

Eletrolab - Fuga Energizada: um jogo didático como recurso para aprendizagem de conceitos de número de oxidação e de pilhas

Eletrolab - Energized Escape: a didactic game as a resource for learning concepts of oxidation number and batteries

Walter Anibal Rammazzina Filho¹, Welyson Fernando do Prado de Carlos¹,
Flávia Belintani Blum Haddad¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio – PR – Brasil

welyson@alunos.utfpr.edu.br, {flaviahaddad, walterfilho}@utfpr.edu.br

Abstract. *Introduction:* The teaching and learning process of electrochemistry is complex when there are no resources available that allow the learner to visualize the phenomenon microscopically and macroscopically. **Objective:** develop an educational game that is characterized as a resource with the potential to promote understanding of electrochemistry. **Methodology:** the game developed consists of two phases, in which the first phase deals with fundamental concepts of oxidation number and in the second phase deals with the characteristics to be considered in the construction of a battery to move a device. **Results:** the game was published on an open access platform and is expected to be a resource with potential for the understanding of Chemistry.

Keywords - educational games, construct 3, electrochemistry

Resumo. *Introdução:* O processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica é complexo quando não se dispõe de recursos que permitam que o/a aprendiz visualize micro e macroscopicamente o fenômeno. **Objetivo:** desenvolver um jogo educacional que se caracterize como recurso com potencial de promover a compreensão da eletroquímica. **Metodologia:** jogo desenvolvido consiste de duas fases, das quais na primeira são trabalhados conceitos fundamentais de número de oxidação e na segunda é tratada as características a serem consideradas na construção de uma pilha para a movimentação de um dispositivo. **Resultados:** jogo foi publicado em uma plataforma de livre acesso e é esperado que seja um recurso com potencialidades na compreensão da Química.

Palavras-chave - jogos educacionais, construct 3, eletroquímica

1. Introdução

O ofício de ensinar se caracteriza por um desafio cotidiano. Não existe uma solução universal para se aplicar a obstáculos individuais de aprendizagem que se adeque a todos os discentes. Cada aluno é único e responde de maneira particular a diferentes atividades. Dessa forma, o que interessa a alguns e favorece o aprendizado, a outros pode não apresentar sentido, comprometendo o processo de ensino e aprendizagem.

Particularmente, o Ensino de Ciências no Brasil enfrenta dificuldades referentes “ao desenvolvimento da prática pedagógica dos professores dessa área e isso decorre do pouco tempo em que o Ensino de Ciências foi incorporado no sistema educacional brasileiro” [Pimenta 2012].

Segundo [Volante Zanon et al. 2008], “a compreensão dos conteúdos da Química está relacionada com uma nova visão da ciência e do conhecimento científico que não se configura num corpo de teorias e procedimentos de caráter positivista, e sim, como modelos teóricos social e historicamente produzidos.” [Volante Zanon et al. 2008] O Ensino de Ciências muitas vezes se torna desafiador porque envolve conteúdos abstratos, nomes científicos de difícil compreensão, sendo assim, pautada na abordagem tradicional centrada na memorização

A fim de auxiliar na compreensão epistemológica dos conteúdos de Química, os jogos didáticos se apresentam como uma alternativa pedagógica e de boa aceitação pelos alunos. Quando planejados de maneira adequada pelo professor, os recursos lúdicos são estratégias que podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, à medida que favorecem a capacidade de estabelecer relações entre os conteúdos estudados e os conhecimentos prévios dos alunos, levando-os a vivenciar e solucionar situações-problema [Kishimoto 2011].

A prática de ensino por meio de jogos didáticos-pedagógicos possibilita a interação entre aluno-aluno-professor durante a aula, que ainda envolve aspectos específicos como, por exemplo, diversão e competição, fazendo da atividade um momento de cooperação e animação, no processo de realização da atividade. Dessa forma, trata-se de um momento diferente das aulas rotineiras com caráter puramente expositivo e passivo. Assim, o jogo se caracteriza como instrumento que pode preencher a falta de materiais inovadores, possibilitando aos alunos interagirem com mais leveza no percurso educativo [Silva and Almeida 2023].

A partir da proposta de unir jogos ao processo de ensino e aprendizagem, este artigo apresenta a criação de um jogo educacional que articula os conceitos de número de oxidação, de reações de oxidação e redução e de obtenção de uma tensão e corrente elétrica por meio de uma reação eletroquímica destinado a alunos dos Ensinos Médio e de Graduação nas áreas de Química e de Engenharia.

Este artigo está estruturado em Fundamentação Teórica (2) a qual subsidia a criação do jogo e a articulação dos conceitos, além da busca por trabalhos relacionados. Na seção 3 é relatado o método aplicado para desenvolvimento do jogo, na seção 4 a construção do jogo, na seção 5 é apresentado o jogo e na seção 6 a conclusão.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta as referências teórico-metodológicas que constituem o embasamento aplicado ao desenvolvimento do jogo, as ferramentas e as tecnologias utilizadas, bem como os aspectos teóricos a respeito do ensino de eletroquímica e sua relação com o uso de jogos.

2.1. Jogos educacionais

O jogo é uma atividade divertida e produtiva que trabalha o intelecto e o emocional do jogador e pode ser adotada como uma importante ferramenta de aprendizagem. Por mais

que o jogo trate de um espaço fechado com regras próprias e sem consequências no mundo exterior, as experiências vividas pelo jogador podem refletir fora do ambiente de jogo [Pereira et al. 2009].

Por meio da utilização de jogos, o aluno constrói seu conhecimento de maneiraativa e dinâmica e os participantes envolvidos estão, geralmente, mais propícios à ajuda mútua e à análise dos erros e dos acertos, proporcionando uma reflexão em profundidade a respeito dos conceitos que estão sendo discutidos, em um processo de *feedback* constante. Isto proporciona ao professor condições de analisar e de compreender o desenvolvimento do raciocínio do aluno e de dinamizar a relação entre ensino e aprendizagem, por meio de reflexões a respeito das jogadas realizadas pelos jogadores. [Apresentação and Teixeira 2014]

Ao pensar no uso dessa estratégia de ensino, podem surgir algumas inseguranças e que estão, na maioria das vezes, relacionadas com o fato dos jogos didáticos estarem ligados ao lúdico e ao lazer, não os reconhecendo como eficazes no processo de ensino e de aprendizagem em Ciências [Reichert et al. 2023]. Por isso é importante que o jogo didático esteja articulado no planejamento de maneira adequada, com objetivos de aprendizagem claros, a fim de que o jogo não tenha somente um fim em si mesmo e não promova a construção do conhecimento preconizada.

Jogos didáticos possibilitam o aprendizado e o exercício de habilidades e conceitos específicos, utilizando mecânica de jogos, o que caracteriza o termo *Game-Based Learning* (GBL) [De Almeida Souza et al. 2017].

2.2. Dificuldades de Aprendizagem de Eletroquímica

Para promover o aprendizado significativo na Química, é importante que o aluno passe por três níveis de conhecimento: o macroscópico, o microscópico e o simbólico, permitindo assim que ele observe o fenômeno, e o compreenda de tal forma que seja capaz de representá-lo por meio de linguagens simbólicas [Mortimer et al. 2000].

Em geral os alunos apresentam menor dificuldade para representações macroscópicas, mas quando vêm a passar para os níveis microscópico e simbólico enfrentam sérios problemas [Lopes 1992].

No ensino de eletroquímica, diferentes autores fizeram um amplo estudo e apontaram algumas das principais concepções que surgem tanto das falas de estudantes, professores e livros didáticos, entre elas [Garnett and Treagust 1992] e [Sanger and Greenbowe 1999]: Oxidação/redução – Os processos de oxidação e redução ocorrem de formas independentes; Na representação das equações, a adição ou a remoção de oxigênio pode identificar se a reação é de oxidação ou redução; alterações nas cargas de espécies poliatómicas podem ser usadas para determinar o número de elétrons removidos ou ganhados pelas espécies reativas; O estado de oxidação de um elemento é o mesmo que a carga de íon monoatômico desse elemento; Corrente elétrica – Elétrons podem fluir através de soluções de eletrólitos e da ponte salina; Movimento de cátion não constitui corrente elétrica; A corrente convencional é o fluxo de cargas positivas (geralmente prótons); Prótons fluem nos condutores metálicos; Ânodo/Cátodo – A identificação do ânodo e do cátodo depende da localização física (se está à direita ou esquerda) da meia célula; O ânodo é carregado negativamente e por isso atrai cátions, o cátodo é carregado positivamente e por isso atrai ânions. Particularmente, é muito comum ouvir essas

imprecisões até hoje na voz dos estudantes, inclusive do ensino superior; não é raro atribuírem a movimentação de elétrons às diferentes soluções de eletrólitos e à ponte salina, mesmo depois de trinta anos das pesquisas profundas que foram feitas a respeito do assunto.

Reforçando esses dados, [Niaz and Chacón 2003] identificaram outras dificuldades mais específicas, tais como a identificação de onde ocorre a reação na célula eletroquímica; como se dá o processo de fluxo dos elétrons, a condução no eletrólito, a neutralidade elétrica; como é a terminologia e os aspectos relativos aos componentes do processo, tais como ponte salina, cátodo e ânodo. Além disso, os estudantes apresentam, ainda, dificuldades para relacionar a deposição e o desgaste do metal com os elétrons recebidos e perdidos no processo, consequentemente, assumem a ideia de cargas opostas para determinar o eletrodo positivo e o negativo, ânodo e cátodo nas células galvânicas e eletrolíticas e etc.

Comumente, a construção de um dispositivo que simula a pilha de Daniell, constituída de uma solução de sulfato de cobre, de sulfato de zinco, de cobre metálico, de zinco metálico, de um voltímetro e de um tubo em U traz benefícios, como recurso experimental, para a visualização macroscópica da diferença de potencial gerada por metais com diferentes potenciais padrão de redução. No entanto, muitas vezes os estudantes apresentam dificuldade em realizar o processo contrário, ou seja, de relacionar, a partir de diferentes semi-reações de redução, qual par forneceria uma diferença de potencial específica para uma determinada pilha específica.

Essa situação foi dramatizada na série "Breaking Bad", no nono episódio da segunda temporada. Nessa situação, Walter (professor de Química protagonista da série) e Jesse se encontravam em um local distante e deserto quando a bateria do *trailer* falhou. Usando seus conhecimentos químicos, Walter montou um conjunto de seis células eletrolíticas, improvisadas em potes plásticos, para dar partida e fazer o motor do veículo funcionar novamente. Ele colocou de um lado parafusos, moedas, arruelas e roscas (porcas) metálicas galvanizadas; no meio, separando o cátodo e ânodo, uma esponja embebida com uma solução aquosa, que pode ser utilizada para desentupir tubulações; e, no outro lado, uma mistura sólida de duas substâncias, coletada das pastilhas de freio do veículo. Depois ele desencapou um fio de outro tipo de metal e conectou os polos das células em série. Apesar do *design* estrutural sólido, uma bateria tão simples forneceria apenas uma fração da energia realmente necessária para girar um motor. É altamente improvável que essa bateria realmente funcionasse na realidade.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é desenvolver um jogo que trabalhe com princípios básicos necessários no entendimento do número de oxidação e que também fomente o processo epistemológico de escolha adequada de pares de metais para colocar um dispositivo em funcionamento.

2.3. Trabalhos Relacionados

Ao realizar uma pesquisa no Google, há certas palavras-chave e operadores que operam como uma linguagem de consulta estruturada e possuem significado especial para o referido mecanismo de busca. Esses elementos são empregados para filtrar os resultados[Raggi 2021].

Para a busca de trabalhos relacionados a este estudo, utilizou-se a seguinte

estrutura com variações de sites, palavras-chave e idioma: site: EndereçoDoSite OR EndereçoDoSite ("PalavraChave"OR "PalavraChave") AND ("PalavraChave").

Considerando esta estrutura foram construídas duas *strings* de busca, uma em inglês e a outra em português. Além disso, para abranger uma variedade de fontes, foram incluídas as seguintes plataformas: itch.io, GameJolt, Google Play Store, Apple Store e PhET Colorado.

- site:play.google.com OR site:apps.apple.com OR site:gamejolt.com OR site:itch.io OR site:phet.colorado.edu ("educational games"OR "game") ("oxidation number"OR "electrochemistry"OR "batteries");
- site:play.google.com OR site:apps.apple.com OR site:gamejolt.com OR site:itch.io OR site:phet.colorado.edu ("Jogos educacionais"OR "jogos") ("número de oxidação"OR "eletroquímica"OR "pilhas").

Foi encontrado somente um jogo didático a partir da *string* de busca em português, o QUIZMICA – ELETROQUÍMICA. Segundo informações disponíveis no Google Play, trata-se de um aplicativo do tipo *Quiz*, em que o jogador é desafiado a responder corretamente perguntas relacionadas com a Eletroquímica. O jogo é dividido em 3 níveis de dificuldade (Fácil, Médio e Difícil), nos quais o jogador pode aprimorar seus conhecimentos para atingir grandes pontuações no ranking.

3. Materiais e Métodos

Esta seção apresenta o método aplicado no desenvolvimento, materiais e tecnologias utilizadas.

3.1. PDJEA

PDJEA é a sigla para **Processo de Desenvolvimento de Jogos Educacionais para o Aprendizado**, que é um processo estruturado para orientar o desenvolvimento de jogos educacionais. O PDJEA fornece artefatos, diretrizes e recomendações para cada etapa do processo de desenvolvimento, desde o planejamento até a avaliação. O objetivo do PDJEA é facilitar o desenvolvimento de jogos educacionais de alta qualidade que sejam eficazes no aprimoramento do aprendizado. Na Figura 1 são apresentadas as fases e suas etapas [Rodrigues 2020].

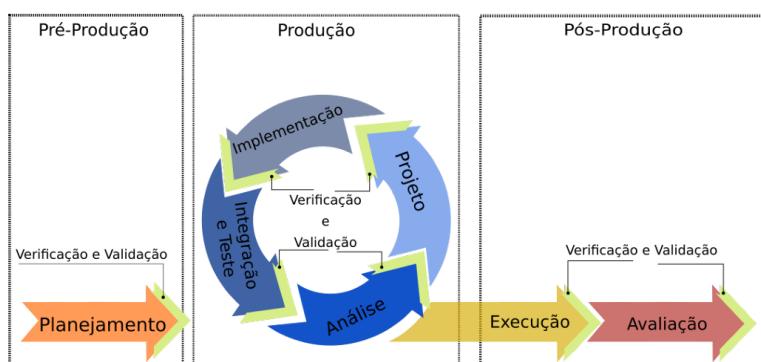


Figura 1. Visão geral do processo de Software PDJEA

O método mencionado incorpora também o desenvolvimento incremental e o Scrum, funcionando com ciclos de entrega, mesmo que o projeto não tenha sido completo e validado. O processo PDJEA propõe diversos artefatos, conforme mostrado na Figura 2, mas cabe à equipe definir quais artefatos são necessários no desenvolvimento do jogo, tornando o processo modular [Rodrigues 2020].

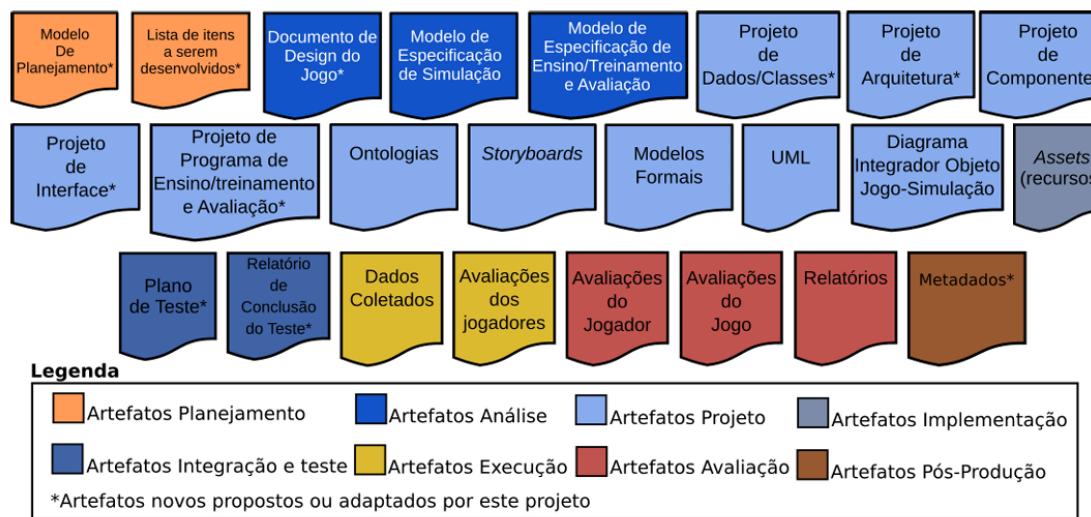


Figura 2. Artefatos Utilizados no PDJEA

3.2. Materiais

Neste trabalho, foram adotados alguns artefatos PDJEA proposto por Rodrigues (2020). Foram implementados os softwares e aplicações web "Excalidraw", "ElevenLabs Sound Effects" e "Construct 3" para o desenvolvimento do jogo Eletrolab - Fuga Energizada em fases de pré-produção, produção e pós pré-produção.

4. Desenvolvimento

4.1. Pré-produção

Na pré-produção foi utilizado o modelo descritivo PDJEA para conceber e detalhar o conceito do jogo, selecionando artefatos como o "Modelo de Planejamento", "Documento de Design de Jogo", entre outros, de acordo com o escopo do projeto. Um sistema de gerenciamento de versão foi adotado para acompanhar as mudanças nos documentos ao longo do desenvolvimento.

Definiu-se o conceito do jogo, incluindo gênero, público-alvo e mecânicas principais. Elaborou-se um documento de *design* de jogo no Google Docs, detalhando o *layout* de níveis, a interface do usuário e outros elementos do jogo. Além disso, foram considerados os seguintes elementos:

- Multiplataforma: software desenvolvido para ser instalado em um dispositivo eletrônico móvel, como um telefone celular, smartphone, tablet;
- Jogo Educacional: jogos elaborados para ensinar e testar conhecimentos sobre um determinado assunto;

- Análise de Desempenho: avalia o desempenho do jogador quanto ao seu conhecimento;
- Apontamento de Erros: informa ao jogador os erros cometidos no jogo;
- Níveis Gradativos: oferta níveis de jogo que adicionam dificuldades ao passar de fase;
- Tutorial: explica como jogar o jogo passo-a-passo;
- Número de oxidação: possui a temática direcionada a determinação do número de oxidação de diferentes espécies químicas;
- Potencial de uma pilha: possui a temática direcionada a construção de uma pilha a partir da necessidade de uma diferença de potencial gerada.

4.2. Produção

Com base na "Lista de itens a serem desenvolvidos" e na etapa anterior de planejamento utilizando o software "Excalidraw", foram esboçados os ambientes de laboratório, itens e personagens necessários para a implementação do jogo "Eletrolab - Fuga Energizada"

O processo de desenvolvimento do jogo ocorreu conforme as seguintes etapas:

- 1) Planejamento (Google Docs): Definiu-se o escopo do jogo, incluindo mecânicas, história e estilo visual no Google Docs.
- 2) Criação de Assets (Excalidraw): Utilizou-se o Excalidraw para criar os sprites e outros elementos visuais (PNG/SVG).
- 3) Implementação (Construct 3): Implementou-se as mecânicas do jogo no Construct 3, utilizando a lógica de eventos e comportamentos, e importando os *assets* do Excalidraw.
- 4) Integração de Sons (ElevenLabs, Construct 3): Gerou-se os efeitos sonoros (WAV) com ElevenLabs Sound Effects e integrou-se ao jogo no Construct 3.
- 5) Refinamento (Construct 3, Excalidraw): Ajustou-se e refinou-se os elementos do jogo, como mecânicas, visuais e sons.

O processo de criação dos efeitos sonoros se baseou na utilização de *prompts* em inglês, que descrevem detalhadamente o som desejado. A precisão e clareza dos prompts são fundamentais para obter resultados satisfatórios. Alguns exemplos de *prompts* que podem ser utilizados incluem: Ambiente: "*Wind howling through a dense forest*" (Vento uivando através de uma floresta densa) Ação: "*Sword clashing against a metal shield*" (Espada colidindo contra um escudo de metal) Magia: "*Spell casting with a whoosh and a sparkle*" (Conjuração de feitiço com um silvo e um brilho) Criaturas: "*Dragon roaring with a deep, guttural sound*" (Dragão rugindo com um som profundo e gutural),

Trata-se de uma plataforma *online* para geração de efeitos sonoros, utiliza inteligência artificial e *prompts* de texto para criar sons, exporta sons no formato WAV e facilita a obtenção de sons personalizados para o jogo.

Após a criação dos arquivos de mídia, o jogo foi desenvolvido no aplicativo *web* "Construct 3", utilizando uma licença comercial anual. Os *layouts* e eventos foram criados com base nos artefatos de planejamento, e as artes e efeitos sonoros foram importados e organizados no projeto. A partir de então, seguiu-se com a sequência de atividades: importou-se os elementos visuais (PNG/SVG) criados no Excalidraw para

o Construct 3, implementou-se as mecânicas do jogo, utilizando a interface visual e a lógica de eventos do Construct 3 e construiu-se os níveis e a interface do usuário dentro do Construct 3, seguindo o documento de *design*.

4.3. Pós-produção

Após o desenvolvimento e testes, decidiu-se pela versão de compilação HTML5 devido ao fácil acesso online por meio de um link. O jogo foi disponibilizado no site “itch.io”. Foram gerados *screenshots*, palavras-chave e textos explanatórios sobre o conteúdo do jogo para destacar suas características e atrair os jogadores. Essas informações foram cuidadosamente colocadas nas plataformas de publicação para melhor apresentar o jogo e atrair ao público-alvo.

5. Apresentação

O conjunto de imagens da Figura 3 mostra as telas em que a Fase 1 é desenvolvida.

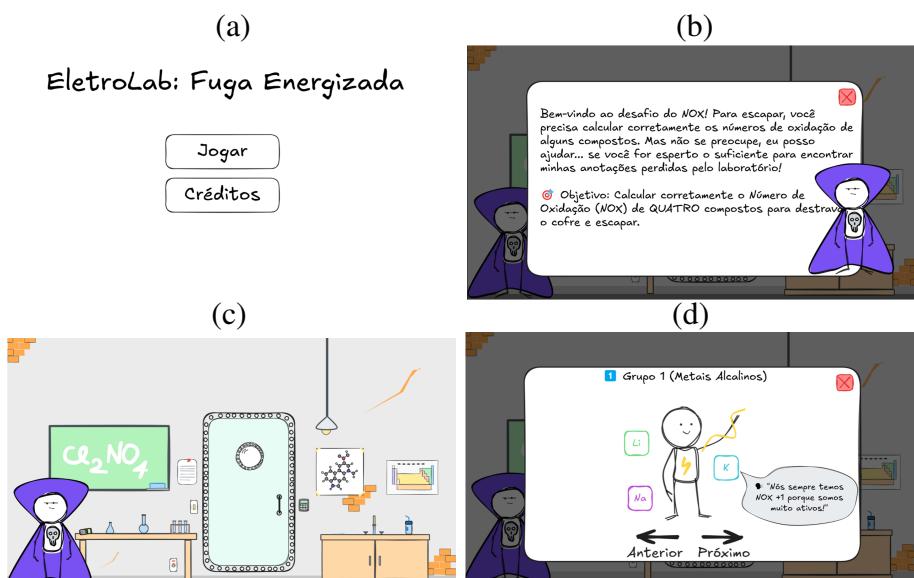


Figura 3. Telas iniciais da Fase 1 do jogo EletroLab

O jogo se inicia com a tela inicial, em que o jogador tem acesso à Fase 1 e aos créditos dos desenvolvedores (Figura 3a). Após clicar em “Jogar”, o participante terá acesso às informações de boas-vindas do jogo, além do objetivo que tem que cumprir para passar de fase (Figura 3b). Inicia-se, então, um trabalho de exploração do jogador pelos objetos do cenário (Figura 3c). Ao clicar na lousa à frente da personagem, o participante tem acesso às regras de cálculo do número de oxidação; no quadro de anotações do lado direito da lousa, há um exemplo para o jogador responder a respeito do cálculo do número de oxidação de uma substância simples; ao clicar no telefone sobre a mesa, o participante tem acesso a um exemplo resolvido e explicado do cálculo do número de oxidação do permanganato de potássio; há informações no Erlenmeyer, no balão volumétrico e nos tubos de ensaio sobre a mesa. Além disso, há informações adicionais ao se clicar sobre a Tabela Periódica e sobre o cartaz com a representação da estrutura química, ambos à direita da porta do cofre (Figura 3d).

Ao clicar na fechadura digital à direita da porta do cofre, a imagem da fechadura é expandida (Figura 4a) com cada um dos quatro compostos cujos números de oxidação formam o código para a abertura da porta. A inserção deve ser feita com o sinal do número de oxidação (+ ou -) e o seu valor numérico. Ao inserir o valor correto, o mostrador da fechadura apresentará uma figura de OK (Figura 4b). Cabe ressaltar que, a princípio, foi utilizado um banco de dados de trinta compostos. Ao acertar corretamente o conjunto de quatro números de oxidação, aparecerá uma mensagem de “Parabéns” (Figura 4c) e será iniciada a fase 2.

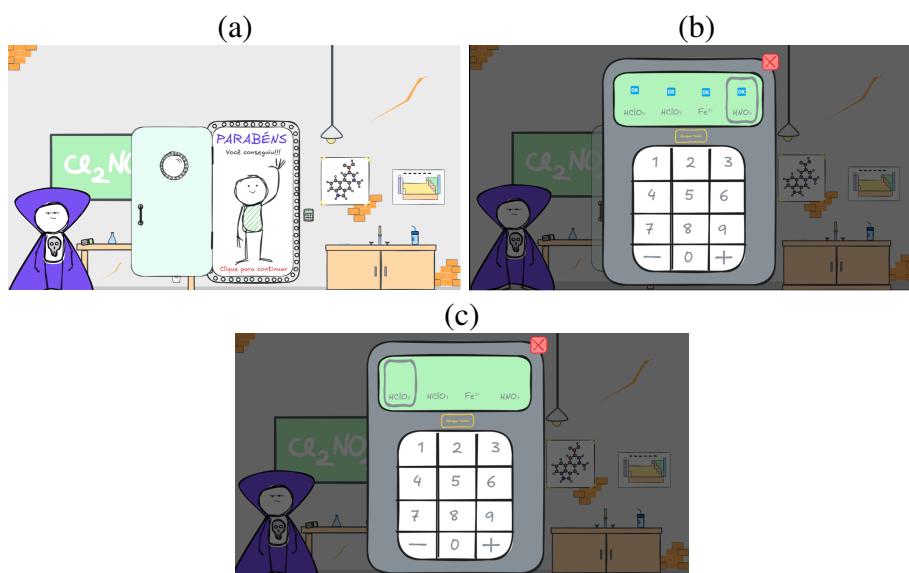


Figura 4. Telas de Inserção do Código e de Finalização da Fase 1 do jogo EletroLab

A fase 2 do jogo se inicia com a tela de explicações a respeito do problema a ser resolvido, ou seja, combinar dois metais sólidos e suas respectivas soluções para formar uma pilha de potencial de 1,5V (Figura 5a). Inicia-se, novamente, um trabalho de exploração do jogador pelos objetos do cenário (Figura 5b). Ao clicar no quadro branco do lado esquerdo da personagem da fase 2, o jogador pode responder a uma questão referente a como se calcula o potencial de uma pilha; ao clicar no joystick sobre a cadeira, o participante tem informações a respeito da escolha do eletrólito. Há informações espalhadas dentro das caixas próximas às mesas, na guitarra e nas ferramentas. Ao clicar nos livros à direita da televisão, o jogador tem acesso ao manual da máquina que gerará energia para o drone (Figura 5c). Com isso, é capaz de clicar na máquina à esquerda da televisão para resolver o seu problema (Figura 5d). As escolhas vão aparecendo de maneira simultânea na televisão, permitindo um *feedback* instantâneo na resolução da atividade. Ao fazer a seleção correta (Figura 5e), o drone começa a funcionar em uma animação e o jogo estará finalizado.

Atualmente, o jogo está publicado na plataforma online "Itch.io". O jogo pode ser acessado em <https://welyson.itch.io/eletroquimica>. Essa plataforma oferece acesso fácil e gratuito ao jogo em qualquer dispositivo com um navegador mais recente instalado, permitindo que os jogadores o experimentem e desfrutem facilmente.

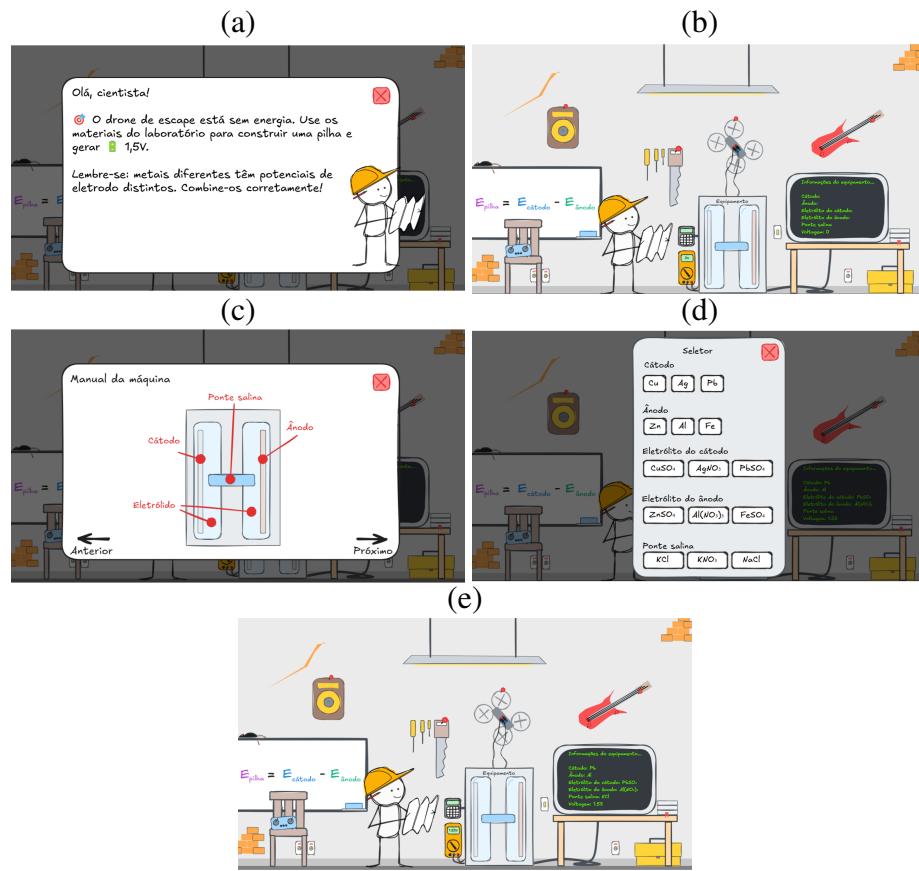


Figura 5. Telas da Fase 2 do jogo EletroLab

6. Conclusão

Neste artigo foi apresentado o desenvolvimento de um jogo educacional que trabalhe com princípios básicos necessários no entendimento no número de oxidação e que também subsidie a escolha adequada de pares de metais para colocar um dispositivo em funcionamento, a partir de seu requisito de diferença de potencial necessária. Na fase 1 do jogo, o jogador busca por informações necessárias para o cálculo do número de oxidação e abrir a porta de um cofre que dará acesso à fase 2 do jogo, em que é iniciada uma nova busca de informações no cenário para a escolha adequada de metais e eletrólitos para fazer o drone funcionar e libertar o cientista preso..

O desenvolvimento de novos recursos para o ensino de Química é necessário, uma vez que os estudantes apresentam dificuldades em visualizar conceitos abstratos. Além do desenvolvimento do jogo, que já está disponível para uso, este artigo teve como intuito discutir novas perspectivas didáticas a respeito da eletroquímica, que carece de recursos específicos.

6.1. Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de testes com usuários, a elaboração de questionários de aprendizado dos jogadores. A aplicação do jogo em diversos contextos educacionais e sua tradução para outros idiomas podem ampliar seu alcance e impacto. Além disso, visa-se realizar melhorias contínuas nos bancos de dados e nas funcionalidades que o jogo pode apresentar.

Referências

- Apresentação, K. R. d. S. d. and Teixeira, R. R. P. (2014). Jogos em sala de aula e seus benefícios para a aprendizagem da matemática. *Revista Linhas*, 15(28):302–323.
- De Almeida Souza, M. R., Furtini Veado, L., Teles Moreira, R., Magno Lages Figueiredo, E., and Costa, H. A. X. (2017). Games for learning: bridging game-related education methods to software engineering knowledge areas. In *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training Track (ICSE-SEET)*, pages 170–179.
- Garnett, P. J. and Treagust, D. F. (1992). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10):1079–1099.
- Kishimoto, T. M. (2011). *O jogo e a educação infantil*. Cortez.
- Lopes, A. R. C. (1992). Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química, obstáculos animistas e realistas. *Química Nova*, 15(2):254–261.
- Mortimer, E. F., Machado, A. H., and Romanelli, L. I. (2000). A proposta curricular de química do estado de minas gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, 23(2):273–283.
- Niaz, M. and Chacón, E. (2003). A conceptual change teaching strategy to facilitate high school students' understanding of electrochemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 12:129–134.
- Pereira, R. F., Fusinato, P. A., and Neves, M. C. D. (2009). Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física. *Universidade Estadual de Maringá - UEM*.
- Pimenta, S. G. (2012). *Saberes pedagógicos e atividade docente*. Cortez, São Paulo.
- Raggi, N. (2021). Google hacking: verifique quais informações sobre você ou sua empresa aparecem nos resultados.
- Reichert, A. R., Lopes Da Cruz, L., and Güllich, R. I. d. C. (2023). O potencial pedagógico de jogos didáticos no processo de ensino de ciências. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC*, 13(3):163–182.
- Rodrigues, W. F. (2020). Processo de software para desenvolvimento de jogos eletrônicos educacionais na academia (pdjea). Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, SP. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/343662>>.
- Sanger, M. J. and Greenbowe, T. J. (1999). An analysis of college chemistry textbooks as sources of misconceptions and errors in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(6):853.
- Silva, P. L. d. and Almeida, V. R. d. (2023). O uso de jogos didáticos-pedagógicos no ensino de ciências como método de ensino e aprendizagem na emef brigadeiro haroldo coimbra veloso em itaituba-pa. *Revista de Iniciação à Docência*, 8(1):e11643, 1–18.
- Volante Zanon, D. A., da Silva Guerreiro, M. A., and de Oliveira, R. C. (2008). Jogo didático ludo químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. *Ciência Cognição*, 13:72 – 81.