



Jogo S rio no ensino de química: um estudo de caso sobre a modelagem didática de re  es de síntese

Bruno Eduardo Silva Froz, LInED/UFMA – Maranhão – Brasil,
eduuhbrsinx@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-8203-1825>
Er clito de Souza Argolo, LInED/UFMA – Maranhão – Brasil,
eracilito.argolo@ufma.br, <https://orcid.org/0000-0003-0239-611X>
Jociele de Abreu da Silva, LInED/UFMA – Maranhão – Brasil,
jocieleasilva0@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-7890-4634>

Resumo: O presente artigo buscou descrever o Jogo S rio (JS) *Synthesis Match* (Combinação de Síntese), desenvolvido na plataforma *Unity* para *Android*, como recurso didático no ensino de re  es químicas de síntese inorgânica com alunos do 1 o ano do Ensino Médio em uma escola pública de Pinheiro -MA. A pesquisa, de natureza básica e abordagem qualitativa, adotou o estudo de caso como procedimento técnico para analisar o potencial pedagógico do JS. A investigação baseou-se na análise na análise do processo de desenvolvimento do JS, na observação estruturada de sua dinâmica na plataforma *Unity* e na avaliação de suas mecânicas e representações visuais. Esta análise focou nos aspectos didáticos e de modelagem do referido JS, com a finalidade de examinar sua estrutura pedagógica, potencialidades e limitações como ferramenta educacional. No que se refere à estrutura pedagógica do JS, os elementos identificados evidenciaram que o artefato foi concebido para promover processos cognitivos gradualmente mais complexos. Essa progressão foi identificada como um dos pontos fortes do JS, pois possibilitou ao aluno construir seu conhecimento de forma aut noma e significativa. Os resultados indicaram alto engajamento, com destaque para o aumento da motivação, engajamento e compreensão dos conceitos abordados. O JS demonstrou potencial como ferramenta de ensino, ao promover a visualização interativa de conceitos abstratos e integrar elementos lúdicos   prática pedagógica.

Palavras-Chave: Química; Jogo S rio; Modelagem Pedag gica; Ensino Médio, Síntese Inorgânica

Serious Game in chemistry education: a case study on the didactic modeling of synthesis reactions

Abstract: This article aimed to describe the Serious Game (SG) *Synthesis Match*, developed on the *Unity* platform for *Android*, as a didactic resource for teaching inorganic synthesis chemical reactions to 1st-year high school students in a public school in Pinheiro - MA. The research, of a basic nature and qualitative approach, adopted the case study as a technical procedure to analyze the pedagogical potential of the SG. The investigation was based on the analysis of the SG development process, the structured observation of its dynamics on the *Unity* platform, and the evaluation of its mechanics and visual representations. This analysis focused on the didactic and modeling aspects of the referred SG, with the purpose of examining its pedagogical structure, potentialities, and limitations as an educational tool. Regarding the pedagogical structure of the SG, the identified elements showed that the artifact was conceived to promote gradually more complex cognitive processes. This progression was identified as one of the strengths of the SG, as it enabled students to build their knowledge autonomously and meaningfully. The results indicated high engagement, with emphasis on the increased motivation, engagement, and understanding of the concepts addressed. The SG demonstrated potential as a teaching tool by promoting the interactive visualization of abstract concepts and integrating playful elements into pedagogical practice.

Keywords: Chemistry, Serious Game, Pedagogical Modeling, High School, Inorganic Synthesis

1. INTRODUÇÃO

A disciplina de Química no Ensino Médio tem como finalidade oferecer aos alunos os alicerces necessários à compreensão de fenômenos naturais, industriais e tecnológicos que permeiam e influenciam o seu cotidiano, além de contribuir para o aprimoramento do pensamento lógico e científico (Cocito *et. al.*, 2025). No entanto, o ensino dessa disciplina enfrenta desafios relacionados à abstração conceitual e à dificuldade dos alunos em visualizar e aplicar fenômenos que ocorrem em nível atômico e molecular (Ferreira *et. al.*, 2021). A memorização, por si só, não é suficiente para a compreensão desses conceitos, pois é necessário que os alunos sejam capazes de interpretar interações químicas invisíveis ao olho humano, como a formação de moléculas a partir de átomos individuais (Silva, 2024). Por exemplo, ao estudar a síntese da molécula de água (H_2O), é relevante que o aluno entenda que dois átomos de Hidrogênio (H) se combinam com um átomo de Oxigênio (O) através de ligações químicas, um processo invisível, mas que pode ser explorado e manipulado virtualmente em ambientes digitais.

Entre os conteúdos mais complexos da química, estão as reações de síntese inorgânica, cujo entendimento é dificultado pela natureza abstrata dos conceitos envolvidos. Segundo Albano e Delou (2024), esses desafios podem ser agravados por aulas descontextualizadas, pela ausência de práticas experimentais e pelo predomínio de metodologias tradicionais, como o ensino expositivo com quadro e giz. Os autores ainda destacam que o elevado grau de abstração necessário para compreender os conceitos químicos e a fragmentação da disciplina dificultam o processo de aprendizagem. Tais barreiras criam oportunidades para a adoção de metodologias que contribuam para a superação das limitações do ensino tradicional.

Na busca por contribuir para com a melhoria da curva de aprendizado que envolve reações químicas inorgânicas de síntese, a pesquisa de Froz (2024) adotou uma abordagem baseada em Jogos Sérios (JS). A modelagem realizada durante a pesquisa foi objeto de estudo aprofundado em função das peculiaridades específicas que envolvem a temática e foi destacada como objeto de investigação por aliar elementos lúdicos – como regras, desafios, recompensas e *feedback* – à exploração de conteúdos curriculares. De acordo com Rocha *et al.* (2016), essa combinação favorece a construção do conhecimento por meio da interação e do engajamento. Nessa perspectiva, Burke (2016) reforça que a integração de JS ao ambiente educacional oferece oportunidades para uma prática ativa, entendida como o envolvimento direto e dinâmico dos alunos na resolução de problemas e na experimentação de diferentes abordagens. Esse tipo de prática envolve a aplicação imediata de conceitos teóricos em atividades interativas, como a criação de projetos, simulações ou o desenvolvimento de pequenas aplicações, o que reforça a compreensão por meio da ação e da reflexão.

Observados os apontamentos supracitados, este artigo buscou descrever uma pesquisa realizada em uma Escola Estadual de Pinheiro - MA, com alunos do 1º ano do Ensino Médio, que avaliou o uso de um JS para a plataforma *Android* - Sistema operacional baseado no núcleo *Linux*, voltado a dispositivos móveis - no ensino de reações químicas de síntese inorgânica. A relevância da proposta reside na capacidade dos JS de representar conceitos abstratos de maneira interativa e visual (Lima; Barbosa, 2019) ao dar ênfase na análise do potencial pedagógico do artefato didático digital. O estudo busca evidenciar sua pertinência como alternativa metodológica que integra recursos tecnológicos, elementos motivacionais e o ensino de conteúdos complexos — sobretudo em contextos escolares marcados por limitações estruturais, nos quais é necessário superar os entraves impostos por práticas tradicionais e pela alta carga de abstração conceitual envolvida na temática das reações químicas de síntese inorgânica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O trabalho de pesquisa analisado neste artigo buscou realizar uma modelagem de um Jogo Sériο, intitulado *Synthesis Match* (Combinação de Síntese), fundamentada em bases teóricas da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003) e da Teoria Construtivista de Piaget (1976), ambas com o objetivo de proporcionar tanto as definições das regras de negócio do jogo — tais como seus métodos avaliativos e mecânicas — quanto sua dinâmica educativa. A estruturação pedagógica do JS também considerou contribuições da Teoria da Carga Cognitiva (Sweller, 1994) e os princípios da aprendizagem experiencial propostos por Dewey (1916), com o objetivo de potencializar a aprendizagem ativa em ambiente digital.

2.1. Teorias de aprendizagem aplicadas aos JS

A Aprendizagem Significativa, conforme proposta por Ausubel (2003), enfatiza que o aprendizado ocorre de forma mais eficaz quando o novo conhecimento é relacionado a conceitos já adquiridos, o que facilita a integração duradoura das novas informações. O termo "significativo" refere-se à capacidade de o aluno atribuir sentido pessoal ao conteúdo aprendido, fazendo com que ele o assimile de maneira profunda e conectada ao que já sabe. No desenvolvimento do jogo didático, essa perspectiva foi incorporada ao estruturar o conteúdo e os desafios de forma a favorecer a assimilação dotada de significado subjetivo positivo. Assim, o jogo pode propiciar ao aluno oportunidades de aplicar conhecimentos prévios de reações químicas de síntese em novas situações, o que pode contribuir para o enraizamento conceitual através da construção de novos esquemas mentais.

Em Piaget (1976), observamos a ênfase no aprendizado que ocorre por meio da interação ativa com o ambiente. No caso do *Synthesis Match*, o ambiente disponibilizado é virtual e proporciona um espaço conceitual interativo, no qual os alunos não são meros receptores de informação, mas constroem ativamente seu conhecimento ao combinar elementos químicos para formar compostos. Essa experimentação digital baseada na Teoria Construtivista simula a prática científica, observadas as limitações sensoriais de um ambiente virtual, e contribui para a promoção de uma internalização dos conceitos trabalhados. A proposição da mecânica de fusão do jogo buscou alinhamento com os princípios construtivistas, com potenciais contribuições para que os alunos busquem aprendizado de maneira prática e participativa, ainda que em um ambiente virtual. Assim, o JS foi modelado com vistas a incentivar a exploração ativa e a experimentação, utilizando a interatividade digital como meio de vivência dos conceitos de reações químicas.

2.2. Teoria da carga cognitiva e *design* instrucional

Na concepção do *Synthesis Match*, os princípios da Teoria da Carga Cognitiva, proposta por Sweller (1988), permitiram orientar o *design* instrucional do jogo. Esta teoria identifica três tipos de Cargas Cognitivas que influenciam o processo de aprendizagem: Intrínseca, Extrínseca e Relevante.

A Carga Cognitiva Intrínseca diz respeito à complexidade inerente ao conteúdo a ser aprendido. Segundo Sweller (1994), essa carga pode ser regulada por meio de um *design* instrucional que organiza a apresentação progressiva dos elementos e informações e respeita a capacidade limitada da memória de trabalho do aluno. Com base nesse princípio, o jogo foi estruturado em fases que introduzem gradualmente novos desafios, o que permite ao aluno estabelecer conexões entre conceitos previamente adquiridos e os novos problemas apresentados. Essa abordagem equilibra dificuldade e compreensibilidade e contribui para a assimilação de conceitos complexos de maneira estruturada e eficaz, proporcionando o efeito de Gerenciamento da Carga Cognitiva.

A Carga Cognitiva Extrínseca refere-se ao esforço mental despendido com elementos que não contribuem diretamente para a aprendizagem, como informações mal organizadas, instruções ambíguas ou recursos visuais distrativos (Sweller *et al.*, 1998).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se como pesquisa de natureza básica, com abordagem qualitativa, realizada por meio de um estudo de caso. O objeto de análise é o JS *Synthesis Match*, desenvolvido por Froz (2024), originalmente concebido como um estudo de natureza básica e aplicada, com abordagem qualiquantitativa e com o objetivo de auxiliar o ensino de reações de síntese inorgânica. Esta investigação foca nos aspectos didáticos e de modelagem do referido jogo, com a finalidade de examinar sua estruturação pedagógica, potencialidades e limitações como ferramenta educacional. O estudo de caso foi selecionado como procedimento técnico por permitir uma análise aprofundada das características específicas deste recurso didático, com articulação entre teoria e prática no uso de JS no contexto do ensino de Química. A coleta de dados baseou-se em: (i) análise da documentação original da pesquisa, na qual foi incluído o relatório de desenvolvimento e esquemas de modelagem do jogo; (ii) observação estruturada da dinâmica do jogo na plataforma *Unity*; e (iii) exame de suas mecânicas e representações visuais à luz das teorias de Ausubel (2003), Sweller (1994), Piaget (1976) e Dewey (1916).

4.1. Procedimentos metodológicos do estudo de base

O estudo envolveu 33 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Pinheiro-MA, divididos em dois grupos: Grupo Experimental (GE), com 16 alunos que utilizaram o JS, e Grupo de Controle (GC), com 17 alunos que participaram de aulas expositivas tradicionais. A alocação foi feita em função das turmas existentes, e as idades médias foram de 15 anos (desvio padrão $\sigma = 0,59$), enquanto no GC a média foi de 16 anos (desvio padrão $\sigma = 0,91$).

Foram utilizados três instrumentos principais para a coleta de dados: (i) um pré-teste com oito questões objetivas, aplicado antes da intervenção, com o objetivo de identificar o conhecimento prévio dos participantes; (ii) um pós-teste com dez questões, aplicado após a realização das atividades em ambos os grupos, com questões que abordavam conceitos teóricos e práticos sobre reações de síntese; e (iii) dois questionários aplicados exclusivamente ao GE: a Escala IMMS (*Instructional Materials Motivation Survey*), adaptada para o contexto do jogo, e a Avaliação de Valor Educacional (AVE). A IMMS foi utilizada para mensurar a motivação dos alunos com base no modelo ARCS (Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação). O questionário adaptado da IMMS consistiu em dez assertivas distribuídas entre as quatro categorias supracitadas. Cada assertiva foi avaliada em uma escala *Likert* de cinco opções de escolha que variou de discordo totalmente (1) a concordo totalmente (5). O questionário foi aplicado ao GE logo após a utilização do JS, com o objetivo de analisar as percepções dos alunos enquanto as representações cognitivas da experiência permaneciam vívidas. A tabulação das respostas foi realizada para cada uma das categorias, permitindo uma análise detalhada do JS na motivação dos alunos.

A AVE teve como objetivo investigar a percepção dos alunos quanto ao valor educacional do JS, considerando critérios como clareza do conteúdo, atratividade, aplicabilidade e contribuição para a aprendizagem. A análise estatística dos dados foi realizada com o uso do teste t de Student, aplicado para comparar as médias dos resultados obtidos no pós-teste entre o GE e o GC, de forma a verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas no desempenho. Para garantir a confiabilidade dos questionários aplicados ao GE, o coeficiente Alpha de Cronbach foi calculado, assegurando a consistência interna das respostas tanto da escala IMMS quanto da AVE.

5. MODELAGEM E CONSTRUÇÃO

O desenvolvimento do *Synthesis Match* seguiu uma metodologia estruturada em etapas cíclicas em espiral, priorizando tanto aspectos técnicos quanto pedagógicos. A plataforma *Unity* – de desenvolvimento de jogos e interatividade, em tempo real – foi selecionada para a implementação devido à sua versatilidade na criação de jogos 2D e capacidade de suportar as interações necessárias para o contexto educacional proposto.

5.1. Documentação do desenvolvimento: *Design*, mecânicas e estrutura

A mecânica central de fusão (Figura 1) foi escolhida para o JS devido à sua flexibilidade em integrar combinações de elementos químicos de maneira lógica e intuitiva. A modalidade de jogo com mecânica de fusão permite que os alunos manipulem as representações desses elementos para formar compostos, o que torna o aprendizado mais lúdico e interativo. Essa abordagem facilita a compreensão de conceitos químicos, desde os mais simples até os mais complexos, contribuindo para o reforço conceitual voltado à aplicação prática dos conteúdos (Clark *et al.*, 2011).

Figura 1: Representação da simulação de síntese



Fonte: Froz (2024).

O desenvolvimento do JS seguiu uma abordagem centrada no aluno, com o objetivo de criar uma experiência interativa que facilitasse a compreensão das reações químicas de síntese inorgânica. Para alcançar esse objetivo, a interatividade foi promovida por meio de tarefas práticas e desafios relacionados à resolução de problemas químicos, nos quais os alunos podiam testar diferentes reações e receber *feedback* imediato com base nas suas escolhas, reforçando o aprendizado em tempo real. A interface do jogo foi desenvolvida com base em uma estética visual intuitiva, o que facilitou a interação dos alunos, especialmente aqueles mais familiarizados com tecnologias digitais.

O *Synthesis Match* foi desenvolvido para promover a aprendizagem em reações químicas de síntese inorgânica, estruturado em quatro fases com complexidade crescente. Inicia com a combinação de elementos simples, como oxigênio e hidrogênio para formar água (H₂O), e progride para reações mais complexas com múltiplos compostos inorgânicos. A estrutura progressiva do jogo (Figura 2) possibilita o desenvolvimento de habilidades cognitivas e práticas: os alunos aprofundam a compreensão de conceitos de química e exercitam resolução de problemas e tomada de decisão por meio de simulações interativas. Essa organização tende a favorecer a assimilação gradual de conteúdos e a transferência de conhecimento para o ambiente educacional (Prensky, 2001).

Figura 2: captura de tela dos objetivos das fases

Fase 1  Objetivo Principal H ₂ O (3x) Objetivo Secundário H ₂ O ₂	Fase 2  Objetivo Principal H ₂ O NaCl Objetivo Secundário NaH NaOH
Fase 3  Objetivo Principal 2NH ₃ Objetivo Secundário N ₂ H ₄ 4H ₂	Fase 4  Objetivo Principal Dissolver a Placa de Ferro 2HCl (3x) Objetivo Secundário NH ₄ Cl (2x)

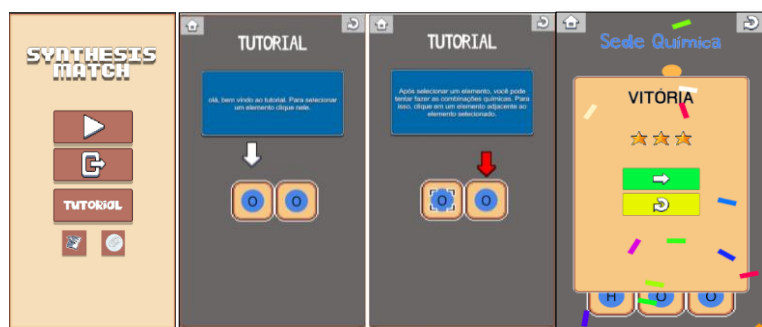
Fonte: Froz (2024)

Cada fase tem objetivos principais e secundários, conectando o conteúdo químico a contextos reais. Na Fase 1, os alunos formam moléculas de água. Na Fase 2, fertilizam uma plantação com água e sal (NaCl). Na Fase 3, produzem amônia (NH_3) para limpeza. Na Fase 4, sintetizam ácido sulfúrico (H_2SO_4) para derreter uma barra de ferro, simulando um processo industrial. As fases também incentivam a exploração de novas combinações químicas, reforçando o aprendizado por meio da prática.

5.2. Interface, usabilidade e *feedback*

A interface do JS foi projetada para ser intuitiva, com foco na qualidade da usabilidade do artefato disponibilizada aos alunos. O menu principal oferecia opções, como, por exemplo, iniciar o jogo ou acessar o tutorial (Figura 3). Um tutorial foi integrado diretamente ao JS com o objetivo de ensinar aos jogadores a interagir com as representações dos elementos químicos, realizar combinações simuladas de elementos químicos e compreender os resultados de suas ações. Adicionalmente, outro tutorial foi elaborado no formato de vídeo, disponibilizado por meio de um *link* nas opções do menu do jogo e que direciona os jogadores para o YouTube visando proporcionar melhor entendimento operacional da mecânica do JS. A interface do artefato didático foi otimizada para dispositivos móveis, visando permitir que o jogo possa ser acessado de maneira eficiente em *smartphones* e *tablets*.

Figura 3: Captura de tela do menu e tutorial e *feedback* do JS



Fonte: Froz (2024)

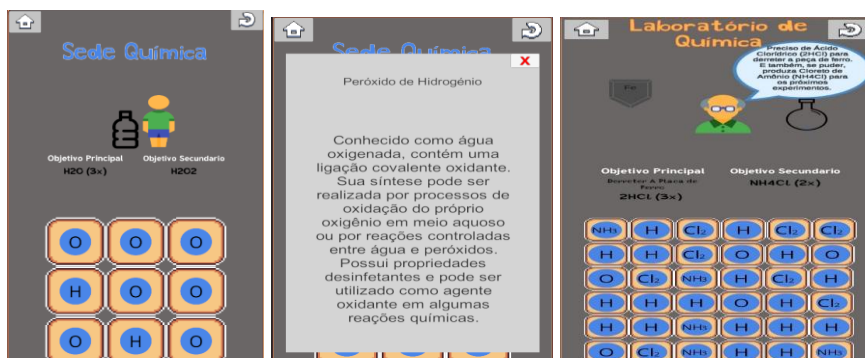
Ao final de cada fase, os jogadores recebem uma avaliação de desempenho individual, expressa por uma pontuação de até três estrelas — sendo três estrelas atribuídas quando todos os objetivos da fase são plenamente alcançados (Figura 3). Esse sistema de pontuação induz à repetição das atividades, promove a busca pela melhoria contínua no domínio dos conteúdos químicos abordados e contribui para com o processo de aprendizagem de forma lúdica e motivadora. Para evitar a sobrecarga desnecessária na memória de trabalho do aluno, o *design* do jogo incorporou uma interface clara, objetivos bem definidos e uso comedido de estímulos visuais, o que reduziu para reduzir a carga cognitiva extrínseca e aumentar o foco do aluno.

Por outro lado, a Carga Cognitiva Relevante, diretamente relacionada ao processamento dos conteúdos e à construção de esquemas mentais (Sweller, 2011), foi intencionalmente potencializada por meio de tarefas contextualizadas, gerenciamento da carga intrínseca da temática de Síntese Inorgânica através do estabelecimento de níveis progressivos e *feedbacks* contínuos. Essa estratégia contribuiu para com o engajamento do aluno nos aspectos mais relevantes para a aprendizagem, ao reforçar o propósito educacional do JS e articular a complexidade das tarefas à capacidade dos alunos de assimilar e reestruturar conceitos.

5.3. Narrativa instrutiva integrada ao JS

A narrativa do JS foi desenvolvida com o objetivo de promover o engajamento e a aprendizagem por meio de elementos motivadores, como cenários interativos, personagens simbólicos e objetivos progressivos. Desde a primeira fase, denominada *Sede Química* (Figura 4, item a), o jogador é apresentado a desafios contextualizados, como a necessidade de saciar a sede de um personagem por meio da formação da molécula de água (H_2O). Esse tipo de metáfora visual simboliza o progresso e ajuda na assimilação dos conceitos de reações de síntese química.

Figura 4 – (a) Captura da fase “Sede Química”; (b) Caixa de informações sobre um elemento químico; (c) Fase final com desafio de síntese.



Fonte: Froz (2024)

Ao longo do jogo, a estrutura narrativa avança de forma dinâmica, introduzindo gradualmente novos desafios e conceitos. Cada fase foi pensada como uma micro-história, em que o jogador precisa combinar elementos químicos para formar compostos cada vez mais complexos. A progressão segue os princípios do Gerenciamento da Carga Cognitiva, ao promover uma construção gradual do conhecimento e evitar sobrecarga de informações. O conteúdo educacional é reforçado por elementos instrucionais (Figura 4, item b), como caixas informativas que oferecem descrições detalhadas sobre os reagentes utilizados, permitindo ao jogador aprender enquanto joga.

Na fase final (Figura 4, item c), o jogador é desafiado a aplicar os conhecimentos adquiridos para resolver um experimento de síntese mais complexo, com o objetivo de revisar conceitos estudados. Estratégias como reforço visual, reutilização de conteúdos e *feedback* imediato são utilizadas para fortalecer a fixação dos temas explorados.

5.4. Motivação e engajamento em ambientes digitais

O JS desenvolvido procurou seguir os princípios da Teoria da Motivação Intrínseca de Deci e Ryan (1985), que propõe que a autonomia, a competência e o relacionamento promovem o engajamento dos alunos. A autonomia é incentivada ao permitir que os jogadores escolham suas estratégias dentro do jogo, enquanto a competência é reforçada pelo *feedback* imediato e pelas recompensas visuais que destacam o progresso. Essas recompensas atuam como motivadores, mantendo o engajamento e incentivando a continuidade nos desafios, além de reforçar a sensação de competência e conquista. A estrutura do jogo foi projetada para seguir uma progressão lógica dos conteúdos, de forma que os jogadores sejam introduzidos gradualmente a novos desafios. Essa mecânica sugere que o conhecimento deve ser apresentado em blocos interligados e crescentes de complexidade. O tratamento da curva de aprendizado temático aplicado ao *Synthesis Match* vislumbra os diferentes níveis de complexidade das reações químicas de síntese objetivando proporcionar ao aluno uma

experiência de aprendizado gradual e contínua, em consonância com o que preconiza o Gerenciamento da Carga Intrínseca.

Cumulativamente, a pesquisa analisada alinhou-se aos princípios vaticinados por Gee (2003), que aponta os jogos educativos como eficazes quando permitem aos alunos realizar avanços em seu próprio ritmo, ajustando os desafios conforme seu desempenho. No *Synthesis Match*, essa adaptação ocorre por meio de cenários diferenciados que regulam a dificuldade das tarefas de acordo com a evolução do jogador. Esse aspecto contribuiu para a manutenção da motivação dos alunos ao proporcionar o acompanhamento do conteúdo com a mitigação de frustrações ou desinteresse. Segundo o autor, o aprendizado ativo e personalizado torna o processo mais acessível e alinhado às necessidades individuais dos alunos. Observa-se que o desenvolvimento de jogos educacionais, como o *LabQuins* (jogo 2D de ciências e química) também busca criar ambientes virtuais que simulam práticas laboratoriais, que visa suprir a carência de infraestrutura adequada e promover o engajamento dos alunos (Pantoja Neto *et al.*, 2025).

Do ponto de vista da filosofia da tecnologia, observamos que o artefato produzido na pesquisa analisada comunga com alguns princípios de Dewey (1916). O autor defende que o aprendizado significativo ocorre quando os alunos aplicam o conhecimento em situações práticas, estabelecendo conexões entre os conteúdos e experiências de resolução de problemas. Esta aplicação prática não apenas reforça a construção do conhecimento, mas também intensifica a motivação intrínseca dos alunos, pois confere relevância e propósito ao que estão aprendendo. No caso do aprendizado baseado em JS, a interação direta ocorre por meio das representações gráficas dos conceitos científicos, que funcionam como metáforas visuais e mecânicas para facilitar a compreensão. Esse contexto permite ao aluno experimentar e observar os efeitos de suas escolhas e interações, ampliando seu engajamento ao perceber as conexões entre teoria e prática dentro de um sistema controlado e manipulável.

Com relação à implementação técnica desses princípios, a plataforma de desenvolvimento de jogos *Unity* foi escolhida, pois sua versatilidade e capacidade de suportar as dinâmicas do JS proposto do ponto de vista da criação de experiências interativas e independentes da existência de conexão com a rede mundial de computadores (Internet), o que aproximou o artefato construído à ideia da inclusão digital, provendo maior acessibilidade ao recurso didático *Synthesis Match*. Além disso, a plataforma *Unity* oferece amplas possibilidades de personalização, o que possibilita ajustar o ambiente do jogo às necessidades educacionais específicas, desde a criação de diferentes níveis de dificuldade até a adaptação das mecânicas para atender a diferentes perfis de alunos. Essas características tornam a plataforma útil no sentido de desenvolver experiências educacionais que mantenham os alunos motivados e engajados ao longo de sua jornada de aprendizado (Burke, 2016).

5.5. Resultados da Avaliação Motivacional e Valor Educacional (AVE)

Os resultados da AVE indicaram boa aceitação do JS: 75% dos alunos relataram atenção sustentada durante o uso, 65% perceberam relevância nos conteúdos, 70% demonstraram aumento de confiança, e 80% sentiram-se satisfeitos com a experiência. Esses dados são coerentes com estudos sobre gamificação que apontam a eficácia de elementos interativos na motivação dos alunos (Prensky, 2012). A Tabela 1 apresenta os dados quantitativos obtidos a partir das respostas dos alunos à Escala de Likert utilizada no instrumento de avaliação, composta por 10 itens relacionados à motivação e ao valor educacional percebido.

NÚMERO DE ITEM			10								
SOMATÓRIA DA VARIÂNCIA			18,20								
VARIÂNCIA DA SOMA DOS ITENS			97,30								
ESCALA DE LIKERT (1-5)											
PERGUNTAS											
Alunos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A1	2	2	4	2	4	2	4	2	5	2	29
A2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
A3	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	46
A4	1	5	5	4	4	1	5	5	5	1	36
A5	1	3	5	4	4	3	4	4	5	3	36
A6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
A7	5	2	2	2	3	2	3	3	2	5	29
A8	5	4	4	4	4	4	3	4	5	5	42
A9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
A10	1	2	3	2	4	5	1	4	1	4	27
A11	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	30
A12	5	5	3	4	4	2	5	4	5	2	39
A13	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	39
A14	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	11
A15	4	3	5	4	3	2	5	5	4	5	40
A16	4	4	4	4	4	5	3	5	5	5	43
VARIÂNCIA	2,78333	1,82916667	1,45	1,4625	0,9625	2,22916667	1,8	1,39583333	2,0625	2,22916667	

Tabela 1- Itens e respostas da AVE (Escala Likert 1-5)

Fonte: Froz (2024)

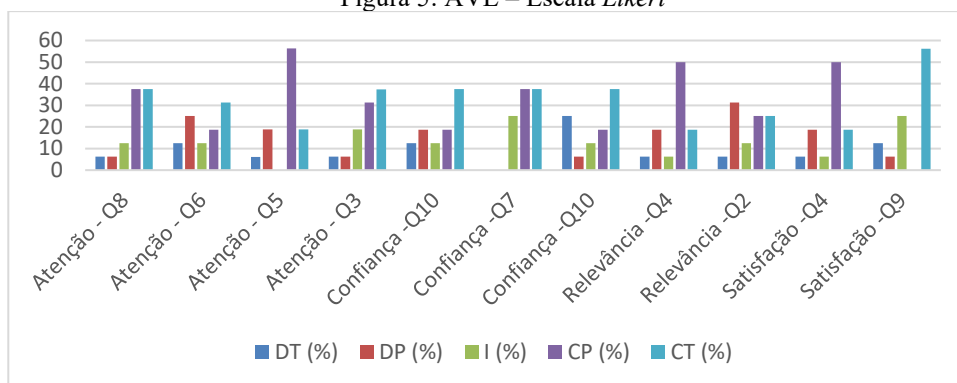
Os dados foram consolidados e analisados conforme demonstrado na Tabela 1, que serviu de base para o cálculo do coeficiente Alfa de Cronbach (α), com o objetivo de verificar a consistência interna das respostas obtidas. Para esse cálculo, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right]$$

Esse coeficiente apresentou um valor de 0,90. O valor de α varia entre 0,00 e 1,00, sendo que valores próximos a 1,00 indicam uma consistência interna mais forte, enquanto valores abaixo de 0,60 refletem baixa consistência. Portanto, o valor de 0,90 demonstrou que as respostas foram coerentes e confiáveis, validando a confiabilidade do instrumento utilizado para medir a motivação educacional.

Os resultados da pesquisa demonstraram que a utilização do JS desenvolvido na plataforma *Unity*, teve um efeito positivo na motivação e no engajamento dos alunos do 1º ano do EM no aprendizado de reações químicas de síntese inorgânica. Essa constatação baseia-se na análise de desempenho em atividades práticas, conforme a Figura 5.

Figura 5: AVE – Escala *Likert*



Elaborado pelo autor (2024)

No entanto, ao analisar os dados quantitativos dos testes pré e pós-intervenção, não foi possível observar diferenças estatisticamente significativas no desempenho entre o GE, que utilizou o JS, e o GC, que participou de aulas tradicionais. Apesar disso, a média de desempenho dos alunos do GE foi superior à do GC, e a menor variância no GE indica que

as pontuações foram mais consistentes, enquanto o GC apresentou maior dispersão nos resultados.

5.6. Análise do desempenho

s resultados do teste t de Student estão apresentados na Tabela 2, que reúne as médias, variâncias, número de observações e os valores obtidos na análise estatística, permitindo a comparação de desempenho entre os dois grupos.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	GE	GC
Média	6.0625	4.9411764706
Variância	2.18359375	3.3494809689
Observações	16	17
Hipótese da diferença de média	$\mu_{GE} \neq \mu_{GC}$	-
Graus de liberdade (gl)	31	-
Stat t	1.9306	-
P(T<=t) uni-cauda	0.0315	-
t crítico uni-caudal	1.6967	-
P(T<=t) bi-caudal	0.0630	-
t crítico bi-caudal	2.0414	-

Tabela 2 - Estatísticas descritivas e resultados do teste t entre os grupos GE e GC
Fonte: Froz (2024)

Para esse cálculo, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}, \text{ onde } s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Com nível de significância $\alpha = 0.05$, permitiu consolidar as seguintes hipóteses: a Hipótese Nula (H_0) indicava que não havia diferença significativa no desempenho entre os dois grupos, sugerindo que qualquer variação nos resultados seria atribuída ao acaso. Em contrapartida, a Hipótese Alternativa (H_1) propunha que o método de ensino influenciava o desempenho dos alunos, apontando para a possibilidade de que o uso do JS tivesse um efeito direto nos resultados.

O valor de t obtido foi de 1.9306, com uma significância p de 0.0630, indicando que, apesar de uma tendência de melhoria no GE, a diferença de desempenho entre os dois grupos não foi estatisticamente significativa ao nível de $\alpha=0,05$. Esses resultados sugerem que, quantitativamente, o JS não apresentou vantagens substanciais em termos de desempenho acadêmico em comparação ao método tradicional de ensino.

Embora os resultados quantitativos não tenham mostrado uma diferença significativa entre o desempenho dos grupos, a análise qualitativa sugere que o JS teve um efeito positivo na motivação e no envolvimento dos alunos com o conteúdo. A maior motivação observada no GE pode ter implicações importantes para a retenção do conhecimento a longo prazo, uma

vez que alunos mais motivados tendem a se envolver de maneira mais profunda com o conteúdo estudado (Prensky, 2012).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise voltada à perspectiva da adoção do JS *Synthesis Match* como artefato didático voltado ao ensino de reações químicas buscou evidenciar as bases metodológicas e de epistemologia educacional que nortearam a pesquisa observada. A modelagem pedagógica do jogo demonstrou integração entre mecânicas lúdicas e conteúdos científicos, ao criar um ambiente digital que favorece a visualização e manipulação de conceitos abstratos à compreensão da química. No que se refere à estrutura pedagógica do jogo, os elementos identificados evidenciam que o jogo foi concebido para promover processos cognitivos gradualmente mais complexos, partindo da simples identificação de elementos químicos até a elaboração de reações completas, respeitando os diferentes ritmos de aprendizagem. Esta progressão didática representa um dos principais pontos fortes do recurso, pois possibilita ao aluno construir seu conhecimento de forma autônoma e significativa.

A interface intuitiva e os *feedbacks* imediatos incorporados ao *design* do jogo constituem características que potencializam seu valor didático, permitindo que o aluno visualize processos microscópicos de maneira dinâmica, simbólica e interativa. Esta visualização de fenômenos químicos normalmente inacessíveis à percepção direta pode contribuir significativamente para a superação de obstáculos epistemológicos comuns no ensino de química. Apesar das potencialidades identificadas, a análise também apontou aspectos que poderiam ser aprimorados, como a expansão do repertório de reações abordadas e a inclusão de mecanismos mais robustos de adaptação aos diferentes perfis de aprendizagem, além da necessidade da expansão da população envolvida na obtenção de dados através da aplicação reiterada do experimento realizado. Tais aperfeiçoamentos podem ampliar ainda mais o alcance didático do recurso.

Como desdobramentos futuros, sugere-se a investigação sobre a integração deste modelo de jogo a outros contextos disciplinares que igualmente demandam alto nível de abstração, bem como estudos sobre as possibilidades de personalização da experiência didática a partir da modelagem identificada. Este tipo de recurso representa uma alternativa metodológica para o ensino de química, além de ser um potencial campo de estudo para a inovação pedagógica em áreas científicas caracterizadas pela complexidade conceitual.

REFERÊNCIAS

- ALBANO, Wladimir Mattos; DELOU, Cristina Maria Carvalho. Principais dificuldades descritas na aprendizagem de química para o Ensino Médio: revisão sistemática. **Debates em Educação**, v. 16, n. 38, p. e16890, 2024.
- ALYAZ, Yunus; SPANIEL-WEISE, Dorothea; GURSOY, Esim. A study on using serious games in teaching German as a foreign language. **Journal of Education and Learning**, v. 6, n. 3, p. 250–264, 2017.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- FROZ, B. E. S. Desenvolvimento e avaliação de um serious game em *Unity* como estratégia didática para o ensino de reações químicas de síntese inorgânica no ensino médio. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais – Biologia) – Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Humanas, Naturais, Saúde e Tecnologia, Pinheiro, 2024.
- BURKE, John. **Unity 3D and PlayMaker Essentials: game development from concept to publishing**. Birmingham: Packt Publishing, 2016.
- CLARK, Douglas B. et al. Exploring Newtonian mechanics in a conceptually-integrated digital game: comparison of learning and affective outcomes for students in Taiwan and the United States. **Computers & Education**, v. 57, n. 3, p. 2178–2195, 2011.

- COCITO, Daniel Consoni et al. A importância da adubação fosfatada em pastagens tropicais como alternativa no manejo e seus modelos de aplicações. **Revista Tópicos**, v. 3, n. 18, p. 1–13, 2025.
- DECI, Edward L.; RYAN, Richard M. **Intrinsic motivation and self-determination in human behavior**. New York: Springer Science & Business Media, 1985.
- DEWEY, John. **Democracy and education**: an introduction to the philosophy of education. New York: MacMillan, 1916.
- FERREIRA, Any Caroline et al. Formação de professores de Química em 26 anos de publicações na revista Química Nova na Escola. Research, **Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e232101119392, 2021.
- GARCÍA-MUNDO, Laura et al. ¿Contribuye el uso de juegos serios a mejorar el aprendizaje na área da informática? In: **Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática**, 20., 2014, Oviedo. Anais [...]. Oviedo, 2014.
- GEE, James Paul. **What video games have to teach us about learning and literacy**. Computers in Entertainment (CIE), v. 1, n. 1, p. 20, 2003.
- KELLER, John M. **Motivational design of instruction**. In: REIGELUTH, Charles M. (ed.). Instructional-design theories and models: an overview of their current status. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. p. 383–431.
- KELLER, John M. **The ARCS model of motivational design**. **Journal of Educational Technology Development and Exchange**, v. 2, n. 1, p. 1–23, 2009.
- PANTOJA NETO, P. V. et al. LabQuins: Um Jogo 2D Simulador de Aulas Práticas em Laboratórios de Ciências/Química. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 22, n. 3, p. 291–300, 2025
- PIAGET, Jean. **O nascimento da inteligência na criança**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1976.
- PRENSKY, Marc. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. Tradução de Eric Yamagute. São Paulo: Senac São Paulo, 2012.
- PRENSKY, Marc. Digital game-based learning. **Computers in Entertainment (CIE)**, v. 1, n. 1, p. 21, 2003.
- ROCHA, Robson Vieira et al. Metodologia de desenvolvimento de jogos sérios: especificação de ferramentas de apoio open source. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 24, n. 3, p. 109–124, 2016. DOI: 10.5753/rbie.2016.24.3.109.
- SILVA, Eduardo. O uso das tecnologias de informação e comunicação no ensino da Química. **Revista Tópicos**, v. 2, n. 14, 2024. ISSN: 2965-6672.
- UNITY TECHNOLOGIES. *Unity* User Manual. Disponível em: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>. Acesso em: 01 set. 2024.