudantes em situações mais focadas e onde possam testar os seus conhecimentos.

Ao analisar os 12 artigos seleccionados, verificando a Figura 3, pode-se dizer que o intervalo de tempo dos estudos ocorreu de 2015 a 2020.

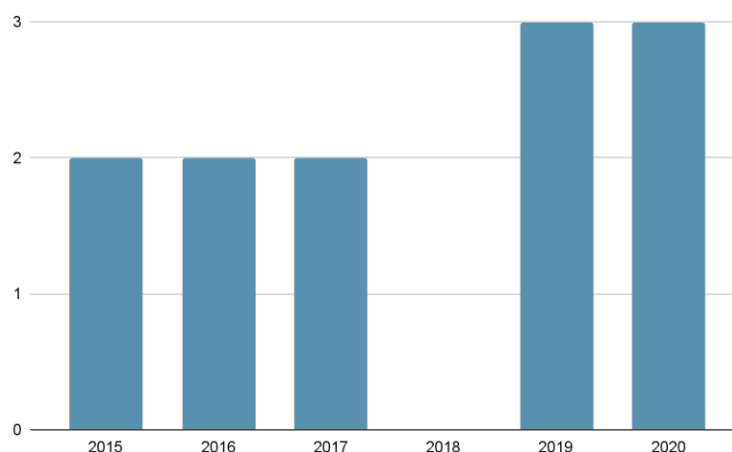


Figura 3 – Distribuição de datas de publicação.

O facto de C.C. ser um tópico bastante estudado no campo da gamificação mostra que esta é uma ciência atrativa para estudos, mas também significa que outros campos científicos ficam com menos possibilidades de gamificação e sem resultados dos mesmos. Tópicos como matemática e anatomia explorados em alguns destes artigos mostraram resultados promissores em termos de gamificação e exploração destas ciências, fazendo com que se pense que mais tópicos seriam interessantes de gamificar.

Após a revisão dos artigos científicos, conclui-se que a gamificação em termos educacionais não só é bastante apelativa para estudantes como para professores, mas gamificação de tópicos de aula não são um método de substituição, mas sim de ajuda para o ensino da matéria.

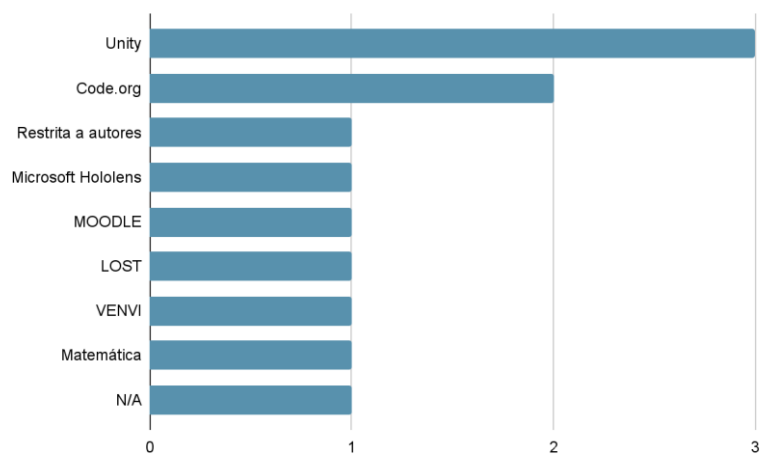


Figura 4 – Distribuição de ferramentas utilizadas.

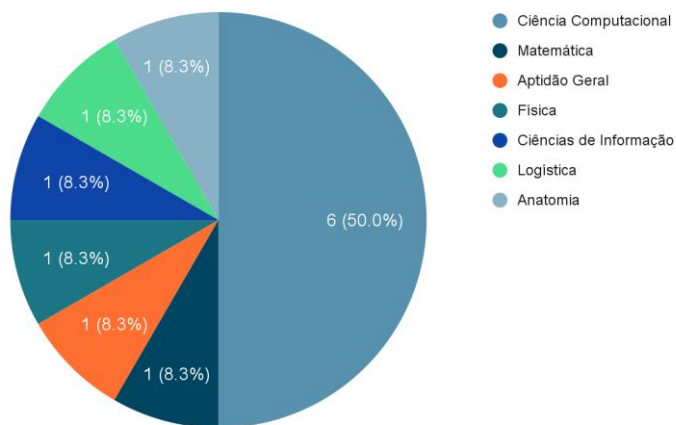


Figura 5 – Distribuição de ciências.

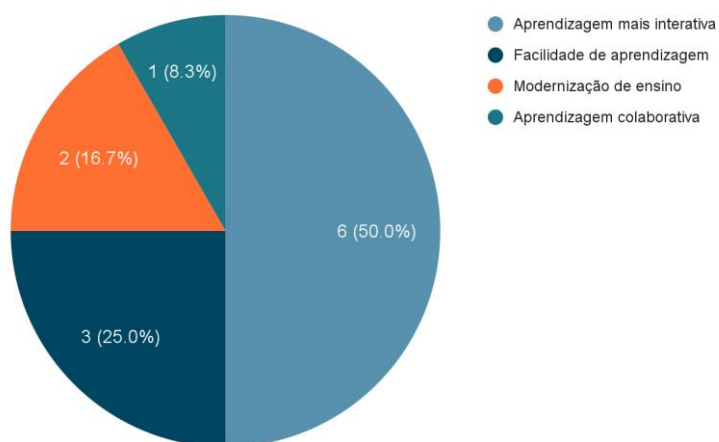


Figura 6 – Distribuição de contribuições para gamificação.

Devido a vários fatores, influenciando tanto os estudantes como os desenvolvedores das ferramentas dos artigos revistos, os tópicos mais abordados no mundo da gamificação, até agora, são Matemáticas e Ciências Computacionais. Vários métodos de aprendizagem foram postos em prática para a execução de gamificação destes tópicos, desde abstração de conceitos confundíveis para a visualização dos mesmos como usando ambientes multi-jogador para colaboração de resolução de problemas.

Com base na informação compilada, a resposta às questões de investigação é:

Questão 1: Qual o contributo da gamificação no ensino/aprendizagem?

A gamificação em ambiente de aprendizagem tem sido, a partir dos estudos realizados, um método de ensino bastante produtivo.[15, 17-19, 21, 23, 24, 26] Além de problemas técnicos, como controlos confusos ou interfaces de utilizador não muito bem perceptíveis,[16] estudantes mostraram-se não só capazes de aprenderem mais rapidamente e eficientemente quando expostos a métodos de aprendizagem gamificados, como em certos casos iriam, por sua conta própria, querer tentar melhorar as suas aptidões em tentativas prévias.[21]

Questão 2: O artigo é relacionado com a gamificação de tópicos ou disciplinas científicas?

Todos os artigos examinados são relacionados com a gamificação de tópicos ou disciplinas científicas.[15-26]

Questão 3: Que tópicos científicos ainda não usufruem de aprendizagem gamificada?

A resposta para esta questão, depois da revisão dos estudos escolhidos, é vasta. Tópicos científicos de “ciências formais” e “ciências sociais”, relacionados com números ou ordens sequenciais de lógica, são as mais abrangentes em relação a gamificação [15-26], enquanto “ciências naturais” como Física, Bioquímica, Botânica ou Zoologia não parecem usufruir, até agora, de gamificação nos campos que abrangem.

Questão 4: Como adquirir competências no ensino através de jogos?

O importante a lembrar ao gamificar o ensino de um tópico científico é que está a ser desenvolvida uma ferramenta de ensino. O principal objetivo, acima de todos os outros, é ensinar – mas há também que realçar que não é impossível disponibilizar entretenimento em meio de ensino, nem é um aspeto que deva ser ignorado. A melhor forma de adquirir competências no ensino através de gamificação é desenvolver uma ferramenta que possa ser apropriadamente classificada como um jogo não só educacional, mas também divertido, não só para o estudante reter a máxima informação, mas para que essa informação se mantenha na mente do estudante

durante o máximo tempo possível, ao fazer com que a informação ganha seja interligada com a experiência positiva do mesmo [15-26].

Questão 5: Que frameworks/ferramentas são usadas na gamificação de tópicos?

A ferramenta mais utilizada nos artigos estudados foi, sem sombra de dúvida, o motor de desenvolvimento *Unity* [17-19], devido em grande parte pelo seu aspeto de *crossplatform* – ou seja, um jogo desenvolvido em *Unity* funciona em *Windows*, páginas *web*, *smartphones*, e outros sistemas operativos. Isto faz com que os autores destas ferramentas não tenham de se preocupar com a funcionalidade de uma ferramenta num computador comparado a um telemóvel – as hipóteses de não funcionar são bastante baixas com *Unity*.

Conclui-se assim, que a gamificação ao nível dos conteúdos programáticos das ciências, é um aspeto que prova ser interessante, não só na dificuldade da sua abordagem, como pela oportunidade que uma ferramenta poderá ter em contexto de aprendizagem. Também se pode concluir que C.C. e Ciências de Informação (ou C.I.) já usufruem bastante em termos de gamificação, tanto em aspetos gerais como aspetos mais focados.

A falta de outras ciências exploradas nestes artigos mostra uma clara falta de atenção posta sobre as mesmas, o maior foco estando em C.C.. Isto é um ponto de foco importante, pois mostra que existe grande oportunidade de gamificação destas ciências, especialmente ciências que sejam mais orgânicas e com menos raízes em ambientes digitais.

3. Abordagem Digital de Conceitos da Disciplina de Química

O problema a verificar aqui é a falta de ciências naturais ou orgânicas que estejam a usufruir de gamificação. Depois de examinar os tópicos científicos já abordados pelos artigos previamente mencionados, foi ponderado um tópico ao nível das ciências, a química. Esta é uma disciplina que, em grande parte da matéria, ensina aos estudantes, vários conceitos onde materiais e moléculas causam reações baseados no contexto da sua utilização. Apesar disto, escolas podem ter dificuldades em trazer estas experiências para a sala de aula por várias razões, como falta de orçamento ou equipamento danificado, ou falta de salas próprias para a exploração destas experiências, entre outros. Foram estas as razões discutidas, para a escolha de química, para a disciplina a gamificar. A química, também é uma ciência que oferece grande fascinação ao autor em termos pessoais, sendo uma razão honesta para a sua escolha. Neste capítulo, será discutido o público-alvo do projeto e a análise do mesmo em termos de jogabilidade.

O jogo terá como objetivo ser um complemento para o ensino em salas de aula, e será principalmente direcionado ao público alvo que esteja a aprender, ou que aprenderam, sobre estruturas químicas - estudantes entre o 7^o e o 12^o ano - mas o objetivo é criar um jogo que possa cativar qualquer pessoa com algum interesse em química.

A metodologia de desenvolvimento escolhida para este projeto foi uma metodologia de desenvolvimento evolutiva. Isto significa que o projeto é concebido e desenvolvido em termos de protótipo de forma normal, mas depois de um protótipo estar concebido, este é testado várias vezes, e depois de cada teste, o protótipo é alterado para arranjar quaisquer problemas encontrados nos testes anteriores. Como orientação estruturada foi construído um Document Game Design (DGD), como recurso a seguir no seu desenvolvimento, definindo todo o jogo antes de o começar a desenvolver.

3.1. Análise do Material de Referência

Foi necessário verificar material de sala de aula atualizado, para que o projeto de videojogo, seja eficiente na aprendizagem de conceitos associados à disciplina de química. Assim foram analisados os conceitos: elementos químicos, como se formam as suas ligações, entre outros. Para este projeto, foram verificadas algumas páginas de um livro didático [27] de apoio ao estudo, como se ilustra na Figura 6.

Este foi utilizado para obter ideias de moléculas que os utilizadores poderão sintetizar, utilizando uma mistura de fórmulas básicas e fórmulas mais complexas. Também foi utilizado para obter ideias para formular perguntas que o utilizador poderá responder num dos níveis do jogo.

A sintetização – ou seja, construção – de uma fórmula química será então feita através de moléculas – tais como H para Hidrogénio, O para Oxigénio, etc. – que se ligam umas às outras através de ligações moleculares, para alcançar a estabilidade na camada de valência.

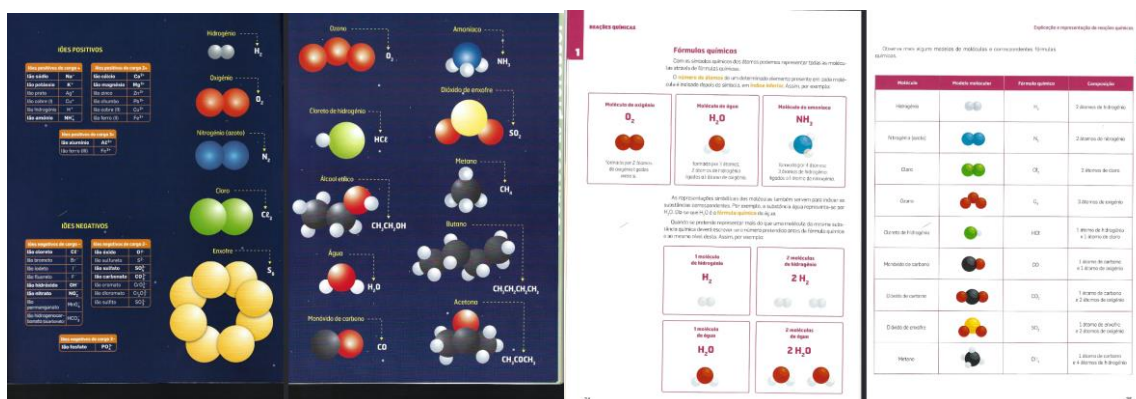


Figura 7 – Páginas de referência de um livro de 8º ano.

3.2. Análise do Jogo

Brew It Yourself, é um jogo onde o jogador controla uma personagem que consegue dispensar, em forma líquida, vários elementos químicos construídos pelo mesmo. O foco principal do jogo é ensinar, como construir moléculas usando estruturas Kekulé[28] – estruturas de fórmulas moleculares em aspeto de duas dimensões (ou 2D), onde as letras correspondentes aos seus elementos são ligadas com uma ou mais linhas para visualizar as ligações entre as mesmas – e como ler fórmulas em notação de sistema Hill[29] – ou seja, se uma fórmula tem dois elementos de Hidrogénio e um de Oxigénio, a notação Hill é H₂O.

O principal objetivo do jogador é ajudar vários professores dentro do jogo a completar várias tarefas. Usando as capacidades da personagem do jogador, este irá criar moléculas que o ajudam em certas situações.

Jogabilidade

O ponto principal do jogo será o sintetizador molecular - o jogador pode, a qualquer momento, mudar entre o modo principal de movimento de primeira pessoa, e o modo de interface de construção molecular, onde podem construir estruturas moleculares do líquido que pretende dispensar. O elemento a dispensar, apesar de poder existir em

forma sólida ou gasosa, no jogo será simulada uma versão líquida que ficará visivelmente agarrada às superfícies.

Os controlos do jogo serão:

- W, A, S e D – movimentar a personagem em modo de movimentação;
- Espaço – saltar em modo de movimentação;
- Q – trocar entre modo de movimentação e modo de sintetização;
- Botão Esquerdo do Rato – disparar fórmula válida em modo de movimentação, ou criar, arrastar e ligar elementos da tabela periódica em modo de sintetização;
- Botão Direito do Rato – apagar elementos criados no modo de sintetização;
- Tab – mostrar ou esconder a tabela periódica no modo de sintetização;
- Enter – avançar caixas de diálogo;
- Esc – voltar ao corredor principal.

O jogador irá obter objetivos ao encontrar-se com outras personagens, estes objetivos sendo oportunidades para o jogador trocar de modos, entrando no sintetizador para sintetizar uma fórmula química que, depois de completada, pode trocar para o modo de movimentação para a disparar como uma mangueira para uma superfície. Caso a fórmula disparada seja a correta, o objetivo do jogador é completado, podendo avançar para o próximo.

Visão Geral da Jogabilidade

O jogo será uma ferramenta educacional e de entretenimento - o objetivo de *Brew It Yourself* é ensinar ao público, conceitos básicos de estruturas químicas, bem como, fazer com que os jogadores encontrem soluções para vários problemas. O jogo será desenvolvido para as plataformas Linux e Windows - já que ambos os sistemas operativos são para computadores pessoais, não serão necessárias mudanças de motor de desenvolvimento entre qualquer versão.

O jogo não terá elementos multijogador, uma vez que o com foco é oferecer autonomia ao jogador. O jogo, incluirá vários objetivos, mas o jogador pode escolher a ordem de qual objetivo quer tentar resolver, em primeiro lugar, apesar de haver uma numeração, que se sugere seja seguida. Estes objetivos, serão divididos no jogo, em portas de salas de aula, todas num único corredor, onde o utilizador poderá escolher em qual deseja entrar.

Experiência do Jogador

O jogador irá ver o mundo através da interface ótica da sua personagem robótica: uma câmara de primeira pessoa que mostra controlos, objetivos, e legendas para diálogo. Quando se ativa o sintetizador, a interface ótica do jogador troca de modo, mostrando um holograma com todas as opções para construção de estruturas. Quando uma molécula é construída, o jogador pode dispensá-la no modo de primeira pessoa, em forma de jato líquido de alta pressão, na direção onde o jogador está a olhar. Caso o utilizador tenha formulado uma molécula corretamente, e que seja reconhecida pelo jogo, este será alertado no ecrã que pode então disparar essa fórmula. Caso contrário, o jogo dirá ao utilizador o porquê de não conseguir disparar uma fórmula dentro do sintetizador - isto pode ser ou por ter mais do que uma fórmula no sintetizador, ou por a fórmula não ter a forma ou ligações certas.

Diretrizes de Jogabilidade

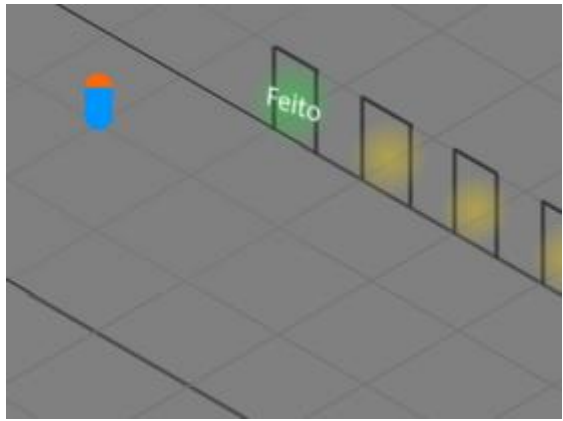
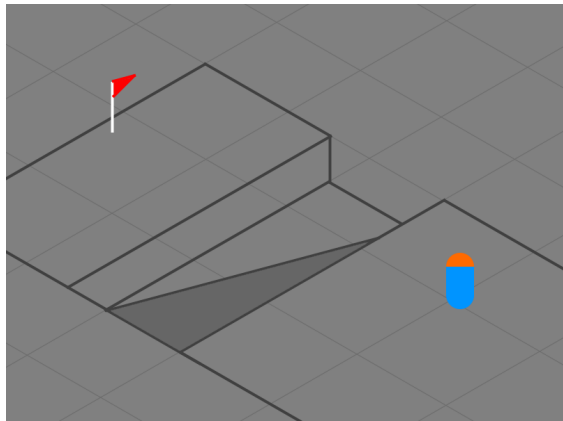
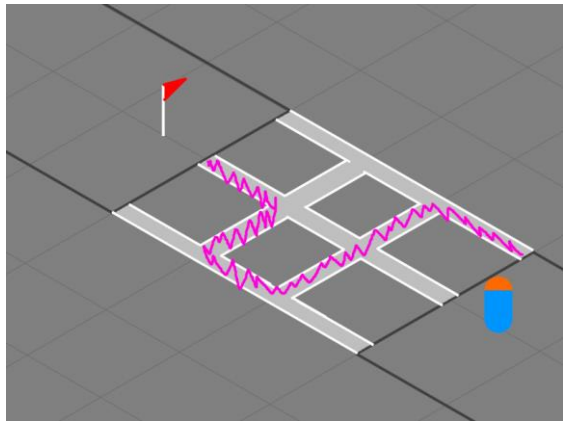
Como o jogo será usado não só em ambiente educacional, mas também dentro de uma escola virtual, o jogo não irá conter atos violentos - professores não podem ser magoados pelo jogador, e o jogador é “teleportado” para o início do nível quando cai do nível. Apesar disto, algumas considerações têm de ser feitas - por exemplo, se um nível tem janelas, o utilizador poderá saltar para fora da sala. Consegue voltar a entrar na mesma? Existem consequências de o fazer? Apesar de não haver possibilidade de violência, os níveis têm de ser desenhados de forma a encapsular o jogador de forma que, caso queira explorar, não seja prejudicado de uma forma irreversível.

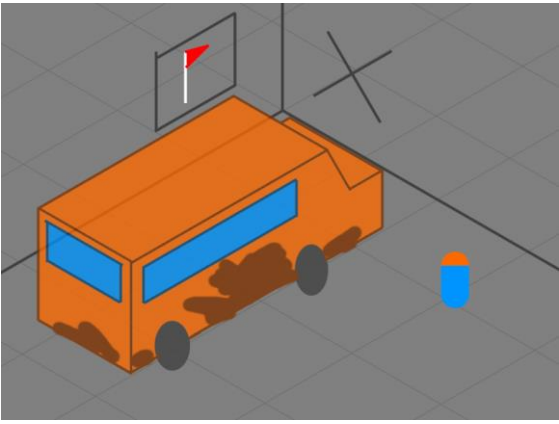
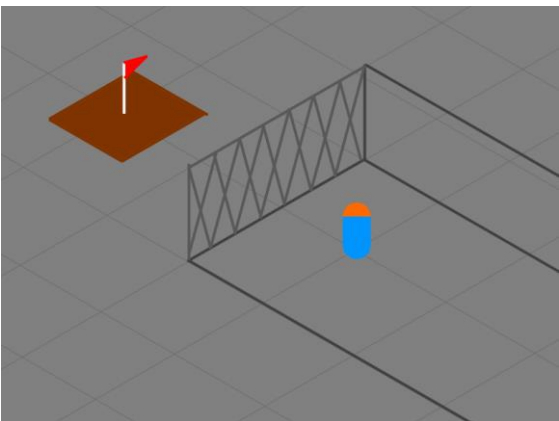
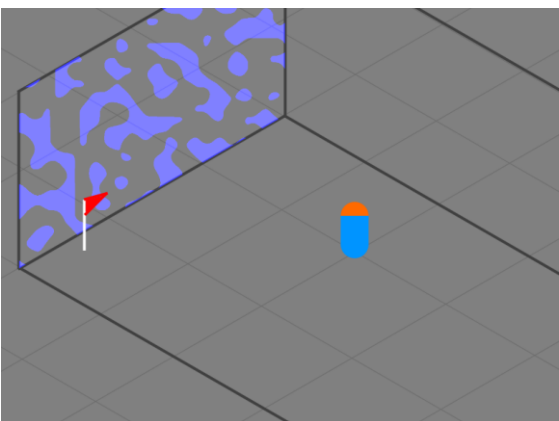
Desenho dos Níveis

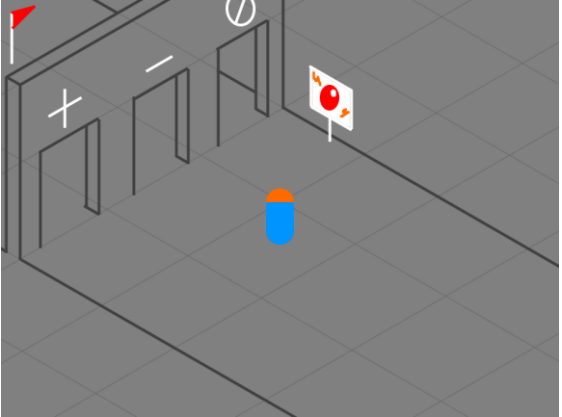
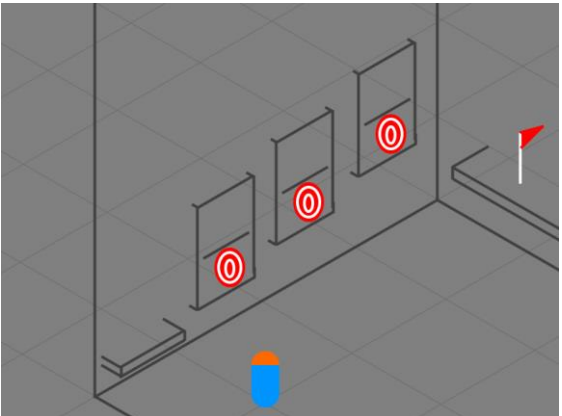
O jogo terá 8 níveis de três dimensões (ou 3D) e 1 nível 2D. Os níveis 3D incluem um corredor, onde todos os outros níveis podem ser acedidos. O corredor não será incluído em vários diagramas, pois este serve apenas de menu principal, não sendo um nível com objetivos por si próprio.

A Tabela 2, apresenta uma correspondência entre os conteúdos programáticos e a proposta para o desenvolvimento dos diferentes níveis do jogo, considerando a questão da imersão no jogo, a dificuldade crescente, aplicação e teste dos conhecimentos. O fluxograma dos níveis do jogo é apresentado na Figura 8.

Tabela 2 – Storyboards de cada nível do jogo.

Descrição	Storyboard
<p>O corredor principal, onde todos os outros níveis podem ser acedidos. Níveis já completos têm um aviso à sua frente.</p>	 <p>The storyboard shows a perspective view of a grey tiled hallway. On the left, there is a blue character with an orange top. On the right, there is a green sign that says 'Feito' (Done) in front of a doorway. Further down the hallway, there are several yellow-lit doorways.</p>
<p>Os dois primeiros níveis, ou salas, são usadas para ensinar o utilizador a controlar o jogo. Na primeira sala, o jogador aprende os controlos para movimento, incluindo caminhar e saltar. O jogo assume que o jogador, nunca viu um videojogo antes disso, e tenta explicar tudo com bastante simplicidade.</p>	 <p>The storyboard shows a perspective view of a grey tiled room. A red flag on a white pole is positioned on a raised platform on the left. A blue character with an orange top is on the floor to the right.</p>
<p>A segunda sala, ensina ao utilizador como sintetizar um elemento químico com apenas um elemento. Isto inclui abrir o menu de sintetização, criar um elemento, e dispensá-lo. O utilizador depois usa o elemento sintetizado para descobrir o caminho certo que tem de seguir, ao dispensar o líquido para os diferentes caminhos e escolher aquele onde o líquido realmente aparece.</p>	 <p>The storyboard shows a perspective view of a grey tiled maze. A red flag on a white pole is on the left. A blue character with an orange top is on the right. A pink, jagged path is drawn across the maze, starting from the character and ending at the flag.</p>

Descrição	Storyboard
<p>Na terceira sala, encontra-se um autocarro, sujo e sem gasolina. A tarefa do utilizador é então lavar o autocarro com água e encher o depósito do mesmo, com hidrogénio. O jogo ensina o utilizador a criar elementos químicos mais complexos que precisam de ligações entre elementos. Apesar de dizer os nomes dos elementos, bem como a sua designação química, é o trabalho do jogador descobrir como é que estes são construídos - ou com recurso ao manual, ou por experimentação.</p>	
<p>A quarta sala, é dividida em duas partes. O utilizador tem de derrubar uma parede de barras de metal ao enferrujá-la com ozono, dando acesso à segunda tarefa, a fertilização de um pequeno monte de terra com amoníaco.</p>	
<p>A quinta sala, tem uma parede completamente suja de tinta, e o objetivo do utilizador é limpá-la com acetona. É aqui que o utilizador aprende que alguns elementos podem ligar-se entre outros, com várias intensidades, e como fortalecer ligações no sintetizador.</p>	

Descrição	Storyboard
<p>A sexta sala, é mais parecida a um pequeno edifício, estruturado de forma que cada passagem corresponda à resposta para a pergunta da sala anterior. O utilizador é questionado, em cada sala, qual a carga elétrica de prótons, eletrões e neutrões. O utilizador só sabe se escolheu alguma resposta incorreta no fim das três questões, voltando neste caso ao início, para tentar novamente.</p>	
<p>A sétima e última sala, coloca o utilizador na maior sala do jogo. O objetivo do mesmo é escalar a sala ao ativar várias plataformas, estas apenas serão ativadas caso sejam atingidas pelo elemento listado em cada uma. O desafio aqui, é tanto na construção dos elementos como no movimento do jogador, tendo de saltar de plataforma em plataforma.</p>	
<p>O último ecrã do jogo, sendo um documento onde o utilizador dá alguns detalhes sobre si, a sua experiência com o jogo, e responde a um pequeno questionário para verificar se conseguiu aprender vários conceitos de química.</p>	<p>Nome: <input type="text"/></p> <p>O que achaste do nível 1-1? Gostei ———— ———— Não gostei</p> <p>H2O tem... (marca a resposta correta) <input type="checkbox"/> Uma ligação H-O dupla <input type="checkbox"/> Duas ligações H-O simples</p>

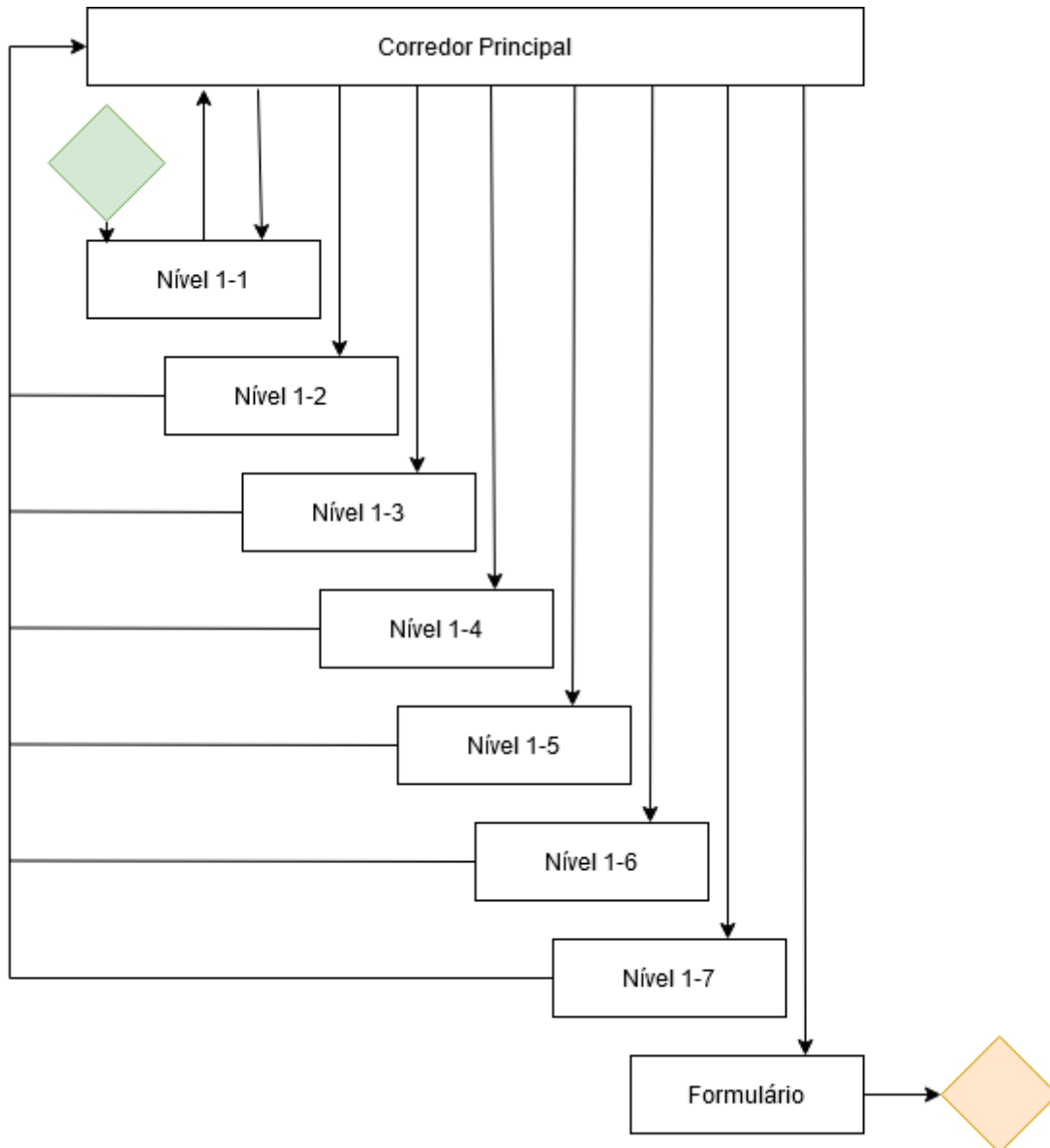


Figura 8 – Fluxograma dos níveis do jogo.

Estética do Jogo e Interface do Utilizador

O jogo terá uma aparência simples e estilizada, para ter um aspeto marcante, bem como para facilitar a automação da animação. O professor do jogo terá a aparência de uma cápsula, dividindo o corpo em duas partes, deixando a cabeça mexer-se sozinha quando a personagem fala.

Os níveis terão uma aparência simples na sua arquitetura, mas com várias alterações entre cada sala. A geometria dos níveis é principalmente composta de partes sólidas brancas, pois uma cor neutra como branco faz com que elementos disparados sejam bem visíveis em qualquer superfície. Qualquer elemento importante para o progresso do utilizador pode então, ter qualquer outra cor para sobressair, como por exemplo a cor vermelha dos alvos para onde o utilizador tem de disparar.

A interface do jogador muda no modo de sintetização, contendo mais elementos e informações. O jogador pode construir elementos de qualquer forma neste modo, mas apenas elementos reconhecidos pelo jogo, que estejam construídos corretamente, estarão disponíveis com nomes e para dispensar.

4. Implementação

A implementação do jogo foi efetuada com o motor de desenvolvimento *Godot*[30] – isto porque, tal como o motor de desenvolvimento *Unity* referido anteriormente, este é um motor que consegue exportar para vários sistemas operativos, com requisitos de sistema ainda mais simples devido à sua implementação de gráficos *Open Graphics Library for Embedded Systems*, deixando o jogo ser jogado em computadores que possam ser mais velhos, sem problemas.

O jogador tem então, controlo da sua personagem, que pode movimentar-se no mundo 3D, e sintetizar elementos químicos num ecrã 2D para depois os disparar no mundo, deixando poças líquidas viscosas. O objetivo do jogador é encontrar o professor no jogo que precise de ajuda, e sintetizar um elemento químico que o possa ajudar em cada situação, deixando o jogador avançar.

O jogo não impõe restrições em qual o elemento que o jogador pode sintetizar – desde que este esteja na lista de elementos reconhecidos pelo jogo, o jogador pode sempre sintetizá-lo – mas cada objetivo só aceita o elemento dispensado correto, portanto este não consegue avançar se não aprender algo novo.

O jogo vai ensinando partes diferentes de estruturas moleculares sequencialmente, começando com um elemento composto por uma única molécula, e acabando num elemento composto de 10 moléculas, com diferentes tipos de ligações. Isto tem o objetivo de ensinar ao jogador todos os passos de síntese molecular de forma simples sem sobrecarregar o mesmo com informação desnecessária.

Depois de todos os objetivos serem completos, é então pedido ao jogador para completar um pequeno formulário com avaliações para cada objetivo, questões básicas de construção de moléculas para verificar se o jogador conseguiu aprender, e um campo de texto onde pode dizer o que quiser sobre o jogo de forma mais detalhada.

O jogo começa por colocar o jogador no primeiro nível mostrado na Figura 9, em vez do corredor principal, pois este nível ensina os controlos básicos de locomoção que o jogador irá precisar de saber para entrar nos outros níveis do corredor. Aqui o jogador aprende a movimentar a sua personagem, como prosseguir com caixas de diálogo, e a maneira de como objetivos são completados, bem como pode prosseguir para o corredor principal. Caso o jogador também tente cair de uma janela ou plataforma, este também aprende que a sua personagem volta ao início do nível caso o tente.



Figura 9 – Nível 1-1.

Depois do jogador carregar no Esc, este é transportado para o corredor principal, mostrado na Figura 10, onde pode aceder a qualquer outro nível. Cada porta para um nível, ou sala, contem não só o número do mesmo para identificar a ordem suposta para entrar, mas também contem indicadores de completação de níveis – caso um nível esteja por completar, este tem uma luz amarela, mas caso um nível esteja completo, este fica verde com um indicador “*Feito!!*” à sua frente e uma luz verde. O corredor também tem uma porta enorme à frente de uma bandeira, pedindo ao jogador para completar todos os níveis caso queira ver o que essa porta esconde – o que na verdade é o documento final.



Figura 10 – Corredor principal.

O nível 1-2 da Figura 11 é o que introduz o conceito do sintetizador molecular ao jogador. Este nível pede ao jogador para abrir o sintetizador para construir a fórmula química de Néon, visível na Figura 12. Como esta fórmula é feita de apenas um elemento *Ne*, o jogador apenas tem de carregar no elemento Néon (ou *Ne*) para completar este objetivo, mas também lhe é pedido para usar o Néon para o disparar para os caminhos apresentados ao utilizador – cada secção deste caminho contém apenas uma parte caminhável, as outras partes sendo falsas e sem colisão. O Néon só colide com as partes verdadeiras, deixando o utilizador verificar quais este pode andar e quais este irá cair através, visível na Figura 13.

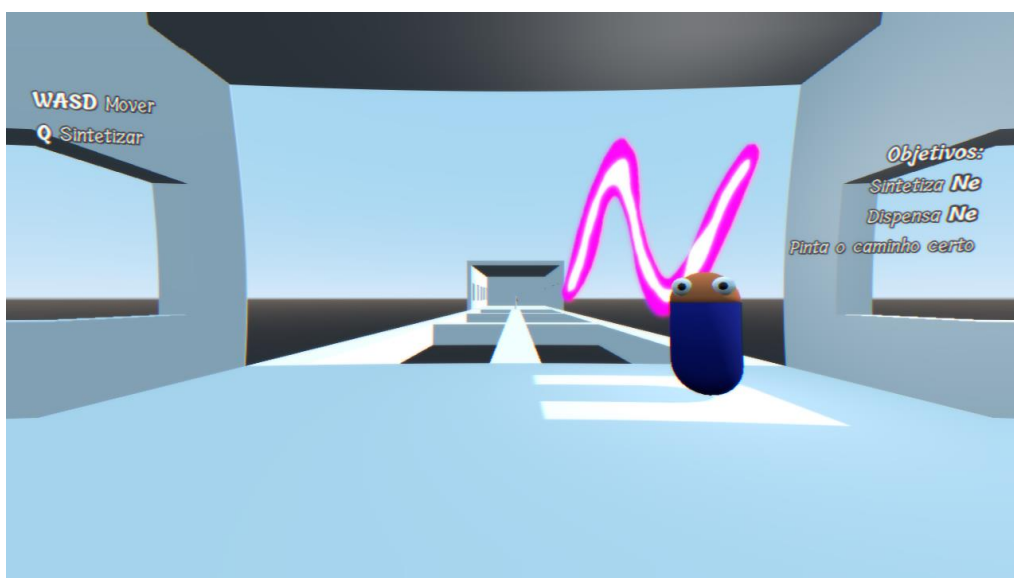


Figura 11 – Nível 1-2.



Figura 12 – Ecrã do sintetizador molecular.

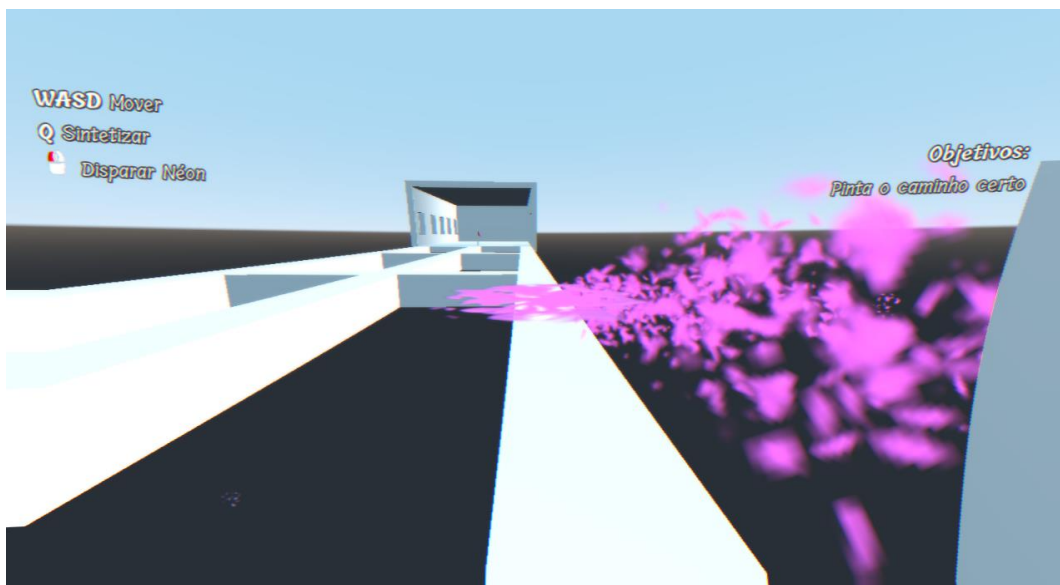


Figura 13 – O jogador a disparar Néon, pintando o caminho verdadeiro.

O nível 1-3 introduz o conceito de ligações moleculares. O utilizador tem de lavar um autocarro e encher o seu depósito, na Figura 14, tendo de sintetizar Água (ou H_2O) e Hidrogénio (ou H_2) para a tarefa respetiva. Ao arrastar cada elemento um para cima do outro, o jogador pode criar ligações entre os mesmos, formando fórmulas de múltiplos elementos. Este também pode apagar ligações ou até os próprios elementos que as compõem.



Figura 14 – Nível 1-3.

O nível 1-4 introduz a primeira fórmula que contém ligações duplas. O jogador tem de derrubar uma parede de metal, na Figura 15, para prosseguir para o objetivo que contém a bandeira do final do nível. Para isso, tem de formular Ácido Acético (ou $C_2H_4O_2$), esta contendo uma forma de síntese específica na sua configuração, mas

também precisando de uma ligação dupla entre ambos os elementos de Carbono. O professor neste nível oferece ajuda ao mostrar um gráfico com a forma de sintetização da fórmula, mas não diz quais os elementos para cada cor – isto tem de ser o jogador a descobrir. Depois de completar este objetivo, o jogador pode então fertilizar um monte de terra com Amônia (ou NH_3) para completar o nível.

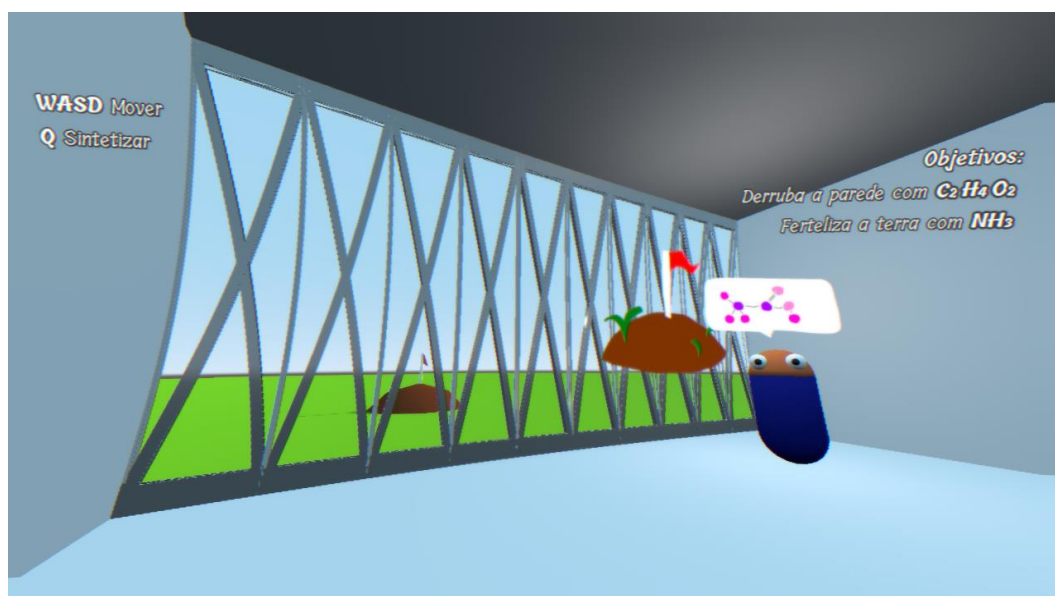


Figura 15 – Nível 1-4.

O nível 1-5 põe o jogador à frente de uma parede suja de tinta, mostrado na Figura 16. Este precisa da fórmula de Acetona (ou $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) para a limpar, sendo a fórmula mais complicada do jogo. O professor deste nível mostra mais uma vez a configuração certa para esta fórmula, já que um jogador pode tentar construí-la de várias formas, ficando preso neste nível.

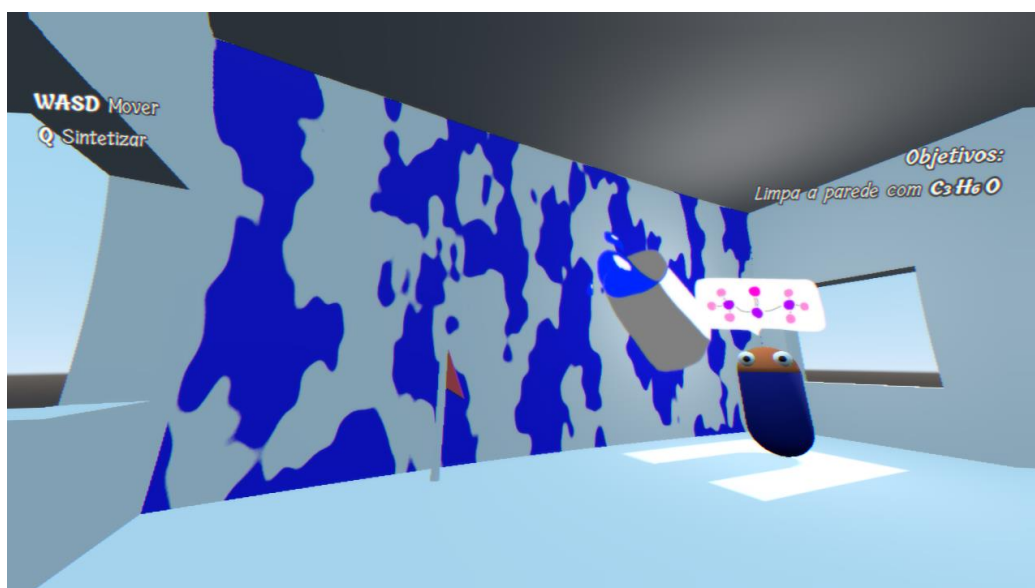


Figura 16 – Nível 1-5.

O nível 1-6 é um questionário digital, pondo o jogador numa série de salas onde tem de responder a uma pergunta sobre cargas elétricas de prótons, elétrons e neutrões ao atravessar por uma porta de cada vez, visíveis na Figura 17. O jogador é transportado para o início do nível caso tenha qualquer uma das respostas erradas, mas só depois de responder a todas as três.

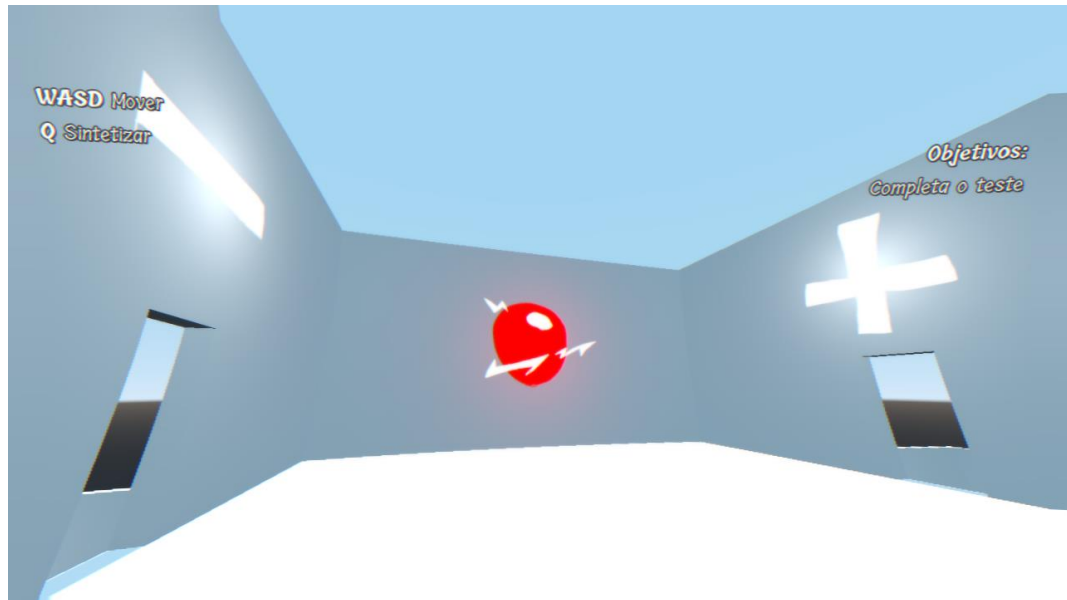


Figura 17 – Nível 1-6.

O nível 1-7 é o último nível de sintetização. Neste nível, o jogador tem de baixar três plataformas ao atingir as mesmas com a fórmula química que cada alvo da plataforma menciona. Depois de cada plataforma ser ativada, o jogador tem de escalar a parede usando as plataformas para chegar à bandeira final, na parte direita da Figura 18.



Figura 18 – Nível 1-7.

Depois do jogador completar todos os níveis, a porta enorme do corredor principal abre-se, mostrando o último professor do jogo estando à espera do jogador, como mostra a Figura 19. Este dá os parabéns ao jogador por completar o jogo, dando-lhe um último objetivo – completar um formulário com algumas questões sobre a sua experiência com o jogo, sobre a sintetização de algumas fórmulas, e o que achou do jogo em geral, como na Figura 20. Depois de o jogador submeter o formulário, o jogo fecha-se e produz um ficheiro de texto que será então usado para agregar os dados submetidos neste formulário, bem como o tempo que cada nível demorou a completar.

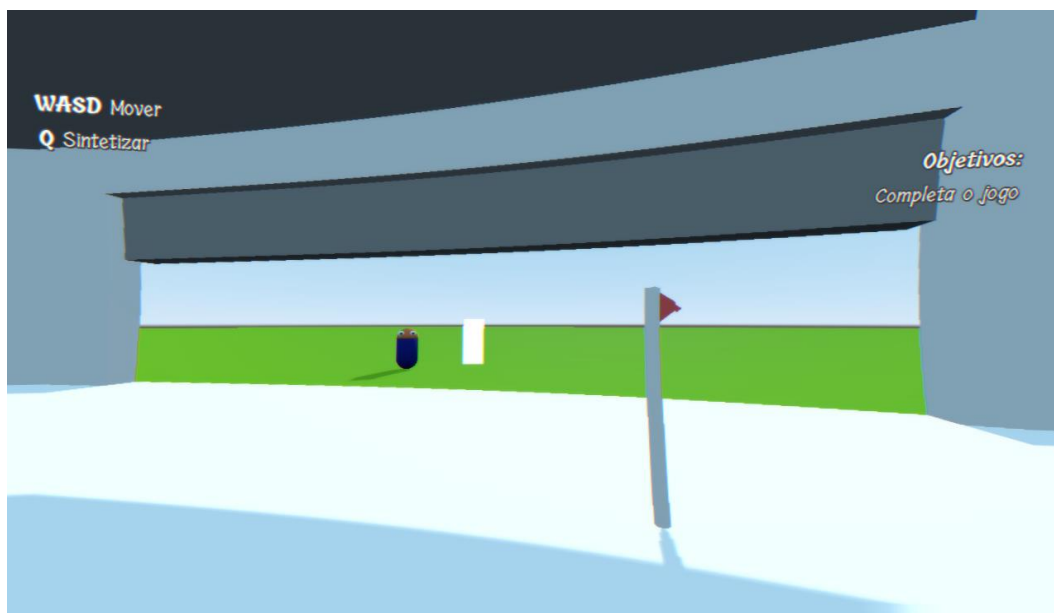


Figura 19 – Corredor principal, com a porta enorme a ser aberta.

Nome: Escreve o teu nome aqui	1. Que tipo de ligações de elementos químicos existem? Simples
Sexo: Escreve o teu sexo aqui	2. As substâncias são construídas por... Só um elemento químico
O que achaste deste jogo? Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	3. As ligações na molécula da água são... 2 simples H-O
O que achaste de cada nível? Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	4. Quantas ligações existem na molécula CH ₄ ? 1
Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	Se poderes, escreve aqui o que achaste em maior detalhe: Exemplos: O nível X foi demasiado difícil, porque (...); O sistema Y é um pouco confuso, porque (...); O nível Z foi o meu favorito, porque (...); Etc.
Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	
Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	
Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	
Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	
Não gostei <input type="range"/> Gostei bastante	
<input type="button" value="Completar"/>	

Figura 20 – Formulário final.

5. Testes

O jogo foi testado por vários grupos de utilizadores, em ambientes controlados, durante o seu desenvolvimento. O protocolo de testes utilizado, foi testagem com vários utilizadores sem qualquer intervenção do autor, utilizando a agregação de dados para a análise dos resultados.

5.1. Testes do Protótipo

A primeira iteração do jogo que foi testada continha uma lista de elementos vertical no sintetizador, que mostrava alguns detalhes sobre cada elemento. Isto provou não ser muito eficaz para procurar elementos, sendo depois substituído por uma tabela periódica, como se ilustra na Figura 21.

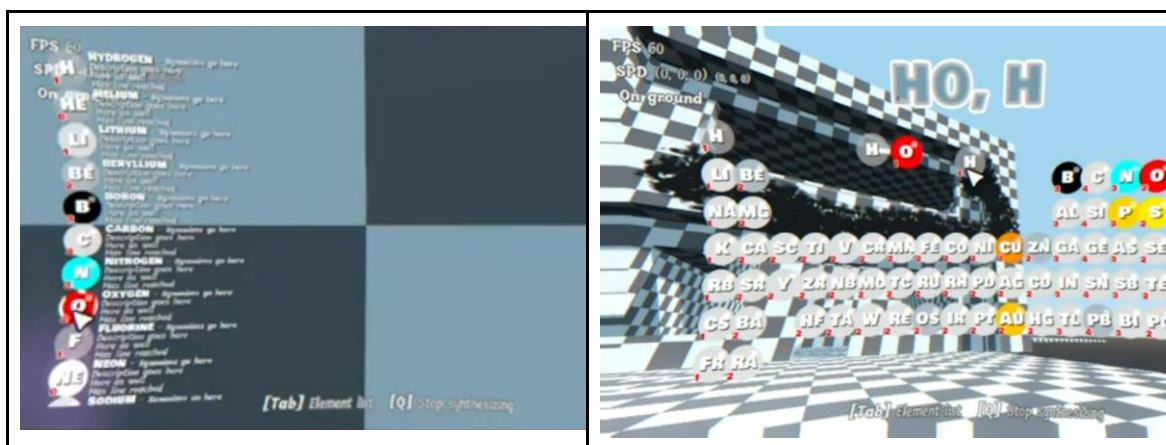


Figura 21 – O primeiro menu do sintetizador na esquerda, e a próxima versão na direita.

Nos primeiros testes, os utilizadores também tinham dificuldades na procura de objetivos. Como o jogo inicialmente era num único nível - uma grande escola - com vários objetivos espalhados pelo nível, alguns dos utilizadores não conseguiam encontrar alguns dos objetivos. Isto foi exacerbado devido aos controlos da personagem do jogador, inicialmente tendo controlos de voo, que apesar de ajudarem o jogador a chegar a sítios mais rapidamente, não eram fáceis de ativar. Os designs dos níveis e dos controlos foram então revistos, para serem mais concisos e simples, como se ilustra na Figura 22.

Concluídas estas alterações, uma primeira versão ficou disponível para ser testada em ambiente real.

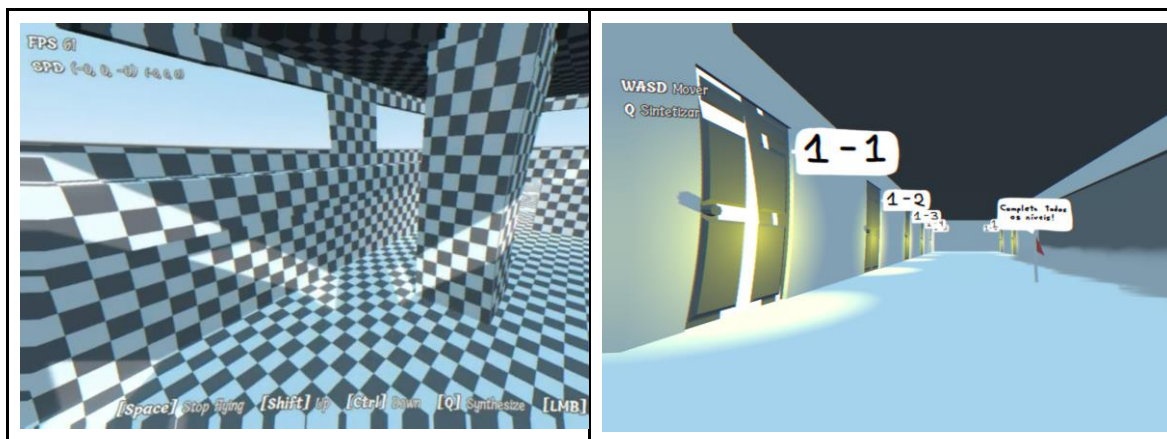


Figura 22 – O primeiro design do nível do jogo na esquerda, e a próxima versão na direita.

5.2. Testes em Salas de Aula

Depois do protótipo do jogo ter sido aperfeiçoado, este foi enviado para várias turmas com as quais os professores aceitaram testar o jogo em ambiente real, efetuados em dias diferentes, sem a presença do autor do jogo ou alguém com conhecimentos do mesmo. Apesar do jogo ser direcionado a alunos do 7º até ao 12º ano, apenas turmas de 10º ano foram testadas. Antes dos professores darem o jogo aos alunos, estes também testaram o jogo, e todos conseguiram completá-lo sem dificuldades.

Testes - Turma 1

A primeira turma, à qual foi disponibilizado o jogo, é composta por 6 estudantes, todos no 10º ano, não havendo qualquer identificação dos mesmos, tendo em conta a proteção de dados, identificando os participantes com a palavra “Estudante”, seguida de um número sequencial com início em 1. Foi tido em consideração a duração em segundos de cada nível, bem como a respetiva conclusão com sucesso. Os resultados produzidos são apresentados respetivamente na Figura 23 e 24.

Com estes dados, podemos notar-se que, com a exceção da estudante 4, o nível 1-1, foi sempre completado em menos de 60 segundos. Devido ao desempenho do estudante, nos níveis seguintes, encaixar no resto da média, isto pode ser o resultado de ter aberto o jogo antes dos restantes colegas, e como o jogo se inicia no nível 1-1, o tempo de espera conta para o tempo final.

O estudante 3, esteve consistentemente entre os estudantes mais rápidos a completar cada nível, mas demorou mais de 6 minutos no nível 1-5. É possível que,

devido à velocidade do estudante no resto dos níveis, este decidiu esperar no último nível para acompanhar os seus colegas. Também é possível que tenha tido alguma dúvida, e esperou pela ajuda de um professor, quando o resto da turma tenha chegado a este nível. Uma situação semelhante aconteceu no gráfico dos estudantes 5 e 6, mas no nível 1-5.

Duração de cada nível em segundos

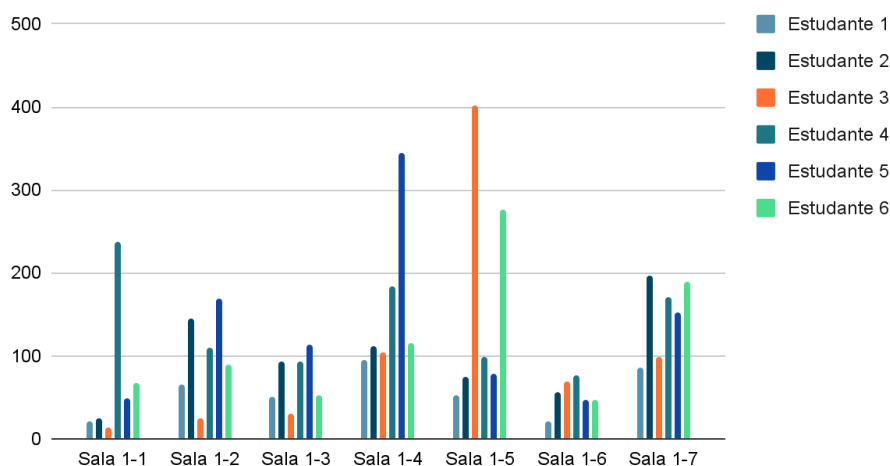


Figura 23 – O tempo que cada aluno da turma 1 demorou em cada nível.

Avaliação de cada nível

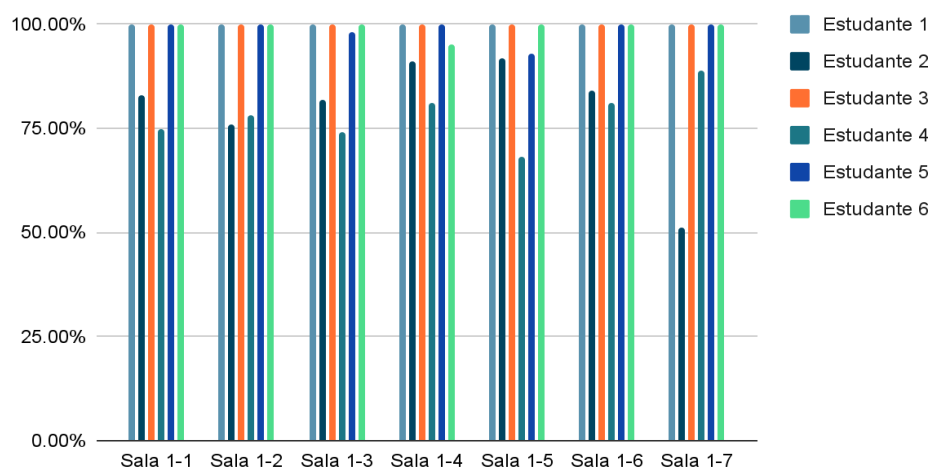


Figura 24 – A avaliação dos alunos da turma 1 para cada nível.

Os estudantes 1, 3, 5, e 6 responderam todos às questões dos níveis com resultados muito positivos, enquanto as estudantes 2 e 4 obtiveram resultados menos favoráveis. É provável que este seja o resultado destes estudantes não terem tanta experiência com videojogos, ou de não gostarem do método de ensino.

A maioria dos estudantes decidiu não escrever nada no campo de texto final, e enquanto o estudante 1 mencionou que "*não é preciso mudar nada*", o estudante 6 notou que "*não sabia a fórmula de uma cetona*."

Todos os estudantes responderam ao questionário final de avaliação de conhecimentos, com todas as respostas certas.

Testes - Turma 2

A segunda turma também é composta por 6 estudantes do 10º ano, replicando as condições aplicadas à Turma 1, sendo os resultados ilustrados do tempo gasto em segundos ilustrada na Figura 25 e a avaliação de cada nível na Figura 26. Para efeitos de identificação, foi usado o mesmo método, continuando a numeração sequencial.

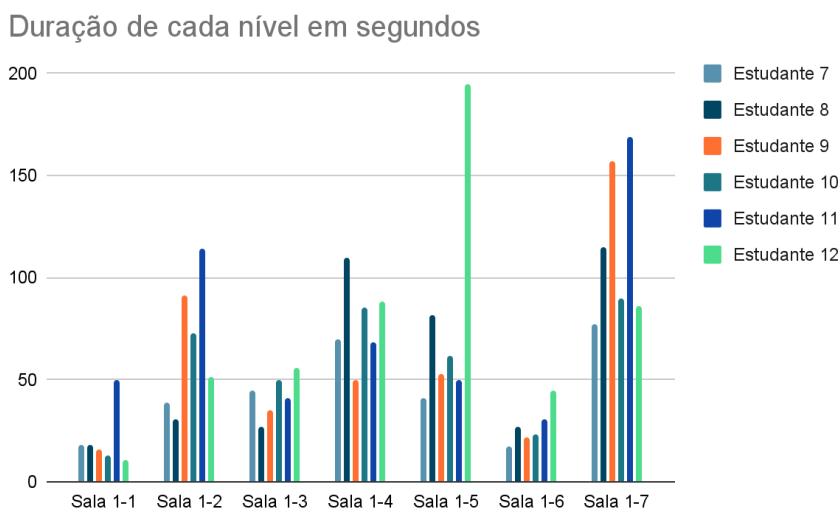


Figura 25 – O tempo que cada aluno da turma 2 demorou em cada nível.

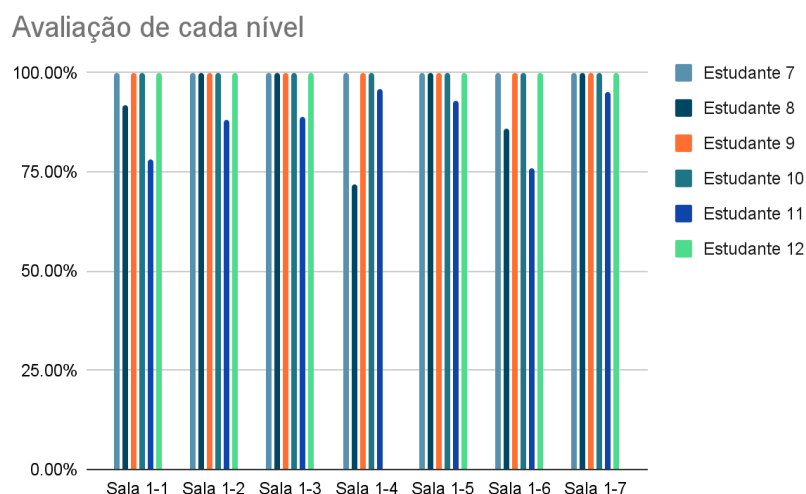


Figura 26 – A avaliação dos alunos da turma 2 para cada nível.

Com estes dados, podemos notar que todos os estudantes conseguiram passar o nível 1-1 com facilidade, enquanto o nível 1-2, já demorou mais de um minuto, para alguns estudantes. O estudante 12, demorou mais de três minutos no nível 1-5 - isto pode ser devido ao elemento desse nível ser o mais complicado de formular, não só em termos de número de moléculas como em termos da forma como se ligam.

Alguns estudantes demoraram mais tempo no nível 1-7, mas não é possível concluir muito a partir do gráfico, sem as indicações dos mesmos. A suposição, é não no desafio de sintetização dos três elementos necessários para baixar as plataformas, mas no desafio de saltar entre cada uma das plataformas.

Apesar de novamente parte dos estudantes terem uma avaliação de 100% em todos os níveis, existem algumas exceções. Notavelmente, o nível 1-4 recebeu a pontuação mais baixa de todos devido à avaliação de 0% do estudante 12, 72% do estudante 8, e 96% do estudante 11. Isto pode ser devido, a ser o primeiro nível que introduz elementos com ligações duplas, bem como ser um nível com dois objetivos que têm de ser completos em ordem, não deixando os estudantes prosseguirem caso não concluem o primeiro objetivo.

Nenhum dos estudantes efetuou comentários ao jogo. Todos os estudantes responderam ao questionário com todas as respostas certas, um estudante não respondeu a qualquer questão.

Testes - Turma 3

A terceira turma é composta por 13 estudantes, replicando as condições aplicadas às turmas anteriores. O tempo gasto em segundos ilustra-se na Figura 27, e a avaliação de cada nível na Figura 28. Para efeitos de identificação, foi usado o método semelhante, continuando a numeração sequencial.

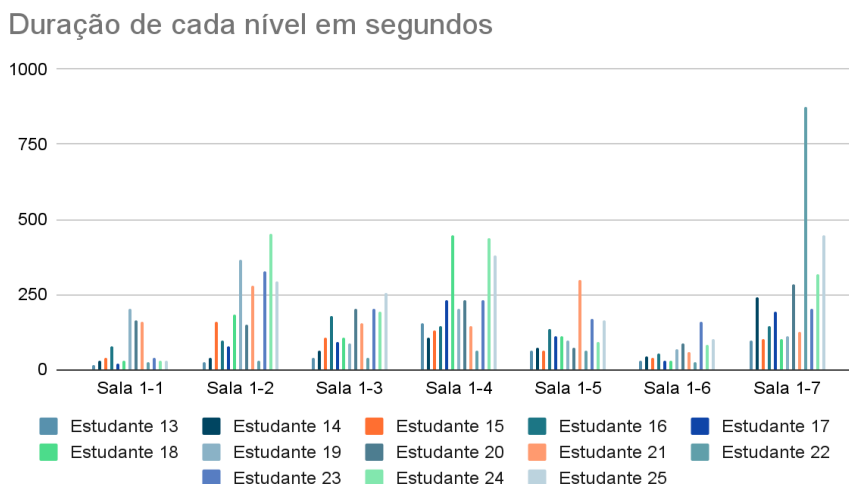


Figura 27 – O tempo que cada aluno da turma 3 demorou em cada nível.

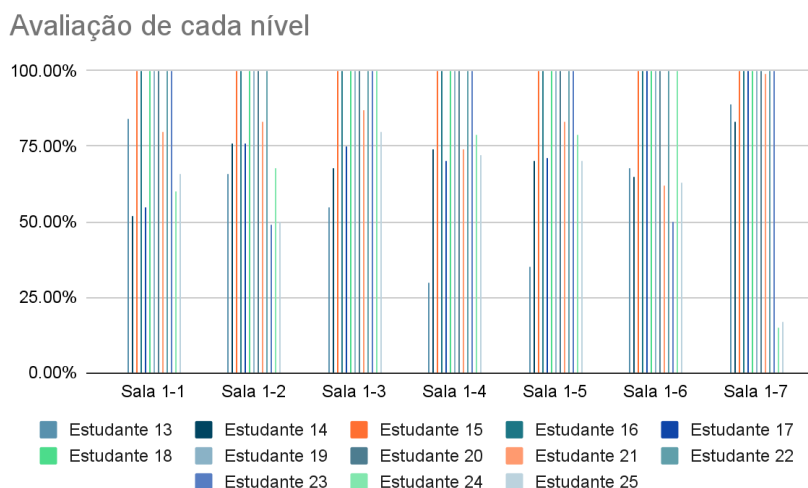


Figura 28 – A avaliação dos alunos da turma 3 para cada nível.

Observando os resultados, pode constatar-se que novamente, todos os estudantes conseguiram passar o nível 1-1 com facilidade, com a exceção de alguns estudantes que, apesar de demorarem mais nos primeiros dois níveis de tutorial, rapidamente se encontraram novamente na média dos outros estudantes.

A razão do estudante 22 demorar mais de 15 minutos no último nível é desconhecida, já que nos dados registados, o montante de tempo total onde o jogador está parado não é registado, mas devido ao comentário que o mesmo efetuou, mencionando que *“falta modo de história e multiplayer para jogar com os amigos, também podem melhorar os gráficos e otimizar a jogabilidade,”* não é provável que o estudante tenha tido problemas neste nível – mais provável é ter esperado pelos colegas antes de avançar.

O estudante 13 comentou que “o jogo parou de dar a meio, no nível 4,” sendo o único erro de funcionamento notado por todos os estudantes. É desconhecido se “parou de dar” foi devido ao jogo sofrer de um *crash*, fechando a janela do jogo, ou se alguma funcionalidade da personagem deixou de responder aos controlos do jogador. Os estudantes 16, 17 e 21 mencionaram aspetos positivos do jogo, referindo respetivamente: “Gostei bastante do jogo e também gostaria que houvessem mais níveis”, “O jogo estava bem acessível e divertido sendo uma boa maneira diferente de aprender” e “Gostei muito de fazermos as ligações químicas de cada elemento. Gostaria que houvessem mais elementos para sintetizarmos”. Ainda, o estudante 24 mencionou “Achei o último nível difícil porque não conseguia saltar,” sendo este aspeto ficou refletido na sua avaliação e desempenho.

Quanto ao questionário final, o estudante 14 errou na última pergunta, o estudante 23 errou a segunda, e os estudantes 24 e 25 erraram na segunda e terceira pergunta da mesma maneira. É possível que os dois últimos tenham estado lado-a-lado a resolver as questões juntos.

Agregação dos Resultados

A agregação de todas as turmas onde testes foram realizados têm então os seguintes resultados:

- Os níveis mais rapidamente completados foram o 1-1 e 1-6;
- O nível que demorou mais tempo foi o 1-7;
- O nível 1-3 teve a melhor votação;
- O nível 1-4 teve a pior votação.

Duração de cada nível em segundos

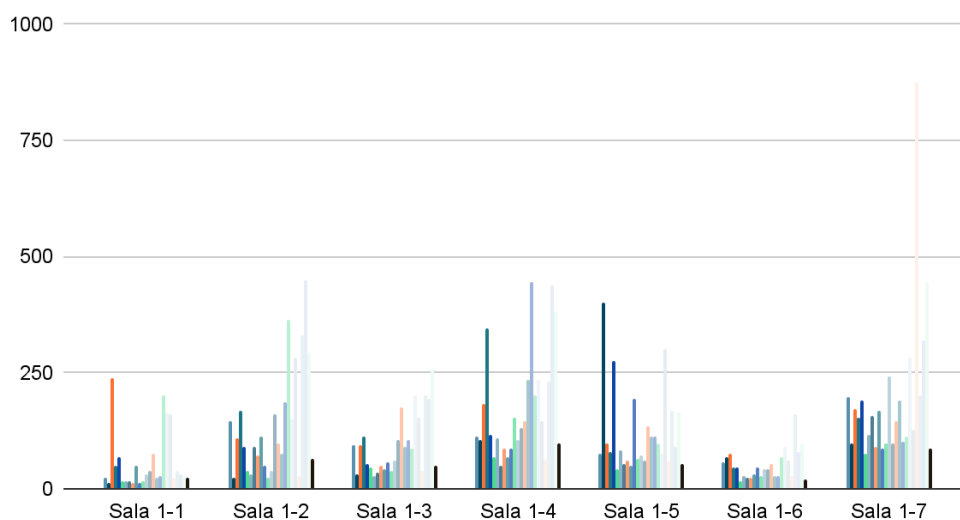


Figura 29 – O tempo que cada aluno demorou em cada nível.

Avaliação de cada nível

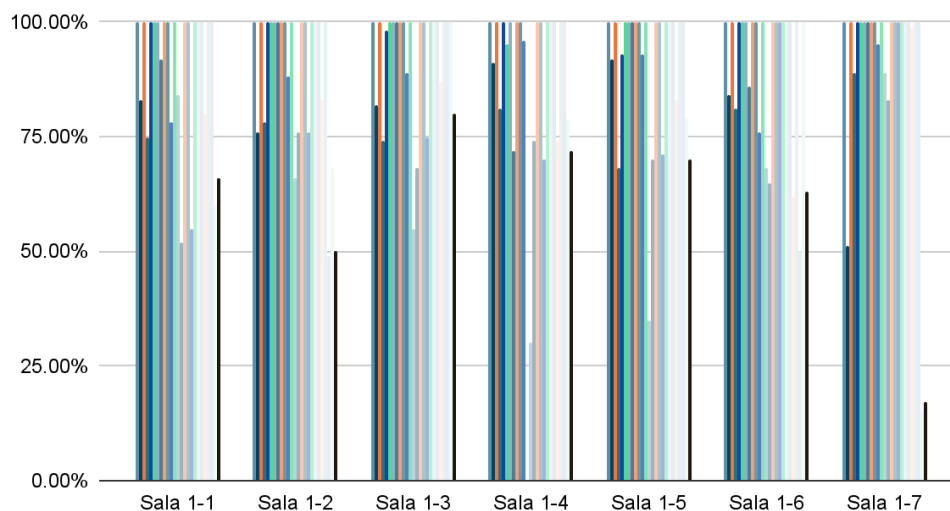


Figura 30 – A avaliação dos alunos para cada nível.

Todos os níveis que os estudantes jogaram tiveram um desempenho agregado equilibrado, com o nível 1-3 – onde os estudantes lavam e abastecem um autocarro – a ser mais apreciado, e o nível 1-4 – o primeiro com dois objetivos sequenciais e a primeira fórmula mais complicada – o menos apreciado.

Em termos de desempenho dos estudantes, os níveis 1-1 e 1-6 – sendo estes o tutorial de movimento e o quiz de cargas elétricas, respetivamente – foram os níveis que demoraram menos tempo a completar, o que era expectável. Também esperado foi o último nível, 1-7, que demorou mais tempo, já que este contém não só três desafios de sintetização molecular, mas também um desafio de movimentação, levando o jogador a saltar de plataforma a plataforma. O nível médio de tempo mais inesperado foi o 1-5, isto porque contém a sintetização mais complicada do jogo, tendo 10 elementos com vários tipos de ligações, necessitando uma forma específica. Apesar disso, demorou ~25% menos tempo que o nível anterior, que continha um objetivo com uma fórmula com menos 2 elementos e outro objetivo depois desse, mesmo sendo mais simples.

6. Conclusões e Trabalho Futuro

Foi descrito o problema encontrado em relação à gamificação em espaço educacional, bem como proposta uma solução para desenvolver. Foi efetuada uma pesquisa sistemática usando a metodologia PRISMA, considerando aspetos relacionados com a gamificação, com o objetivo de suportar a componente educacional ao nível das ciências. A limitação desta pesquisa, prende-se com a escolha das bases de dados, bem como a seleção do conjunto de palavras chave utilizado, resultado no número de estudos científicos apresentados e analisados.

Foi proposta uma solução de gamificação aplicada a alguns conteúdos de química, para ensino de construção de fórmulas químicas. Foi descrito o jogo a desenvolver, bem como a sua jogabilidade e o que o jogador faz no próprio jogo. Foram definidas, as diretrizes de jogabilidade e os objetivos de ensino didático, bem como definidos os desenhos de cada nível em *storyboards*, tendo sido implementado um jogo, bem como descritas as funcionalidades da personagem do jogador. Foi também referido o que o jogador faz em cada nível, descrevendo os objetivos de cada um dos mesmos, bem como mostrados todos os ecrãs de funcionalidades. Finalmente, foram apresentados um conjunto de testes ao jogo, tanto em versão de protótipo como em versão final, tendo sido os resultados de cada turma analisados, bem como os resultados agregados finais dos mesmos.

Com a análise dos resultados e os comentários dos estudantes, podem concluir-se vários factos:

1. O jogo foi suficientemente acessível para os estudantes, já que nenhum estudante teve problemas em completar todos os níveis;
2. O jogo conseguiu oferecer um ambiente onde os estudantes conseguiram aprender aspetos básicos de como moléculas são sintetizadas, sem grande dificuldade no avanço de cada nível;
3. O desejo de vários estudantes de quererem ver mais níveis fornece um caminho para ensinar aspetos mais avançados de como elementos podem ser construídos em ambiente de videojogo;
4. O facto de pelo menos um estudante desejar um modo multiplayer, e as assunções prévias de estudantes esperarem por colegas antes de avançarem sozinhos, fornece um caminho para explorar a criação de níveis onde estudantes podem colaborar;
5. Algumas das respostas dos estudantes estarem erradas, mostra uma falta de explicações mais concisas. Maneiras de aprendizagem mais memorizáveis seria uma área importante para desenvolver;
6. Apesar da mecânica dos dois últimos níveis ser diferentes – um ser um questionário onde não é necessária a sintetização, e outro ser necessário saltar entre plataformas – mostra uma mudança menos desejável.

7. A pontuação agregada ser de ~90%, mostra que o jogo foi um sucesso nas salas de aula.

Em termos de trabalho futuro, *Brew It Yourself* tem bastante potencial para uma sequência no futuro. Incluir mais fórmulas para sintetizar é natural, mas também aumentar a capacidade do sintetizador, mostrando as cargas de átomos, e deixando o jogador sintetizar muitos mais elementos, usufruindo desses novos elementos para desafios, onde podem ser utilizados sem serem explicitamente mencionados.

Aumentar o nível de colaboração entre os estudantes também seria desejável, criando níveis onde um estudante possa precisar da ajuda de um ou mais outros colegas para completar um objetivo. O professor, também poderia participar no jogo, tendo alguma ajuda extra para oferecer aos estudantes. Isto tudo seria combinado num sistema de jogo em rede, com os alunos e o professor todos juntos no mesmo mundo virtual para se ajudarem uns aos outros.

Mais e melhores níveis seriam uma boa inclusão, aumentando gradualmente o desafio dos objetivos dos mesmos, e tendo mais detalhe em cada nível – mesmo num jogo com superfícies brancas, existem maneiras de aumentar a beleza de um nível sem sacrificar o aspeto do mesmo. Talvez até a inclusão de um editor de níveis possa ser uma ideia digna de mais investigação, não só para os professores darem novos desafios aos estudantes, mas também para os próprios estudantes oferecerem aos seus colegas.

O jogo atual mostra que há interesse em desenvolver a ideia, a partir dos seus próprios utilizadores. Pela análise do autor, este é o único jogo de momento que combina a sintetização de moléculas com um uso funcional dentro do mundo virtual do jogo, sendo um grande aspeto onde este se destaca. É possível que mais pessoas, mesmo não tendo interesse inicialmente no mesmo, pudessem vir a ter algum desejo em experimentar uma sequência se esta não for explicitamente divulgada como uma solução de aprendizagem, mas sim como um jogo, tal como *Roblox* ou *Minetest*. Jogos que sejam divulgados como “para educação” podem ser vistos por estudantes como chatos ou aborrecidos, enquanto os mesmos estudantes podem vir a ter algum interesse em ciências caso outros jogos que gostem de jogar tenham *capacidade e habilidade* de serem postos em ambientes educacionais sem grandes mudanças. Valeria a pena experimentar com uma sequência que seja flexível o suficiente não só para educação.

Referências

- [1] Roblox. <https://www.roblox.com>, September 2006. Accessed: 5-Mar-2023.
- [2] The Next Chapter of Teaching and Learning on Roblox. <https://blog.roblox.com/2021/11/next-chapter-of-teaching-and-learning-on-roblox>, November 2021. Accessed: 5-Mar-2023.
- [3] The Programming Language Lua. <https://www.lua.org>, October 2022. Accessed: 5-Mar-2023.
- [4] Luau | Roblox Creator Documentation. <https://create.roblox.com/docs/scripting/luau>, March 2023. Accessed: 5-Mar-2023.
- [5] Tomorrow Corporation : Human Resource Machine. <https://tomorrowcorporation.com/humanresourcemachine>, October 2015. Accessed: 5-Mar-2023.
- [6] Tomorrow Corporation : Human Resource Machine: Hour of Code Edition. <https://tomorrowcorporation.com/human-resource-machine-hour-of-code-edition>, November 2016. Accessed: 5-Mar-2023.
- [7] Minetest - Open source voxel game engine. <https://www.minetest.net>, April 2012. Accessed: 5-Mar-2023.
- [8] Minetest for Education - Minetest. <https://www.minetest.net/education>, October 2020. Accessed: 5-Mar-2023.
- [9] Mining for Education | OCS-Mag. <https://www.ocsmag.com/mining-for-education>, April 2016. Accessed: 5-Mar-2023.
- [10] Teacher Squeaks: Learning with Minetest Part 1: Rolling out Minetest in Pre-Primary. <http://teachersqueaks.blogspot.com/2016/08/minewhat-rolling-out-minetest-in-pre.html>, August 2016. Accessed: 5-Mar-2023.
- [11] Video games 'teach more than school'. <https://www.theguardian.com/technology/2003/jul/20/games.schools>, July 2003. Accessed: 5-Mar-2023.
- [12] How to Use Gamification in Your Classroom to Encourage Intrinsic Motivation – Waterford.org. <https://www.waterford.org/education/gamification-in-the-classroom/>, July 2019. Accessed: 5-Mar-2023.
- [13] Best Practices for Gamification in Schools – The Tech Edvocate. <https://www.thetechedvocate.org/best-practices-for-gamification-in-schools/>, March 2018. Accessed: 5-Mar-2023.

- [14] M. J. Page e et al, "PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews," pp. BMJ, vol. 372, Mar. 2021, doi: 10.1136/BMJ.N160, 07 05 2022
- [15] Tariq Bouzid, Hassane Darhmaoui, and Fatiha Kaddari. 2017. Promoting elementary mathematics learning through digital games: Creation, implementation and evaluation of an edutainment game to promote basic mathematical operations. In Proceedings of the 2nd international Conference on Big Data, Cloud and Applications (BDCA'17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 95, 1–4. <https://doi.org/10.1145/3090354.3090451>. Accessed: 1-Nov-2021.
- [16] Brian Holtkamp, et al. 2019. Enhancing subject matter assessments utilizing augmented reality and serious game techniques. In Proceedings of the 14th International Conference on the Foundations of Digital Games (FDG '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 46, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3337722.3337743>. Accessed: 1-Nov-2021.
- [17] María del Carmen Córdova Martínez and Reynaldo Alfonte Zapana. 2021. Collaborative game model for teaching physics using smartphone sensors. In Proceedings of the 2020 4th International Conference on Education and E-Learning (ICEEL '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 6–10. <https://doi.org/10.1145/3439147.3439153>. Accessed: 1-Nov-2021.
- [18] B. Park and D. T. Ahmed, "Abstracting Learning Methods for Stack and Queue Data Structures in Video Games," *2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, Las Vegas, NV, USA, 2017, pp. 1051-1054, doi: 10.1109/CSCI.2017.183. Accessed: 1-Nov-2021.
- [19] S. P. Sarkar, B. Sarker and S. K. A. Hossain, "Cross platform interactive programming learning environment for kids with edutainment and gamification," *2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)*, Dhaka, Bangladesh, 2016, pp. 218-222, doi: 10.1109/ICCITECHN.2016.7860198. Accessed: 1-Nov-2021.
- [20] C. Gütl, C. Cheong, F. Cheong, V. Chang, S. Z. Nau and J. Pirker, "Expectations of the generation NeXt in higher education: Learning engagement approaches in information sciences subjects," *2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, Firenze, Italy, 2015, pp. 205-214, doi: 10.1109/ICL.2015.7318027. Accessed: 1-Nov-2021.
- [21] E. A. Pacheco Velazquez, "The use of bussines simulators in teaching logistics," *2015 International Conference on Interactive Collaborative and Blended Learning (ICBL)*, Mexico City, Mexico, 2015, pp. 57-60, doi: 10.1109/ICBL.2015.7387634. Accessed: 1-Nov-2021.

- [22] J. Isaac and S. V. Babu, "Supporting computational thinking through gamification," *2016 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, Greenville, SC, USA, 2016, pp. 245-246, doi: 10.1109/3DUI.2016.7460062. Accessed: 1-Nov-2021.
- [23] M. Venter, "Gamification in STEM programming courses: State of the art," *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Porto, Portugal, 2020, pp. 859-866, doi: 10.1109/EDUCON45650.2020.9125395. Accessed: 1-Nov-2021.
- [24] F. Pires et al., "Gamification and Engagement: Development of Computational Thinking and the Implications in Mathematical Learning," *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Maceio, Brazil, 2019, pp. 362-366, doi: 10.1109/ICALT.2019.00112. Accessed: 1-Nov-2021.
- [25] T. H. Frøland *et al.*, "mStikk - A Mobile Application for Learning Phlebotomy," *2019 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, Naples, Italy, 2019, pp. 499-506, doi: 10.1109/CogInfoCom47531.2019.9089979. Accessed: 1-Nov-2021.
- [26] L. Carlos Begosso, L. Ricardo Begosso and N. Aragao Christ, "An analysis of block-based programming environments for CS1," *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Uppsala, Sweden, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/FIE44824.2020.9273982. Accessed: 1-Nov-2021.
- [27] S. Costa, C. Fiolhais, M. Fiolhais, V. Gil, C. Morais, J. Paiva, *Universo FQ*.
- [28] Illustrated Glossary of Organic Chemistry. https://www.chem.ucla.edu/~harding/IGOC/K/kekule_structure.html. June 2016. Accessed: 5-Mar-2023.
- [29] Hill system. https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Hill_system.html, September 2021. Accessed: 5-Mar-2023.
- [30] Godot Engine - Free and open source 2D and 3D game engine. <https://godotengine.org/>, January 2014. Accessed: 5-Mar-2023.