
Uma proposta de Jogo Digital Educativo para Ensino Contextualizado da Tabela Periódica

Israel Pereira Nunes



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Monte Carmelo - MG
2022

Israel Pereira Nunes

**Uma proposta de Jogo Digital Educativo para
Ensino Contextualizado da Tabela Periódica**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como requisito exigido parcial à obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Sistemas de Informação

Orientador: Professor Dr. Rafael Dias Araújo

Monte Carmelo - MG

2022

Este trabalho é dedicado aos meus pais, por nunca terem medido esforços e sempre querer o meu melhor, para minhas irmãs por sempre estarem me motivando e ao meu orientador, que teve paciência e dedicação para me ajudar com todo seu conhecimento.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, porque sem Ele nada disso seria possível.

Gratidão pelos meus pais, que sempre estiveram do meu lado me motivando e dizendo que eu era capaz. Este trabalho é a prova de que os esforços pela minha educação não foram em vão e valeram a pena.

Ao professor Rafael, por ter sido meu orientador, teve bastante paciência comigo esteve presente todas às vezes quando precisei e sempre desempenhando seu trabalho com grande dedicação e maestria.

Gratidão a todo corpo docente da UFU que sempre transmitiram seus conhecimentos com muito profissionalismo.

Aos meus colegas e amigos, pela oportunidade de convívio.

A todos que de forma direta ou indireta participaram do desenvolvimento deste trabalho.

“Sua vida pode ser dividida em dois períodos: antes de agora e a partir de agora.”
(Prof. Obvious Stating)

Resumo

A tecnologia vive uma evolução constante, com isso os professores estão buscando estratégias para evoluir as metodologias de ensino que são bastante tradicionais. Nesse contexto, os jogos podem ser utilizados como ferramenta de auxílio em diversas disciplinas escolares. Especificamente no contexto da disciplina de Química, nota-se um índice alto de dificuldade de aprendizagem e é percebida pelos estudantes como complexa e desinteressante. Dessa forma, este trabalho propõe um jogo digital para ensino contextualizado da Tabela Periódica, para ser utilizado nas disciplinas introdutórias de Química no ensino básico. O processo de concepção do jogo incluiu potenciais usuários da ferramenta por meio de uma sessão de Design Participativo para construção colaborativa. Foi implementado um protótipo funcional como prova de conceito utilizando o *framework* Phaser.JS para validação da viabilidade técnica da proposta, com recursos para que os professores possam criar diferentes fases para explorar os conceitos dos elementos químicos com base na organização da Tabela Periódica atual.

Palavras-chave: Jogos Digitais, Tabela Periódica, Química, Phaser.js, Design Participativo.

Abstract

Technology is constantly evolving, so teachers are looking for strategies to improve teaching methodologies that are quite traditional. In this context, games can be used as a support tool in various school subjects. Specifically in the context of the discipline of Chemistry, there is a high rate of learning difficulties and is perceived by students as complex and uninteresting. Thus, this work proposes a digital game for contextualized teaching of the Periodic Table, to be used in introductory Chemistry subjects in basic education. The game design process included potential users of the tool through a Participatory Design session for collaborative construction. A functional prototype was implemented as proof of concept using the *framework* Phaser.JS to validate the technical feasibility of the proposal, with resources for teachers to create different phases to explore the concepts of chemical elements based on the organization of the current Periodic Table..

Keywords: Digital Games, Periodic Table, Chemistry, Phaser.js, Participatory Design.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Representação gráfica da Tabela Periódica (NOVAIS, n.d.).	19
Figura 2 – Representação diâmetro e circunferência de um círculo.	21
Figura 3 – Função de tempo do Phaser.	22
Figura 4 – Fluxo de atividades da sessão de Design Participativo (DP).	24
Figura 5 – Desenhos das propostas dos grupos: (a) Curiosos, (b) Ansiosos e (c) Extrovertidos.	26
Figura 6 – Diagrama de casos de uso.	28
Figura 7 – Diagrama de sequência para abertura de fase de jogo.	31
Figura 8 – Exemplo de Ajax que representa a busca da fase do jogo.	31
Figura 9 – Trecho de código para carregar imagens dentro do jogo.	32
Figura 10 – Diagrama Entidade-Relacionamento do Game Z.	33
Figura 11 – Interface para cadastro de objetos.	36
Figura 12 – Interface para cadastro de uma fase de jogo.	36
Figura 13 – Interface de listagem das fases de jogo cadastradas.	37
Figura 14 – Captura de tela do início da Fase 1.	38
Figura 15 – Captura de tela de um acerto na Fase 1.	39
Figura 16 – Captura de tela de um erro na Fase 1.	39

Lista de tabelas

Tabela 1 – Valores mínimos, máximos, média e desvio padrão das respostas para as afirmativas na escala Likert.	34
--	----

Lista de siglas

AJAX Asynchronous JavaScript and XML

BD Banco de Dados

DER Diagrama Entidade-Relacionamento

DP Design Participativo

GDD *Game Design Document*

HTTP Hypertext Transfer Protocol

IDE *Integrated Development Environment*

JSON JavaScript Object Notation

SGDB Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

TP Tabela Periódica

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problema	14
1.2	Objetivos	14
1.3	Metodologia	15
1.4	Organização da Monografia	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Conceitos e Definições	17
2.1.1	Jogos Digitais Educacionais	17
2.1.2	Tabela Periódica	18
2.1.3	Design Participativo	20
2.1.4	Phaser.js	21
2.2	Trabalhos Relacionados	22
3	DESENVOLVIMENTO	24
3.1	Concepção do Jogo	24
3.2	Projeto de Software	28
3.2.1	<i>Game Design Document</i>	29
3.3	Implementação	29
3.3.1	Banco de Dados	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Sessão de Design Participativo para Concepção	34
4.2	Prova de Conceito	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
5.1	Trabalhos Futuros	41
5.2	Contribuições em Produção Bibliográfica	41

REFERÊNCIAS	42
APÊNDICES	47
APÊNDICE A – EXEMPLO DE JSON - FASE 1	48

Introdução

Jogos digitais são jogos eletrônicos que são desenhados e desenvolvidos para serem jogados em computador ou em qualquer outro *console* ou dispositivo tecnológico. O universo de jogos digitais prioriza o fornecimento de um ambiente adequado para a narrativa do jogo. As ações e decisões do jogo são delimitadas por regras.

Segundo Schuytéma (2008), “um jogo eletrônico é uma atividade lúdica formada por ações e decisões que resultam numa condição final”. Para que seja desenvolvido um jogo digital de qualidade, Crawford (1997) define quatro elementos fundamentais:

- ❑ **Representação:** um jogo cria uma representação subjetiva e deliberadamente simplificada da realidade emocional, com regras explícitas. Apesar do jogo não ser uma representação objetiva e precisa da realidade, é importante que haja elementos precisos para apoiar a fantasia do jogador.
- ❑ **Interação:** a interação tem um papel fundamental em qualquer tipo de jogo. Em jogos digitais, a interação pode ser realizada de várias formas seja ela real ou não. As interações reais geralmente utilizam realidade virtual e aumentada como interface entre o jogo e o usuário. As interações não reais acontecem apenas dentro do jogo.
- ❑ **Conflito:** alguns conflitos são gerados entre o agente ativo e quem está interagindo. Neste conflito é quando o jogo deve disponibilizar uma forma de inteligência para o jogador. O agente ativo é relacionado com os obstáculos enfrentados pelo jogador que deseja atingir o objetivo.
- ❑ **Segurança:** o ambiente lúdico que o jogo digital promove pode ter um experimento de sensação de perigo, mas sem trazer risco ao jogador de forma direta.

Os jogos digitais podem ser definidos como ambientes atraentes e interativos que capturam a atenção do jogador ao oferecer desafios que exigem níveis crescentes de destreza e habilidades (SAVI; ULBRICHT, 2008). Quando o objetivo principal dos jogos digitais

tem o papel de transmitir alguma mensagem ligada a conhecimento, habilidade ou conteúdo em geral sobre diferentes domínios de aplicação para o jogador, os jogos digitais também são chamados de jogos sérios (LAAMARTI; EID; SADDIK, 2014).

Os jogos digitais no contexto educacional têm, cada vez mais, aumentado seu potencial e têm sido utilizados nas escolas, pois ajudam os estudantes a desenvolverem habilidades e diferentes estratégias de aprendizagem. É importante ressaltar que a estratégia de uso de jogos digitais é diferente do que é conhecido como *gamificação*, que pode ser entendida como a incorporação de estratégias que são usadas em jogos em contextos que não sejam de jogos, especialmente para envolver clientes, alunos e usuários na realização de tarefas cotidianas com recompensas e outros motivadores (PRINCE, 2013).

A utilização de jogos em ambientes de ensino e aprendizagem tem ganhado destaque devido ao apelo motivacional que os jogos trazem (GEE, 2013). Essa abordagem, chamada de aprendizagem baseada em jogos digitais, do inglês *digital game-based learning* (PRENSKY, 2001), traz uma tendência para a criação de soluções de jogos digitais com cunho educacional em diversas áreas do conhecimento e associam a constante interação com a ferramenta com um perfil mais ativo de aprendizagem. Nesse contexto, diversas técnicas podem ser aplicadas, como aprendizagem prática, experimentação, *feedback*, aprendizagem com os erros, aprendizagem guiada por metas e tarefas, aprendizagem guiada por descobertas, aprendizagem contextualizada, aprendizagem colaborativa, dentre outras (PLASS; HOMER; KINZER, 2015; RIBEIRO et al., 2015).

Especificamente no contexto da disciplina de Química, nota-se, historicamente, que essa é uma das disciplinas com um índice alto de dificuldade nas escolas e é percebida pelos estudantes como complexa e desinteressante (MORES et al., 2016; COSTA; ALMEIDA; SANTOS, 2016). Assim, o uso de jogos digitais como parte auxiliar de uma metodologia ativa, pedagogicamente pensados e trabalhados, têm a capacidade de despertar interesse e desenvolver capacidades intelectual e cognitiva nos estudantes (CUNHA, 2012; MATIAS; NASCIMENTO; SALES, 2017).

Dessa forma, a utilização de jogos digitais no contexto da educação constitui um mecanismo importante e relevante para despertar o interesse em aprender dos estudantes (VIEIRA, 2020). Assim, o maior fator motivacional foi usar a tecnologia como auxílio contextualizado dos elementos químicos da Tabela Periódica.

No entanto, ferramentas digitais podem se tornar obsoletas ou até mesmo inutilizadas se não atenderem às expectativas dos usuários finais. O envolvimento de seu público-alvo no processo de criação da proposta tecnológica, em vez de somente profissionais especializados, torna-se essencial para conceber uma ferramenta por meio de um processo mais empático e potencializar a adoção da tecnologia, além de também contribuir para o processo de desenvolvimento do software (NANNEN, 2012; BATTARBEE; SURI; HOWARD, 2014).

Uma das abordagens que permitem a inserção dos usuários no processo de constru-

ção de uma tecnologia é chamada de Design Participativo (DP) (SPINUZZI, 2005), que surgiu na década de 70. Diferentemente de abordagens de *design* centrado nos usuários, onde o *design* acontece “para” o usuário, na abordagem participativa, o *design* é feito “com” os usuários. Assim, os objetivos são atingidos por meio da interação direta dos usuários com profissionais especialistas em desenvolvimento de software em um processo de construção conjunta e a possibilidade de tomada de decisões de projeto pelos próprios usuários. Embora o DP aconteça durante todo o ciclo de desenvolvimento do software, neste trabalho, o processo de DP concentrou-se apenas na fase de concepção da proposta.

1.1 Problema

A química está presente no nosso dia a dia, ao contrário do que muitas pessoas pensam que está presente somente em laboratórios de pesquisas. Com pouca prática e a falta de aulas experimentais, é uma disciplina que gera desinteresse e desmotivação no Ensino Básico, o que gera dificuldade de aprendizagem da matéria (COSTA; ALMEIDA; SANTOS, 2016). Além disso, (MORES et al., 2016) aponta a necessidade de se criar métodos de ensino e de auxílio às práticas pedagógicas que contextualizem a química no cotidiano dos estudantes, de forma a desenvolver um processo de significação ao aprendizado dessa disciplina.

Dentre os diversos assuntos abordados na disciplina de Química, a Tabela Periódica é um dos mais importantes e um dos conteúdos iniciais abordados, dada sua importância para identificar propriedades dos elementos químicos, seus números atômicos elementos compostos e outros recursos. O problema proposto nesse trabalho partiu da vivência na docência de um professor da disciplina de Química da Educação Básica que relatou a dificuldade que seus alunos demonstravam para aprender a Tabela Periódica e entender sua importância, não só para o contexto da disciplina, como para seu cotidiano. Com isso, esse problema foi estudado à luz de metodologias de ensino e aprendizagem, visando criar uma proposta como suporte ao ensino contextualizado da Tabela Periódica.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é conceber um jogo digital como suporte ao ensino contextualizado da Tabela Periódica (TP) por meio de experiências práticas que mostrem a inserção de tais elementos no cotidiano das pessoas. Os objetivos específicos são:

- ❑ Envolver os potenciais usuários no processo de concepção da proposta;
- ❑ Projetar uma arquitetura que permita que o professor crie fases dinamicamente;
- ❑ Implementar uma prova de conceito utilizando tecnologias para a Web.

O jogo será dividido em fases e níveis, onde cada fase de jogo exercitará um grupo de elementos da TP, de acordo com suas características, como classificação, família, subgrupo e período, contendo, também, objetos do mundo real que contenham tais elementos. Cada fase terá um elemento/objeto a mais e aumentando a dificuldade para exercício dos elementos. Para passar de fase, é necessário ter uma quantidade de acertos do elemento que está sendo exercitado. Neste trabalho, será construído apenas o primeiro nível do jogo com diversas fases, representando os elementos da família 1A (Hidrogênio, Lítio, Sódio, Potássio, Rubídio, Césio e Frâncio).

O software será concebido utilizando a abordagem de design participativo para projetar serviços digitais centrados nos usuários, de modo a envolvê-los nas etapas do projeto do software (FAZANI, 2014). Essa abordagem tem como finalidade a aceitação de ideias de pessoas (neste caso o público seriam alunos de escolas do ensino médio), de como elas imaginam possíveis cenários para o jogo, visando obter uma maior aceitação do produto final. O resultado final esperado é que alunos em geral que tenham dificuldade em química aprendam a matéria se divertindo.

1.3 Metodologia

Neste trabalho, a metodologia se baseou na abordagem de DP (SPINUZZI, 2005) e na construção de uma prova de conceito utilizando o *framework* Phaser.js. Para dar início a esse trabalho, foi utilizada uma sessão de concepção que incluiu possíveis usuários finais da ferramenta¹. Onze estudantes do Ensino Médio com faixa etária de 14 a 17 anos participaram ativamente no processo de concepção da proposta de jogo e foi realizada no âmbito da Escola Estadual Messias Pedreiro.

Para seleção dos participantes, o projeto foi divulgado nas aulas da disciplina de Química na mesma escola e todos os interessados que compareceram no horário estipulado puderam participar do processo, com objetivo de entender quais as maiores dificuldades em química e como o jogo poderia colaborar. Foram utilizados dois momentos, um para que os estudantes respondessem a um questionário de perfil e, no segundo momento, os estudantes foram divididos em grupos para criação colaborativa de propostas de jogos.

Finalmente, com as possibilidades propostas delineadas pelos participantes, construiu-se um protótipo funcional como prova de conceito para verificar a viabilidade de criação desse tipo de jogo digital, bem como incluir recursos para que o professor possa criar diferentes fases de jogo de forma parametrizada. Primeiro, fez-se necessário estudar o funcionamento do *framework* Phaser.js por meio da implementação de exemplos encontrados em seu website. Para a implementação do jogo utilizamos o Visual Studio Code que é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (do inglês, *Integrated Development Environment* (IDE)).

¹ Projeto registrado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa - CAAE 12075519.3.0000.5152

1.4 Organização da Monografia

O Capítulo 2 descreve os principais conceitos relacionados com a proposta deste trabalho, bem como os trabalhos relacionados; o Capítulo 3 apresenta os detalhes da execução do trabalho e da criação da abordagem proposta; o Capítulo 4 traz os as discussões acerca dos resultados obtidos; e, por fim, o Capítulo 5 traz as considerações finais e trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta os conceitos e definições importantes para o entendimento do trabalho, bem como uma discussão sobre os trabalhos relacionados encontrados na literatura.

2.1 Conceitos e Definições

2.1.1 Jogos Digitais Educacionais

Jogo é uma ferramenta que está inserido na vida de uma criança desde o seu nascimento, jogos simples são fundamentais para crianças se desenvolverem e assimilar algumas coisas. Um exemplo seria o jogo da memória, onde a criança tem uma experiência de assimilar as peças de uma forma divertida. Os jogos têm uma capacidade de facilitar o aprendizado e exercitar a mente das pessoas. Com toda evolução tecnológica e com a geração atual para utilização de jogos educacionais digitais vem crescendo de forma significativa nas instituições de ensino, devido a forma prática, lúdica e interativa, e vem trazendo vários benefícios para a aprendizagem dos alunos. Os jogos digitais podem ser definidos como ambientes atraentes e interativos que capturam a atenção do jogador ao oferecer desafios que exigem níveis crescentes de destreza e habilidades (SAVI; ULBRICHT, 2008).

Uma das categorias de jogos digitais, chamada de jogos sérios, são jogos projetados não apenas para entretenimento, mas também para auxiliar por meio de atividades lúdicas um amplo espectro de áreas de aplicação, por exemplo, militares, governamentais, educacionais, de saúde etc. Eles ganharam espaço no contexto educacional devido à exploração de novas tecnologias, que propõem desafios diários ao jogador para representar as atividades de forma semelhante à realidade, oferecendo a oportunidade de explorar o ambiente e gerar interesse ao se deparar com diferentes situações.

No contexto educacional, são chamados de jogos digitais educacionais e são utilizados como artefatos tecnológicos facilitadores do processo de ensino e aprendizagem de

diferentes áreas do conhecimento e idades (COELHO; VALENTE, 2021; OLIVEIRA; HILDEBRAND, 2018; PAIVA; TORI, 2017) e que estimulam a concentração, percepção, raciocínio e abstração (Campano Junior; SOUZA, 2020; HOCHSPRUNG; CRUZ, 2017; ROCHA; BITTENCOURT; ISOTANI, 2015).

2.1.1.1 *Game Design Document*

Assim como no mercado de software é necessário fazer documentação do projeto, no contexto de jogos digitais existe o Documento de Projeto de Jogo, ou *Game Design Document (GDD)*, que é uma ferramenta usada para descrever todas as características de forma detalhada sobre o jogo. Todos os detalhes envolvidos no projeto são documentados no GDD. O documento de *design* tem uma estrutura encadeada para se construir o jogo sendo as principais:

- ❑ Conceito do jogo: descrição de como funciona o jogo e objetivo de forma geral e resumida.
- ❑ Mecânicas de jogo: descreve funcionalidades que o jogo possui, trazendo também a mecânica do jogo e se é necessário ter alguma habilidade específica.
- ❑ Interfaces com usuário: traz uma visão se possui uma interação com o usuário e caso tenha, explicando como seria.
- ❑ Levels(fases): caso o jogo seja desenvolvido por fases, descrever o funcionamento detalhado de cada fase.

2.1.2 Tabela Periódica

A TP é uma ferramenta fundamental para o conhecimento dos elementos químicos, suas características e propriedades. No entanto, ela nem sempre é vista como um facilitador do estudo da Química, especialmente ao se aprofundar no entendimento sobre como as substâncias presentes em nosso cotidiano são formadas. A TP atual dispõe os elementos em ordem crescente de número atômico de seus elementos e estes estão classificados de acordo com suas semelhanças e características, podendo ser utilizada como importante aliado no ensino da Química (TOLENTINO; ROCHA-FILHO; CHAGAS, 1997). A Figura 1 apresenta graficamente os elementos da Tabela Periódica e sua organização.

Alguns elementos possuem propriedades semelhantes, porém, diferentes aplicabilidades podem ser encontradas no nosso dia a dia. Por exemplo, o flúor e o cloro são classificados como ametais, elementos que são isolantes térmicos e maus condutores de corrente elétrica. No entanto, o flúor é utilizado na pasta dental para prevenção de cáries e o cloro é utilizado no tratamento de águas. O chumbo e o mercúrio são metais, e em temperatura ambiente, o chumbo é sólido e o mercúrio líquido, sendo utilizados no garimpo e em baterias de automóveis, respectivamente. Outros elementos já são fundamentais no organismo

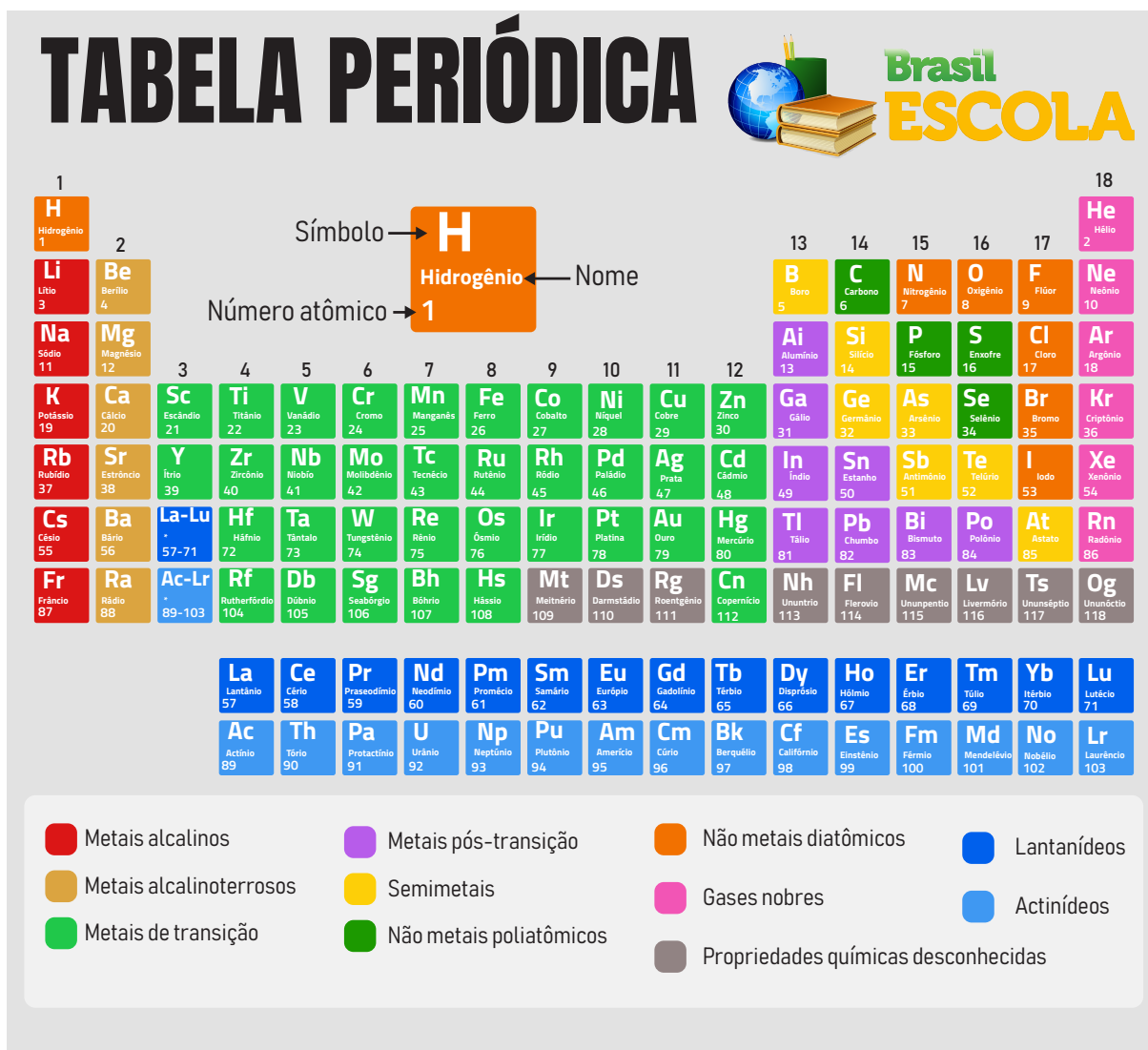


Figura 1 – Representação gráfica da Tabela Periódica (NOVAIS, n.d.).

humano, como o potássio que é responsável pela regulação das contrações musculares e o cálcio que forma os dentes e ossos.

Tais informações e aplicações nem sempre são apresentadas com destaque nos livros didáticos quando se trata do ensino dos elementos químicos na Tabela Periódica. O que geralmente acontece é a exposição exaustiva de cada elemento e suas características (FRANCO-MARISCAL et al., 2016). Em decorrência disso, muitos professores simplesmente expõem o conteúdo, enquanto os alunos além de serem apenas espectadores, são obrigados a memorizar símbolos e propriedades, sem entender a relação com o seu cotidiano.

Neste trabalho, serão utilizadas as seguintes características dos elementos químicos, com base na organização da TP atual (CISCATO, 2015):

- Classificação: são grandes grupos que agrupam os elementos químicos com base em características físicas e químicas. São eles: metais, ametais e gases nobres;

- Famílias ou grupos: são as colunas (linhas verticais de 1 a 18) em ordem crescente de número atômico. O primeiro elemento é o Hidrogênio, de menor número atômico ($Z = 1$);
- Subgrupo: é um segundo nível de classificação das famílias, sendo elementos representativos (famílias 1, 2, 13 a 18) e elementos de transição (famílias 3 a 12);
- Períodos: são as linhas horizontais (1 a 7) e representam a quantidade de níveis ou camadas energéticas que um átomo de um elemento químico apresenta.

2.1.3 Design Participativo

O Design participativo é uma prática que coleta dados, análises e projetos com a interação de pessoas que são interessadas no determinado jogo ou sistema. Essa interação pode ser feita de forma lúdica, ou seja, com os usuários desenhando como imaginam o jogo e também em forma de pesquisa com perguntas pertinentes aos requisitos levantados inicialmente pelo jogo. No design participativo, devemos enfatizar sempre a importância das pessoas neste projeto, pois participaram de todo o processo de desenvolvimento.

O DP não está presente somente no ambiente escolar; Gaudio, Oliveira e Franzato (2015) relatam sobre o modelo de DP no âmbito social, onde existem muitos problemas que afligem a comunidade. A ideia é que a ação do designer pode trazer várias ideias para o cotidiano da população. Podemos observar uma diferença de ambientes, mas com o mesmo objetivo que é trazer ideias que facilitam o cotidiano seja escolar, social ou outros. No DP existem diferentes pontos de vista, o que melhora o processo de planejamento como um todo, mas serão tratados aspectos essenciais à continuidade e aceitação do projeto. Podem-se citar alguns pontos relevantes do planejamento participado: *stakeholders* (termo utilizado para se referir às partes interessadas) com diferentes interesses; modificação no processo de planejamento; maior interação entre os *stakeholders*.

Alguns requisitos básicos das práticas de design participativo apresentados por Bonacin (BONACIN, 2004) são mostrados a seguir:

1. Acesso à informação relevante;
2. Possibilidade de tomar uma posição independente frente aos problemas;
3. Participação na tomada de decisões;
4. Métodos de Design Participativo apropriados;
5. Espaço para técnicas alternativas e/ou trocas (rearranjos) organizacionais.

2.1.4 Phaser.js

O Phaser.js é um *framework* de código aberto para desenvolvimento de jogos web utilizando JavaScript. É uma estrutura que possui menos linhas de códigos e mais objetividade no *game design* e permite a renderização do jogo em diversas plataformas, aproveitando os benefícios que os navegadores modernos trazem. O Phaser.js tem como requisito de navegador o suporte do elemento canvas. Um canvas é uma área de forma retangular onde é possível por meio do JavaScript renderizar gráficos e também gerenciar as *Scenes*.

Em jogos digitais, *Scenes* são cenários e cada cenário contém diferentes informações. Essas informações podem ser desde simples pressionar um botão à uma fase completa de um jogo. Durante o processo de criação dos módulos, é necessário que a classe herde as características do Phaser.Scene para se tornar um módulo de jogo (DAIREL, 2021). O jogo possui diversos recursos de classes que ajudam no desenvolvimento:

- ❑ Criação de Objetos de jogo: possui uma classe de manipulação de entrada que controla todos os eventos relacionados à entrada, criação e retorno de qualquer objeto de jogo Phaser.
- ❑ Geometria: o cálculo da geometria é baseado de acordo com a classe do objeto que utiliza, por exemplo caso use o círculo o objeto consiste em uma posição e um diâmetro. A Figura 2 mostra um exemplo do uso desse recurso, especificamente para criação de um objeto “Circle” com os parâmetros: (1) posição na coordenada $x =$ (coordenada x central do objeto `game.world`); (2) posição na coordenada $y = 100$; (3) diâmetro do círculo = 64. Os três parâmetros são opcionais, sendo que a criação do objeto sem eles implica em propriedades x , y e diâmetro iguais a zero.

```
var game = new Phaser.Game(800, 600, Phaser.CANVAS, 'phaser-example', { create: create, render: render });
var circle;
function create() {
    circle = new Phaser.Circle(game.world.centerX, 100,64);
}
function render () {
    game.debug.geom(circle, '#ffffff');
    game.debug.text('Diameter : '+circle.diameter,50,200);
    game.debug.text('Circumference : '+circle.circumference(),50,230);
}
```

Figura 2 – Representação diâmetro e circunferência de um círculo.

- ❑ Tempo: é controlado por um relógio interno, no qual todas as operações relacionadas ao tempo do Phaser possuem dependência desta classe. Ele gerencia o tempo

decorrido e o cálculo dos valores decorridos, usados para movimento de objeto de jogo e interpolações, e também lida com o objeto Timer padrão. A Figura 3 mostra um exemplo de código para criação de uma função Time para um jogo. Diversas propriedades, como *physicsElapsed* (delta de atualização da física, em segundos fracionários) e *desiredFps* (taxa de quadros desejada do jogo) podem ser configuradas, além de associação de objetos para manipulação de eventos e *timers*.

```
Phaser.Time = function (game) {  
  
    this.game = game;  
    this.physicsElapsed = 1 / 60;  
    this.physicsElapsedMS = (1 / 60) * 1000;  
    this.desiredFpsMult = 1.0 / 60;  
    this._desiredFps = 60;  
    this.suggestedFps = this.desiredFps;  
    this.events = new Phaser.Timer(this.game, false);  
    this._timers = [];  
  
};
```

Figura 3 – Função de tempo do Phaser.

- ❑ Matemática: contém muitos métodos que auxiliam a utilização da matemática incluindo lógica difusa, gerador de dados aleatórios, interpolação, dentre outros.
- ❑ Física: nesta classe é fornecido acesso a todos os subsistemas de física. É responsável por cuidar de todos os sistemas físicos em execução.
- ❑ Recursos de rede: o *Phase.Net* trabalha com tarefas relacionadas a URL do navegador, verificação de nome de domínio e manipulação de consulta.

2.2 Trabalhos Relacionados

Existem várias propostas de jogos digitais que visam o apoio ao ensino de Química, porém abordando outros conteúdos da disciplina, como distribuição eletrônica (ROCHA et al., 2017), balanceamento de equações (ALVES et al., 2018), palavras no contexto da disciplina de Química, compostos orgânicos (WATANABE; RECENA, 2008), química inorgânica (SANTOS; SARINHO, 2017), dentre outros. O jogo Al-Kimia, por exemplo, é um jogo digital para *smartphones* e *tablets* que combina os estilos RPG (*Role-Playing Game*), ação e aventura que inclui elementos de simulação de experimentos químicos em

um mundo virtual, onde os jogadores interpretam papéis em cenários que demonstram processos químicos básicos (LAGO, 2017).

Especificamente no contexto da TP, existem propostas de jogos didáticos analógicos, como o jogo nomeado de Perfil Químico (ROMANO et al., 2017), que combina a TP como um tabuleiro e cartas com curiosidades e dicas que exploram a contribuição das mulheres na área de Química. O trabalho de (MARTÍ-CENTELLES; RUBIO-MAGNIETO, 2014) apresenta o jogo de cartas ChemMend, baseado no UNO, que explora as características de grupos e períodos dos elementos químicos na TP. Em (JOAG, 2014), foi apresentada uma proposta de método para introdução da TP como um jogo de palavras cruzadas.

Também existem propostas de jogos digitais, que é o foco deste trabalho, como o trabalho de (FRANCO-MARISCAL; CANO-IGLESIAS, 2009), que apresenta um jogo da memória para exercitar nomes e símbolos dos elementos químicos utilizando como base um mapa do Brasil para construir os nomes dos estados. O trabalho de (PORTZ; EICHLER, 2013) propõe um jogo digital baseado no jogo Super Trunfo (jogo de cartas) que exercita as propriedades dos elementos químicos e sua posição na tabela periódica. O Sudoku do CMDMC¹ utiliza os elementos químicos e as suas propriedades para criar um jogo de lógica do tipo Sudoku.

O trabalho de (SANTOS; ARAÚJO, 2017) apresenta a proposta do jogo nomeado de “QUIMIF - O caçador de elementos químicos”, que tem como objetivo contribuir com a aprendizagem dos alunos e suas aplicações de forma agradável e a proposta do jogo é utilizar objetos do cotidiano para ilustrar todos os conteúdos sobre elementos químicos que foi ensinado dentro de sala de aula. Antes do início desse jogo foi passado um questionário para verificar a aceitação do jogo entre os alunos e para analisarem se o jogo teria um potencial de êxito no ensino.

O jogo Química Elevator (FARIA; SILVA; SOUSA, 2018) é um jogo de aventura que aborda conceitos relacionados com a TP por meio de questões de múltipla escolha apresentadas em um cenário contextualizado respondidas para vencer monstros.

No geral, os jogos digitais encontrados especificamente para ensino da TP são jogos que trazem uma contextualização do cotidiano e não permitem a configuração dinâmica das fases pelo professor.

¹ <http://www.cmdmc.com.br/sudoku/sudoku2/>

Desenvolvimento

Este capítulo apresenta o processo de concepção do jogo digital, bem como detalhes do projeto e implementação da prova de conceito. É importante ressaltar que o DP aconteceu apenas durante a fase de concepção do jogo e a prova de conceito construída vai além da proposta de jogo e contempla recursos para que o próprio professor consiga cadastrar fases de jogo para explorar elementos químicos estudados.

3.1 Concepção do Jogo

Para concepção da proposta de jogo, foi realizada uma sessão de design que incluiu possíveis usuários finais da ferramenta¹. Onze estudantes do Ensino Médio com faixa etária de 14 a 17 anos participaram ativamente no processo de concepção da proposta de jogo e foi realizada no âmbito da Escola Estadual Messias Pedreiro, na cidade de Uberlândia/MG.

Para seleção dos participantes, o projeto foi divulgado nas aulas da disciplina de Química na mesma escola e todos os interessados que compareceram no horário estipulado puderam participar do processo, com objetivo de entender quais as maiores dificuldades em química e como o jogo poderia colaborar. Os estudantes foram divididos em grupos para criação colaborativa de propostas de jogos (sessão de DP). A Figura 4 mostra as cinco etapas dessa sessão.

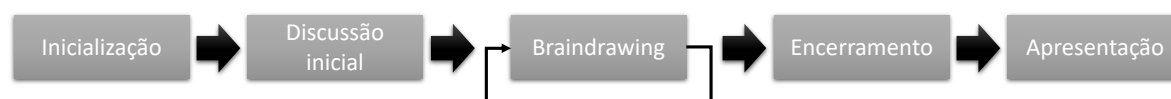


Figura 4 – Fluxo de atividades da sessão de DP.

Na etapa de “inicialização”, foram criados três grupos de participantes para representar três diferentes personas (representação fictícia de perfis comportamentais), baseado

¹ Projeto registrado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa - CAAE 12075519.3.0000.5152

na observação do professor da disciplina com relação aos comportamentos de maior expressividade em sala de aula: “ansiosos”, “curiosos” e “extrovertidos”. O objetivo da criação dos grupos era que as atividades realizadas fossem direcionadas para o perfil de cada grupo visando identificar contribuições diferentes e variações relativas à condição cognitiva, contexto cultural e identidade. Os *ansiosos* representam aqueles estudantes que buscam soluções de curto prazo, ou seja, as atividades de aprendizagem devem ser mais curtas e mais diretas. Os *curiosos*, por sua vez, questionam e buscam compreender os detalhes que lhes são apresentados. Por fim, os *extrovertidos* são aqueles com facilidade de comunicação e socialização e, ainda, focam sua atenção nos acontecimentos ao seu redor. Após uma breve explicação de cada perfil representativo aos participantes, cada um deles escolheu, por livre iniciativa, a sua inclusão em um dos grupos. No final, dois estudantes compuseram o grupo dos *ansiosos*, seis estudantes compuseram o grupo *curiosos* e três estudantes compuseram o grupo *extrovertidos*.

Em seguida, foi aplicado um questionário de perfil com onze questões para mapeamento de dados demográficos e comportamentais, como sexo, série matriculada, uso de *smartphone* no cotidiano, gosto por jogos digitais e pela disciplina de Química. Tais informações são úteis para um melhor mapeamento e entendimento do perfil dos participantes, bem como dos grupos em que se inseriram. Ainda na mesma etapa, houve uma explanação geral por um professor de Química sobre a Tabela Periódica e seus elementos com exemplos de relacionamentos entre cenários e objetos do cotidiano com os elementos químicos. Na sequência, a seguinte tarefa foi definida como objetivo final para os grupos: “*Criar um jogo de celular para complementar o ensino dos elementos da tabela periódica com contexto do mundo real*”.

Com os grupos formados e a tarefa definida, foi iniciada a etapa de “discussão inicial”, com duração de cinco minutos, para que cada grupo discutisse entre seus integrantes e definissem o estilo de jogo que gostariam de criar. Nessa etapa, os participantes poderiam pesquisar jogos utilizando seus celulares. Em seguida, a terceira etapa, chamada de “*braindrawing*”, foi iniciada com um processo de debate visual de ideias (*visual brainstorming*) para construção da proposta do grupo.

Nessa etapa, cada pessoa do grupo começa com uma folha de papel em branco e esboça um cenário de jogo durante um tempo definido (turno de cinco minutos). No final do turno, o papel é passado para outro integrante do grupo, que deve continuar o desenho a partir do que já foi desenhado no turno anterior. Esse processo se repete até que todos os integrantes trabalhem duas vezes em cada folha.

A etapa seguinte, chamada de “encerramento”, foi reservada para que os integrantes de cada grupo pudessem discutir as melhores ideias e funcionalidades essenciais que deveriam ser contempladas pela proposta de jogo do grupo. Além disso, o grupo deveria desenhar um novo esboço como proposta final do grupo. No total, essa etapa durou cerca de 10 minutos. Por fim, na última etapa (“apresentação”), cada grupo apresentou suas ideias

e a proposta de jogo para todos os participantes obedecendo o tempo limite de cinco minutos de apresentação.

No final da atividade, cada grupo de trabalho apresentou uma proposta de jogo diferente. O grupo dos *curiosos* criou uma proposta de jogo do gênero aventura, o grupo dos *ansiosos* criou uma proposta de jogo do gênero quebra-cabeça e o grupo dos *extrovertidos* propôs um jogo do gênero estratégia. O gênero do jogo é uma classificação que geralmente se baseia na interação de jogabilidade (*gameplay*), no entanto, não existe uma única taxonomia padrão (CONNOLLY et al., 2012). Sendo assim, optou-se por escolher uma taxonomia similar ao da indústria de jogos (HERZ, 1997). A Figura 5 mostra o esboço final criado na etapa de encerramento da atividade por cada um dos grupos.

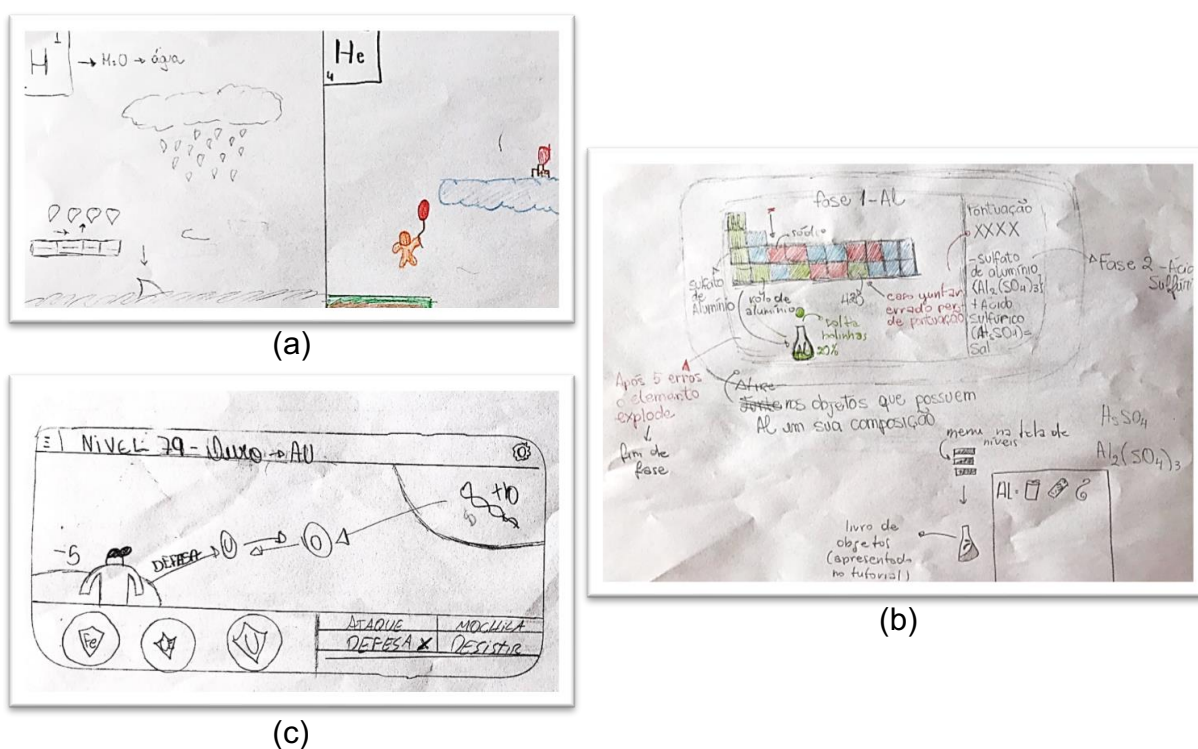


Figura 5 – Desenhos das propostas dos grupos: (a) Curiosos, (b) Ansiosos e (c) Extrovertidos.

O grupo dos *curiosos* (Figura 5(a)) propôs um jogo em que o personagem enfrenta diferentes obstáculos no decorrer de cada fase que devem ser combatidos com elementos químicos, ou seja, embora trata-se de uma aventura, a intenção é fazer uso de uma situação que pode ser vivenciada no cotidiano. Para cada obstáculo, o personagem tem opções de elementos químicos a serem utilizados no contexto apresentado. Caso escolha um elemento que faz sentido, o jogo continua. Caso contrário, uma vida é perdida. No final da fase são apresentadas características dos elementos utilizados com as devidas explicações do que daria certo e errado. Por exemplo, imagine um cenário que se passa em um ambiente constituído pelo ar atmosférico e o personagem precisa utilizar um balão para subir ou descer a fim de desviar dos obstáculos. Portanto, é necessário que o balão contenha um gás

nobre (elementos da família 18 da TP) para passar pelos obstáculos, pois são elementos que na temperatura ambiente se encontram no estado gasoso, sendo que alguns são mais densos que o ar atmosférico como o Argônio (Ar) e o Criptônio (Kr), enquanto outros são menos densos como é o caso do Hélio (He) e Neônio (Ne).

O grupo dos *ansiosos* (Figura 5(b)) propôs um jogo onde o personagem deve juntar objetos do mundo real que são compostos por determinados elementos químicos e separar aqueles que não possuem o elemento em questão. Caso tenha agrupamento com um item que não é constituído pelo elemento em questão (que não poderiam estar juntos) o quebra-cabeça explode e uma vida é perdida. Cada fase do jogo teria um elemento principal e vários níveis poderiam ser criados, aumentando-se o nível de dificuldade com mais peças do quebra-cabeça e itens mais difíceis de identificação. Por exemplo, almejando agrupar itens constituídos pelo elemento alumínio (Al), materiais feitos de latão não poderiam ser juntados, fazendo com que o cenário exploda e o personagem não acumule pontos.

Por fim, o grupo dos *extrovertidos* (Figura 5(c)) idealizou um cenário onde o personagem do jogo possui uma mochila com elementos químicos que podem ser utilizados em batalhas com objetos do mundo real. Nesse sentido, o personagem precisa atacar ou se defender utilizando os elementos químicos existentes em sua mochila, cujo resultado depende das propriedades de cada elemento. A cada batalha vencida, novos elementos são angariados e passam a fazer parte da mochila do personagem. Cada fase seria uma batalha e, à medida em que as fases são passadas, as batalhas se tornam mais difíceis, podendo até ser necessário juntar elementos químicos para torná-los mais poderosos. Algumas batalhas podem conter bônus de elementos químicos caso o personagem consiga vencer até um tempo pré-definido. Por exemplo, imagine um cenário cujo ambiente emite algum tipo de radiação e o personagem precisa de um escudo formado por algum elemento para se proteger. Assim, se o ambiente emite raios-X, o escudo deve ser de chumbo.

Consolidando as propostas com o intuito de contemplar as características sugeridas pelos diferentes perfis em uma única ferramenta, propõe-se a criação de um jogo digital do gênero aventura com cenários baseados no cotidiano dos estudantes (por exemplo, cidades, escolas, casas, dentre outros). O personagem caminha nesses cenários e encontra obstáculos que devem ser ultrapassados com a utilização de elementos da TP. Dependendo do obstáculo, a sua resolução pode envolver um quebra-cabeças de elementos químicos. No final de cada fase, poderá ter uma batalha baseada nas propriedades de cada elemento e, ao vencê-la, o personagem ganha os elementos químicos do objeto que ele conseguiu derrotar. A ideia da consolidação não representa uma exclusão de características dos perfis, mas, sim, permite que o jogo possa acomodar fases com características diferentes que atendam vários perfis de estudantes.

Reitera-se que o escopo deste trabalho de conclusão de curso não inclui a criação da proposta completa do jogo. O foco deste trabalho é criar uma prova de conceito a fim de verificar a viabilidade da criação desse tipo de jogo utilizando tecnologias da Web. Por

isso, será exercitado apenas o cenário concebido pelo grupo dos extrovertidos, sendo uma escolha que não foi baseada em nenhum critério específico.

3.2 Projeto de Software

O software foi projetado para ser um sistema que permita não só que os estudantes tenham acessos aos jogos, mas para que o próprio professor consiga criar novas fases de jogo e associá-las às suas turmas. A Figura 6 mostra o Diagrama de Casos de Uso do protótipo criado. É possível identificar três perfis de acesso:

- ❑ Estudante: tem acesso somente aos jogos;
- ❑ Professor: tem acesso para cadastro de fases, elementos químicos e objetos;
- ❑ Administrador: tem acesso a todas as funcionalidades, inclusive para gerenciamento de fases e usuários.

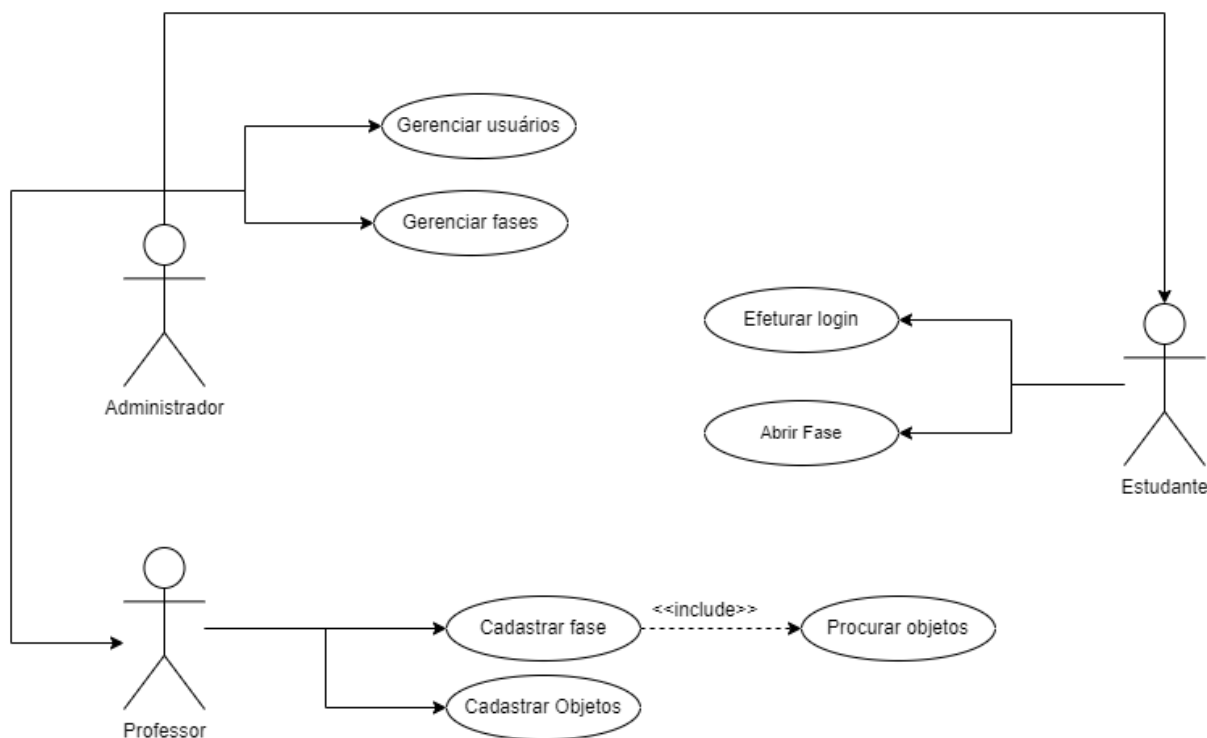


Figura 6 – Diagrama de casos de uso.

Ao cadastrar uma nova fase de jogo, o professor deve incluir objetos (por meio de imagens) relacionados com os elementos químicos a serem explorados naquela fase. Para isso, o professor cadastra os objetos previamente no sistema e faz a associação com os elementos químicos presentes em cada um deles.

3.2.1 *Game Design Document*

Nome do jogo: O jogo proposto foi nomeado de Game Z. Seu nome foi inspirado em uma das características dos elementos químicos contidos na tabela periódica, chamado de número atômico, e que possui a letra Z como sigla.

Sinopse: O jogo digital tem como objetivo ensinar o usuário a aprender a TP de forma lúdica e intuitiva. O jogo é dividido em níveis “fácil, médio e difícil”. A ideia é que, a medida em que o nível de dificuldade aumenta, a quantidade de elementos químicos errados também aumenta, além de existirem objetos que possam causar maior dúvida aos jogadores.

Público-alvo: Estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio.

Cenário: A construção do Game Z foi baseada no jogo “Bubble Shooter”², um jogo simples baseado em estratégia cujo objetivo é marcar pontos estourando bolinhas coloridas da mesma cor. No caso do Game Z, além das bolinhas coloridas, também existem imagens que representam objetos do mundo real.

Características gerais:

- ❑ Número de jogadores simultâneos: 1
- ❑ Plataforma de uso: disponível somente para Web
- ❑ Engine de jogo utilizada: Phaser.js

Mecânica de jogo: A dinâmica que será utilizada no jogo se baseia em acertar o maior número possível de elementos químicos e objetos (imagens) que contenham determinados elementos químicos da TP. No Game Z, cada fase de jogo contém um objetivo central, baseado em elementos químicos de uma certa classificação, família, subgrupo ou período da TP, características utilizadas como ponto central de exercício. Uma vez acertados os elementos químicos e objetos corretos, 10 pontos são acumulados no placar. Caso o jogador acerte elementos químicos ou objetos errados, há um decréscimo de 1 ponto no placar. O jogador tem três vidas para tentar acertar o maior número de objetos corretos, após isso, a partida é encerrada. Os objetos apresentados na fase são exibidos aleatoriamente a cada vez que a fase é aberta.

3.3 Implementação

Para construirmos o Game Z, utilizamos framework, tecnologias e bibliotecas de diferentes tipos para que tivéssemos uma boa performance do jogo. Para o *backend* utilizamos a linguagem de programação **PHP**, pois no jogo é necessário fazer algumas ações específicas como validações de informações de um formulário antes mesmo de ser enviado para

² <<https://dropsdejogos.uai.com.br/noticias/cultura/bubble-shooter/>>

o browser o que é permitido pelo PHP. Toda parte que envolve cadastro de fase, objetos e login foi feita em PHP pela facilidade de instrução de páginas criadas em HTML.

O jogo foi construído utilizando uma estrutura 2D com base no *framework* **Phaser.js**, por ser um *framework* de código aberto para desenvolvimento de jogos para Web e por ter uma aplicação simples baseado em JavaScript. Também foi utilizada a linguagem de programação JavaScript e as bibliotecas jQuery³ e Bootstrap⁴. As trocas de dados entre o cliente e o servidor foram realizadas usando o formato JavaScript Object Notation (JSON) com o auxílio da tecnologia Asynchronous JavaScript and XML (AJAX) para requisições Hypertext Transfer Protocol (HTTP) assíncronas.

O cadastro da fase é caracterizado por:

- ❑ Nome: campo de texto aberto para que o professor digite um título para identificação da fase;
- ❑ Nível de dificuldade: caixa de seleção com as opções “fácil”, “médio” e “difícil”;
- ❑ Tempo máximo: campo inteiro para indicar o tempo máximo, em segundos, que o jogador tem para concluir a fase;
- ❑ Características da TP que serão exercitadas: itens de seleção com as opções “Classificação”, “Família”, “Subgrupo” e “Período”;
- ❑ Objetos incluídos: lista de objetos previamente cadastrados que serão utilizados dentro da fase.

Na criação do escopo do jogo, percebemos que ao colocarmos objetos que tem relação com o elemento químico ajudaria na memorização do jogador pra entender e compreender que certos objetos do mundo real são compostos por determinados elementos químicos. Com isso, o jogo contempla imagens que representam tais objetos, além de elementos químicos. Para realizar o cadastro de objetos, é necessário informar um *nome* para o objeto, uma *imagem* e o(s) *elemento(s) químico(s)* presente(s) na composição do objeto.

Uma vez cadastrados os objetos e as fases de jogo, o jogador conseguirá visualizar uma lista de fases com as indicações das características da TP que são exercitadas em cada uma, o nível de dificuldade e o tempo estimado para conclusão. A partir dessa lista, o estudante (após estar logado no sistema) escolhe a fase que deseja jogar. Ao abrir o jogo, todas as informações relacionadas com a fase, incluindo as imagens dos objetos que foram relacionados, são carregadas. A exibição dos objetos e elementos químicos em cada fase acontece de maneira aleatória, sempre existindo pelo menos um objeto correto e um incorreto. A Figura 7 mostra um Diagrama de Sequência com o fluxo de chamadas realizadas para abrir uma fase.

³ <https://jquery.com/>

⁴ <https://getbootstrap.com/>

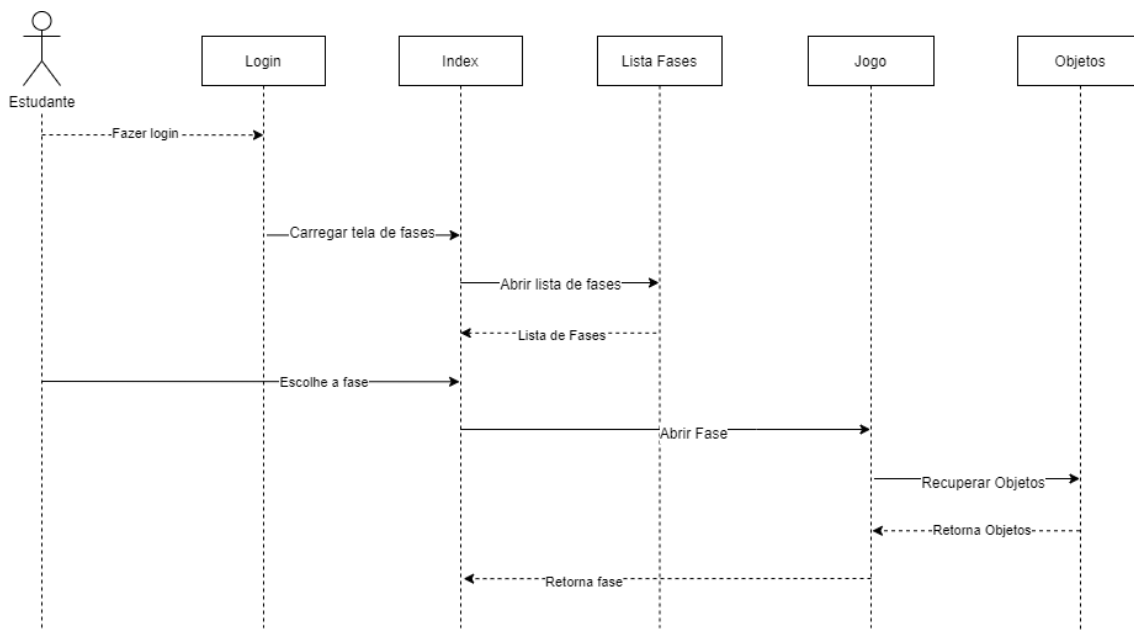


Figura 7 – Diagrama de sequência para abertura de fase de jogo.

A busca das informações para construção da fase acontece de forma assíncrona, por meio de uma requisição assíncrona, usando o formato de troca de dados JSON. O único parâmetro enviado para a requisição HTTP é o número identificador da fase, como mostrado pela Figura 8.

```

$.ajax({
  url : "../buscarFase.php",
  type : 'GET',
  data : {
    id : document.currentScript.getAttribute('faseId')
  },
  dataType:"json",
  success: function(data){
    if(data == "")
      alert("não foi possível recuperar os dados do jogo");
    else {
      qntCorretosObj = data.qntCorretos;
      $("#tituloFase").text(data.nome);
      if(data.verifica_familia == "1") {
        $("#exercitaFase").append("<li>Família: " + data.familias + "</li>");
      }
      if(data.verifica_classificacao == "1") {
        $("#exercitaFase").append("<li>Classificação: " + data.classificacoes + "</li>");
      }
      if(data.verifica_subgrupo == "1") {
        $("#exercitaFase").append("<li>Subgrupo: " + data.subgrupos + "</li>");
      }
      if(data.verifica_periodo == "1") {
        $("#exercitaFase").append("<li>Período: " + data.periodos + "</li>");
      }
      game = new Phaser.Game(800, 600, Phaser.AUTO, 'phaser-example', { preload: preload, create: create, update: update });
      jogoConfigObj = data;
    }
  }
})
    
```

Figura 8 – Exemplo de Ajax que representa a busca da fase do jogo.

O jogo possui, por padrão e de forma estática, um banco de imagens que representam

os elementos químicos, cujo nome da imagem é padronizado com o símbolo do elemento. Essas imagens são reutilizadas em todas as fases de jogo. As imagens dos objetos cadastrados ficam armazenadas no servidor e o nome é armazenado no banco de dados, em uma tabela específica. A Figura 9 mostra o trecho de código utilizado para carregar as imagens dos elementos químicos e dos objetos dentro do jogo. O Apêndice A mostra um exemplo de JSON recuperado para a Fase 1 utilizada neste texto para exemplificação.

```
function carregarImagensElementosObjetos(){
    $(jogoConfigObj.elementos).each(function(i, item){
        game.load.image(item.nome, item.simbolo + ".png");
    });

    $(jogoConfigObj.objetos).each(function(i, item){
        game.load.image(item.nome, item.imagem);
    });
}
```

Figura 9 – Trecho de código para carregar imagens dentro do jogo.

3.3.1 Banco de Dados

O jogo possui um local que são armazenados todos os dados referentes a cadastro de usuários, fases, objetos e elementos. O Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGDB) utilizado foi o MySQL. Todas as imagens, objetos e elementos que aparecem nas fases do Game Z, estão armazenadas no Banco de Dados (BD). A Figura 10 mostra o Diagrama Entidade-Relacionamento (DER) modelado para o protótipo.

As tabelas *elementos*, *subgrupo* e *classificacao* representam as entidades que armazenam os dados relacionados com a TP. Além disso, existem as tabelas *fases* e *objetos* que armazenam os dados das fases de jogo criadas e dos objetos inseridos em cada uma, respectivamente. Há, ainda, várias outras tabelas usadas para registrar os relacionamentos entre as demais entidades. Em linhas gerais, o DER apresentado possui três tipos de relacionamento: muitos-para-muitos (M:N), um-para-muitos (1:N) e um-para-um (1:1). Por fim, as tabelas *usuarios* e *perfis* são utilizadas para armazenar os dados dos usuários do sistema e seu respectivo perfil.

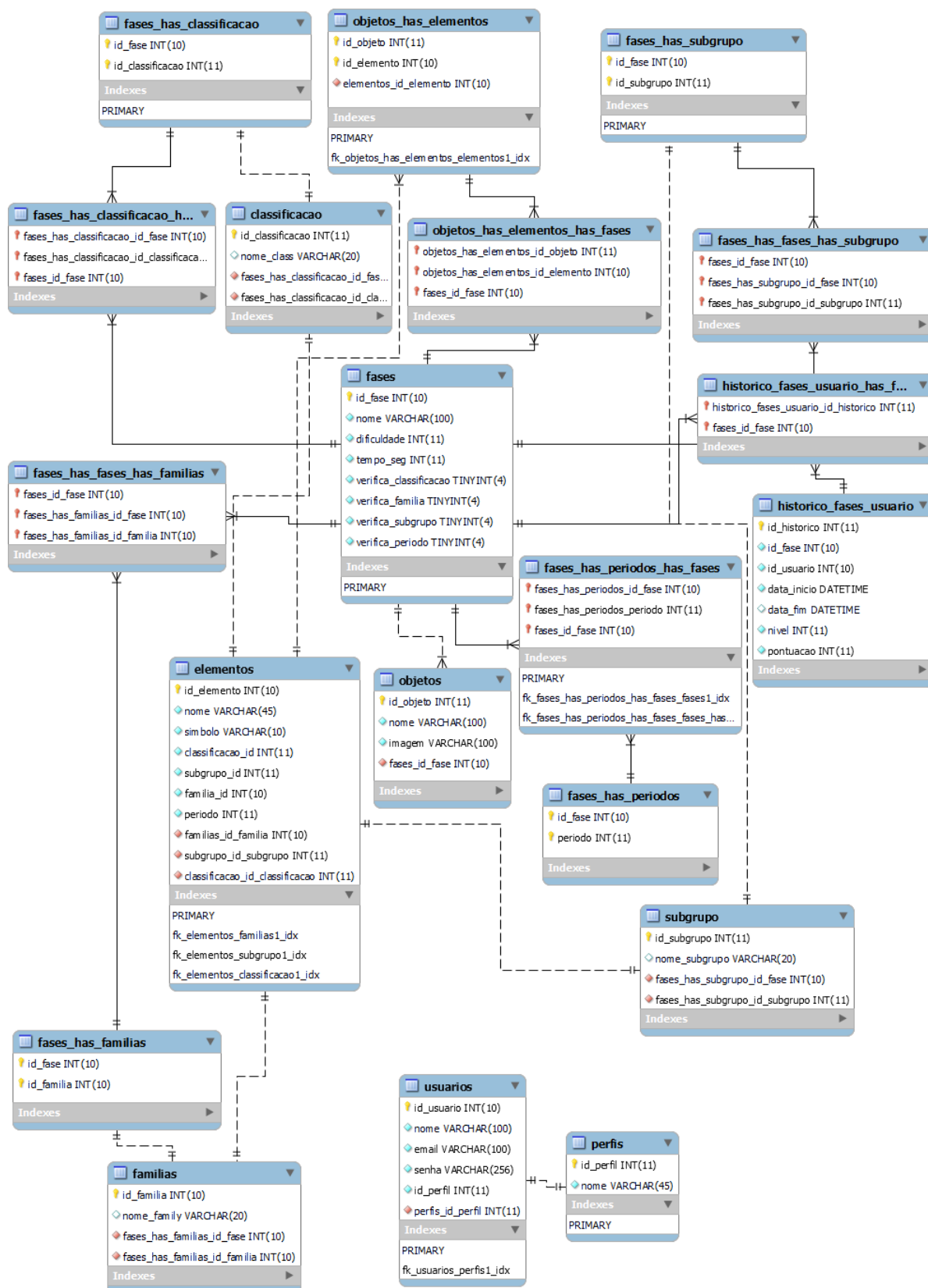


Figura 10 – Diagrama Entidade-Relacionamento do Game Z.

Resultados e Discussões

4.1 Sessão de Design Participativo para Concepção

No total, onze estudantes participaram do processo de concepção do jogo, sendo 55% do sexo feminino e 45% do sexo masculino. Todos eles alegaram possuir um *smartphone*, dos quais 91% utilizam o sistema operacional Android. Questionados sobre o tempo de utilização do celular por dia, 55% dos participantes responderam que utilizam por mais de quatro horas diárias, 18% utilizam entre duas e quatro horas diárias e 27% utilizam entre uma e duas horas diárias. Ninguém respondeu que tem o hábito de utilizar menos de uma hora por dia. Dentre os usos mais comuns, 91% afirmou utilizar para acessar redes sociais e buscar informações, enquanto o uso menos comum foi para o envio de e-mails, com 18%.

Por fim, quatro afirmativas foram apresentadas com respostas na escala 5-Likert (de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”). A Tabela 1 mostra os valores mínimos e máximos das respostas para cada afirmativa, bem como a média e o desvio padrão de cada uma delas. No geral, as respostas para todas as afirmativas ficaram acima do ponto central da escala, o que indica uma maior tendência à concordância com as afirmativas.

Tabela 1 – Valores mínimos, máximos, média e desvio padrão das respostas para as afirmativas na escala Likert.

Afirmativa	Min.	Máx.	$\bar{x} \pm s^1$
Q1. Meu perfil é exatamente a definição do meu grupo de trabalho	3	5	3,64 ± 0,809
Q2. Eu gosto de jogos de celular	1	5	3,82 ± 1,471
Q3. Eu tenho facilidade com a disciplina de Química em geral	2	5	3,45 ± 0,934
Q4. Eu consigo estabelecer relação dos elementos da Tabela Periódica facilmente com coisas do dia a dia	2	5	3,27 ± 1,104

¹ $\bar{x} \pm s$: média e desvio padrão.

Embora os participantes tenham escolhido voluntariamente seu grupo, a afirmativa Q1 buscou confirmar o nível de correspondência entre o grupo escolhido e os participantes. Nota-se uma boa confiança dos participantes com relação ao grupo escolhido, dada a média das respostas ($x = 3,64$) e, ainda, que a menor resposta foi três. A afirmativa Q2 obteve a maior média de resposta, apesar de também apresentar um maior desvio padrão, indicando que, no geral, o grupo selecionado apresenta uma predisposição para utilização de jogos de celular, no entanto, aponta para a existência de respostas bastante diferentes (concorda totalmente e discorda totalmente). Olhando especificamente para as respostas da afirmativa Q2, apenas um participante respondeu com o menor valor da escala (um).

Além disso, os resultados relacionados às afirmativas Q3 e Q4 chamam atenção para o fato de que os participantes do estudo apesar de se mostrarem com facilidade com a disciplina de Química (o que também foi confirmado pelo professor da disciplina), a média de concordância para a afirmativa que relaciona os elementos químicos com o cotidiano foi mais baixa e com um desvio padrão maior, indicando uma maior dispersão das respostas, ou seja, o nível de concordância dos participantes com a afirmativa apresentada foi bastante variado, apesar de nenhum participante ter respondido com o menor nível da escala (um). Isso indica que conseguir estabelecer relação dos elementos químicos com coisas do cotidiano não é um consenso entre os participantes, sendo que alguns acreditam conseguir criar essas relações facilmente e outros não.

4.2 Prova de Conceito

Com o objetivo de entender a viabilidade técnica das propostas concebidas, foi criado um protótipo funcional com características similares ao jogo proposto pelo grupo dos extrovertidos, utilizando o *framework* Phaser.js. A decisão de se utilizar esse *framework* se deu pelo fato de ser construído com a linguagem JavaScript e a execução do jogo digital ocorrer via navegador Web, sem haver a necessidade de utilização de recursos específicos de diferentes plataformas de dispositivos móveis.

A Figura 11 mostra a interface do cadastro de um objeto para ser utilizado nas fases, onde cada número representa uma funcionalidade. O item 1 da imagem corresponde ao campo de texto onde o usuário insere o nome do objeto. O botão representado pelo número 2 na imagem, ao ser pressionado, abre uma tela ao qual o usuário carrega a imagem do objeto. O item 3 da imagem indica o campo usado para relacionar quais elementos químicos estão presentes no objeto que está sendo cadastrado. O botão “Salvar” (item 4), ao ser pressionado, salva o objeto no banco de dados. Por fim, o botão “Limpar” (item 5) limpa os campos do cadastro.

A Figura 12 mostra a interface do cadastro de uma fase do jogo. O item 1 corresponde ao campo de texto onde o usuário insere o nome da fase. Nos checkbox representados pelo item 2, é escolhido qual exercício será feito na fase e o usuário pode selecionar um

Cadastro de Objetos

Nome

1

2 Escolher arquivo Nenhum arquivo escolhido
Indique o(s) elemento(s) químico(s) presente(s) na composição do objeto:

3

4 Salvar Limpar 5

Figura 11 – Interface para cadastro de objetos.

ou mais checkbox. O campo de texto do item 3 o usuário escolhe qual objeto representa a fase que foi cadastrado pela tela cadastro de objeto como foi mostrado na Figura 11. A lista de opções do item 4 é para escolher o nível de dificuldade da fase, sendo níveis “fácil, médio e difícil”. O campo de texto representado pelo item 5, o usuário preenche o campo com o tempo máximo em segundos que o estudante tem para concluir a fase. O botão "Cadastrar Fase" (item número 6), ao ser pressionado, salva os dados da fase cadastrada. As Figuras 11 e 12 correspondem a funcionalidades que somente o administrador e o professor possuem acesso.

Cadastro de Fase

Nome da Fase:

1 Digite o nome da fase

Exercitar elementos químicos de:

2 Classificação Família Subgrupo Período

Indique o(s) objeto(s) da fase

3

Nível de dificuldade:

4

Tempo máximo em segundos:

5

6 Cadastrar Fase

Figura 12 – Interface para cadastro de uma fase de jogo.

A Figura 13 representa a interface da lista de fases cadastradas. Com isso o usuário deve pressionar o botão “Abrir fase” (item 1 da imagem) para abrir o jogo e conseguir iniciar a fase em questão.

A Figura 14 apresenta uma captura de tela da interface ao abrir uma fase e indica o momento inicial do jogo. Na parte superior esquerda, são apresentadas informações sobre a fase aberta, como o título da fase (“Fase 1” no exemplo) e as características da TP que são exercitadas na fase. No exemplo, o objetivo da fase é exercitar os elementos químicos contidos na família 17 (Fluor, Cloro, Bromo, Iodo, Ástato e Tenessino). Os objetos dentro do cenário representam, da esquerda para a direita, o sal de cozinha, o elemento químico

Lista de Fases

ID	NOME	DIFICULDADE	TEMPO	CLASSIFICAÇÃO	FAMÍLIA	SUBGRUPO	PERIODO	IDNOVO
1	Fase 1	1	10		Família 17		0	1 Abrir fase
4	Fase 4	1	10	Metais	Família 7	Representativo	0	Abrir fase
5	Fase 5	1	10	Metais	Família do Boro	Representativo	0	Abrir fase
6	Fase 6	1	10	Metais	Família do Boro	Transição	0	Abrir fase
7	Fase 7	1	10	Metais	Família do Boro	Transição	0	Abrir fase
8	Fase 8	1	10	Metais	Família do Boro	Transição	0	Abrir fase
9	Fase 9	1	10	Metais	Família do Boro	Transição	0	Abrir fase
10	Fase 10	1	10	Metais	Família 7	Transição	0	Abrir fase
2	Fase 2	2	20	Ametais	Metais Alcalino-Terr	Representativo	0	Abrir fase
3	Fase 3	1	30	Ametais	Família 3	Representativo	1	Abrir fase

Figura 13 – Interface de listagem das fases de jogo cadastradas.

Sódio (Na), água mineral, o elemento químico Hidrogênio (H), e o óleo de cozinha. Para começar a jogar efetivamente, o jogador deve pressionar um dos botões do mouse.

A Figura 15 mostra o momento em que o jogador atinge o objeto que representa o “sal de cozinha”, que é formado principalmente por cloreto de sódio (NaCl). Assim, como o Cloro (Cl) é um elemento que está na família 17, então o jogador acertou um objeto correto e acumula 10 pontos.

A Figura 16 mostra um caso em que o jogador acertou o elemento químico Sódio (Na), que está contido na família 1 da TP, e, por isso, considera-se que acertou um elemento errado. Assim, o jogador perde 1 ponto do seu placar.

Fase 1
Exercita:
• Família: 17

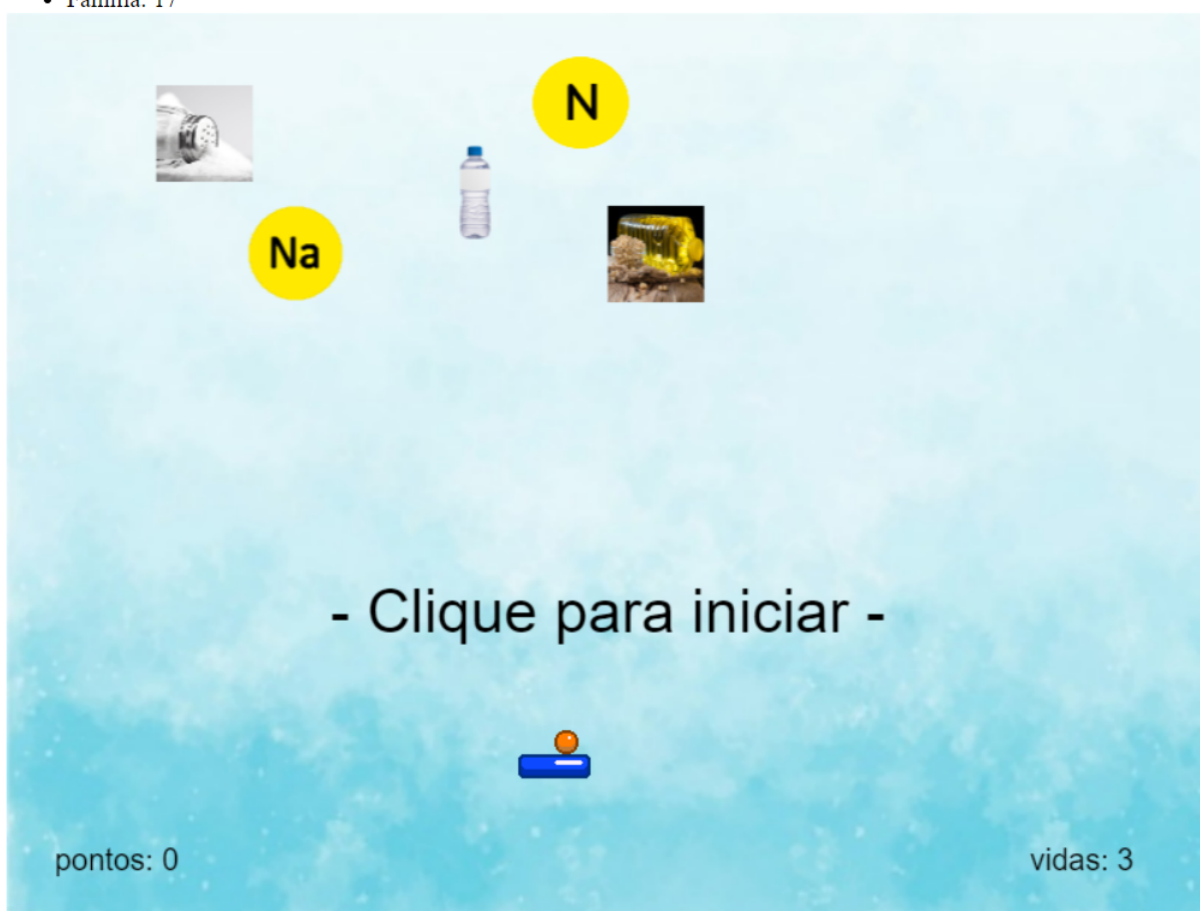


Figura 14 – Captura de tela do início da Fase 1.

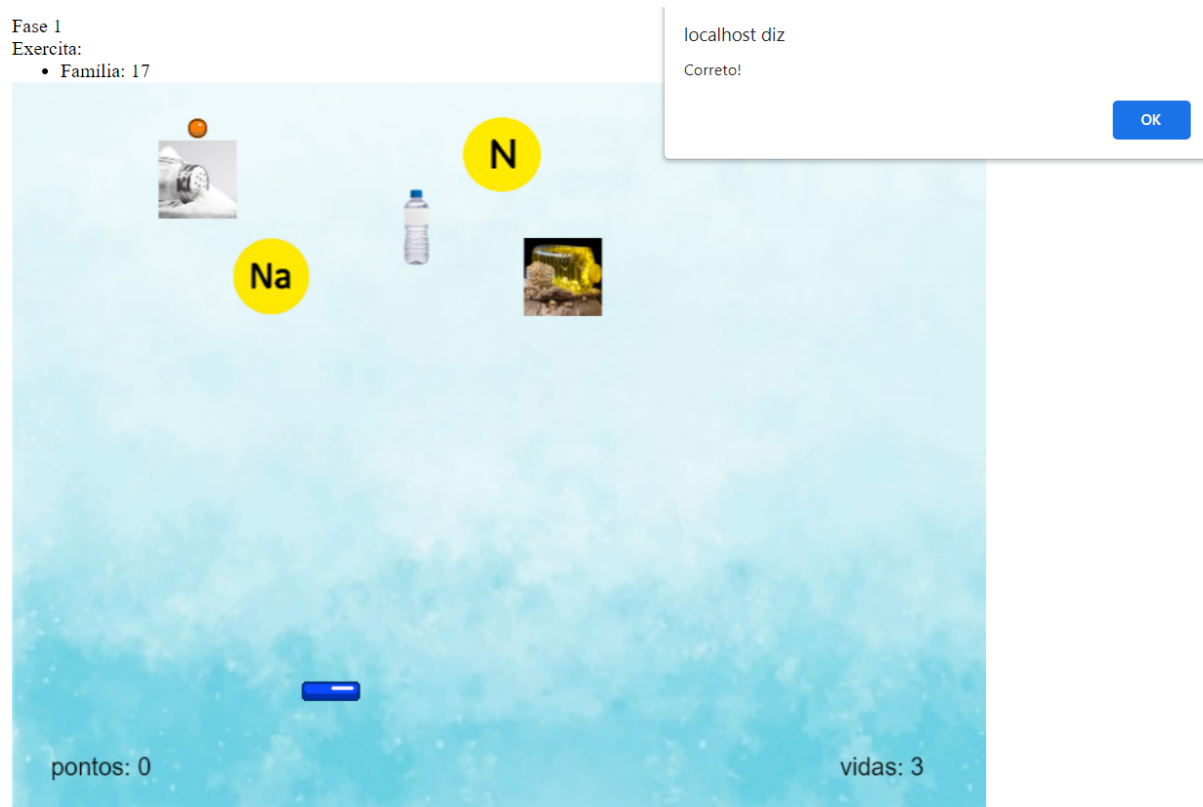


Figura 15 – Captura de tela de um acerto na Fase 1.

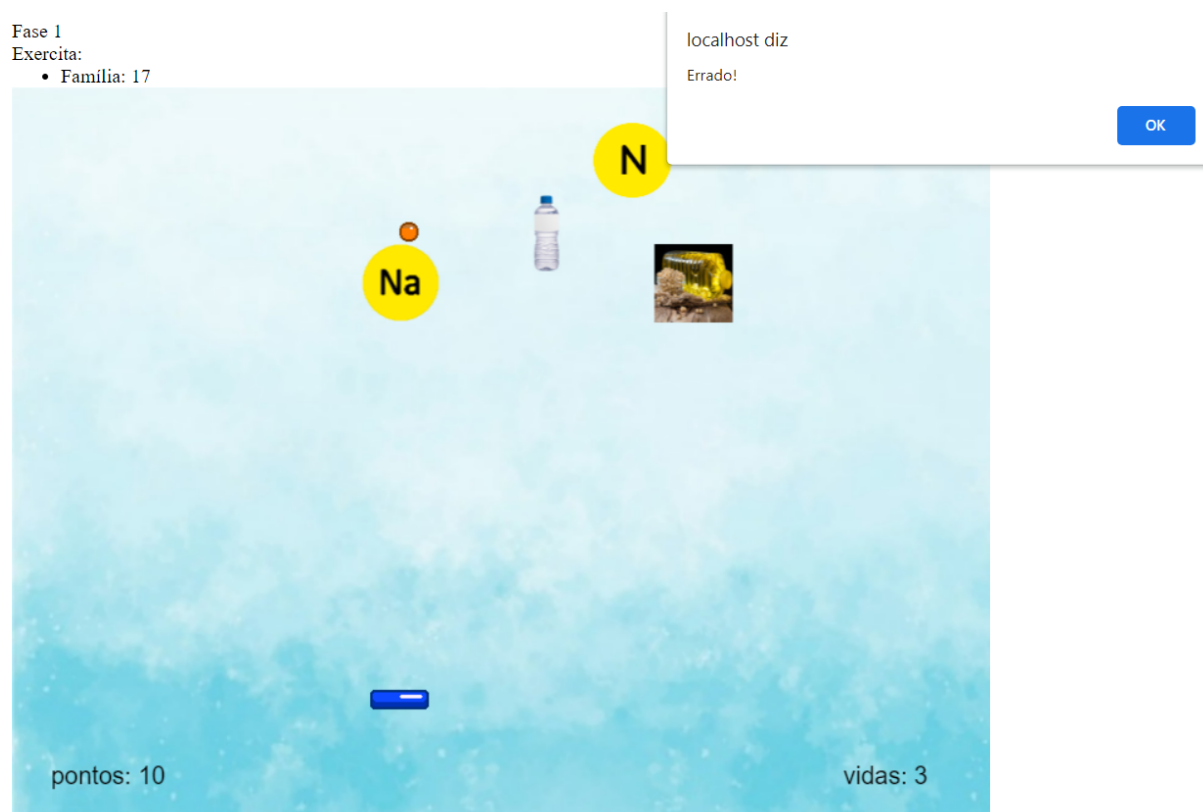


Figura 16 – Captura de tela de um erro na Fase 1.

Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma proposta de jogo digital para suporte ao ensino contextualizado da Tabela Periódica nas disciplinas introdutórias de Química do ensino básico. Com apoio de um professor de Química, foi realizado um *workshop* de Design Participativo com estudantes do Ensino Médio no processo de concepção da proposta de jogo de forma colaborativa. Os comentários recebidos dos estudantes foram bons e compartilharam que o jogo iria contribuir muito para aprendizagem na disciplina de Química.

Como prova de conceito, foi construído um protótipo funcional utilizando o *framework* Phaser.js, por ser de código aberto, implementado na linguagem JavaScript e conter módulos pré-programados para criação de objetos gráficos, mecânica e física de jogo, entrada e saída de dados, dentre outros. A construção do protótipo mostrou a viabilidade técnica em se construir o jogo proposto. Além disso, a proposta contribui como suporte ao ensino dos elementos químicos de forma contextualizada, permitindo que o professor crie as fases a partir dos elementos químicos que deseja explorar em suas aulas.

Como limitações do trabalho, resalta-se que apenas uma fase foi desenvolvida, logo não é possível avançar de fase, o jogo não é *multiplayer* e o histórico de jogo não é armazenado. Além disso, é necessário haver validações da prova de conceito junto aos possíveis usuários finais para identificação de ajustes.

O trabalho foi muito desafiador e gratificante, pois tive que aprender uma nova tecnologia que não havia trabalhado ainda. Tive dificuldades durante o processo de desenvolvimento principalmente na parte de arquitetura, no sentido de como estruturar o jogo, quais fases e níveis. Algumas disciplinas do curso foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho:

- ❑ Lógica para Computação: para construção da dinâmica do jogo, levando em consideração como iria trabalhar cada objeto na grade do jogo.
- ❑ Banco de Dados: na construção de todos os *scripts* de banco.
- ❑ Interação Humano-Computador: experiência do usuário quando estiver jogando.

- Modelagem de Software: desenho da solução e diagramas.
- Programação para Internet: para o desenvolvimento web.

5.1 Trabalhos Futuros

Este trabalho é um projeto mais amplo que tem como objetivo criar um ecossistema de software para criação de jogos educacionais e integrá-los no contexto da disciplina de Química. O jogo possui uma versão inicial desenvolvida, a ideia é que no futuro sejam criadas mais fases relacionadas com outros elementos químicos e objetos vão se espalhar nas fases, além de definir a quantidade de pontos que o estudante precisa para passar de fase, uma melhor interface para abertura e execução da fase para que tenha uma boa experiência de usuário e definição dos níveis das fases.

Além disso, a criação de uma versão, com o objetivo de fazer uma amostra em uma escola para estudantes fazerem o uso do jogo para que possamos colher comentários de como o jogo colaborou para seu aprendizado e possíveis sugestões de melhoria. Ainda, também é importante validar a proposta com professores de Química do Ensino Básico, uma vez que a ideia é que eles mesmos possam criar novas fases de jogo e usá-las durante seu processo de ensino. A ideia do jogo é de grande potencial para colaborar com o aprendizado da Tabela Periódica.

5.2 Contribuições em Produção Bibliográfica

A parte de concepção do jogo utilizando design participativo foi apresentada no Workshop sobre Design Participativo & Tecnologias Educacionais (WParT 2019) (ARAÚJO; NUNES; REZENDE, 2019), ocorrido dentro do VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2019), (ARAÚJO; NUNES; REZENDE, 2019) e na II Mostra de Trabalhos da TechnoMonte 2019 (NUNES; REZENDE; ARAÚJO, 2019). As publicações resultantes foram:

- ARAÚJO, R.; NUNES, I.; REZENDE, H. Concepção de um jogo digital educativo usando design participativo para ensino contextualizado da tabela periódica. In: Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Brasília, DF: SBC, 2019. p. 524–533. ISSN 2316-8889.
- NUNES, I. P.; REZENDE, H. P.; ARAÚJO, R. D. Construção de um jogo digital educativo para ensino da tabela periódica. In: Anais da II Mostra de Trabalhos TechnoMonte 2019. Monte Carmelo, MG: [s.n.], 2019. p. 18.

Referências

- ALVES, J. N. et al. IFQuimical: uma proposta de mediação no processo ensino-aprendizagem de química. In: **Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018)**. [S.l.]: SBC, 2018. p. 61–70. Citado na página 22.
- ARAÚJO, R.; NUNES, I.; REZENDE, H. Concepção de um jogo digital educativo usando design participativo para ensino contextualizado da tabela periódica. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. Brasília, DF: SBC, 2019. p. 524–533. ISSN 2316-8889. Citado na página 41.
- BATTARBEE, K.; SURI, J. F.; HOWARD, S. G. **Empathy on the Edge. Scaling and Sustaining a Human-Centered Approach in the Evolving Practice of Design**. 2014. <<https://www.ideo.com/news/empathy-on-the-edge>>. Acessado em 01/03/2019. Citado na página 13.
- BONACIN, R. **Um modelo de desenvolvimento de sistemas para suporte a cooperação fundamentado em design participativo e semiótica organizacional**. Tese (Doutorado) — University of Campinas, Brazil, 2004. Citado na página 20.
- Campano Junior, M. M.; SOUZA, H. C. de. Avaliação pedagógica com base na união dos componentes dos jogos educacionais e das teorias de aprendizagem. In: **Proceedings of SBGames 2020**. [S.l.: s.n.], 2020. p. 551–558. Citado na página 18.
- CISCATO, C. A. M. **Química: Química Geral - 1º Ano**. São Paulo: Moderna, 2015. 416 p. Citado na página 19.
- COELHO, P. M. F.; VALENTE, J. A. O uso de games digitais como ferramenta pedagógica aplicada ao ensino de língua portuguesa e suas literaturas. **Veredas Revista Interdisciplinar de Humanidades**, v. 4, n. 7, p. 143–158, 2021. Citado na página 18.
- CONNOLLY, T. M. et al. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers & Education**, v. 59, n. 2, p. 661–686, 2012. ISSN 0360-1315. Citado na página 26.
- COSTA, M. L. A. da; ALMEIDA, A. S. de; SANTOS, A. F. dos. A falta de interesse dos alunos pelo estudo de química. In: . X Colóquio Internacional, 2016. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/8918/70/a_falta_de_interesse_dos_alunos_pelo_estudo_da_quimica.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 14.

- CRAWFORD, C. **The Art of Computer Game Design**. Washington State University, 1997. Disponível em: <https://www.digitpress.com/library/books/book_art_of_computer_game_design.pdf>. Citado na página 12.
- CUNHA, M. B. da. Jogos no ensino de química: Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92–98, 2012. Citado na página 13.
- DAIREL, J. G. d. M. Dominó químico: Uma proposta para gerenciamento de fases de jogos educacionais desenvolvidos com phaser.js para não desenvolvedores no contexto de química. In: . Monte Carmelo, MG: [s.n.], 2021. Citado na página 21.
- FARIA, P. A. R.; SILVA, L. H. F. P.; SOUSA, P. M. d. Química elevator: Um jogo digital para o ensino da tabela periódica. In: **SBC – Proceedings of SBGames 2018**. Foz do Iguaçu, PR: SBC, 2018. p. 1420–1423. Citado na página 23.
- FAZANI, C. . Explorando o design participativo como prática de desenvolvimento de sistemas de informação. 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/download/64103/pdf_18/>. Citado na página 15.
- FRANCO-MARISCAL, A. J.; CANO-IGLESIAS, M. J. Soletrando o Br-As-I-L com Símbolos Químicos. **Química Nova na Escola**, SBQ, v. 31, n. 1, p. 31–33, 2009. ISSN 2175-2699. Citado na página 23.
- FRANCO-MARISCAL, A. J. et al. A Game-Based Approach To Learning the Idea of Chemical Elements and Their Periodic Classification. **Journal of Chemical Education**, American Chemical Society, v. 93, n. 7, p. 1173–1190, 2016. Citado na página 19.
- GAUDIO, C. del; OLIVEIRA, A. J. de; FRANZATO, C. Design Participativo e Inovação Social: A influência dos fatores contextuais. **Mix Sustentável**, v. 1, n. 1, 2015. Citado na página 20.
- GEE, J. P. **Good Video Games and Good Learning: Collected Essays on Video Games, Learning and Literacy**. 2. ed. [S.l.]: Peter Lang Inc., 2013. Citado na página 13.
- HERZ, J. C. **Joystick Nation: How Computer Games Ate Our Quarters, Won Our Hearts and Rewired Our Minds**. Boston, MA, USA: Little, Brown and Company, 1997. Citado na página 26.
- HOCHSPRUNG, J.; CRUZ, D. M. Jogos digitais/eletrônicos em sala de aula: uma revisão sistemática. In: **Proceedings of SBGames 2017**. [S.l.]: SBC, 2017. p. 1132–1135. Citado na página 18.
- JOAG, S. D. An effective method of introducing the periodic table as a crossword puzzle at the high school level. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 6, p. 864–867, 2014. Citado na página 23.
- LAAMARTI, F.; EID, M.; SADDIK, A. E. An overview of serious games. **International Journal of Computer Games Technology**, Hindawi Limited, London, GBR, v. 2014, 2014. ISSN 1687-7047. Citado na página 13.

- LAGO, B. L. Al-Kimia: How to Create a Video Game to Help High School Students Enjoy Chemistry. In: MA, M.; OIKONOMOU, A. (Ed.). **Serious Games and Edutainment Applications: Volume II**. [S.l.]: Springer International Publishing, 2017. cap. 11, p. 259–272. Citado na página 23.
- MARTÍ-CENTELLES, V.; RUBIO-MAGNIETO, J. Chemmend: A card game to introduce and explore the periodic table while engaging students' interest. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 6, p. 868–871, 2014. Citado na página 23.
- MATIAS, F. da S.; NASCIMENTO, F. T. do; SALES, L. L. de M. Jogos lúdicos como ferramenta no ensino de química: Teoria versus prática. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, v. 2, p. 452–464, 2017. Citado na página 13.
- MORES, D. et al. Avaliação da aplicação de oficinas na minimização de dificuldades de aprendizagem no ensino de química. **Anuário Pesquisa E Extensão Unoesc Joaçaba**, v. 1, p. e12802, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 14.
- NANNEN, V. **Abordagens participativas para o design: metodologias e plataformas sociotécnicas como suporte ao design interdisciplinar e aberto a participação**. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo, 2012. Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital. Citado na página 13.
- NOVAIS, S. A. **Tabela Periódica**. Brasil Escola, n.d. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tabela-periodica.htm>>. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 19.
- NUNES, I. P.; REZENDE, H. P.; ARAÚJO, R. D. Construção de um jogo digital educativo para ensino da tabela periódica. In: **Anais da II Mostra de Trabalhos TechnoMonte 2019**. Monte Carmelo, MG: [s.n.], 2019. p. 18. Citado na página 41.
- OLIVEIRA, F. M.; HILDEBRAND, H. R. Ludicidade, ensino e aprendizagem nos jogos digitais educacionais. **Informática na Educação: Teoria & Prática**, v. 21, n. 1, p. 106–120, 2018. Citado na página 18.
- PAIVA, C. A.; TORI, R. Jogos digitais no ensino: Processos cognitivos, benefícios e desafios. In: **Proceedings of SBGames 2017**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1052—1055. Citado na página 18.
- PLASS, J. L.; HOMER, B. D.; KINZER, C. K. Foundations of Game-Based Learning. **Educational Psychologist**, Routledge, v. 50, n. 4, p. 258–283, 2015. ISSN 0046-1520. Citado na página 13.
- PORTZ, L. G.; EICHLER, M. L. Uso de jogos digitais no ensino de Química: um Super Trunfo sobre a tabela periódica. **Encontro de Debates sobre o Ensino de Química**, UNIJUI, v. 33, 2013. ISSN 2318-8316. Citado na página 23.
- PRENSKY, M. **Digital game-based learning**. New York: McGraw-Hill, 2001. Citado na página 13.
- PRINCE, J. D. Gamification. **Journal of Electronic Resources in Medical Libraries**, Routledge, v. 10, n. 3, p. 162–169, 2013. Citado na página 13.

- RIBEIRO, R. J. et al. Teorias de Aprendizagem em Jogos Digitais Educacionais: um Panorama Brasileiro. **RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, CINTED-UFRGS, v. 13, n. 1, p. 1–10, 2015. ISSN 1679-1916. Citado na página 13.
- ROCHA, F. B. et al. Abaquim - um jogo educativo para auxílio na aprendizagem de distribuição eletrônica química. In: **Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2017)**. [S.l.]: SBC, 2017. p. 907–916. Citado na página 22.
- ROCHA, R.; BITTENCOURT, I.; ISOTANI, S. Análise, projeto, desenvolvimento e avaliação de jogos sérios e afins: uma revisão de desafios e oportunidades. In: **Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 692–701. Citado na página 18.
- ROMANO, C. G. et al. Perfil Químico: Um Jogo para o Ensino da Tabela Periódica. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 3, p. 1235–1244, 2017. ISSN 1984-6835. Citado na página 23.
- SANTOS, A. V. d.; ARAÚJO, F. B. Utilização de jogo didático para o ensino de tabela periódica. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 78–89, 2017. ISSN 2527-2624. Citado na página 23.
- SANTOS, N. H. d.; SARINHO, V. T. Dominó químico: Jogo educativo para o ensino-aprendizagem das funções químicas inorgânicas. In: **SBC – Proceedings of SBGames 2017**. Curitiba, PR: SBC, 2017. p. 308–311. Citado na página 22.
- SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos digitais educacionais: Benefícios e desafios. **RENOTE**, CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 6, n. 1, 12 2008. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/renote/article/viewFile/14405/8310>>. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 17.
- SCHUYTEMA, P. **Design de games: uma abordagem prática**. CENGAGE DO BRASIL, 2008. ISBN 9788522106158. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=7Md6PgAACAAJ>>. Citado na página 12.
- SPINUZZI, C. The Methodology of Participatory Design. **Technical Communication**, Society for Technical Communication, v. 52, n. 2, p. 163–174, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. **Química Nova**, Scielo, v. 20, n. 1, p. 103–117, 1997. ISSN 0100-4042. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421997000100014&nrm=iso>. Citado na página 18.
- VIEIRA, M. de L. A. Uso de jogos digitais no ensino de química orgânica: My química lab - um relato de experiência. In: **Anais do CIET:EnPED:2020 - (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias | Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância)**. São Carlos: SEaD - UFSCar, 2020. p. 01–10. Citado na página 13.

WATANABE, M.; RECENA, M. C. P. Memória orgânica – um jogo didático útil no processo de ensino e aprendizagem. In: **Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ)**. [S.l.]: UFPR/DQ, 2008. Citado na página 22.

Apêndices

APÊNDICE A

Exemplo de JSON - Fase 1

```
{
  "nome": "Fase 1",
  "dificuldade": "1",
  "tempo": "60",
  "verifica_classificacao": "0",
  "verifica_familia": "1",
  "verifica_periodo": "0",
  "verifica_subgrupo": "0",
  "familias": [
    {
      "id": "17"
    }
  ],
  "classificacoes": [
    {
      "id": "2"
    }
  ],
  "periodos": [
    {
      "id": "1"
    }
  ],
  "subgrupos": [
    {
      "id": "1"
    }
  ],
  "elementos": [
    {
      "id": "1",
      "nome": "Sal de cozinha",
      "imagem": "sal.png",
      "elementos": [
        {
          "id": "11",
          "nome": "Sódio",
          "periodo": "3",
          "simbolo": "Na",
          "subgrupo": "1"
        },
        {
          "id": "17",
          "nome": "Cloro",
          "periodo": "3",
          "simbolo": "Cl",
          "subgrupo": "1"
        }
      ]
    }
  ],
  "objetos": [
    {
      "id": "1",
      "nome": "Sal de cozinha",
      "imagem": "sal.png",
      "elementos": [
        {
          "id": "11",
          "nome": "Sódio",
          "periodo": "3",
          "simbolo": "Na",
          "subgrupo": "1"
        },
        {
          "id": "17",
          "nome": "Cloro",
          "periodo": "3",
          "simbolo": "Cl",
          "subgrupo": "1"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

```
{
  "id": "2",
  "nome": "Água mineral",
  "imagem": "agua.png",
  "elementos": [
    {
      "id": "2",
      "nome": "Hidrogênio",
      "periodo": "1",
      "simbolo": "H",
      "subgrupo": "1"
    },
    {
      "id": "8",
      "nome": "Oxigênio",
      "periodo": "2",
      "simbolo": "O",
      "subgrupo": "1"
    },
    {
      "id": "11",
      "nome": "Sódio",
      "periodo": "3",
      "simbolo": "Na",
      "subgrupo": "1"
    }
  ]
},
{
  "id": "3",
  "nome": "Óleo de soja",
  "imagem": "oleo.png",
  "elementos": [
    {
      "id": "26",
      "nome": "Ferro",
      "periodo": "4",
      "simbolo": "Fe",
      "subgrupo": "2"
    },
    {
      "id": "30",
      "nome": "Zinco",
      "periodo": "4",
      "simbolo": "Zn",
      "subgrupo": "2"
    }
  ]
}
]
```