



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, NATURAIS, SAÚDE E TECNOLOGIA CURSO DE  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS-BIOLOGIA

BRUNO EDUARDO SILVA FROZ

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SERIOUS GAMES EM UNITY COMO  
ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS DE SÍNTESE  
INORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

PINHEIRO- MA  
MAIO DE 2024

**BRUNO EDUARDO SILVA FROZ**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SERIOUS GAMES EM UNITY COMO  
ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS DE SÍNTESE  
INORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à Coordenação do curso de  
Ciências Naturais da Universidade Federal do  
Maranhão – UFMA, para obtenção do grau de  
Licenciatura em Ciências Naturais-Biologia.  
**Orientador:** Prof. Dr. Eráclito de Souza Argolo

PINHEIRO- MA

MAIO DE 2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Silva Froz, Bruno Eduardo.

Desenvolvimento e avaliação de um Serious Games em Unity como estratégia didática para o ensino de Reações Químicas de Síntese Inorgânica no Ensino Médio / Bruno Eduardo Silva Froz. - 2024.

75 f.

Orientador(a): Prof. Dr. Eráclito de Souza Argolo.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais - Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Pinheiro, 2024.

1. Educação em Química. 2. Jogos Sérios. 3. Reações Químicas. 4. Tecnologia Educacional. I. Souza Argolo, Prof. Dr. Eráclito de. II. Título.

**BRUNO EDUARDO SILVA FROZ**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SERIOUS GAMES EM UNITY COMO  
ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS DE SÍNTESE  
INORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à Coordenação do curso de  
Ciências Naturais da Universidade Federal do  
Maranhão – UFMA, para obtenção do grau de  
Licenciatura em Ciências Naturais-Biologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Eráclito de Souza Argolo

Monografia apresentada em 15 / 04 / 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eráclito de Souza Argolo (Orientador)  
Doutor em Informática na Educação  
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Hilton Costa Louzeiro  
Doutor em Química  
Universidade Federal do Maranhão

---

---

Prof. MsC. Cleverson Danrley Cruz Dias  
PRODEMA (UFERSA)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, não posso deixar de expressar minha imensa gratidão ao Dr. Eráclito de Souza Argolo, meu professor e orientador, cuja sabedoria, paciência e dedicação guiaram este trabalho desde os seus primórdios. Seu apoio foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto.

Minha sincera gratidão é estendida aos valorosos colegas do Laboratório de Informática na Educação - LInED, com destaque para a Professora Jociele da Silva do Monte aluna mestranda no Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET MG. Sua contribuição para este projeto foi enriquecedora e instrumental para o avanço da minha pesquisa.

Um agradecimento especial ao Prof. Pedro Márcio e ao Gestor Valdemir Sodré Viegas do C.E. Prof. Rubem Almeida, onde foi realizada a pesquisa, pela oportunidade e suporte. Aos alunos participantes dos experimentos, minha profunda gratidão pela receptividade, esforço e dedicação.

Gratidão à Universidade Federal do Maranhão pela infraestrutura, recursos e um ambiente propício que foram essenciais para minha pesquisa e aprendizado. Agradeço a cada professor do campus que contribuiu para meu crescimento acadêmico e pessoal, e aos colaboradores, cuja empatia e presença amigável tornaram cada dia mais agradável.

À minha mãe e familiares, meu eterno agradecimento por serem a base sólida sobre a qual construí meus sonhos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos. Cada gesto de apoio foi um passo em direção à conclusão deste projeto.

Por último, mas definitivamente não menos importante, quero expressar minha profunda gratidão à minha namorada, Karina Souza, aluna mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Educação Física na UFMA. Seu apoio incansável, amor e presença foram pilares na minha jornada, incentivando-me a perseguir incansavelmente meus sonhos e objetivos. Sua força e compreensão foram fundamentais em todos os momentos.

## Sumário

LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	9
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos específicos .....	14
3 JUSTIFICATIVA .....	15
3.1 A Indústria dos Jogos Digitais.....	16
3.2 Estratégia .....	16
3.2.1 Aprendizagem Significativa.....	17
3.2.2 Modalidade do Jogo Séri.....	17
3.3 Plataforma Unity .....	19
4 REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
4.1 Trabalhos Relacionados.....	23
5 METODOLOGIA .....	24
5.1 Tabulação de Dados e Análises Estatísticas .....	26
6 MODELAGEM.....	26
6.1 Framework de Desenvolvimento .....	26
6.2 Estrutura e Interface .....	27
6.2.1 Tela Inicial.....	27
6.2.2 Menu Principal.....	27
6.2.3 Tutorial.....	28
6.3 Jogabilidade e Desafios .....	30
6.3.1 Objetivos .....	30
6.3.2 Interface de Jogo .....	31
6.3.3 Feedback e Progressão .....	32
6.4 Conteúdo Educacional e Aprofundamento Científico.....	32
6.5 Design, Arte e Narrativa.....	33
6.6 Avaliação, Análise e Feedback .....	34
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
7.1 O Perfil dos Alunos.....	35
7.2 Procedimentos aplicados aos Grupos de Experimentação (GE) e Grupo de Controle (GC) – Etapa 1.....	39
7.3 Procedimentos aplicados ao Grupos de Experimentação (GE) – Etapa 2.....	47
7.3.1 Metodologia ARCS.....	50
7.4 Avaliação da Motivação Educacional (AVE) .....	51
7.4.1 O Coeficiente <i>Alpha</i> de Cronbach.....	53
7.4.2 Grau de Interesse e Atenção .....	57
7.4.3 Grau de Relevância Atribuída pelo Aluno .....	58

7.4.4	Grau de Confiança Atribuída pelo Aluno.....	60
7.4.5	Grau de Satisfação Atribuída pelo Aluno .....	61
7.5	Procedimento Aplicado ao Grupo de Controle (GC) – Etapa 3.....	62
8	CONCLUSÕES .....	65
9	TRABALHOS FUTUROS .....	66
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA .....	67
11	APÊNDICE A – INSTRUMENTOS AVALIATIVOS.....	71
12	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	73
13	APÊNDICE C – DECLARAÇÃO DE LIBERAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DE DADOS...	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Método de fusão em 'slide and merge'.....	18
Figura 2: Tela inicial da Unity .....	19
Figura 3: Tela da linguagem C# (C-Sharp) .....	20
Figura 4: A estruturação metodológica da pesquisa .....	24
Figura 5: Tela da caixa de inserção de nome .....	27
Figura 6: Tela do menu principal .....	28
Figura 7, 8 e 9: Etapas do tutorial.....	29-30
Figura 10: Objetivos das fases .....	31
Figura 11: Interface de jogo.....	31
Figura 12: Tela de vitória.....	32
Figura 13: Caixa de informações detalhadas de uma síntese.....	33
Figura 14: Percentual de acesso à tecnologia e internet no GE.....	36
Figura 15: Percentual de acesso à tecnologia e internet no GC.....	37
Figura 16: Percentual de ponto de acesso à internet no GC.....	38
Figura 17: Percentual de ponto de acesso à internet no GE.....	39
Figura 18: Pergunta 1 (P1).....	40
Figura 19: Pergunta 2 (P2).....	41
Figura 20: Pergunta 3 (P3).....	42
Figura 21: Pergunta 4 (P4).....	43
Figura 22: Pergunta 5 (P5).....	44
Figura 23: Pergunta 6 (P6).....	44
Figura 24: Pergunta 7 (P7).....	45
Figura 25: Pergunta 8 (P8).....	46
Figura 26: Pontuação final .....	47
Figura 27: Pós-teste (P7).....	49
Figura 28: Pós-teste (P1).....	50
Figura 29: Pós-teste (P11) .....	53
Figura 30: Avaliação da Atenção .....	57
Figura 31: Avaliação da Relevância atribuída pelos alunos.....	59
Figura 32: Avaliação da Confiança atribuída pelos aluno .....	60
Figura 33: Avaliação da Satisfação atribuída pelos alunos .....	62



**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Quantidade de alunos participantes do experimento.....	35
Tabela 2: Pré- teste.....	71
Tabela 3: Pós- teste .....	71
Tabela 4: Adaptação da Instructional Materials Motivational Survey (IMMS) .....	51-52
Tabela 5: Cálculo do Coeficiente <i>Alpha</i> de <i>Cronbach</i> .....	55
Tabela 6: Consistência interna do questionário segundo o valor de <i>alfa</i> .....	56
Tabela 7: Comparação dos resultados do pós-teste entre o GE e o GC .....	63
Tabela 8: Teste-t <i>Student</i> -Comparação dos resultados do pós-teste entre GE e GC .....	64
Tabela 9: Avaliação do jogo GE.....	72

## RESUMO

Neste estudo, investigamos a aplicabilidade e eficácia dos Jogos Sérios (JS) no ensino de conceitos de química, especificamente focados nas Reações Químicas de Síntese Inorgânica. Para tal, desenvolvemos um jogo monousuário na plataforma Unity, dirigido a alunos do Ensino Médio, visando sua utilização como artefato didático destinado a apoiar o processo de aprendizagem de modo mais interativo e engajador. Os resultados obtidos através desta abordagem permitiram constatar que os alunos puderam não apenas visualizar, mas também interagir com os conceitos químicos num ambiente virtual estimulante, verificado pelo valor de 0,90 no coeficiente Alpha de Cronbach, que indicou uma consistência interna robusta no conjunto de respostas dadas pelos discentes. Os resultados obtidos pela aplicação da avaliação quantitativa baseada no método T-Student indicaram que o JS contribuiu para com uma compreensão satisfatória das reações químicas e suas aplicações práticas, cujos valores t-statistic de 1,8822 e  $P(T \leq t)$  bi-caudal de 0,0694, acima do nível de significância de  $\alpha = 0,05$ , indicaram que não há diferenças estatisticamente significativas entre o ensino tradicional e a abordagem com JS. No entanto, a interatividade e a abordagem lúdica do JS foram valorizadas pelos participantes, indicando uma preferência por métodos de ensino que integram tecnologia e jogos educacionais, com 75% dos participantes preferindo os JS em comparação a 25% que preferiram aulas tradicionais. O perfil dos participantes incluiu alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública, com idades variando principalmente entre 14 a 17 anos, destacando uma amostragem populacional jovem e diversificada em termos de acesso prévio e familiaridade com tecnologias digitais. Cumulativamente, as análises pré e pós-teste mostraram resultados promissores para a abordagem de JS, indicando crescimento na capacidade dos alunos de identificar e explicar essas reações. Concluimos que os JS, não só se assemelham em eficácia aos métodos tradicionais de ensino, mas também podem oferecer vantagens adicionais em termos de engajamento dos alunos e promoção da aprendizagem ativa. Assim, reforça-se a ideia de que os JS representam uma abordagem pedagógica promissora, especialmente para conteúdos que requerem a compreensão de conceitos abstratos e complexos.

**Palavras-chave:** Jogos Sérios, Educação em Química, Tecnologia Educacional, Reações Químicas.

## ABSTRACT

In this study, we investigated the applicability and effectiveness of Serious Games (JS) in teaching chemistry concepts, specifically focused on Chemical Synthesis Reactions. To this end, we developed a single-user game on the Unity platform, aimed at high school students, aiming to use it as a teaching artifact designed to support the learning process in a more interactive and engaging way. The results obtained through this approach made it possible to verify that students were able to not only visualize, but also interact with chemical concepts in a stimulating virtual environment, verified by the value of 0.90 in the Cronbach's Alpha coefficient, which indicated a robust internal consistency that indicated a robust internal consistency in the set of answers given by students. The results obtained by applying the quantitative assessment based on the T-Student method indicated that JS contributed to a satisfactory understanding of chemical reactions and their practical applications, whose t-statistic values were 1.8822 and  $P(T \leq t)$  bi-tail of 0.0694, above the significance level of  $\alpha = 0.05$ , indicated that there are no statistically significant differences between traditional teaching and the JS approach. However, the interactivity and playful approach of JS were valued by participants, indicating a preference for teaching methods that integrate technology and educational games, with 75% of participants preferring JS compared to 25% who preferred traditional classes. The profile of the participants included students in the 1st year of high school at a public school, with ages varying mainly between 14 and 17 years old, highlighting a young and diverse population sample in terms of prior access and familiarity with digital technologies. Cumulatively, pre- and post-test analyzes showed promising results for the JS approach, indicating growth in students' ability to identify and explain these reactions. We conclude that JS are not only similar in effectiveness to traditional teaching methods, but can also offer additional advantages in terms of student engagement and promoting active learning. Thus, the idea that JS represents a promising pedagogical approach is reinforced, especially for content that requires the understanding of abstract and complex concepts.

**Keywords:** Serious Games, Chemistry Education, Educational Technology, Chemical Reactions.

## GLOSSÁRIO

**AVE** - Avaliação da Motivação Educacional

**.NET** - Plataforma de desenvolvedor multiplataforma de código aberto gratuita para criar muitos tipos diferentes de aplicativos.

**C#** - Linguagem nativa do framework .Net adotada pelo framework do *Unity*

**EM** – Ensino Médio

**Framework** - Conjunto de técnicas, ferramentas ou conceitos pré-definidos usados para resolver um problema de um projeto ou domínio específico

**JS** – Jogos sérios

**WEB 2.0** - Nova geração de serviços online com foco na interatividade, colaboração e participação dos usuários, permitindo o compartilhamento de informações e a criação conjunta de conteúdo.

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo Richard L. Daft (2022), os avanços na tecnologia, incluindo o crescimento da Internet e das redes sociais, levaram a uma verdadeira revolução na forma de comunicação e interação pessoal. A disponibilidade de informação instantânea, a personalização da aprendizagem, a facilidade de comunicação e a possibilidade de colaborar remotamente são alguns dos aspectos que estão mudando dramaticamente a escala global. Essas mudanças impactam a vida pessoal e profissional das pessoas, criando uma dinâmica na forma como elas se conectam e compartilham conhecimento. Essas transformações têm apresentado desafios à cultura tradicional de ensino, demandando práticas educacionais mais envolventes e motivadoras (Fava, 2014). Uma vez disponível a infraestrutura necessária, a fácil acessibilidade à informação instantânea por meio da internet permite que os estudantes pesquisem e explorem uma ampla gama de recursos educacionais, indo além dos limites da sala de aula. Nesse cenário, a motivação emerge como fator-chave para impulsionar o engajamento dos alunos no ambiente escolar, conforme destacado por Martin *et al.* (2017). É fundamental reavaliar o modelo tradicional de ensino, que se baseia em aulas expositivas e conteúdos descontextualizados, priorizando abordagens que envolvam a aprendizagem ativa e a construção do conhecimento pelo aluno, estimulando seu engajamento no processo educacional. Hattie (2012) destaca que a melhoria do sistema educacional requer uma abordagem baseada em evidências, com foco na implementação de práticas de ensino eficazes e na promoção de uma cultura de aprendizado contínuo tanto para educadores quanto para alunos.

Este trabalho explorou a eficácia de um JS baseado na modalidade de fusão, utilizando o Unity (suíte de desenvolvimento de *software*), para ensinar alunos do 1º (primeiro) ano do Ensino Médio (EM) acerca da temática “Reações Químicas Inorgânicas de Síntese”. Conforme destacado por Whitton (2017), o uso de jogos e tecnologia interativa no ensino pode aumentar a motivação e o interesse do aluno, além de fornecer maneiras mais significativas de aprender conceitos complexos.

A associação entre JS e ensino intensificou-se à medida que despertou o interesse de públicos jovens cada vez mais numerosos, sendo considerados recursos atraentes e envolventes para o aprendizado. Conforme mencionado por Prensky (2012), a aprendizagem baseada em jogos digitais proporciona um ambiente propício à experimentação, permitindo que os alunos explorem conceitos complexos de forma mais

prática e desafiadora. Além disso, a interação no JS entre os alunos promove a colaboração, o trabalho em equipe e a troca de ideias, enriquecendo ainda mais o processo de aprendizagem. Ao utilizar o JS, foi possível atrair a atenção do aluno e estimular sua participação ativa no processo de aprendizagem. Essa interatividade ofereceu uma oportunidade para que os alunos experimentassem conceitos novos ou previamente aprendidos, permitindo-lhes construir seu próprio conhecimento por meio da ação e da reflexão. De acordo com Piaget (1976), a incorporação de elementos lúdicos proporciona uma abordagem mais dinâmica e interativa, capturando a atenção dos alunos e estimulando sua participação ativa no processo de aprendizagem.

Huizinga (2012) e Caillois (1990) definem JS como atividades especiais, marcados pela livre escolha, por um caráter lúdico, pela presença de certo grau de incerteza, pela ficção, pela ausência de obrigatoriedade de produtividade e pela sua regulação por meio de códigos e regras. A utilização de JS é uma estratégia eficaz para o ensino e a aprendizagem. Porém, o planejamento didático apoiado por JS exige uma preparação meticulosa por parte dos educadores para garantir sua efetividade. Segundo Schmidt (2019), em seu estudo sobre o uso de JS na educação, é crucial planejar cuidadosamente os objetivos de aprendizagem, bem como o design do JS e a integração com o currículo, a fim de otimizar os benefícios educacionais dessa abordagem.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Verificar a eficácia da adoção de um JS voltado ao aprendizado de Reações Químicas de Síntese.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Desenvolver um JS que tenha como foco representações visuais e interativas de reações químicas inorgânicas do tipo sintético, priorizando elementos pedagógicos e didáticos em relação aos princípios de adoção de um JS.
- Proporcionar uma experiência imersiva e prática através de um Jogo Sérioso que promova a compreensão de conceitos fundamentais de reações químicas de síntese inorgânicas, enfatizando elementos didáticos e oferecendo um ambiente de aprendizado envolvente e desafiador.

### 3 JUSTIFICATIVA

O ensino de química é fundamental para o desenvolvimento intelectual e tecnológico, capacitando os alunos a compreenderem os processos que moldam nosso mundo natural e industrial. No entanto, a complexidade dos conceitos químicos muitas vezes representa um desafio para os estudantes, que podem ter dificuldade em assimilar e aplicar o que aprendem. O sistema educacional tem passado por inúmeras transformações nas últimas décadas para se adaptar às mudanças no campo da educação, às mudanças culturais e ao surgimento de novos conhecimentos (Gardner, 1999). A abordagem tradicional de ensino, na qual os professores ensinam e os alunos aprendem passivamente, vem sendo substituída por métodos mais interativos e envolventes. No entanto, apesar dessas mudanças, os alunos continuam encontrando dificuldade para compreender e aplicar os conhecimentos que estão sendo ensinados, principalmente na área de química (Pontes *et al.*, 2008).

Os desafios enfrentados pelos alunos no campo do ensino de química são frequentemente atribuídos à complexidade inerente ao tema abordado, ao nível de conceituação exigido e a fatores extrínsecos ao ambiente escolar que, eventualmente, podem dificultar a aprendizagem. Entretanto, a motivação dos alunos desempenha um papel fundamental na promoção do pensamento crítico e na melhoria do desempenho acadêmico (Guimarães; Boruchovitch, 2004). O JS que foi desenvolvido pode contribuir de forma significativa em vários campos dos processos educacionais relacionados à temática, dentre os quais destacamos:

- Ele pode atuar como um catalisador para a motivação dos alunos, incentivando-os a se envolver ativamente no processo de ensino e de aprendizagem;
- Ele pode proporcionar uma sensação de realização ao alcançar metas e resultados desejados, seguindo a filosofia de Dewey (1916);
- Pode se tornar uma ferramenta valiosa para abordar e superar desafios epistemológicos educacionais, enriquecendo a experiência de aprendizagem dos alunos no ensino de química.

Um aluno motivado, conforme defendido por Dewey (1916), é aquele que se envolve ativamente no processo de ensino e de aprendizagem, que persevera diante de desafios, que emprega estratégias para aprimorar a compreensão e que obtém realização ao alcançar resultados desejados.

### 3.1 A Indústria dos Jogos Digitais

A indústria de Jogos Digitais experimentou uma expansão financeira substancial e apresenta um potencial promissor para crescimento futuro, superando as indústrias de música e cinema em termos de geração de receita (Amelio, 2017), como evidenciado pela iniciativa de implantação de um programa atrelado a uma política pública denominada "Brasil de todas as telas", lançada em dezembro de 2016 pela Agência Nacional do Cinema (ANCINE). De acordo com Machado *et al.* (2018), o programa destinou um orçamento de R\$ 10 milhões do Fundo do Setor de Audiovisual para financiar o desenvolvimento de 24 projetos de jogos brasileiros, materializando o fomento ao desenvolvimento do setor. Sob uma perspectiva pedagógica, Jogos Sérios combinam elementos lúdicos, tais como narrativas envolventes, desafios estimulantes, metas a serem alcançadas, feedback imediato, recompensas e pontuações. Esses componentes trabalham em conjunto para proporcionar aos alunos experiências interativas e motivadoras.

A aprendizagem de temáticas específicas na disciplina de química é um processo desafiador para os estudantes, especialmente no que se refere à motivação e ao engajamento. Segundo Lazarowitz e Tamir (1994), a dificuldade de compreensão conceitual, a extensa carga de conteúdo, a complexidade matemática e a ansiedade relacionada a laboratórios e experimentos são alguns dos principais obstáculos enfrentados pelos alunos nessa área. A falta de conexão com a vida cotidiana e recursos inadequados também afetam a motivação dos estudantes (Roeske *et al.*, 2008). Além disso, os fatores externos, como ambiente familiar, qualidade do ensino, acesso à tecnologia e contexto socioeconômico, também desempenham um papel significativo na dificuldade de aprendizagem dos alunos. Para lidar com esses desafios, é desejável que inovações no campo pedagógico sejam consideradas visando aplicar estratégias eficazes de ensino e aprendizagem em química.

### 3.2 Estratégia

Este trabalho apresenta a implementação do JS dentro da plataforma Unity. A Unity foi utilizada como a ferramenta para criar o JS por causa da sua capacidade de oferecer aos alunos um ambiente interativo e motivador. O JS foi construído na modalidade monousuária (autônomo para ser executado localmente, sem depender de



conexão), enfrentando desafios relevantes no processo de desenvolvimento de *software* voltado à criação de jogos. A necessidade de criar versões específicas para cada dispositivo pode aumentar a complexidade do desenvolvimento, exigindo esforços adicionais para garantir a compatibilidade e o bom desempenho em diferentes sistemas operacionais e configurações de *hardware* (Smith, 2018).

A gestão de recursos, como memória e processamento, torna-se mais complexa, requerendo uma otimização cuidadosa para garantir uma experiência de jogo fluida em diversos dispositivos (Chang, 2019). Com dedicação ao gerenciamento cuidadoso de recursos, testes rigorosos e uma estratégia eficaz de atualização e distribuição, espera-se proporcionar uma experiência de jogo satisfatória em dispositivos móveis. Além disso, ao combinar a abordagem prática do Unity com os princípios de aprendizagem significativa, podemos melhorar ainda mais os resultados educacionais.

### **3.2.1 Aprendizagem Significativa**

Segundo Ausubel (2003) a aprendizagem significativa ocorre quando um novo conteúdo é relacionado ao conhecimento prévio dos alunos de forma não arbitrária. Aderindo aos princípios vaticinados pelo autor, foram realizados pré-testes, a fim de identificar o nível de conhecimento prévio dos estudantes e permitir o desenvolvimento de estratégias de ensino mais eficazes. A imersão em JS, conforme discutida por Silveira e Medina (2021), desempenha um papel essencial na experiência de aprendizagem dos alunos. A aproximação do ambiente do jogo ao mundo real tem impacto emocional de significância no jogador, mantendo-o engajado nas tarefas propostas.

A possibilidade de se envolver ativamente em cenários imersivos torna o aprendizado mais significativo, proporcionando uma conexão mais profunda com os conteúdos apresentados. Portanto, ao incorporar estrategicamente JS no ensino de química, esperou-se que fosse possível tornar o aprendizado da temática proposta neste projeto mais atrativas, motivadoras e efetivas, visando, assim, contribuir para-uma maior compreensão dos conceitos químicos ao tentar fomentar o interesse dos estudantes pela disciplina.

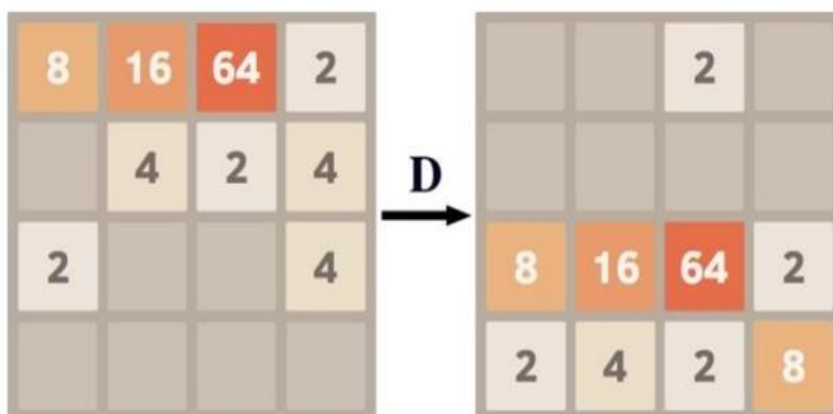
### **3.2.2 Modalidade do Jogo Sério**

A modalidade de jogo no estilo de fusão foi escolhida para o jogo de química devido à sua adaptabilidade e capacidade de permitir a criação de cenários onde combinações

podem ser realizadas. A abordagem de fusão oferece maior flexibilidade ao integrar diversos elementos e mecânicas de jogo, tornando possível representar conceitos químicos de maneira envolvente e desafiadora para os alunos. Essa versatilidade permite criar interações onde os jogadores possam combinar elementos químicos de forma lógica e intuitiva, tornando o processo de aprendizado mais claro e atrativo.

A implementação da abordagem de fusão em jogos sérios que ensinam Reações Químicas de Síntese Inorgânica permite que os estudantes experimentem virtualmente a combinação de diferentes substâncias para formar novos compostos. Por exemplo, ao selecionar átomos de hidrogênio e oxigênio em uma interface de jogo interativa, os alunos podem simular a formação da água. Assim, a opção pelo estilo de fusão para o jogo de química apresentou características promissoras à proposta de ensino das Reações Químicas de Síntese. De acordo com Abdelkader et al (2015), que se propuseram a estudar a complexidade de uma classe particular de jogos de tabuleiro denominado como jogos de *'slide and merge'*, foram obtidos resultados relevantes ao usar o método de fusão (Figura 1). O jogo era consistido por uma grade 4 × 4, com peças numeradas que deslizavam pelo tabuleiro. Quando o jogador fazia um movimento, as peças poderiam ser movidas em qualquer uma das quatro direções cardinais: para cima, para baixo, para a esquerda ou para a direita.

Figura 1: Método de fusão em *'slide and merge'*  
Fonte: Abdelkader et al (2015).



Uma peça poderia deslizar o mais longe possível na direção escolhida até ser parada por outra peça ou pela borda do tabuleiro. Se dois quadradinhos com o mesmo valor colidissem, eles se fundiriam em um quadradinho com o dobro do valor. O jogador vencia quando uma peça de 2048 fosse criada. O jogador seria derrotado quando o tabuleiro estivesse cheio e nenhuma fusão pudesse ser realizada.

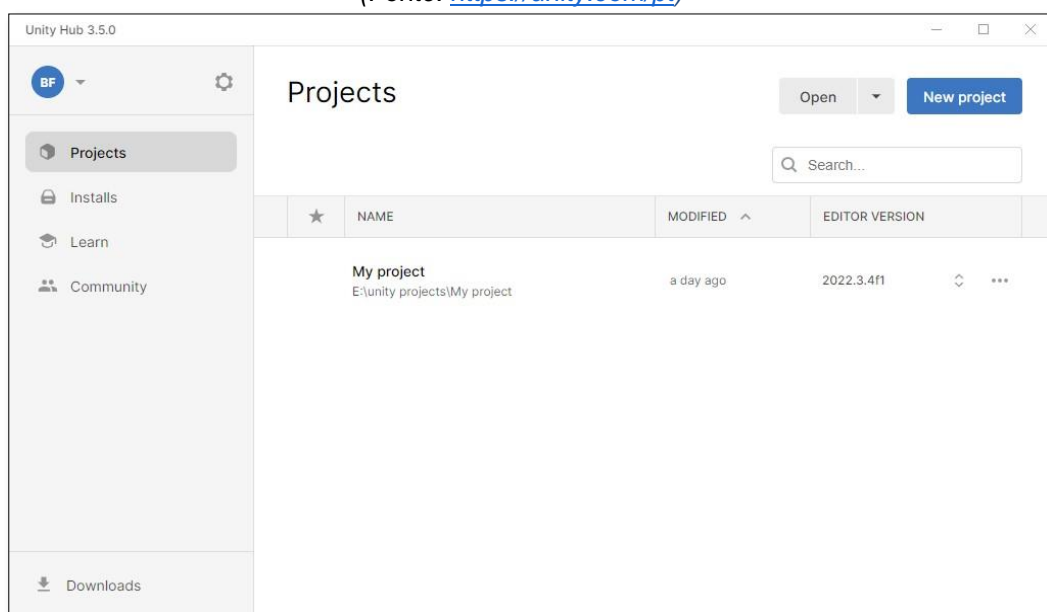
De acordo com Sweetser *et al.* (2017), os sistemas de JS no Unity podem oferecer uma experiência imersiva que facilita a compreensão dos conceitos fundamentais das reações químicas, permitindo que os alunos estabeleçam conexões entre novos conhecimentos e suas bases prévias. Através da interatividade proporcionada pelo Unity, os jogadores têm a oportunidade de explorar o impacto de suas ações em um cenário virtual, recebendo respostas a perguntas ou lidando com situações específicas. Essa abordagem tem potencial de proporcionar aos alunos do ensino médio uma experiência de aprendizado interativa e envolvente, promovendo o desenvolvimento de habilidades científicas e pensamento crítico.

Além disso, dada a crescente importância da indústria de jogos digitais e o uso generalizado de tecnologias digitais e de redes de comunicação de dados, este projeto apresenta uma oportunidade para explorar o potencial dos JS como uma alternativa educacional atraente e eficaz.

### 3.3 Plataforma Unity

Unity<sup>1</sup> (Figura 1) é um motor de jogo multiplataforma desenvolvido pela Unity Technologies, anunciado e lançado pela primeira vez em junho de 2005 na *Apple Worldwide Developers Conference* como um motor de jogo para sistema operacional *Mac OS X*.

Figura 2: Tela inicial da Unity  
(Fonte: <https://unity.com/pt>)

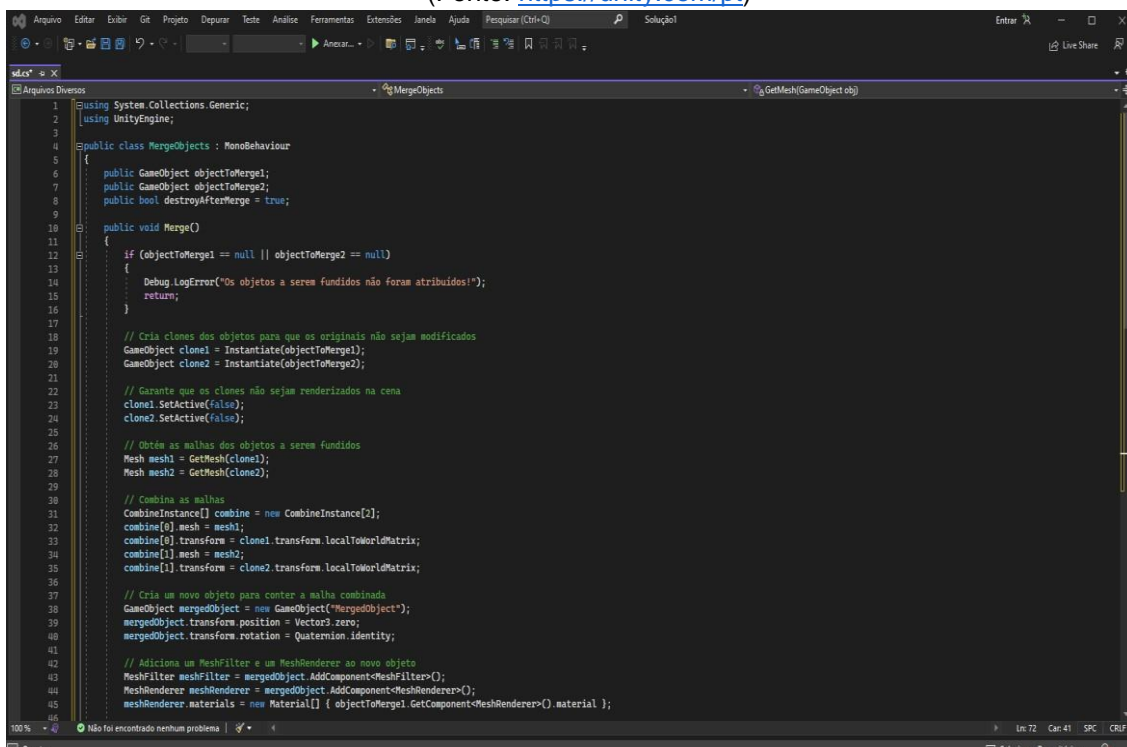


<sup>1</sup> Unity (game engine). Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(game\\_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine)) Acesso em: 24 de julho de 2023.

Desde então, o mecanismo foi gradualmente estendido para suportar uma variedade de plataformas de *desktop*, dispositivos móveis, console e realidade virtual. É particularmente popular para o desenvolvimento de jogos *mobiles iOS* e *Android*, considerado fácil de usar para desenvolvedores iniciantes e é popular para o desenvolvimento de jogos independentes.

Durante o desenvolvimento do JS que foi aplicado em sala de aula nesta pesquisa, adotou-se a linguagem de programação C# (C-Sharp) (Figura 3) como linguagem de programação principal. A linguagem C# faz parte de um conjunto de ferramentas oferecidas na plataforma *.NET* e surge como linguagem simples, robusta, orientada a objetos, fortemente tipada e escalável, a fim de permitir que uma mesma aplicação possa ser executada em *hardwares* de diferentes capacidades de processamento de dados. Além do mais, esta linguagem permite que seja realizado o desenvolvimento de aplicações de diferentes tipos, como *Web*, *Desktop*, *Palmtop*, *Android* e etcetera (Lima, *et al.* 2002).

Figura 3:Tela da linguagem C# (C-Sharp)  
(Fonte: <https://unity.com/pt>)



```

1 using System.Collections.Generic;
2 using UnityEngine;
3
4 public class MergeObjects : MonoBehaviour
5 {
6     public GameObject objectToMerge1;
7     public GameObject objectToMerge2;
8     public bool destroyAfterMerge = true;
9
10
11     public void Merge()
12     {
13         if (objectToMerge1 == null || objectToMerge2 == null)
14         {
15             Debug.LogError("Os objetos a serem fundidos não foram atribuídos!");
16             return;
17         }
18
19         // Cria clones dos objetos para que os originais não sejam modificados
20         GameObject clone1 = Instantiate(objectToMerge1);
21         GameObject clone2 = Instantiate(objectToMerge2);
22
23         // Garante que os clones não sejam renderizados na cena
24         clone1.SetActive(false);
25         clone2.SetActive(false);
26
27         // Obtém as malhas dos objetos a serem fundidos
28         Mesh mesh1 = GetMesh(clone1);
29         Mesh mesh2 = GetMesh(clone2);
30
31         // Combina as malhas
32         CombineInstance[] combine = new CombineInstance[2];
33         combine[0].mesh = mesh1;
34         combine[0].transform = clone1.transform.LocalToWorldMatrix;
35         combine[1].mesh = mesh2;
36         combine[1].transform = clone2.transform.LocalToWorldMatrix;
37
38         // Cria um novo objeto para conter a malha combinada
39         GameObject mergedObject = new GameObject("MergedObject");
40         mergedObject.transform.position = Vector3.zero;
41         mergedObject.transform.rotation = Quaternion.identity;
42
43         // Adiciona um MeshFilter e um MeshRenderer ao novo objeto
44         MeshFilter meshFilter = mergedObject.AddComponent<MeshFilter>();
45         MeshRenderer meshRenderer = mergedObject.AddComponent<MeshRenderer>();
46         meshRenderer.materials = new Material[] { objectToMerge1.GetComponent<MeshRenderer>().material };
47     }
48 }

```

De acordo com Unity Technologies (2023), a plataforma Unity ganhou uso extensivo no campo do desenvolvimento de jogos, abrangendo também Jogos Sérios. A Unity Technologies destaca o fato de que a plataforma Unity fornece uma ampla gama de características e capacidades que facilitam a criação de jogos interativos e cativantes.

A interface amigável e a adaptabilidade da plataforma capacitam os desenvolvedores a criar experiências educacionais atraentes.

A plataforma Unity é amplamente reconhecida por sua versatilidade e recursos avançados, permitindo o desenvolvimento de jogos educacionais imersivos. Sua interface intuitiva e poderosas ferramentas de criação proporcionam aos educadores a capacidade de criar experiências de aprendizagem envolventes e interativas para os alunos (Smith et al., 2022, p. 78).

#### 4 REFERENCIAL TEÓRICO

O campo do ensino de química no EM apresenta obstáculos consideráveis. Como Mortimer (2014) afirma, na maioria das vezes, os alunos veem a química como complexa devido à complexidade envolvida na abstração dos conceitos e à extensa quantidade de informações que devem compreender. A motivação dos alunos desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem. Segundo Guimarães e Boruchovitch (2004), a motivação está diretamente ligada ao interesse, perseverança e dedicação do aluno em enfrentar desafios e buscar estratégias para compreender e dominar o assunto. Consequentemente, o uso de estratégias motivacionais é crucial para cultivar experiências de aprendizagem significativas e cativantes.

Os desafios enfrentados pelos professores de química no ensino médio são acentuados pela rápida evolução das tecnologias e a crescente demanda por métodos de ensino que capturam a atenção e o interesse dos alunos. Prensky (2010) argumenta que os educadores precisam se adaptar às preferências de aprendizado da 'geração digital' para manter o ensino relevante e engajador. A inovação pedagógica se torna não apenas um diferencial, mas uma necessidade essencial. Essas estratégias não apenas superam as barreiras do ensino tradicional, mas também estreitam a conexão entre o aluno e o conteúdo, essencial para um engajamento sustentável e efetivo.

Os JS têm se destacado como ferramentas educacionais promissoras. Baranauskas (2009) define os JS como jogos desenvolvidos com propósitos pedagógicos, visando aprimorar a aprendizagem e engajar os alunos em diferentes áreas do conhecimento. Esses jogos combinam elementos lúdicos com objetivos educacionais, proporcionando uma experiência interativa e motivadora para os estudantes.

O uso de jogos sérios no ensino de química oferece aos alunos a oportunidade de aprender de forma ativa e significativa, pois eles podem experimentar e interagir com conceitos químicos de maneira prática e envolvente. Essa abordagem promove o engajamento dos alunos, estimula o pensamento crítico e facilita a compreensão dos princípios químicos (Johnson et al., 2021, p. 45).

Quando os alunos têm a oportunidade de se envolver com conceitos químicos de maneira prática e interativa, eles são capazes de compreender as complexidades das reações químicas de uma forma mais tangível e experimental. Essa abordagem prática não apenas promove o envolvimento do aluno, mas também os incentiva a participar ativamente do processo de aprendizagem, levando-os a aplicar seus conhecimentos para resolver problemas e realizar tarefas dentro da estrutura do jogo. Além disso, a natureza imersiva e interativa dos JS oferece uma plataforma única para os alunos compreenderem e visualizarem os princípios químicos, permitindo-lhes compreender e apreciar melhor os mecanismos por trás dos fenômenos químicos.

Usando o Unity, torna-se possível construir configurações virtuais intrincadas e realistas nas quais os alunos podem navegar e se envolver com reações químicas simuladas. Além disso, esta plataforma fornece uma variedade de ferramentas avançadas para *design* de nível, animação, física e integração de áudio, aprimorando assim a experiência geral do jogo e promovendo um ambiente de aprendizado mais cativante e estimulante para os alunos. Ao mesclar os recursos do Unity com a abordagem de JS, os educadores ganham a capacidade de criar cenários educacionais personalizados que atendem especificamente às necessidades exclusivas de seus alunos, facilitando assim uma experiência de aprendizado mais individualizada e significativa. Conforme observado por Burke (2016), o Unity tem a capacidade de suportar diversas formas de interação e mecânica de jogo, tornando viável a criação de ambientes virtuais que simulem reações químicas de forma precisa e interativa.

A combinação dos benefícios de JS com a plataforma Unity pode fornecer uma experiência de ensino de química imersiva e motivadora para os alunos, bem como pode promover a compreensão dos conceitos fundamentais das reações químicas e estimular a exploração e a experimentação dos alunos, permitindo que eles apliquem o que aprenderam em situações do mundo real.

O ensino de química no ensino médio é uma área do conhecimento que possui características que permitem aventar a adoção de abordagens inovadoras orientadas a que estudantes se sintam estimulados e motivados ao aprendizado. Conforme destacado por Thomaz (2000), os JS em Unity surgem como uma alternativa promissora para suprir essas necessidades, proporcionando experiências interativas e imersivas que promovem a compreensão de conceitos químicos.

## 4.1 Trabalhos Relacionados

Uma pesquisa realizada por Monte (2023), utilizou uma plataforma *WEB 2.0* para estudar a eficácia de um JS desenvolvido para a área da saúde que foi voltado para ações profiláticas de combate às Doenças Diarreicas Agudas (DDA). A análise dos dados, utilizando métodos quantitativos como o teste t de *Student*, revelou um aumento de 30% no desempenho avaliativo dos participantes sobre as medidas preventivas após a utilização do jogo. Além disso, a análise qualitativa pelo Modelo de Avaliação Educacional (AVE) explorou a experiência dos participantes, incluindo satisfação, relevância e aplicabilidade das informações aprendidas. A maioria dos participantes considerou o jogo útil, interessante e divertido. Os resultados obtidos pela autora indicaram que o JS, desenvolvido com *Storytelling* e o *Kahoot*, demonstrou eficácia comparável ao método tradicional de ensino expositivo para uma mesma temática.

No trabalho realizado por Cheiram, Ghisleni e Carlesso (2021), também foi empregada uma abordagem gamificada voltado ao aprendizado usando a plataforma *Kahoot*. Foram trabalhados conceitos de games e tecnologia aplicados ao curso de Psicologia, onde os alunos foram expostos a conceitos de Psicologia Cognitiva em sala de aula, seguido de uma abordagem gamificada para avaliar o grau de aprendizagem auferido. Os resultados apresentados se mostraram promissores e positivos, sendo relatado que houve estímulo adicional por parte dos professores a adotarem a metodologia e a romperem com os paradigmas do ensino tradicional.

O estudo realizado por Freire e Carvalho (2019), descreve a implementação de um módulo de aprendizagem gamificado para estimular a competição entre os alunos e que conduzisse a uma maior motivação para a aprendizagem na disciplina de Matemática. Para dar suporte à gamificação utilizou-se a plataforma *Classcraft* (ferramenta educacional). Os resultados foram positivos, pois os alunos se envolveram mais na aprendizagem, aprimoraram seus desempenhos e, conseqüentemente, apresentaram melhorias nas avaliações realizadas durante a implementação do estudo.

O uso dessas plataformas *Web 2.0* oferecem vantagens significativas em ambientes educacionais, incluindo acessibilidade global, colaboração facilitada e interação do usuário. Elas permitem criar ambientes dinâmicos interativos que envolvem os alunos por meio de recursos como fóruns, compartilhamento de conteúdo e interação em tempo real. No entanto, a dependência de uma conexão com a Internet e a possibilidade de distrações online podem apresentar desafios que afetam a concentração e a eficiência do aprendizado. Além disso, algumas plataformas podem não ser

adequadas para necessidades instrucionais específicas, exigindo personalização adicional para atender aos objetivos educacionais.

Na perspectiva das plataformas monousuárias e suas propostas educacionais, o artigo de De Sousa Lima *et al.*, (2020) destaca o jogo *Edutable* como uma ferramenta interativa e integrada, que obteve alta satisfação entre os usuários, evidenciando sua eficácia no ensino de cinética química. Da mesma forma, o estudo de Soares (2018) apresentou o "Mundo da Química", na plataforma Unity, que demonstrou efetividade e motivação no ensino de Química, possibilitando aos participantes identificar dificuldades, revisar conceitos e aprender por meio de tentativa e erro, mesmo sem experiência prévia em jogos ou conhecimento em Química.

Esses resultados promissores enfatizam a relevância de pesquisas que busquem desenvolver JS para o ensino de Química, visando uma experiência de aprendizado positiva e eficiente para os alunos. Vale destacar que o presente trabalho também se valeu de uma plataforma monousuária para contribuir com essa área de pesquisa e aplicação educacional.

## 5 METODOLOGIA

Figura 4: A estruturação metodológica da pesquisa  
(Fonte: Autoria Própria)





A revisão bibliográfica foi realizada com base em dados coletados a partir do ano de 2017, incluindo textos e artigos científicos disponíveis no *Google Acadêmico*, bem como nas bases de dados renomadas, como Capes, Aprimora, Scielo e Embase. Foram utilizados os seguintes descritores e suas combinações, em língua portuguesa e inglesa: "*serious games* na educação", "jogos sérios", "Jogos na química", "reações químicas em jogos", "Desenvolvimento com *Unity*" e "*serious games*".

Após a realização da revisão bibliográfica, destacamos os estudos metodológicos que se concentraram na descrição e análise do processo de elaboração de JS, levando em consideração aspectos como autoria, ano de publicação, tipo de estudo, sujeitos da pesquisa, objetivo/avaliação e os principais resultados obtidos.

O grupo experimental (GE) e o grupo controle (GC) foram formados por alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública em Pinheiro-MA, que participaram de um experimento sobre reações químicas inorgânicas de síntese. Antes da aplicação do JS, desenvolvido nesta pesquisa, foi realizada uma avaliação qualitativa do nível de conhecimento dos alunos sobre o tema e da disponibilidade de recursos computacionais para a utilização do jogo.

O JS foi aplicado ao grupo experimental, enquanto o grupo controle recebeu uma aula com o mesmo conteúdo abordado no jogo. Depois da intervenção, os grupos responderam a um questionário elaborado no *Google Forms*, que permitiu a análise comparativa dos métodos utilizados e suas respectivas eficácias. O questionário abordou aspectos-chave, como a compreensão dos conceitos de reações químicas, a aplicação prática do conhecimento adquirido, o engajamento dos alunos durante o processo de aprendizagem, a motivação e o interesse despertados pelo jogo e pela aula tradicional, além de explorar a percepção dos alunos sobre a eficácia e a relevância do jogo como uma estratégia educacional.

A análise comparativa dos resultados mostrou diferenças significativas entre os grupos experimental e de controle, fornecendo resultados valiosos sobre a eficácia do jogo no ensino de reações químicas em comparação com a abordagem tradicional. Os dados coletados foram submetidos a uma análise estatística utilizando o método de Testes de Hipóteses apropriado. Os educadores puderam, posteriormente, utilizar o jogo como ferramenta auxiliar no ensino da temática com maior domínio dos elementos presentes no artefato.

## 5.1 Tabulação de Dados e Análises Estatísticas

Após a coleta dos dados produzidos pelos grupos GC e GE, foi aplicado o teste t de *Student* para determinar se há uma diferença significativa entre as médias do nível de engajamento/aprendizagem dos alunos. O teste t de *Student* é um tipo de estatística inferencial muito utilizado para comparar médias de duas populações (Student, 1908).

## 6 MODELAGEM

A modelagem do JS para o ensino de Reações Químicas de Síntese Inorgânica no Ensino Médio foi cuidadosamente elaborada para proporcionar uma experiência educacional imersiva, engajadora e eficaz. Este trabalho foi fundamentado em práticas recomendadas pela literatura especializada e adaptada às necessidades específicas identificadas na fase de diagnóstico. A arquitetura do jogo foi delineada para facilitar uma experiência educacional que aproveite as características próprias dos alunos do 1º ano do Ensino Médio.

A modelagem do jogo envolveu a criação do roteiro como estrutura fundamental, fornecendo objetivos e avanços claros para a jornada educacional. O roteiro estabeleceu a ordem dos eventos, obstáculos, quebra-cabeças e envolvimento que os alunos encontraram durante o jogo imersivo. O objetivo do roteiro foi aprimorar o processo de aprendizagem, apresentando conceitos químicos de forma estruturada e sequencial. O foco estava no tipo de informação a ser processada e nas ações esperadas dos alunos ao utilizar o material em atividades práticas.

### 6.1 Framework de Desenvolvimento

No desenvolvimento do jogo "*Synthesis Match*", adotamos o motor gráfico Unity devido à sua capacidade notável de criar ambientes interativos e dinâmicos. A escolha do Unity não apenas proporciona uma plataforma flexível, mas também garante a robustez necessária para suportar a complexidade das mecânicas de jogo e a integração do conteúdo educacional. A arquitetura do jogo foi planejada e dividida em uma série de módulos interconectados, cada um cuidadosamente projetado para oferecer uma experiência imersiva e educacional única. Esses módulos foram elaborados para abordar aspectos específicos das Reações Químicas de Síntese Inorgânica, de modo a oferecer uma experiência lúdica e educativa. Essa abordagem visa não apenas entreter os jogadores, mas também fornecer uma compreensão prática e aprofundada dos conceitos fundamentais da química inorgânica.

## 6.2 Estrutura e Interface

### 6.2.1 Tela Inicial

A experiência do jogador começa com a personalização através da inserção do nome, estabelecendo um vínculo pessoal com o jogo.

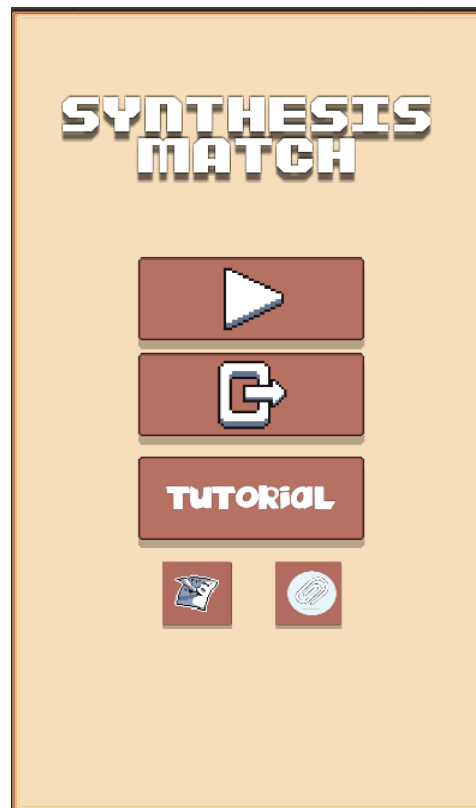
Figura 5: captura de tela da caixa de diálogo de inserção de nome  
(Fonte: Autoria Própria)



### 6.2.2 Menu Principal

O menu principal é a porta de entrada para todas as funcionalidades do jogo, proporcionando uma experiência de usuário intuitiva e acessível. Seu *layout* foi cuidadosamente projetado para orientar o jogador de forma natural e eficiente por meio das diversas opções disponíveis. Com botões claramente identificados, como "Início" para iniciar o jogo, "Sair" para finalizar a aplicação, "Tutorial" para familiarizar o usuário à mecânica do jogo, "Alterar Nome" para personalizar a experiência do jogador e um *link* direto para acesso ao tutorial no YouTube, garantimos que os jogadores possam navegar facilmente e aproveitar ao máximo todas as características do jogo.

Figura 6: captura de tela do menu principal  
(Fonte: Autoria Própria)

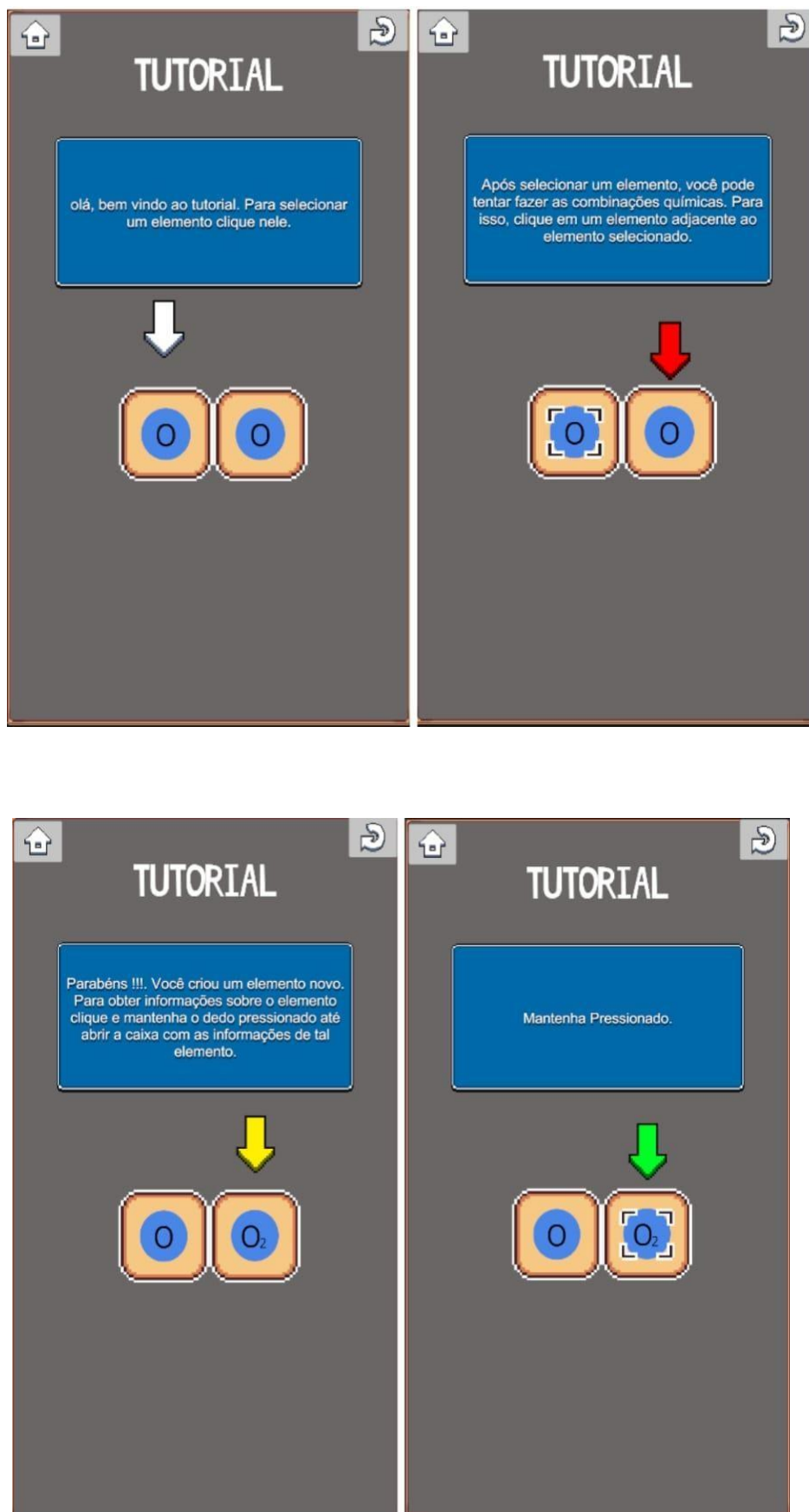


### 6.2.3 Tutorial

O tutorial incorporado ao jogo desempenha um papel fundamental na preparação dos jogadores, fornecendo uma introdução às normas e finalidades do JS. Essa ferramenta serve para facilitar uma curva de aprendizado, permitindo que os participantes internalizem rapidamente os princípios fundamentais e iniciem o jogo com maior familiaridade.

Como complemento aos recursos instrucionais disponíveis, um tutorial em vídeo foi disponibilizado na plataforma do YouTube dentro do JS. Este material audiovisual serve como um reforço didático, oferecendo uma explanação visual e dinâmica das mecânicas do jogo.

Figura 7, 8 e 9: captura de tela das etapas do tutorial  
(Fonte: Autoria Própria)





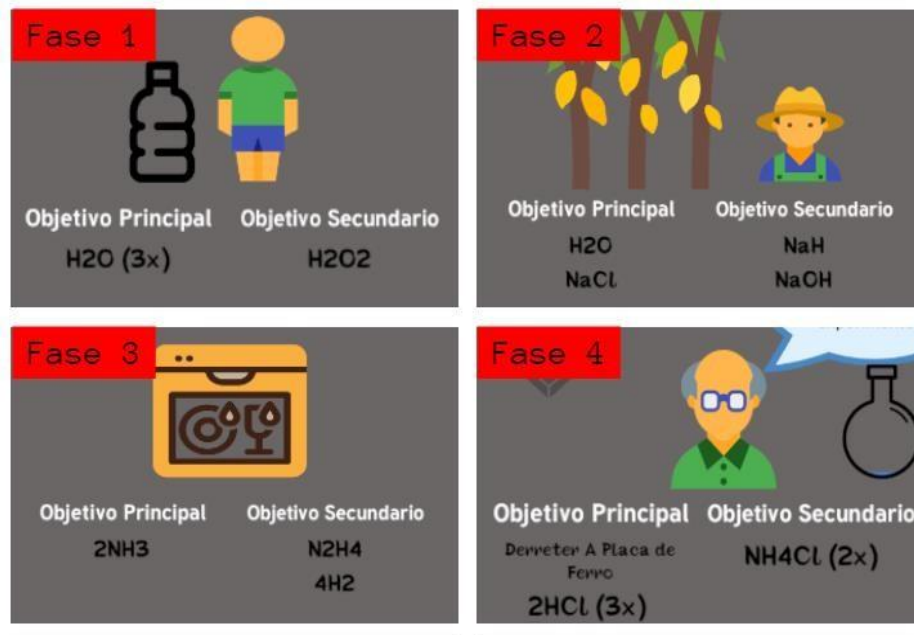
### 6.3 Jogabilidade e Desafios

O "*Synthesis Match*" oferece uma jogabilidade envolvente, desafiando os jogadores a combinar elementos químicos para formar compostos específicos. Os desafios aumentam progressivamente em complexidade, incentivando o pensamento estratégico e crítico. Além dos objetivos principais, os jogadores enfrentam desafios secundários para obter recompensas extras. Elementos interativos e obstáculos, enriquecem a experiência.

#### 6.3.1 Objetivos

Os objetivos são cuidadosamente escolhidos para alinhar desafio e educação, incentivando os jogadores a aplicarem lógica e conhecimento químico na resolução de problemas.

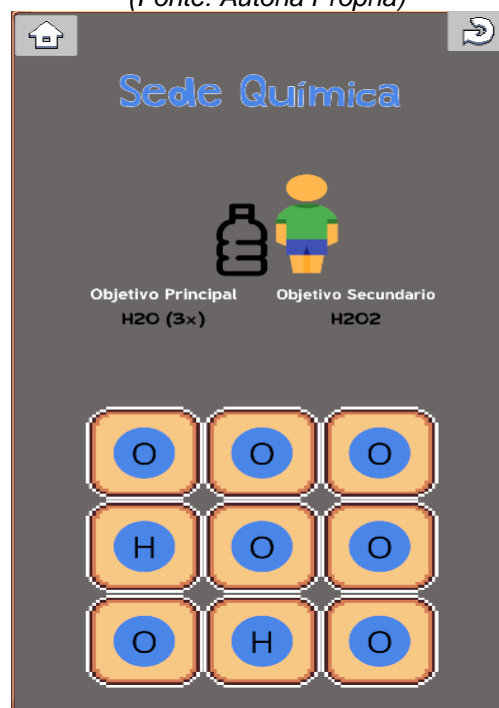
Figura 10: captura de tela dos objetivos das fases  
(Fonte: Autoria Própria)



### 6.3.2 Interface de Jogo

A interface do campo de jogo foi cuidadosamente projetada para maximizar a usabilidade, garantindo que a identificação e a manipulação dos elementos químicos sejam intuitivas e acessíveis. Esta otimização visa proporcionar uma experiência de usuário sem esforço, permitindo uma interação contínua e engajadora com o material didático, e assim, enriquecer o processo educativo com uma dinâmica mais interativa e envolvente.

Figura 11: captura de tela da interface de jogo  
(Fonte: Autoria Própria)



### 6.3.3 Feedback e Progressão

O *feedback* é instantâneo e visualmente estimulante, com a tela de vitória reforçando o senso de realização e incentivando a progressão do jogador.

Figura 12: captura de tela da tela de vitória  
(Fonte: Autoria Própria)



### 6.4 Conteúdo Educacional e Aprofundamento Científico

O JS integra conteúdo químico de maneira a reforçar os conceitos estudados, utilizando o contexto do jogo para consolidar o conhecimento dos jogadores. Além dos desafios de combinação de elementos, o jogo apresenta exemplos de reações químicas reais, demonstrando como os diferentes compostos se formam e interagem. As informações adicionais oferecem aprofundamento científico, permitindo aos jogadores expandirem seu entendimento sobre cada elemento e reação química de maneira contextualizada e interativa.

Ao acessar informações detalhadas sobre um elemento, os jogadores podem explorar propriedades, usos comuns e exemplos de reações em que o elemento está envolvido. Essa abordagem proporciona uma compreensão mais completa da química inorgânica, enriquecendo a experiência educacional do jogo.



Figura 13: captura de tela da caixa de informações detalhadas de uma síntese  
(Fonte: Autoria Própria)



## 6.5 Design, Arte e Narrativa

O JS incorpora personagens e temas desenvolvidos para enriquecer a narrativa educacional do jogo. O cenário e tema são escolhidos e projetados com o objetivo de criar um ambiente imersivo que facilite a aprendizagem. Por exemplo, o jogador pode encontrar um cientista experiente que atua como guia durante a jornada em busca de um elemento formado a partir de uma reação de síntese.

A estética é uma fusão entre a amigabilidade e a funcionalidade. O jogo é projetado com gráficos simples, porém, vibrante e intuitivos, garantindo que os elementos químicos sejam facilmente distinguíveis e memoráveis para os jogadores. Cores, formas e animações, foram selecionadas para criar uma experiência visual atraente e envolvente, ao mesmo tempo em que ajudam na identificação rápida dos elementos e na compreensão dos conceitos químicos. A interface do usuário é intuitiva e acessível, garantindo uma experiência de jogo fluida para jogadores de todas as idades e níveis de habilidade.

## 6.6 Avaliação, Análise e Feedback

O JS utiliza um sistema de pontuação e estrelas para avaliar o desempenho dos jogadores. A pontuação é atribuída com base na precisão e eficiência com que os jogadores completam os desafios químicos. Além disso, a obtenção de estrelas está vinculada ao cumprimento de objetivos específicos e ao desempenho geral do jogador em cada fase. Esse sistema de pontuação não apenas fornece *feedback* imediato sobre o desempenho do jogador, mas também serve como uma fonte de motivação para superar desafios e melhorar habilidades.

A coleta de dados de progresso é uma parte fundamental do projeto, permitindo uma análise detalhada do desempenho e do engajamento dos usuários. Esses dados são então analisados para avaliar o aprendizado dos usuários, identificar áreas de melhoria e ajustar a dificuldade do jogo conforme necessário. Além disso, o *feedback* direto dos jogadores é incentivado e bem-vindo, seja por meio de avaliações no jogo, pesquisas de satisfação em formulários. Essa abordagem orientada por dados e *feedback* contínuo permite uma evolução constante do jogo, garantindo uma experiência educacional cada vez mais eficaz e envolvente.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta parte do estudo, exploramos os achados e reflexões gerados pela investigação, delineando as características dos participantes e as metodologias implementadas para os grupos experimental e controle durante as fases conduzidas. Adicionalmente, é exposta a avaliação do engajamento educacional dos alunos, englobando a exploração do *Alpha* de *Cronbach* e as percepções dos estudantes quanto ao interesse, foco, pertinência e confiança na matéria estudada. Os achados são examinados no contexto dos propósitos do estudo e do corpo teórico previamente estabelecido, oferecendo uma perspectiva crítica e ponderada dos dados coletados e sua interconexão com as teorias existentes.

Esta análise visa verificar a concordância dos dados com as hipóteses iniciais do estudo e determinar se o método selecionado contribuiu significativamente para o avanço do conhecimento no campo da tecnologia educacional e no ensino da Química suportado por recursos computacionais.

## 7.1 O Perfil dos Alunos

A Tabela 1 apresenta o número de estudantes distribuídos por grupo/turma, fornecendo detalhes sobre as duas divisões estabelecidas para a realização das atividades de pesquisa e coleta de dados.

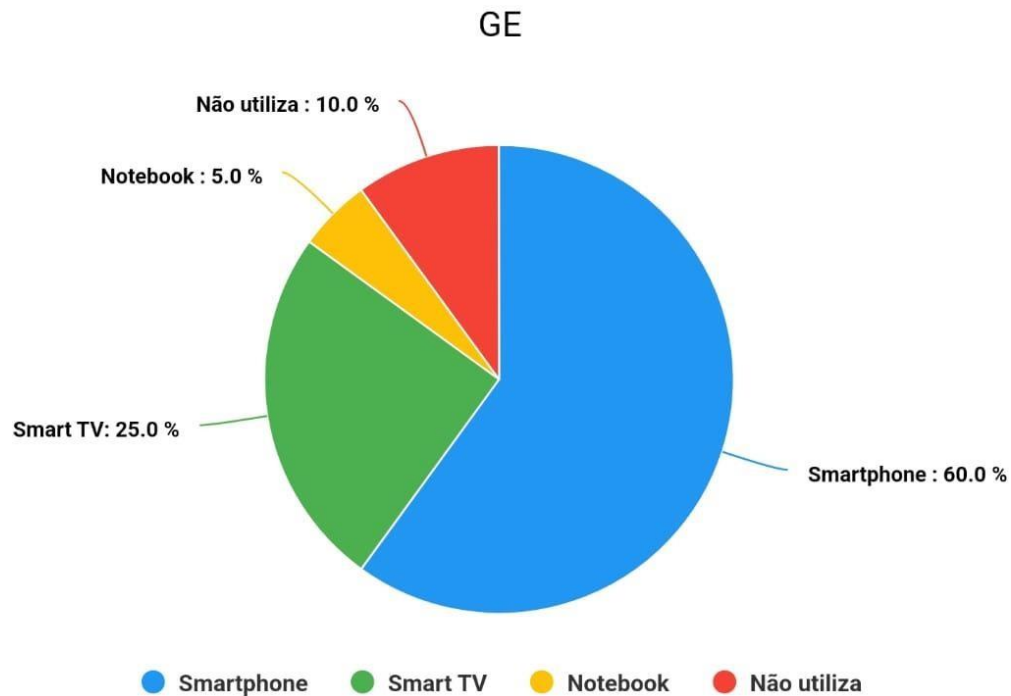
Tabela 1: Quantidade de alunos participantes do experimento  
(Fonte: Autoria Própria)

<b>Grupos</b>	<b>Turmas</b>	<b>Sala</b>	<b>Alunos</b>	<b>Média de Idade</b>
Controle (GC)	1º ano	100	17	16 anos
Experimental (GE)	1º ano	101	16	15 anos
Total			33	

No Grupo de Controle (GC), composto por 17 estudantes, observa-se uma idade média de 16 anos, com idades variando de 15 a 17 anos. Por outro lado, o Grupo Experimental (GE) conta com 16 participantes, cuja idade média é de 15 anos, com variação de 14 a 17 anos. O desvio padrão das idades é aproximadamente 0,91 anos no GC e 0,59 anos no GE, sugerindo uma maior dispersão das idades no GE, o que pode influenciar os resultados da pesquisa.

As figuras 14 e 15 apresentam a distribuição percentual do uso de dispositivos tecnológicos e da disponibilidade de acesso à internet nos domicílios dos participantes. Estas informações foram obtidas através do questionário "Perfil dos Alunos (Recursos Tecnológicos e Frequência de Uso)", que foi administrado a ambos os grupos utilizando a plataforma *Google Forms*.

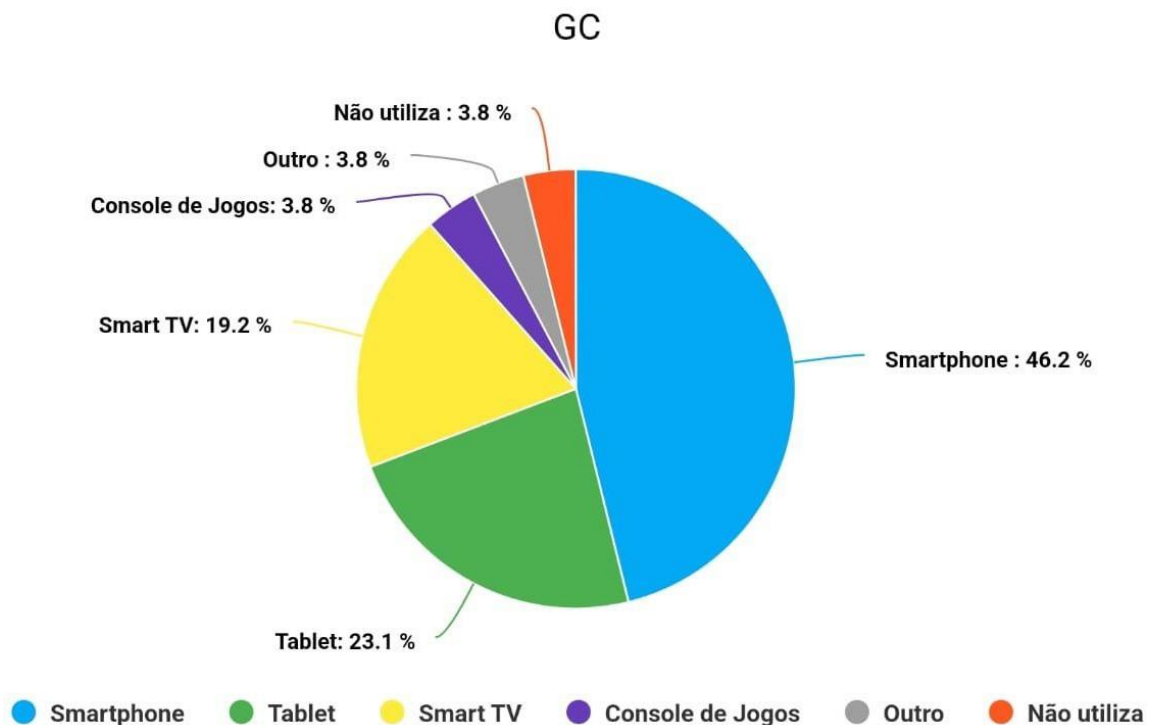
Figura 14: Percentual de acesso à tecnologia e internet no GE  
(Fonte: Autoria Própria)



Na apresentação dos dados tecnológicos do grupo experimental, ilustrada na Figura 14, constata-se que a ampla maioria, correspondente a 90%, faz uso de dispositivos com acesso à *internet*. Dentre esses, os *smartphones* são os mais prevalentes, com 60% dos estudantes recorrendo a eles para conexão, enquanto as *Smart TVs* são utilizadas por 25%. Os *notebooks* figuram com uma utilização de 5%. Notadamente, uma minoria de 10% dos alunos relatou não fazer uso de nenhum dos dispositivos mencionados para acessar a *internet* em casa.

Na análise do perfil de uso de tecnologias do GC, conforme retratado na Figura 15, destaca-se que o *smartphone* é o dispositivo primário para acesso à *internet* em casa, utilizado por 46,2% dos estudantes. *Tablets* aparecem como o segundo dispositivo mais popular, com 23,1% da preferência. A *Smart TV* também figura como uma escolha notável para 19,2% dos alunos. Os consoles de jogos e outras categorias de dispositivos são utilizados por uma minoria equivalente de 3,8% para cada.

Figura 15: Percentual de acesso à tecnologia e internet no GC  
(Fonte: Autoria Própria)



Curiosamente, apenas 3,8% dos alunos indicaram não utilizar nenhum dos dispositivos listados para acessar a *internet*. A soma desses percentuais demonstra que uma grande maioria dos alunos do grupo de controle, 96,2%, estão engajados no uso de tecnologias digitais para conexão com a *internet*, evidenciando a integração da tecnologia no cotidiano educacional dos participantes.

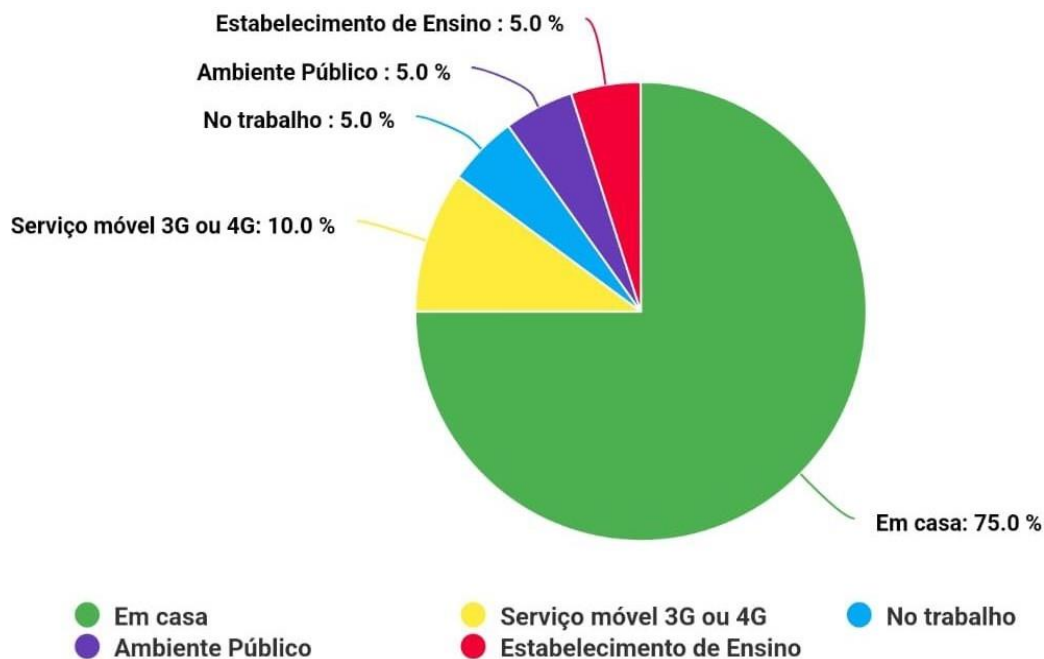
No GE, a preferência por *smartphones* é notável, com 60% dos alunos optando por este dispositivo para acessar a *internet*, em comparação com 46,2% no GC. Em relação às *Smart TVs*, o GE apresenta também uma maior frequência de uso, com 25% contra 19,2% no GC. No entanto, os alunos do GC demonstram uma maior diversidade no uso de dispositivos, com uma proporção considerável de 23,1% usando *tablets*, enquanto essa informação não é explicitamente apresentada para o GE. Um ponto em comum entre os dois grupos é o baixo uso de *notebooks*, com 5% no GE e uma porcentagem não especificada no GC, sugerindo que ambos os grupos têm um acesso relativamente limitado a este tipo de dispositivo ou preferem outras tecnologias para acesso à *internet*.

Um detalhe importante é que a porcentagem de alunos que não utilizam nenhum dos dispositivos listados é bastante similar, com 10% no GE e 3,8% no GC. Isso pode

indicar que a maioria dos alunos em ambos os grupos têm acesso regular à *internet* em casa, embora o método de acesso seja variado. A soma das porcentagens nos dois grupos sugere que uma grande maioria dos alunos, tanto do GE quanto do GC, tem acesso à *internet* e utiliza algum dispositivo tecnológico para conectividade.

Ao comparar o acesso à *internet* entre os alunos do GC, nota-se um padrão homogêneo de conectividade. Conforme apresentado na Figura 16, a preferência pelo local de acesso é idêntica, com uma esmagadora maioria de 75% dos estudantes acessando a *internet* predominantemente em casa.

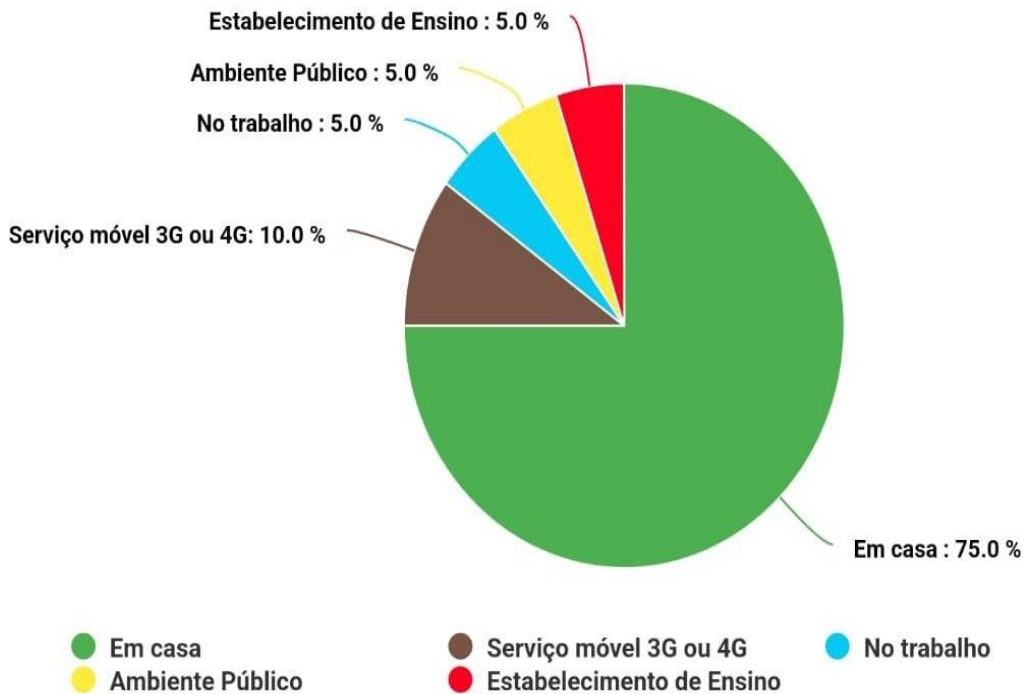
Figura 16: Percentual de ponto de acesso à internet no GC  
(Fonte: Autoria Própria)



Este alto índice de acesso residencial à *internet* ressalta a importância do ambiente doméstico como o principal ponto de conectividade para os alunos do GC. O uso de serviços móveis 3G ou 4G representa 10% do acesso, indicando uma parcela de estudantes que dependem de conexões de dados móveis. Outros locais, como trabalho, estabelecimentos de ensino e ambientes públicos, têm um papel marginal, cada um com 5% de uso.

Da mesma forma, ao analisar o acesso à *internet* entre os alunos do GE, observa-se uma consistência na escolha dos locais de acesso. A Figura 17 mostra que, assim como no GC, uma predominância de 75% dos estudantes acessa a internet mais frequentemente em casa.

Figura 17: Percentual de ponto de acesso à internet no GE  
(Fonte: Autoria Própria)



O dado de 75% de acesso em casa no GE enfatiza novamente a centralidade do lar na vida conectada dos alunos. Enquanto isso, a adesão aos serviços móveis 3G ou 4G se mantém em 10%, e os locais secundários como trabalho, instituições educacionais e espaços públicos representam apenas 5% cada um na escolha dos estudantes para acesso à *internet*.

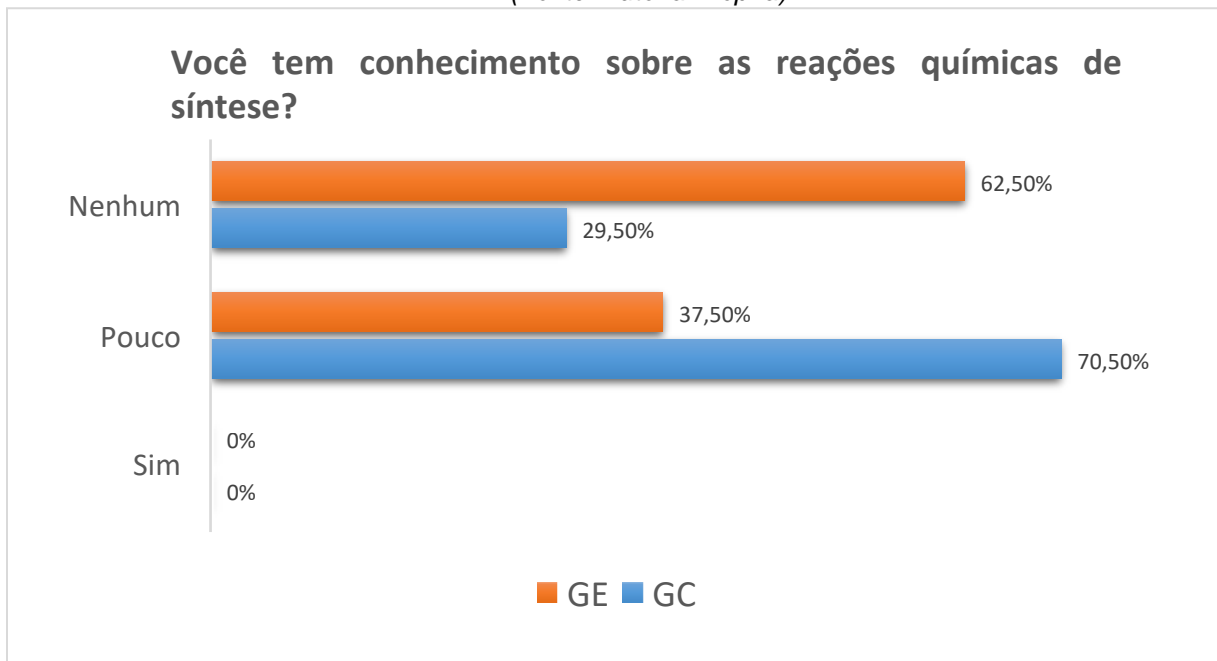
## 7.2 Procedimentos aplicados aos Grupos de Experimentação (GE) e Grupo de Controle (GC) – Etapa 1

Neste estudo, foi conduzido um pré-teste com o propósito primário de identificar possíveis conceitos prévios, ou subsunçores, que os alunos poderiam ter em relação ao tema central de Reações Químicas de Síntese Inorgânica. Este processo inicial é alinhado à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, pois permite uma avaliação da extensão e profundidade da aprendizagem que os alunos alcançaram após participarem de um experimento estruturado, conectando novas informações com o conhecimento pré-existente (Ausubel, 1968). Para a execução do pré-teste, optou-se por uma abordagem tradicional, utilizando-se um formato impresso que compreendeu um total de 8 (oito) questões – 6 (seis) delas sendo de natureza objetiva e as 2 (duas) restantes de caráter subjetivo.

As respostas coletadas foram analisadas e sintetizadas, sendo posteriormente representadas em termos percentuais. Esta representação quantitativa oferece uma visão clara da proporção de alunos que participaram ativamente do pré-teste. Para uma visualização mais intuitiva dos dados coletados, os resultados do pré-teste são ilustrados na Figura 18, instrumentada para demonstrar o nível de conhecimento e a familiaridade que os grupos (GE e GC) possuíam em relação às Reações Químicas de Síntese Inorgânica, com foco especial na pergunta 1 (P1) do pré-teste.

Através desta representação gráfica é possível discernir padrões, tendências e possíveis lacunas no conhecimento prévio dos alunos, estabelecendo assim uma base sólida para a análise subsequente da aprendizagem significativa adquirida após a intervenção experimental.

Figura 18: Pergunta 1 (P1)  
(Fonte: Autoria Própria)

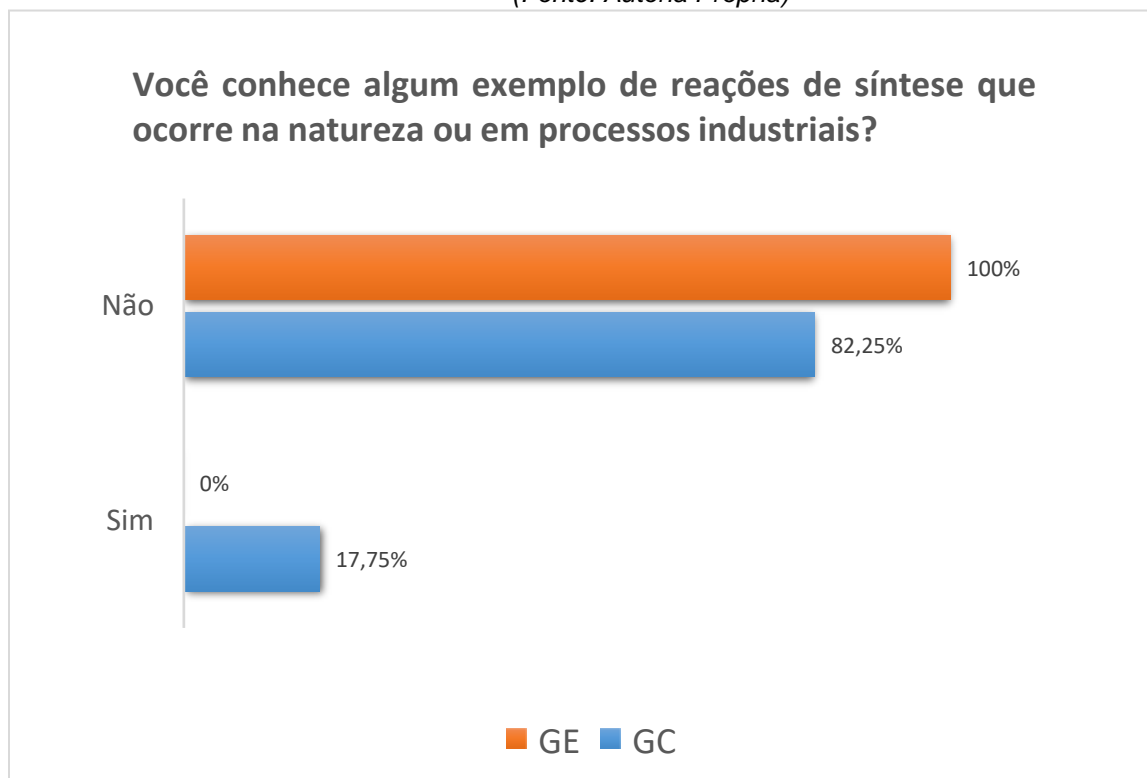


A figura 18 mostra que 62,5% dos participantes do Grupo de Experimentação (GE) e 29,5% do Grupo de Controle (GC) afirmaram não ter nenhum conhecimento sobre Reações Químicas de Síntese Inorgânica, enquanto 37,5% do GE e 70,5% do GC classificaram seu conhecimento como pouco. Notavelmente, nenhum dos participantes de ambos os grupos afirmou ter um bom conhecimento sobre o assunto. Esse dado inicial evidencia uma grande lacuna no conhecimento base dos alunos sobre Reações Químicas de Síntese Inorgânica, indicando uma possível área chave para foco educacional.



A Figura 19 apresenta os dados coletados dos alunos, acerca da pergunta 2 (P2) (Tabela 2), com o objetivo de avaliar o grau de conhecimento sobre exemplos de Reações Químicas de Síntese na natureza ou em processos industriais.

Figura 19: Pergunta 2 (P2)  
(Fonte: Autoria Própria)



Todos os alunos do Grupo de Experimentação (GE) indicaram não conhecer nenhum exemplo de tais reações ocorrendo na natureza ou em contextos industriais, sugerindo uma falta de conexão entre os conceitos químicos estudados e suas aplicações práticas. Por outro lado, uma pequena fração dos alunos do Grupo de Controle (GC), especificamente 17,25%, afirmou estar ciente de exemplos específicos, enquanto a maioria, 82,75%, compartilhou a mesma lacuna de conhecimento que o GE.

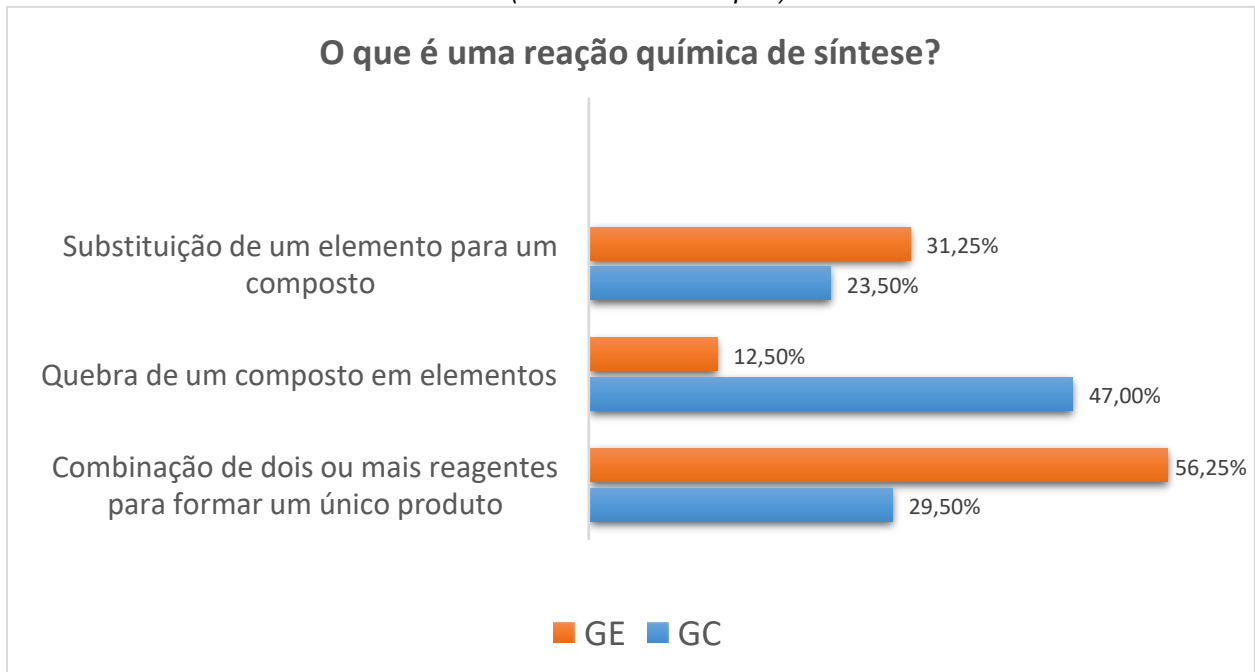
A ausência de exemplos práticos de reações de síntese inorgânica pode impactar o entendimento dos alunos sobre esses conceitos e suas aplicações. A falta de conexão entre a teoria aprendida em sala de aula e sua relevância no mundo real pode resultar em uma compreensão superficial e desarticulada dos princípios químicos.

Essa diferença, mesmo que pequena, entre o GE e o GC sobre o reconhecimento de exemplos de reações de síntese inorgânica sugere uma variabilidade no nível de exposição ou atenção dada a tais conceitos durante suas experiências educacionais. Isso reforça a importância de uma abordagem de ensino que não só aborde os princípios

fundamentais da química, mas também enfatize suas aplicações no mundo real, tornando o aprendizado mais relevante e atraente para os alunos.

A Figura 20 apresenta os dados coletados dos alunos, acerca da pergunta 3 (P3) (Tabela 2), com o objetivo de avaliar o grau de conhecimento sobre o conceito de Reações Químicas de Síntese Inorgânica.

Figura 20: Pergunta 3 (P3)  
(Fonte: Autoria Própria)

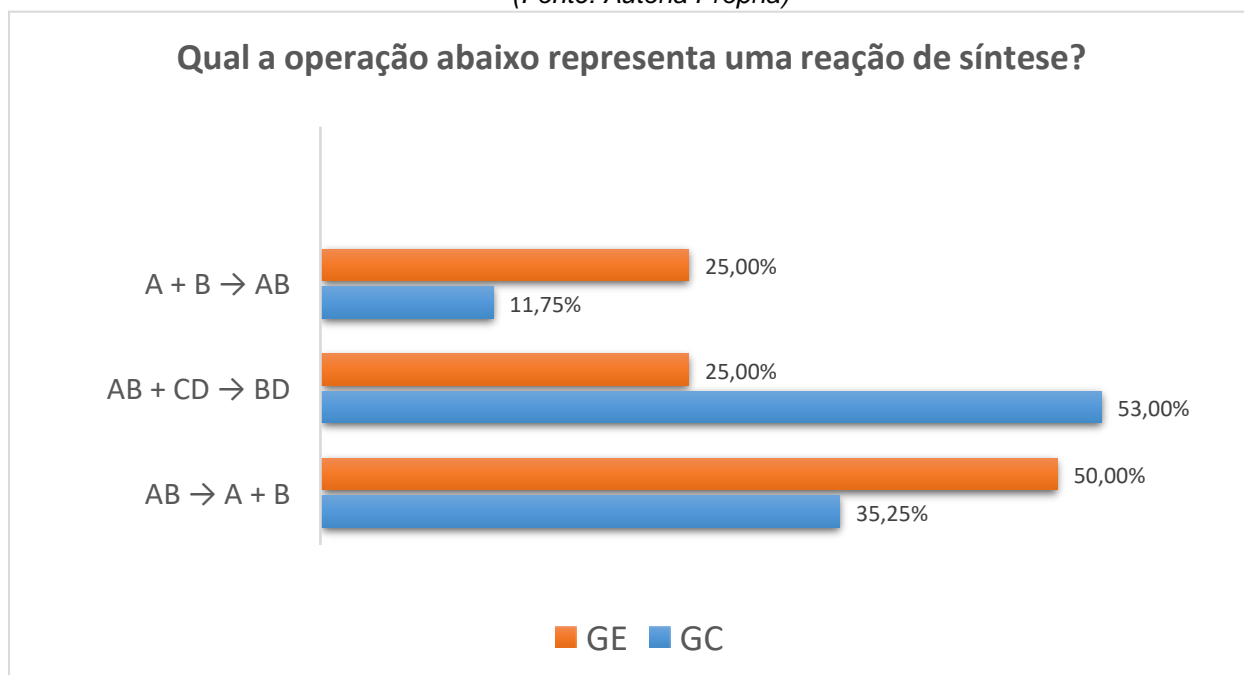


A distribuição das respostas para esta pergunta indica uma compreensão mista entre os alunos sobre o que constitui uma reação de síntese. A análise das respostas revela uma variação considerável na compreensão dos alunos acerca do conceito fundamental de reações de síntese. Notadamente, 56,25% dos alunos do GE demonstrou uma certa compreensão ao identificar corretamente uma reação de síntese como a "Combinação de dois ou mais reagentes para formar um único produto".

Em contraste, o GC exibiu uma taxa de acerto menor, com apenas 29,5% dos alunos reconhecendo a definição correta. Esta diferença sugere uma falta de clareza ou possíveis equívocos conceituais no entendimento.

A Figura 21 apresenta os dados coletados dos alunos, acerca da pergunta 4 (P4) (Tabela 2), para avaliar o grau de conhecimento sobre a operação que representa uma Reação Química de Síntese.

Figura 21: Pergunta 4 (P4)  
(Fonte: Autoria Própria)

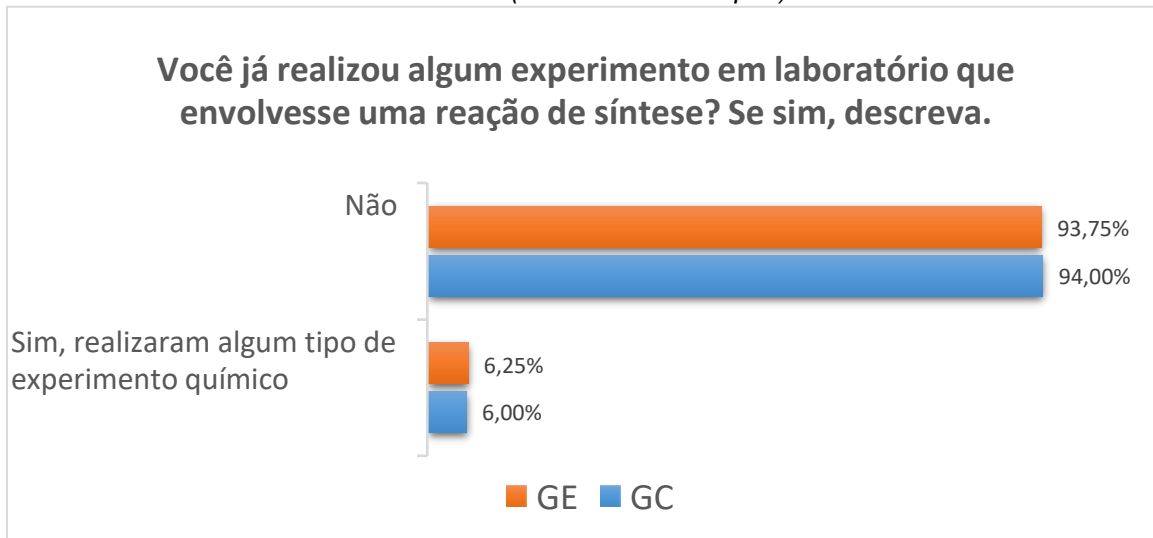


A compreensão correta de uma reação de síntese (" $A + B \rightarrow AB$ ") foi reconhecida por apenas 11,75% dos alunos do GC, em comparação aos 25% do GE, indicando deficiências no entendimento de ambos os grupos sobre o conceito. Uma grande proporção de ambos os grupos selecionou " $AB \rightarrow A + B$ ", que descreve uma reação de decomposição, indicando uma possível confusão comum e substancial entre os conceitos de síntese e decomposição. A opção " $AB + CD \rightarrow BD$ ", que representa uma reação de substituição, também foi escolhida por 25% do GE e 53% do GC.

O GE apresentou uma taxa de acerto de 25% nas questões sobre reações de síntese, contrastando com uma considerável taxa de erro de 75%. Por outro lado, o GC demonstrou uma compreensão ainda mais limitada, com apenas 11,75% dos alunos identificando corretamente a reação de síntese, resultando em uma elevada taxa de erro de 88,25%. Esses números revelam uma discrepância no entendimento do conceito entre os dois grupos.

A Figura 22 apresenta os dados coletados dos alunos, acerca da pergunta 5 (P5) (Tabela 2), para saber se os alunos já realizaram experimentos acerca das Reações Químicas de Síntese Inorgânica.

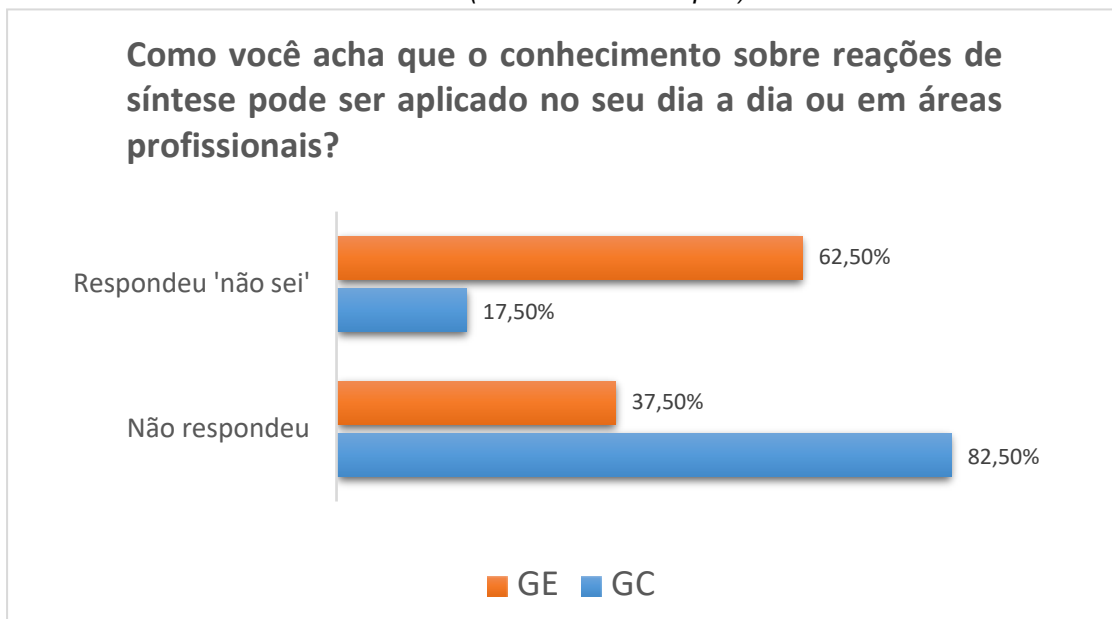
Figura 22: Pergunta 5 (P5)  
(Fonte: Autoria Própria)



Observa-se que a vasta maioria dos alunos, tanto do GE, com 93,75%, quanto do GC, com 94%, relatou não ter realizado experimentos que envolvessem tais reações. Esse resultado sugere uma notável carência de experiência prática, a qual é essencial para o entendimento concreto e a aplicação de conceitos teóricos em química. Apenas uma pequena fração dos estudantes, 6,25% do GE e 6% do GC, afirmou ter realizado algum tipo de experimento químico relacionado a reações de síntese.

A Figura 23 apresenta os dados coletados dos alunos, acerca da pergunta 6 (P6) (Tabela 2), para avaliar o grau de conhecimento sobre a aplicação das Reações Químicas de Síntese Inorgânica.

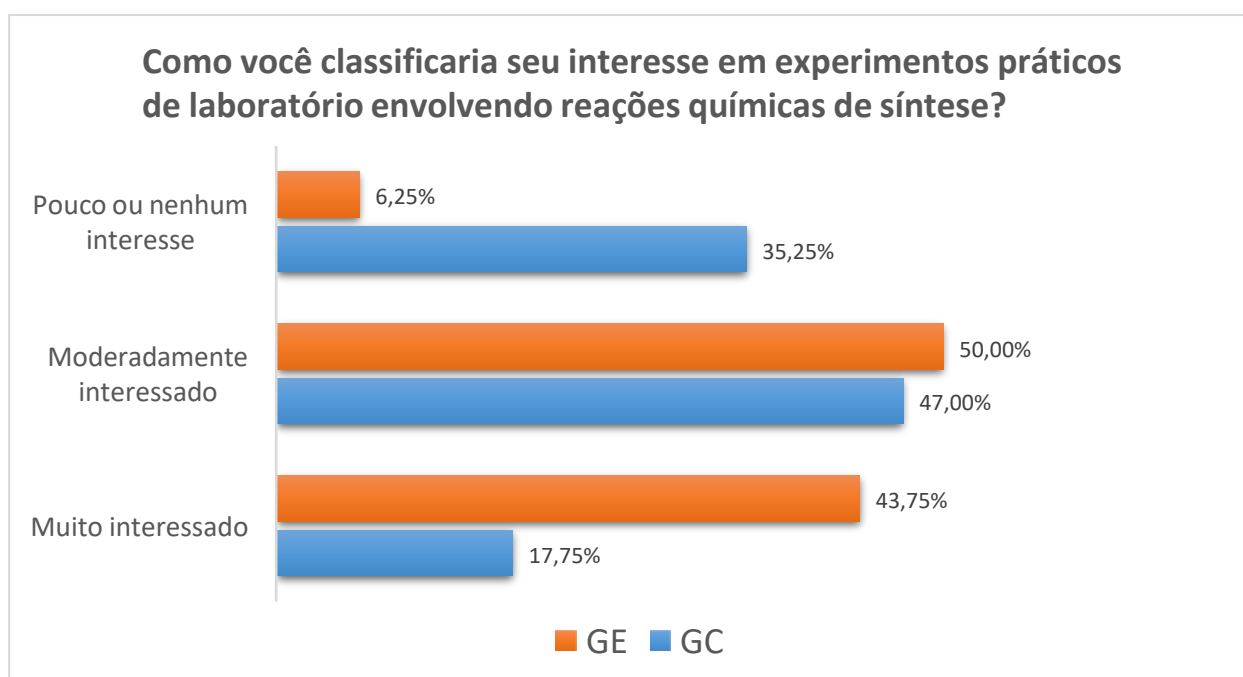
Figura 23: Pergunta 6 (P6)  
(Fonte: Autoria Própria)



Nota-se que ambos os grupos GE (37,5%) e GC (82,5%) não responderam à pergunta (P6), o que pode indicar uma falta de compreensão sobre as implicações práticas desse conhecimento ou mesmo uma desvinculação entre os conceitos aprendidos e sua aplicação real. Adicionalmente, 17,5% do GC e 62,5% do GE não souberam como aplicar tais conhecimentos, reforçando a impressão de que os conceitos de química estão sendo percebidos como distantes das experiências diárias dos alunos.

A Figura 24 apresenta os dados coletados dos alunos, acerca da pergunta 7 (P7) (Tabela 2), para avaliar como o aluno classificaria seu interesse em experimentos práticos de laboratório.

Figura 24: Pergunta 7 (P7)  
(Fonte: Autoria Própria)



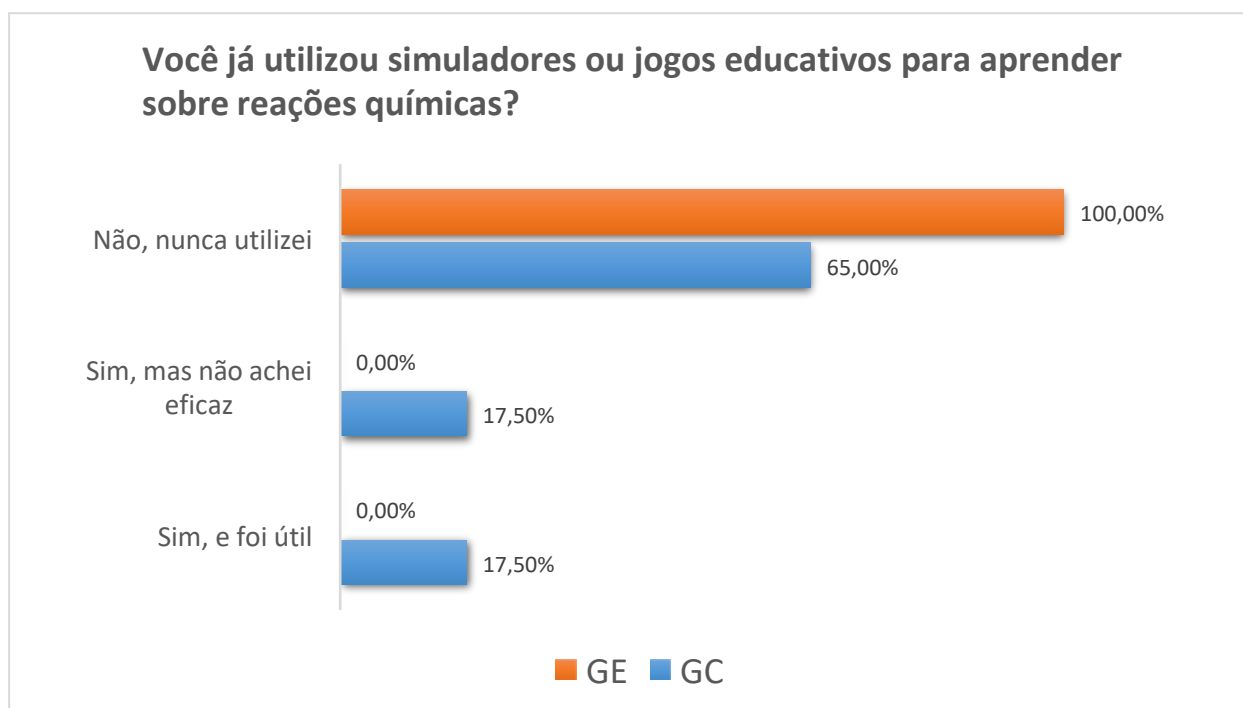
Enquanto o GE mostra um interesse em experimentos práticos de laboratório em química de síntese, com 50% moderadamente interessados e 43,75% muito interessados, o GC apresenta um interesse mais contido, com 47% de moderadamente interessados e apenas 17,75% de altamente interessados, apontando para uma disparidade que pode refletir diferenças em experiências educacionais ou na valorização dessas práticas científicas.

Essa distinção nos níveis de interesse entre GE e GC sugere nuances importantes em perfis ou contextos educativos, onde o GE exhibe maior entusiasmo por experiências sintéticas, potencialmente indicando maior familiaridade ou valorização das habilidades práticas em química, enquanto o GC, com menor percentual de interesse,

talvez evidencie a necessidade de estratégias pedagógicas diferenciadas para estimular o envolvimento com a química experimental.

A Figura 25 apresenta os dados coletados dos alunos, acerca da pergunta 8 (P8) (Tabela 2), para avaliar se o aluno já utilizou simuladores ou jogos educativos sobre reações químicas.

Figura 25: Pergunta 8 (P8)  
(Fonte: Autoria Própria)



Com 100%, o GE nunca utilizou ferramentas pedagógicas (simuladores ou jogos), contrastando com 65% do GC. Ainda no GC, 17,50% dos respondentes consideraram a experiência com simuladores e jogos como útil, enquanto outros 17,50% não acharam a ferramenta eficaz, indicando que há uma percepção mista, porém, sobre a eficácia desses recursos didáticos no ensino de química. Essa divisão igual entre aqueles que acharam a ferramenta útil e ineficaz reflete a diversidade de estilos de aprendizagem e a importância de personalizar recursos didáticos para atender às necessidades individuais dos alunos na exploração de conceitos químicos.

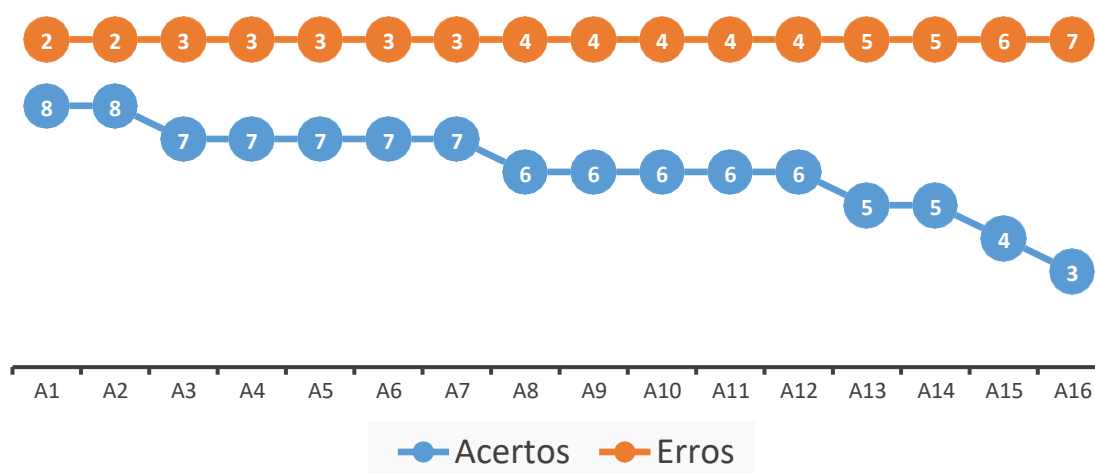
A análise dos dados coletados dos GE e GC, demonstram em ambos um conhecimento limitado sobre Reações Químicas de Síntese Inorgânica. Independentemente de algumas pequenas diferenças entre os grupos, é evidente que o conhecimento prévio e a experiência prática com essas reações ainda são modestos.

### 7.3 Procedimentos aplicados ao Grupos de Experimentação (GE) – Etapa 2

Durante as fases iniciais do projeto, surgiu a ideia de desenvolver um JS como uma estratégia inovadora para que houvesse engajamento dos alunos. Portanto, o projeto foi concebido para proporcionar aos alunos do GE uma experiência prática centrada no processo da Reação Química de Síntese. O pós-teste foi realizado em sala de aula por meio do *Google Forms* de forma online e composta por uma variedade de perguntas como mostra na Tabela 3 do Apêndice. Este formulário continha questões variadas, incluindo opções de múltipla escolha e questões de verdadeiro ou falso, elaboradas para sondar a eficácia do JS sobre a temática.

As questões do pós-teste realizadas em sala de aula por meio do *Google Forms* foram integradas ao contexto do jogo, com o intuito de medir a assimilação dos alunos sobre as Reações Químicas de Síntese Inorgânica de maneira mais dinâmica e interativa. Os resultados obtidos com esse método foram avaliados com base nas pontuações finais dos alunos, como mostrado na Figura 26. A análise revelou que, de forma geral, os participantes do GE tiveram um desempenho positivo. No entanto, também foi identificado que alguns alunos enfrentaram dificuldades.

Figura 26: Pontuação final  
(Fonte: Autoria Própria)



É importante considerar que essas dificuldades podem não ser atribuíveis exclusivamente à dinâmica do JS. Fatores externos à experiência de aprendizagem direta, tais como limitações de acesso a recursos tecnológicos adequados ou questões de estado emocional decorrentes de estresse ou ansiedade, podem ter influenciado de maneira relevante o desempenho desses alunos.

Além disso, diferenças individuais e possíveis lacunas prévias no conhecimento fundamental de química podem também ter contribuído para os resultados observados. Isso significa que há aspectos específicos que podem ser aprimorados para tornar o processo educacional ainda mais enriquecedor.

Observamos na Figura 26 a distribuição de acertos e erros entre os alunos do GE, identificados como A1 até A16. Nota-se uma tendência de compreensão do conteúdo abordado, contudo, há particularidades no desempenho que merecem atenção, especialmente a partir do aluno A13, com uma notável queda na performance que se acentua no caso do aluno A16. Estas inconsistências podem indicar uma série de fatores como já mencionado, que vão desde a dificuldade individual com o material, possíveis deficiências na entrega do conteúdo, até influências externas que afetam o desempenho do aluno.

Os participantes de A1 a A12 mantêm um desempenho estável com uma pequena variação no número de acertos, o que pode ser interpretado como uma indicação da eficácia do JS para esse segmento do grupo. Essa heterogeneidade reforça a importância de um suporte educacional personalizado e a consideração de abordagens diversificadas de ensino.

Considerando o exposto, é crucial observar os resultados individuais. Isso não só adapta a metodologia e o material didático para atender a todos, mas também fornece apoio extra aos alunos com dificuldades de aprendizado. Em conclusão, os dados refletem uma predominância de acertos sobre erros, o que é um indicativo positivo da eficácia do JS em relação aos dados do pré-teste.

A análise dos resultados dos alunos após a utilização do JS revela uma melhoria na compreensão dos conceitos abordados. A partir dos dados, observamos uma tendência positiva de aumento no número de acertos, indicando que o jogo foi eficaz em superar as dificuldades iniciais dos alunos.

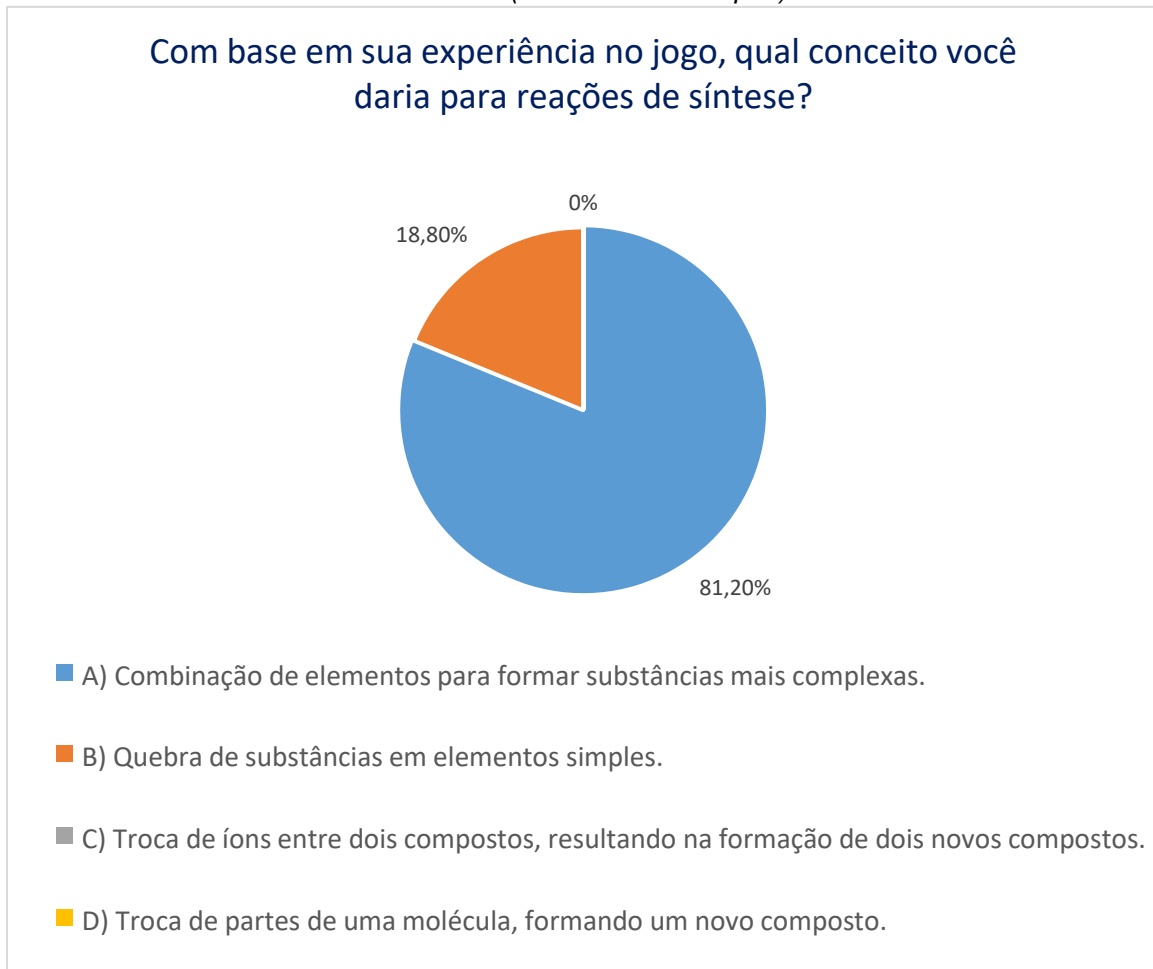
Dada a P3 do pré-teste (Figura 20), cerca de 56,25% dos alunos responderam “Combinação de dois ou mais reagentes para formar um único produto”, e 43,75% dos alunos erraram. No entanto, após a aplicação do JS, a taxa de acerto foi de 68,80% contra 31,20% de erro.

A comparação entre os resultados do pré-teste e do pós-teste indica um avanço notável na compreensão dos conceitos de reações de síntese, graças à implementação do JS. Na Pergunta 3 do pré-teste (Figura 20) pouco mais da metade dos alunos (56,25%)



conseguiu identificar corretamente as reações de síntese, entendendo-as como a união de reagentes para formar um único produto. No entanto, na Figura 27 a utilização do JS resultou em um aumento de acertos para 81,20%, diminuindo a taxa de erro para 18,80%. Isso destaca o potencial do jogo como um recurso didático eficaz no ensino de conceitos químicos.

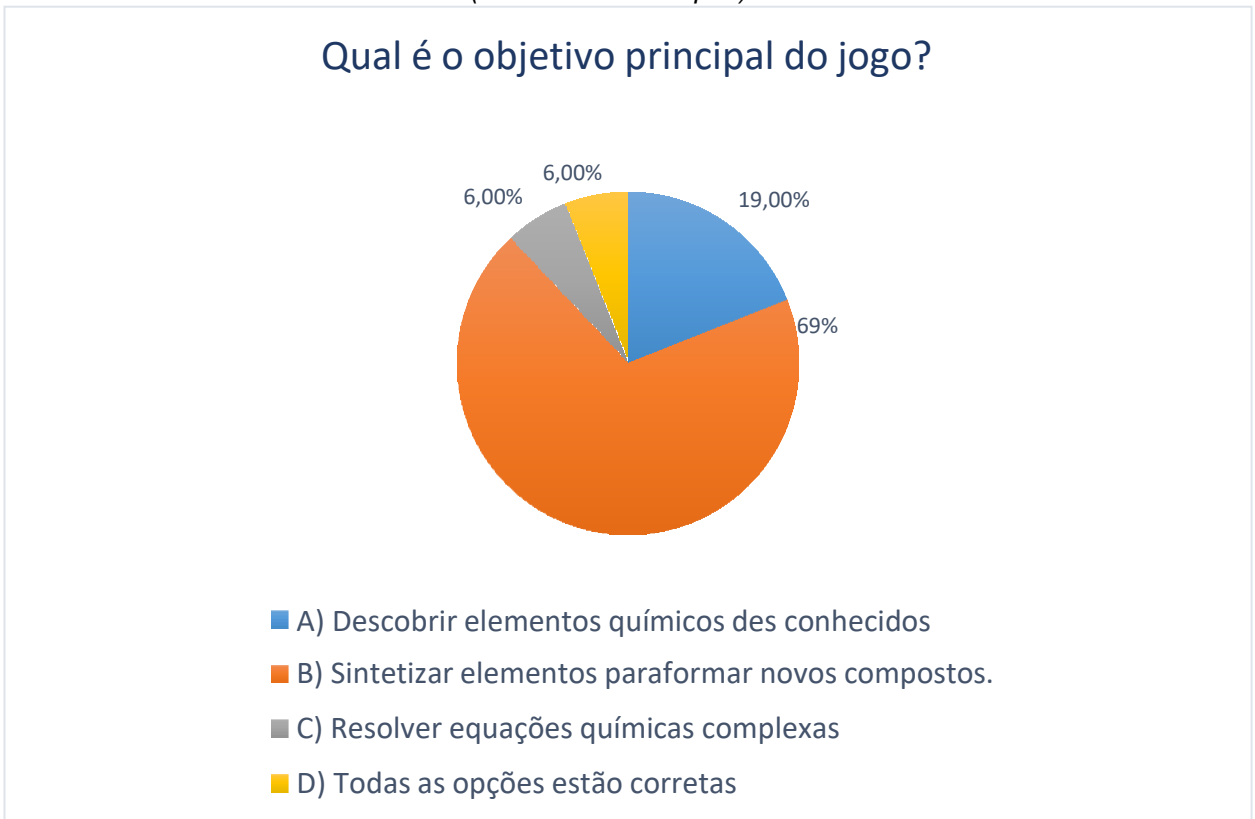
Figura 27: Pós-teste (P7)  
(Fonte: Autoria Própria)



Os dados obtidos na pergunta 2 (Figura 19) do pré-teste (Tabela 2) revelaram que 100% dos alunos nunca utilizaram simuladores ou jogos educativos para aprender sobre reações químicas de forma geral. Esses resultados indicam a existência de lacunas no quanto as metodologias usadas em sala de aula.

No entanto, na P1 do Pós-teste (Figura 28), cerca de 69% dos alunos demonstraram uma clara compreensão do objetivo do jogo ao responderem corretamente à pergunta sobre o propósito principal.

Figura 28: Pós-teste (P1)  
(Fonte: Autoria Própria)



Além disso, apenas 31% dos alunos responderam incorretamente, indicando que houve um aprendizado significativo no assunto durante o período do teste e que os alunos estão se familiarizando cada vez mais com o conteúdo.

### 7.3.1 Metodologia ARCS

Para o pós-teste, empregou-se a metodologia ARCS, que abrange os critérios de Atenção, Relevância, Confiança e Satisfação, conforme descrito por Keller (2010). A atenção foi medida pela capacidade do jogo de engajar os estudantes, mantendo seu interesse ativo no material. A relevância, por outro lado, focou em como os alunos perceberam a utilidade do conteúdo aprendido em conexão com suas aspirações e necessidades educacionais. Quanto à confiança, investigou-se o grau em que o jogo elevou a crença dos alunos em suas próprias habilidades de compreensão e aplicação do conhecimento. Finalmente, a satisfação foi avaliada considerando a gratificação e o valor atribuído pelos estudantes à experiência de aprendizagem, incluindo o entretenimento e o sentido de realização pessoal.

Este modelo multidimensional mensura o impacto do jogo sério. Ele avalia não

apenas o aprendizado, mas também a capacidade de capturar a atenção dos alunos. Também leva em conta a importância percebida do conteúdo, o aumento da confiança nas habilidades de compreensão e a satisfação com a experiência de aprendizado.

Esta metodologia foi usada para avaliar o jogo como recurso didático no ensino de Reações Químicas de Síntese Inorgânica. Avaliou-se não apenas o rendimento acadêmico, mas também elementos motivacionais e emocionais que são fundamentais para o envolvimento dos estudantes.

#### 7.4 Avaliação da Motivação Educacional (AVE)

Para entender o que desperta a motivação dos estudantes do GE enquanto eles navegam por um experimento com o uso do JS como uma ferramenta de aprendizado, foi utilizado a versão adaptada do Questionário de Motivação para Materiais Instrucionais (*Instructional Materials Motivational Survey - IMMS*), que foi originalmente proposto por Keller (2010) dentro do inspirador modelo ARCS de motivação.

A versão adaptada do IMMS consistiu em uma série de 10 assertivas alinhadas às categorias do modelo ARCS, a fim de apreciar a relevância do JS no processo educativo, foram elaborados 8 itens específicos para o JS, complementados por 2 assertivas adaptadas do conjunto original de 36 itens da IMMS, todos calibrados para os propósitos desta investigação. Na Tabela 4 é apresentada a adaptação do IMMS para este estudo, englobando tanto os indicadores quanto as assertivas selecionadas, com o intuito de aferir a motivação educacional dos participantes do GE.

Tabela 4: Adaptação da Instructional Materials Motivational Survey (IMMS)  
(Fonte: Autoria Própria)

Indicadores	Assertivas
<b>Atenção</b>	Q3 Houve algo interessante do jogo que chamou minha atenção.
	Q5 A variação (de forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo.
	Q6 O jogo promove momentos competição entre as pessoas que participam.
	Q8 O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono, oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades.
	Q2 O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender
	Q4 Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas

<b>Relevância</b>		que aprendi com o jogo.
<b>Confiança</b>	Q1	Foi fácil entender o jogo e utilizá-lo como material de estudo.
	Q7	Este jogo é adequadamente desafiador para mim, as tarefas não são muito fáceis nem muito difíceis.
	Q10	Consegui atingir os objetivos do jogo por meio das minhas habilidades
<b>Satisfação</b>	Q4	Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o jogo.
	Q9	Gostaria de utilizar este jogo novamente.

Os dados coletados nesta pesquisa proporcionaram um panorama detalhado da motivação do GE na conclusão do experimento realizado. A aplicação do JS mostrou-se uma prática promissora na promoção da motivação dos alunos, contanto que haja uma implementação criteriosa e uma adaptação didática orientada pelas necessidades dos discentes.

A AVE desempenha um papel indispensável no discernimento do engajamento dos estudantes com o recurso didático, potencializando, por consequência, a efetividade do processo educativo. A integridade e a robustez dos instrumentos de aferição são indispensáveis na avaliação educacional.

Empreendemos a mensuração da confiabilidade das respostas obtidas por meio da aplicação de um questionário. Este instrumento foi concebido para avaliar a motivação educacional dos alunos do GE, submetidos ao experimento que incorpora o JS como ferramenta pedagógica. Para isso, utilizou-se ao coeficiente *alpha* de *Cronbach*, um método, concebido por Lee J. Cronbach (1951).

Além das 10 assertivas elaboradas para se alinharem às categorias do modelo ARCS e contribuir para a avaliação da motivação educacional via coeficiente *alpha* de *Cronbach*, na P11 da avaliação do JS (Figura 29), uma das questões propostas aos participantes foi importante por buscar entender a preferência entre o uso de Jogos Sérios (JS) e aulas tradicionais no contexto de aprendizagem em sala de aula.

Figura 29: Avaliação do JS (P11)  
(Fonte: Autoria Própria)



Os dados revelaram uma inclinação substancial dos alunos para o uso de JS, com 75% dos respondentes (12 de 16) favorecendo esta modalidade, em comparação aos 25% (4 de 16) que indicaram preferir o método tradicional de ensino. Embora essa questão particular não se enquadre no cálculo do coeficiente de *Cronbach*, por ser uma medida de preferência e não de consistência interna, as implicações desses resultados são importantes para a pesquisa.

#### 7.4.10 Coeficiente *Alpha* de *Cronbach*

O coeficiente *alpha* de *Cronbach*, como detalhado por DeVellis (2016) varia de 0 a 1, e valores iguais ou superiores a 0,6 são considerados indicadores de confiabilidade interna satisfatória. Esse coeficiente é calculado a partir do somatório da variância dos itens individuais e da variância total dos avaliadores. Utiliza-se a variância para avaliar a consistência interna entre os itens de uma escala ou questionário. Quando os itens apresentam variância semelhante, o valor de *alpha* tende a ser mais alto, sinalizando uma confiabilidade interna mais robusta. Contrariamente, uma variância entre os itens pode resultar em um valor de *alpha* mais baixo, apontando para uma consistência interna menos sólida.

A variância, portanto, é um indicador valioso para identificar e corrigir inconsistências nos itens da escala, o que pode demandar uma revisão ou mesmo a

eliminação de determinados itens. DeVellis (2016) enfatiza que a análise das respostas e o cálculo do coeficiente *alpha* de *Cronbach* são instrumentos essenciais para inferir sobre a qualidade da escala de medida aplicada. Esses processos asseguram que os dados coletados sejam precisos e confiáveis, estabelecendo um alicerce sólido para as conclusões e recomendações do estudo. A confiabilidade interna, por sua natureza, é imperativa para a validação dos resultados obtidos. Sem ela, os resultados podem carecer de precisão e não refletir com exatidão a realidade estudada.

Assim sendo, a verificação da confiabilidade interna assume papel preponderante na sustentação da qualidade e da validade dos achados do presente estudo. A aplicação do coeficiente *alpha* de *Cronbach*, alinhada à análise dos perfis de resposta, desempenha um papel fundamental na garantia dos resultados alcançados, reforçando a credibilidade das conclusões e das recomendações propostas. O cálculo do coeficiente *alpha* de *Cronbach* é efetuado conforme fórmula matemática:

$$a = \frac{k}{k - 1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

A metodologia empregada para o cálculo do coeficiente *alpha* de *Cronbach* leva em conta três variáveis fundamentais: a quantidade total de itens na escala ( $K$ ), a variância observada nas pontuações de cada item individualmente ( $S_i^2$ ) e a variância dos escores combinados de todos os itens ( $S_T^2$ ). Para esta análise específica, foram incorporadas 10 assertivas. Conforme a Tabela 5 a fidelidade interna do instrumento, avaliada por meio da fórmula, revelou um *alpha* de *Cronbach* de 0,90, indicando uma confiabilidade interna robusta e sugerindo que as respostas dos participantes possuem uma consistência significativa.

Tabela 5: Cálculo do Coeficiente *Alpha* de Cronbach  
(Fonte: Autoria Própria)

NÚMERO DE ITEM		ESCALA DE LIKERT (1-5)									
SOMATÓRIA DA VARIÂNCIA											
VARIÂNCIA DA SOMA DOS ITENS											
		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
VARIANÇA	2,78333	1,82916667	1,45	1,4625	0,9625	2,22916667	1,8	1,39583333	2,0625	2,22916667	

Contudo, conforme enfatizado por especialistas na área de avaliação educacional, o coeficiente *alpha* serve como uma medida preliminar de consistência interna e, embora seja reconhecido por sua utilidade, não é isento de limitações. Assim, ele deve ser interpretado em contexto com outros indicadores qualitativos e quantitativos para assegurar uma avaliação holística da validade dos dados coletados (George & Mallery, 2003). A categoria de atenção, como apresentada na Figura 30, tem o propósito de mensurar o nível de curiosidade e o engajamento dos estudantes durante o jogo, além de examinar quão bem o jogo consegue manter a concentração dos estudantes ao longo do tempo. Este componente é crucial para a motivação, pois concentra a atividade mental do estudante em um estímulo escolhido, de acordo com Keller (1983). Assim, entender a atenção é vital para discernir se o jogo é capaz de capturar e sustentar o interesse dos alunos, mantendo-os motivados e participativos. Os estudantes expressaram suas impressões sobre o jogo por meio de uma escala que varia desde DT (Discordo totalmente) até CT (Concordo totalmente), permitindo uma avaliação detalhada do seu envolvimento.

A validade da avaliação dos níveis de motivação dos alunos pode ser deduzida por meio da análise dos dados adquiridos pela AVE. É essencial salientar que a análise dos dados deve estar em consonância com o formato da escala de resposta dos itens, que neste caso específico, variou de 1 a 5. Portanto, nos quatro indicadores analisados, um incremento nas percentagens de respostas 4 (Concordo Parcialmente) e 5 (Concordo Fortemente) é sugestivo de um nível de motivação elevado como mostra a Tabela 6.

Tabela 6: Consistência interna do questionário segundo o valor de *alfa*  
(Fonte: Renato Leite (2023))

<b>Valor do Alfa de Cronbach</b>	<b>Consistência interna</b>
$0,9 > \alpha$	Excelente
$0,8 \leq \alpha < 0,9$	Bom
$0,7 \leq \alpha < 0,8$	Aceitável
$0,6 \leq \alpha < 0,7$	Questionável
$0,5 \leq \alpha < 0,6$	Pobre
$\alpha < 0,5$	Inaceitável

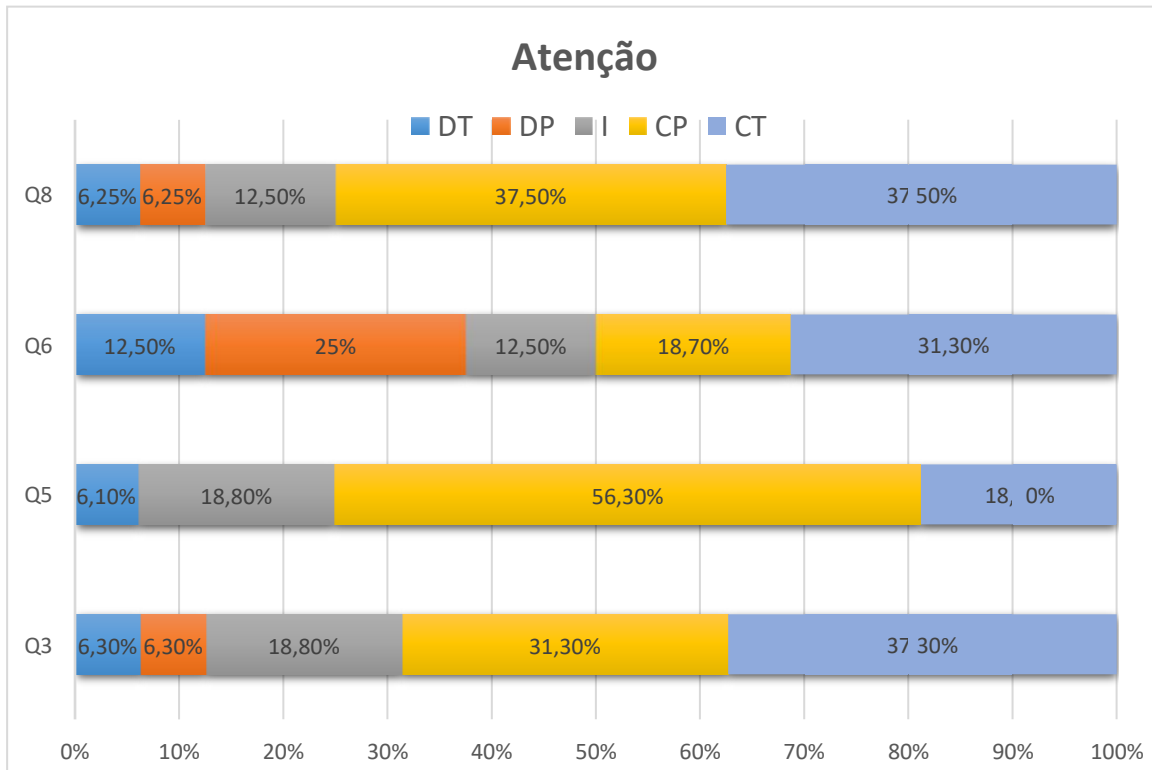


### 7.4.2 Grau de Interesse e Atenção

A dimensão de atenção, detalhada na Figura 30, é projetada para avaliar como o JS desperta e mantém o interesse e a participação ativa dos estudantes. A análise foca na habilidade do jogo de preservar a atenção dos alunos durante o processo de aprendizagem, um aspecto para a motivação, que direciona e retém a atividade cognitiva em estímulos educativos estratégicos, seguindo a linha teórica de Keller (1983). A apreciação da atenção é essencial para determinar se o JS tem a capacidade de não apenas atrair, mas também de reter a curiosidade e o envolvimento dos estudantes, incentivando uma atitude de aprendizado ativo e comprometido.

Para expressar a eficácia do JS em manter sua atenção, os estudantes utilizaram uma escala de *Likert*, que vai do 1 (um) ao 5 (cinco) com as opções, Discordo Parcialmente (DP), Indiferente (I), Concordo Parcialmente (CP), e Concordo Totalmente (CT). Este método de resposta possibilitou aos alunos quantificar sua experiência subjetiva, fornecendo uma análise quantitativa sobre o poder do jogo de engajar cognitivamente, o que é importante para avaliar o sucesso do recurso didático em criar uma experiência de aprendizado estimulante e eficaz.

Figura 30: Avaliação da Atenção  
(Fonte: Autoria Própria)



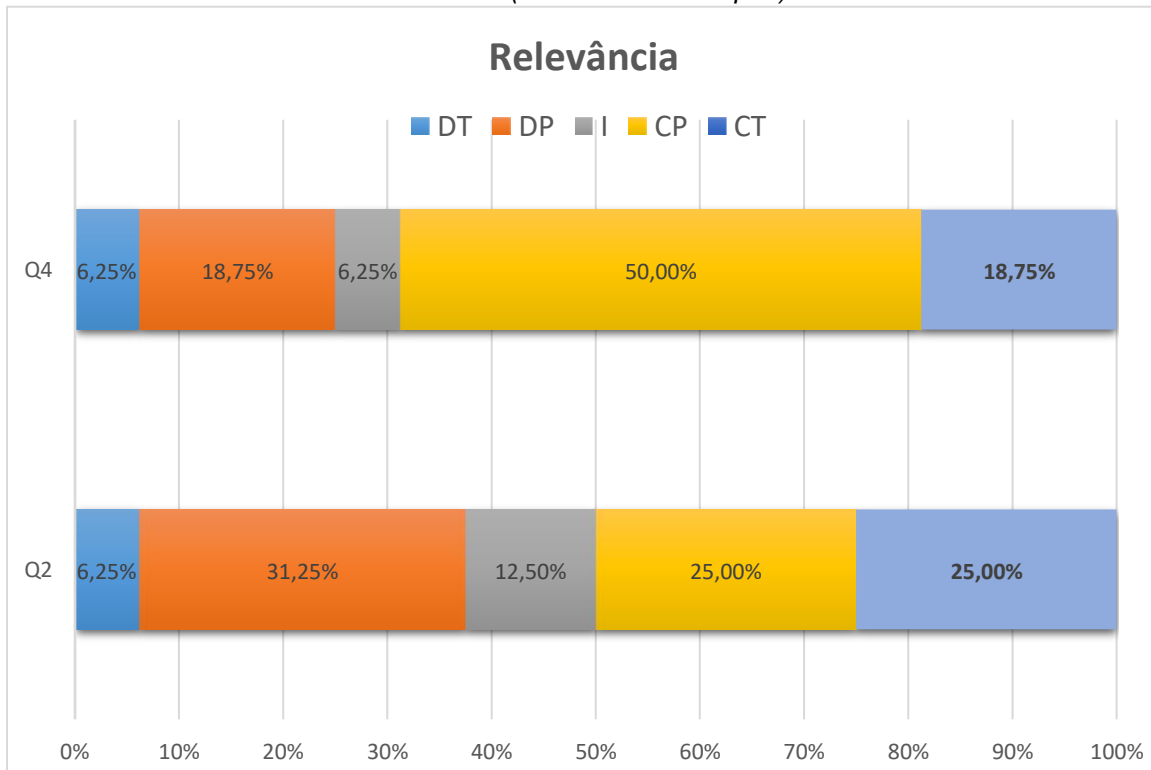
A análise dos dados da categoria Atenção, conforme o modelo de Keller (2010), aponta que para a questão Q3, 37,30% dos estudantes concordaram totalmente (CT), enquanto na questão Q8, esse percentual é de 37,50%. Essas proporções sugerem que o JS foi eficaz em capturar a atenção dos alunos nesses pontos. Por outro lado, na questão Q5, 56,30% dos estudantes concordaram parcialmente (CP), o que indica um envolvimento moderado com o JS. No que tange à questão Q6, observa-se uma distribuição mais balanceada das respostas, com 31,30% dos alunos expressando concordância parcial (CP) e 25% discordando parcialmente (DP), evidenciando uma variação nas percepções dos alunos em relação ao nível de atenção mantido pelo JS.

Esses dados ilustram que, nas questões Q3 e Q8, o material didático conseguiu alinhar-se bem aos interesses dos alunos, resultando em um alto grau de atenção. Contudo, a dispersão observada nas respostas da Q6 sinaliza uma oportunidade para melhorias específicas que possam potencializar o engajamento. A presença marcante de concordâncias parciais em Q5, sendo a maioria, reflete que, embora o JS tenha sido engajador, ainda há espaço para refinamentos que atendam melhor às necessidades e expectativas dos alunos.

#### **7.4.3 Grau de Relevância Atribuída pelo Aluno**

A dimensão da Relevância atribuída pelo aluno, detalhada na Figura 31 transcende o simples interesse inicial e a curiosidade. Para que o aprendizado seja genuinamente motivador, os estudantes devem ver o conteúdo educativo como alinhado com seus objetivos pessoais e profissionais, entendendo como os conhecimentos adquiridos serão úteis em suas trajetórias futuras. Sem estabelecer esta conexão relevante, o processo de ensino enfrenta um desafio de relevância, um conceito que Keller (2009) enfatiza em seu trabalho. Esta dimensão é reforçada pela interação entre conhecimentos já detidos pelo estudante e as novas informações adquiridas, uma relação que Huang, Huang e Tschopp (2010) identificam como crucial para a construção de um aprendizado significativo.

Figura 31: Avaliação da Relevância atribuída pelos alunos  
(Fonte: Autoria Própria)



Analisando a relevância conforme a Figura 31, na questão Q4, metade dos estudantes, ou seja, 50%, concordaram parcialmente (CP) com a assertiva, e um adicional de 18,75% expressou concordância total (CT), o que sugere que o JS foi recebido como relevante para uma maioria dos alunos. Em contraste, a questão Q2 revela uma percepção mais distribuída de relevância entre os alunos, com 25% concordando parcialmente e 25% concordando totalmente. No entanto, há uma proporção de 31,25%, que discordou parcialmente, indicando que para essa questão, uma parcela dos estudantes não viu o JS relevante para seus objetivos.

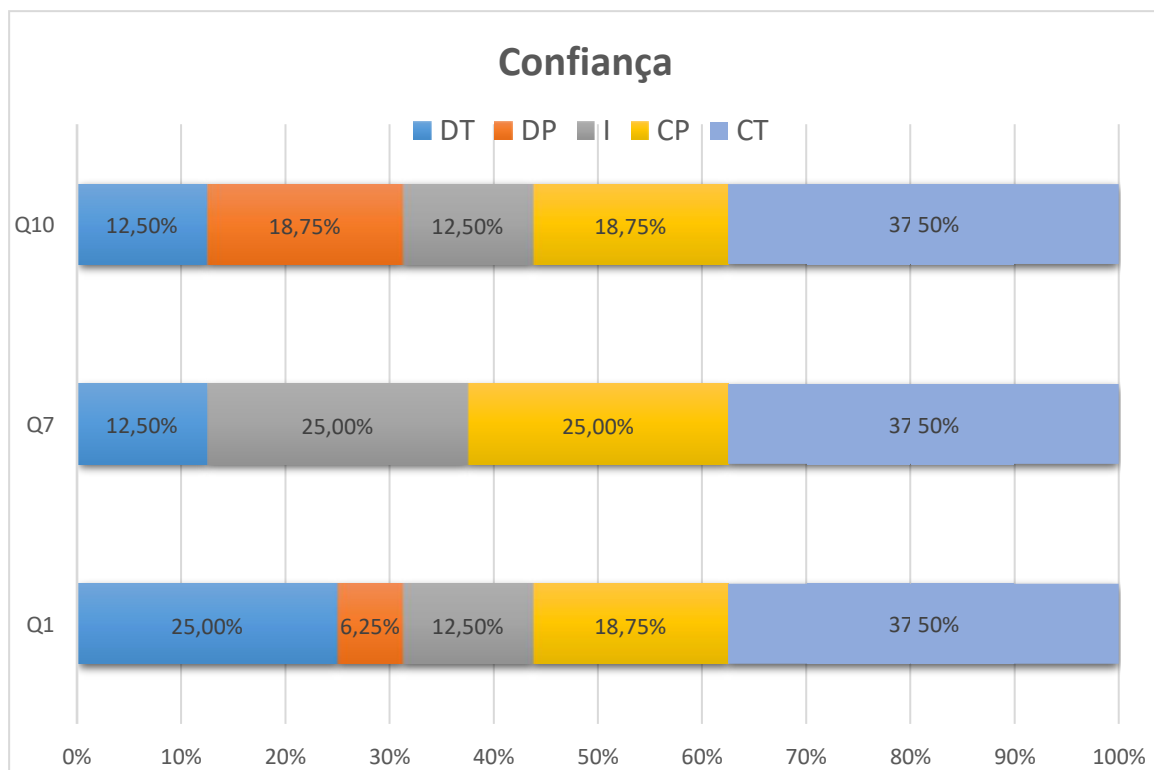
Essa análise reflete a importância de uma educação alinhada com os interesses e as aspirações dos alunos, conforme argumentado por Keller (2010), e aponta para a necessidade de um esforço contínuo para garantir que os conteúdos de aprendizagem sejam vistos como pertinentes pelos alunos, reforçando o que Huang, Huang e Tschopp (2010) identificam como fundamental para a construção de conhecimento significativo.

#### 7.4.4 Grau de Confiança Atribuída pelo Aluno

O grau de Confiança, terceira vertente do modelo ARCS se concentra em fomentar expectativas otimistas nos estudantes, uma estratégia que pode ser efetivada oferecendo experiências que reforcem a percepção de sucesso como um reflexo direto de suas habilidades e dedicação. Esse fator não só potencializa a autoeficácia, mas também é um elemento crucial para incentivar a perseverança no processo educacional. Keller (2009) salienta a importância da confiança como catalisador para o comprometimento contínuo do aluno, enquanto Huang, Huang e Tschopp (2010) sublinham sua influência na tenacidade dos estudantes face aos desafios acadêmicos.

A avaliação da confiança dos participantes, um aspecto crítico para o processo de aprendizagem, conforme a Figura 32, é refletida nas respostas dadas às questões Q1, Q7 e Q10. Em cada uma dessas questões, uma porcentagem expressiva de 37,5% dos participantes manifestou um alto nível de confiança no conteúdo apresentado pelo jogo. Este indicador é consistente em todas as três questões, sugerindo que o JS conseguiu estabelecer uma base sólida de autoeficácia entre os estudantes.

Figura 32: Avaliação da Confiança atribuída pelos alunos  
(Fonte: Autoria Própria)



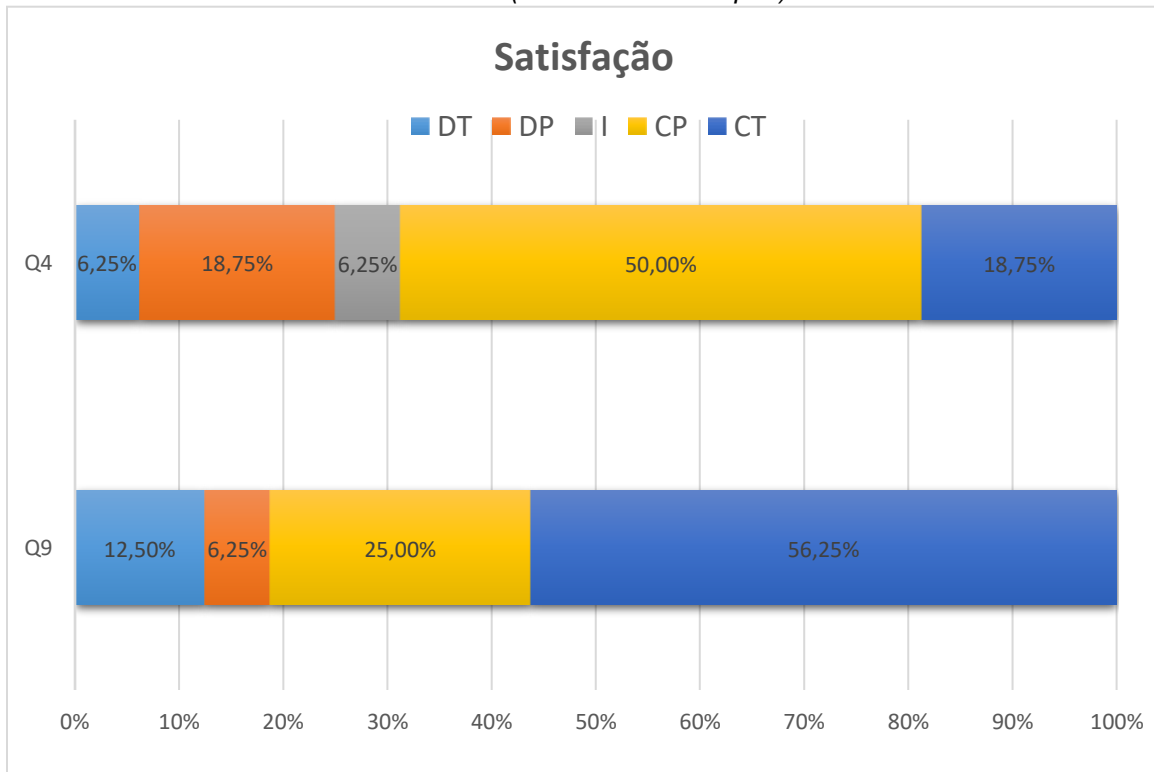
Esse alto percentual (37,5%) na Q1, Q7 e Q10 indicam que o jogo não apenas despertou o interesse dos alunos, mas também fortaleceu a crença em suas capacidades de compreender e aplicar o conteúdo aprendido. Com um terço dos participantes expressando concordância total, o JS mostra-se eficaz em sua função de reforçar a confiança. Entretanto, observa-se também que há espaço para melhorias, visto que uma parcela dos alunos manifestou menor grau de confiança, indicado pelas respostas de Discordo Parcialmente (DP) e Discordo Totalmente (DT). Essa diversidade nas respostas aponta para a necessidade de continuar explorando estratégias que possam aumentar a confiança de todos os alunos no material didático.

#### **7.4.5 Grau de Satisfação Atribuída pelo Aluno**

A Satisfação é uma dimensão fundamental da experiência educacional, um sentimento positivo que frequentemente emerge de recompensas e do reconhecimento do seu esforço e conquistas. É crucial que os alunos não apenas absorvam o conhecimento, mas também vejam sua aplicabilidade e se sintam valorizados pela dedicação aos estudos. Keller (2009) ressalta que os sentimentos de satisfação são potencializados quando os estudantes percebem que há uma aliança entre os seus esforços e os resultados obtidos. Além disso, é importante que haja uma correspondência clara e lógica entre os objetivos estabelecidos, o conteúdo abordado e as avaliações realizadas, uma visão que também é compartilhada por Huang, Huang e Tschopp (2010). A possibilidade de aplicar o que foi aprendido de maneira imediata pode reforçar a sensação de que o tempo investido na educação é proveitoso e significativo.

Observando a Figura 33, nota-se que na questão Q4, uma parcela significativa dos alunos, especificamente 50%, respondeu concordando parcialmente (CP) com a afirmação relacionada à satisfação, e 18,75% concordou totalmente (CT), refletindo sentimentos positivos em relação à experiência com o JS.

Figura 33: Avaliação da Satisfação atribuída pelos alunos  
(Fonte: Autoria Própria)



Da mesma forma, a questão Q9 revela que 56,25% dos estudantes manifestaram um alto grau de satisfação (CT), sugerindo que as recompensas, o reconhecimento e a aplicabilidade do conteúdo atenderam ou superaram as expectativas dos alunos. A concentração de respostas nas categorias de concordância nas duas questões que o JS gerou uma percepção positiva entre os participantes. As descobertas apontam para a necessidade de avaliar continuamente a abordagem pedagógica para garantir que a experiência de aprendizagem permaneça alinhada com os objetivos dos alunos e continue a ser percebida como recompensadora e relevante.

### 7.5 Procedimento Aplicado ao Grupo de Controle (GC) – Etapa 3

No GC, realizou-se uma aula expositiva dialogada, cujo propósito consistia em avaliar a eficácia do JS em contraste com as técnicas convencionais de ensino. Essa abordagem pedagógica visava estabelecer um parâmetro comparativo em termos de eficiência metodológica. As mesmas questões aplicadas ao grupo experimental GE, que utilizou o JS, foram empregues ao GC. Através dessa estratégia, foi viável realizar uma comparação direta, conforme ilustrado na Tabela 7, entre os dois grupos quanto à assimilação do conteúdo relacionado a Reações Químicas de Síntese Inorgânica, proporcionando uma base para avaliar o impacto de cada método de ensino no processo de aprendizagem.

Tabela 7: Comparação dos resultados do pós-teste entre o GE e o GC  
(Fonte: Autoria Própria)

ALUNOS	GE	GC
A1	8	9
A2	8	7
A3	7	7
A4	7	7
A5	7	6
A6	7	5
A7	7	5
A8	6	5
A9	6	5
A10	6	5
A11	6	5
A12	6	4
A13	5	4
A14	5	3
A15	4	3
A16	2	2
A17		2
<b>MÉDIA</b>	<b>6.0625</b>	<b>4.9411764706</b>
<b>VARIÂNCIA</b>	<b>2.18359375</b>	<b>3.3494809689</b>

Esses valores indicam que, em média, o desempenho dos alunos do GE foi superior ao do GC. Além disso, a variância menor no GE sugere que as pontuações desse grupo foram mais consistentes em comparação com as do GC, que apresentou uma maior dispersão nas pontuações.

Na análise da Tabela 8, procedeu-se com um teste-t *de Student*, adotando um nível de significância de  $\alpha = 0,05$  e estabelecendo as hipóteses correspondentes:

**H0 (Hipótese Nula):** Não há diferença significativa no desempenho entre os alunos que foram ensinados pelo método de Jogo Sérioso (GE) e os que receberam aula expositiva tradicional (GC). Ou seja, qualquer diferença de desempenho entre os GE e GC é devido ao acaso.

**H1 (Hipótese Alternativa):** Existe uma diferença significativa no desempenho entre os alunos que foram ensinados pelo método de Jogo Sérioso (GE) e os que receberam aula expositiva tradicional (GC). Isso sugere que o método de ensino tem um impacto no desempenho dos alunos.

Ao aplicar o teste t de *Student* sob a premissa de variâncias iguais, o que é uma suposição baseada nas variâncias observadas de 2,18359375 para o GE e 3,3494809689 para o GC, obtemos os seguintes resultados:

Tabela 8: Teste-t *Student*-Comparação dos resultados do pós-teste entre o GE e o GC (Fonte: autoria própria)

<b>Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes</b>		
	GE	GC
<b>Média</b>	6,0625	4,9411764706
<b>Variância</b>	2,18359375	3,3494809689
<b>Observações</b>	16	17
<b>Hipótese da diferença de média</b>	$\mu_{GE} \neq \mu_{GC}$	-
<b>Graus de liberdade (gl)</b>	30,32	-
<b>Stat t</b>	1,8822	-
<b>P(T&lt;=t) uni-cauda</b>	0,0347	-
<b>t crítico uni-caudal</b>	1,6967	-
<b>P(T&lt;=t) bi-caudal</b>	0,0694	-
<b>t crítico bi-caudal</b>	2,0414	-

A hipótese de diferença de média é baseada na suposição de que as médias do GE e GC não são iguais. O valor de *t-statistic* calculado é 1,8822, e o valor P (T<=t) bi-caudal = 0,0694 é maior que  $\alpha = 0,05$ , portanto, não rejeitamos a hipótese nula.

O teste indica que o JS implementado apresenta uma eficácia comparável à do ensino expositivo tradicional na instrução do tema em questão. No entanto, é relevante enfatizar que a análise comparativa das respostas do pós-teste entre os dois grupos revelou que os estudantes do GE demonstraram uma maior compreensão dos conceitos abordados pelo JS, proporcionando aos usuários uma experiência educacional inovadora e envolvente, de forma clara e fácil, como ocorrem as Reações Químicas de Síntese Inorgânica, fornecendo exemplos práticos e aplicações para ajudar a entender os fenômenos químicos na vida cotidiana.



## 8 CONCLUSÕES

Este estudo aprofundou-se na investigação do potencial dos JS como uma ferramenta inovadora para a educação em química via prospecção da possibilidade de alinhar a potencial eficácia pedagógica destes recursos digitais com os métodos tradicionais de ensino. Mesmo em escolas com infraestrutura modesta e ausência de laboratório, através da implementação de um JS desenvolvido na plataforma Unity, pode proporcionar aos estudantes do 1º ano do Ensino Médio uma experiência educacional rica e envolvente, centrada no estudo das Reações Químicas de Síntese Inorgânica. Esta abordagem pedagógica, caracterizada por sua dinamicidade e interatividade, demonstrou não apenas a capacidade de manter a atenção e o interesse dos alunos, mas também de potencializar seu entendimento e apreciação pela disciplina de química. Os resultados obtidos neste estudo sublinham a importância de reavaliar e inovar nas estratégias didáticas aplicadas no ensino de ciências, indicando que os JS oferecem uma alternativa viável e efetiva ao ensino tradicional, capaz de engajar e motivar os estudantes. Além disso, a análise comparativa dos desempenhos entre os grupos que utilizaram o JS e os que seguiram o método expositivo tradicional revela a compreensão dos conceitos químicos, sugerindo que a integração de tecnologias educacionais interativas pode enriquecer substancialmente o processo de aprendizagem.

Este trabalho buscou contribuir para com o campo emergente do JS, fornecendo evidências práticas da eficácia dos JS no ensino de conteúdos complexos e abstratos como os encontrados na química. A exploração dessas ferramentas interativas pode abrir novos horizontes para o desenvolvimento de métodos pedagógicos que não apenas informam, mas também inspiram, desafiam e envolvem os estudantes em sua jornada educacional. Através da adoção de abordagens inovadoras como o JS, pode ser possível transformar o aprendizado em uma experiência mais atraente, relevante e memorável para os alunos, incentivando uma maior participação e interesse pelo estudo das ciências.

## 9 TRABALHOS FUTUROS

Como proposta de trabalhos futuros, consideramos aprofundar a integração entre programação e educação, concentrando-se no desenvolvimento de Jogos Sérios que não apenas transmitam conhecimento, mas também aprimorem habilidades cognitivas essenciais. O foco estará em personalizar esses jogos para atender às necessidades individuais dos alunos, utilizando análise de dados para fornecer *feedback* específico e melhorar a experiência de aprendizado.

Além disso, pretendemos explorar o uso de realidade aumentada para criar ambientes imersivos que possam enriquecer o ensino de diversas disciplinas, investigando a eficácia desse modalidade de ferramenta didática em termos de aprendizagem e comportamento. Visamos também estabelecer parcerias com profissionais de diversas áreas para promover uma abordagem interdisciplinar na educação digital. Essas colaborações podem proporcionar o desenvolvimento de soluções educativas inovadoras, acessíveis e adaptáveis, criando um ecossistema de aprendizagem que respeite a diversidade e esteja alinhado com as necessidades dinâmicas da sociedade contemporânea.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ABDELKADER, A., Acharya, A., & Dasler, P. (2015). **On the complexity of slide-and-merge games.** *arXiv preprint arXiv:1501.03837*
- AMELIO, C. O., A Indústria e o mercado de Jogos Digitais no Brasil. **XVII SBGames**, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, p. 1497-1506, 2018.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. **Lisboa: Plátano Edições Técnicas**, 2003.
- AUSUBEL, David P.; STAGER, Mary; GAITE, A. J. H. **Retroactive facilitation in meaningful verbal learning.** *Journal of Educational Psychology*, v. 59, n. 4, p. 250, 1968.
- BARANAUSKAS, M. C. C. **Jogos e aprendizagem: o jogo como atividade pedagógica.** São Paulo: E-Papers, 2009.
- BURKE, J. **Unity 3D and PlayMaker Essentials: Game Development from Concept to Publishing.** Birmingham: Packt Publishing, 2016.
- CAILLOIS, R. (1990). **Man, play, and games.** University of Illinois Press.
- CHANG, L. (2019). **Game Development Essentials: Game Interface Design.** Cengage Learning.
- CRONBACH, Lee J. Coeficiente alfa e estrutura interna dos testes. *psicometria*, v. 16, n. 3, pág. 297-334, 1951.
- CHEIRAM, M. C., Ghisleni, T. S., Carlesso, J. P. P. (2021). A utilização de tecnologias em ambientes universitários: Kahoot, uma solução gamificada. In: **UPGRADE: Jogos, Entretenimento e Cultura.** São Paulo: Pimenta Cultural, pp. 133-146.
- DEVELLIS, R. F. (2016). **Scale development: Theory and applications.** Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- DEWEY, J. (1916). **Democracy and education: An introduction to the philosophy of education.** New York: MacMillan.
- DAFT, Richard L. **Organizações: teoria e projetos.** Pioneira Thomson Learning, 2002.
- DE SOUSA LIMA, T. M., de Sá Menezes, R. D. F., Barradas Filho, A. O., Barros, A. K. D., Viana, D., Cabrejos, L. J. E. R., & Junior, J. B. B. (2020). Desenvolvimento e Aplicação de Jogos Sérios para o Ensino de Cinética Química. *Research, Society and Development*, 9(7), e197973760-e197973760.

- FAVA, R. **Game-based Learning na Educação Superior**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, 2014.
- FREIRE, D. S., & Carvalho, A. A. (2019). **Classcraft: a aprendizagem que se transforma num desafio permanente**. *Revista Intersaberes*, 14(31), 58-74.
- GARDNER, H. E. (2000). ***Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century***. Hachette Uk.
- GEORGE, D., & MALLERY, P. (2003). **SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference 11.0 update**. 4th ed. Boston: Allyn & Bacon
- GUIMARÃES, S. E. R.; BORUCHOVITCH, E. O Estilo Motivacional do Professor e a Motivação Intrínseca dos Estudantes: uma perspectiva da teoria da autodeterminação. **Psicologia: reflexão e crítica**, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p.143-150, 2004.
- HATTIE, John. **Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning**. New York: Routledge, 2012.
- HUIZINGA, J. (2012). **Homo ludens: O jogo como elemento da cultura**. Perspectiva.
- HUANG, W. et al. **A Preliminary Validation of Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction Model-Based Instructional Material Motivational Survey in a Computer-Based Tutorial Setting**. *British Journal of Educational Technology*, v. 37, n. 2, p. 243-259, março, 2006.
- HUANG, W.; HUANG, W.; TSCHOPP, J. **Sustaining iterative game playing processes in DGBL: The relationship between motivational processing and outcome processing**. *Comput. Educ.*, v. 55, n. 2, p. 789-797, 2010.
- JOHNSON, A., CLARK, B., & THOMPSON, L. (2021). The role of serious games in chemistry education. **Journal of Chemical Education**, 98(1), 45-52.
- KELLER, J.M. (1983). **Motivational design of instruction**. In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status* (pp. 383- 431). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Keller, J.M. (2009). TheARCS model of motivational design. **Journal of Educational Technology Development and Exchange**, 2(1), 1-23.
- LAZAROWITZ, R., & Tamir, P. (1994). **Research on using laboratory instruction in science**. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 94-130). New York: Macmillan.
- LIMA, Edwin. **C# e .Net para desenvolvedores** / Edwin Lima, Eugênio Reis. – Rio de Janeiro: Campus, 2002

LEITE, RENATO. **Likert aplicado à experiência do usuário (Parte 2)**. Medium, 2023. Disponível em: <https://medium.com/@renato.cleite/likert-aplicado-%C3%A0-experi%C3%A0ncia-do-usu%C3%A1rio-parte-2-8fb3ccd48317>. Acesso em: 30 mar. 2024.

MACHADO, A. F.; CARVALHO, T. B. ; PAGLIOTO, B. F. Creative Industries in Brazil: Analysis of Specifics Cases for a Country in Development. **Theoretical Economics Letters**, v. 08, p. 1348-1367, 2018

MARTIN, A. J., MANSOUR, M., & ANDERSON, M. Engaging students in learning activities: It is not autonomy support or structure but autonomy support and structure. **The Journal of Educational Research**, vol. 110, no. 6, pp. 608-620, 2017.

MONTE. **Desenvolvimento de Jogo Sério como método coadjuvante na prevenção de Doenças Diarréicas Agudas (DDA) na cidade de Pinheiro- Ma**. 2023. 101 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação/LCN-Biologia) - Universidade Federal do Maranhão, Campus de Pinheiro, Pinheiro, 2023.

MORTIMER, E. F. **A Química no Ensino Médio: Reflexões e Práticas**. São Paulo: Editora Unesp, 2014.

PIAGET, J. (1976). **O Nascimento da Inteligência na Criança**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

PONTES, L. S., CHAGAS, R. G., & VASCONCELLOS, J. E. G. (2008). **O ensino de química nas escolas públicas de São Luís: uma análise preliminar**. *Química Nova na Escola*, 28(3), 1-9.

PRENSKY, Marc R. **Teaching digital natives: Partnering for real learning**. Corwin press, 2010.

PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. Tradução de Eric Yamagute. Título original: Digital Game-Based Learning. São Paulo: Senac São Paulo, 2012.

ROESKE, K. L., Bergman, D. J., & Daubenmire, P. L. (2008). Understanding high school students' perceptions of difficulty in learning chemistry. **Journal of Research in Science Teaching**, 45(4), 420-448.

SILVEIRA J., G. da, & Medina, R. D. (2021). Jogos Sérios Ubíquos. In: **UPGRADE: Jogos, Entretenimento e Cultura**. São Paulo: Pimenta Cultural, pp. 57-78

SCHMIDT, A. (2019). **Serious Games na educação: estratégias para o sucesso no processo de aprendizagem**. Editora Educação Avançada

SMITH, J., DAVIS, R., & ANDERSON, K. (2022). Enhancing learning through Unity: A review of educational game development using the Unity platform. **International Journal**

of **Game-Based Learning**, 12(3), 78-92.

SMITH, M. (2018). **Developing Games for Nintendo Switch**. Apress.

SOARES, H. O. (2018). **Desenvolvimento, aplicação e avaliação de um serious game como ferramenta auxiliar ao ensino da química** (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico de Setúbal. Escola superior de Tecnologia de Setúbal).

STUDENT. **The probable error of a mean**. *Biometrika*, London, v. 6, n. 1, p. 1-25, 1908.

SWEETSER, P., Johnson, D., Wyeth, P., Anwar, A., Meng, Y., & Ozdowska, A. (2017). GameFlow in Different Game Genres and Platforms. **Computers in Entertainment**, 15(3), 1–24. doi: 10.1145/3034780

THOMAZ, M.F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física.**, v.17, n.3: p. 360-369, dez. 2000.

UNITY TECHNOLOGIES. **Unity User Manual**. Disponível em: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>. Acesso em: 08 jul. 2023.

WHITTON, N. (2017). **Learning with digital games: A practical guide to engaging students in higher education**. Routledge.

## 11 APÊNDICE A – INSTRUMENTOS AVALIATIVOS

Tabela 2: Pré- teste  
(Fonte: Autoria Própria)

ITENS	PERGUNTAS
P1	Você tem conhecimento sobre as reações químicas de síntese?
P2	Você conhece algum exemplo de reação de síntese que ocorre na natureza ou em processos industriais?
P3	O que é uma reação química de síntese?
P4	Qual operação abaixo representa uma reação de síntese?
P5	Você já realizou algum experimento em laboratório que envolvesse uma reação de síntese? Se sim, descreva.
P6	Como você acha que o conhecimento sobre reações de síntese pode ser aplicado no seu dia a dia ou em áreas profissionais?
P7	Como você classificaria seu interesse em experimentos práticos de laboratório envolvendo reações químicas de síntese?
P8	Você já utilizou simuladores ou jogos educativos para aprender sobre reações químicas de síntese?

Tabela 2: Pós- teste  
(Fonte: Autoria Própria)

ITENS	PERGUNTAS
P1	Qual é o objetivo principal da aula?
P2	Como a água é formada?
P3	Qual a substância resultante da reação entre Cloro (Cl) e Sódio (Na)?
P4	Qual das seguintes equações representa corretamente uma reação de síntese?
P5	Qual material corrosivo é comumente usado para derreter ou dissolver metais?
P6	Qual é o papel do ácido clorídrico no estômago humano?
P7	O ácido clorídrico é considerado uma substância neutra e segura para manuseio sem precauções especiais.
P8	Qual conceito de para Reações Químicas de Síntese?
P9	O cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) é formado pela combinação de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e ácido clorídrico (HCl)?
P10	Qual das seguintes opções não representa uma reação de síntese?

Tabela 9: Avaliação do Jogo GE  
(Fonte: Autoria Própria)

ITENS	PERGUNTAS
P1	Foi fácil entender o jogo e utilizá-lo como material de estudo.
P2	O funcionamento deste jogo está adequado ao meu jeito de aprender.
P3	Houve algo interessante do jogo que chamou minha atenção.
P4	Estou satisfeito porque sei que terei oportunidades de utilizar na prática coisas que aprendi com o jogo.
P5	A variação (de forma, conteúdo ou de atividades) ajudou a me manter atento ao jogo.
P6	O jogo promove momentos competição entre as pessoas que participam.
P7	Este jogo é adequadamente desafiador para mim, as tarefas não são muito fáceis nem muito difíceis.
P8	O jogo evolui num ritmo adequado e não fica monótono, oferece novos obstáculos, situações ou variações de atividades.
P9	Gostaria de utilizar este jogo novamente
P10	Consegui atingir os objetivos do jogo por meio das minhas habilidades.
P11	Prefere os Jogos Sérios ou aulas tradicionais para o estudo em sala de aula?



## 12 APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



**UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO  
MARANHÃO**

AGÊNCIA DE INOVAÇÃO, EMPREENDEDORISMO, PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INTERNACIONALIZAÇÃO – AGEUFMA

Direção do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Naturais, Saúde e Tecnologia - CCHNST

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Comitê de Ética em Pesquisa

Informações ao Participante ou responsável legal

- (a) O (a) adolescente sob sua responsabilidade, está sendo convidado (a) por nós: Eraclito de Souza Argolo (Professor Orientador) e Bruno Eduardo Silva Froz (Aluno de Graduação) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), a participar da pesquisa intitulada “DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SERIOUS GAMES EM UNITY COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS DE SÍNTESE NO ENSINO MÉDIO;
- (b) O principal objetivo do estudo é avaliar a eficácia da implementação de um Jogo Sérioso (JS) direcionado ao ensino de reações químicas de síntese. A pesquisa visa compreender como a utilização deste JS pode contribuir para a promoção da aprendizagem neste campo específico, investigando suas potenciais contribuições como ferramenta de ensino.
- (c) Antes de aceitar participar da pesquisa, leia atentamente as explicações abaixo que informam sobre o procedimento;
- (d) Caso o (a) Sr. (a) autorize a participação do (a) adolescente nesta pesquisa, será aplicado um questionário com base em seus conhecimentos prévios, com perguntas de múltipla escolha e discursivas. E em seguida, será aplicado um Jogo Sérioso, a fim de obtermos dados necessários para esta pesquisa. O experimento será aplicado em conjunto com os demais alunos participantes em sala de aula;
- (e) Portanto, é necessário que o (a) adolescente compareça ao Centro de Ensino Professor Rubem Almeida para aplicação deste experimento que levará aproximadamente 45 minutos;
- (f) O (a) participante poderá recusar participar da pesquisa e poderá abandonar o procedimento em qualquer momento, sem nenhuma penalização ou prejuízo. Durante a realização do questionário, o aluno poderá recusar responder qualquer pergunta que possa porventura lhe causar algum constrangimento. Sempre que quiser poderá pedir mais esclarecimentos sobre a pesquisa através do e-mail disponibilizado pelo pesquisador (a) e orientador (a) responsável;
- (g) Caso se recuse em participar da pesquisa, responda abaixo a não autorização do seu consentimento e entregue essa resposta, dessa forma, o questionário será encerrado; caso deseje participar da pesquisa, responda abaixo o consentimento e finalize o questionário;
- (h) A sua participação como voluntário, não auferirá nenhum privilégio, seja ele de caráter financeiro ou de qualquer natureza, podendo se retirar do projeto em qualquer momento sem prejuízo ao (a) Sr. (a);
- (i) A sua participação não irá envolver nenhum risco ao (a) Sr. (a);



# UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

AGÊNCIA DE INOVAÇÃO, EMPREENDEDORISMO, PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INTERNACIONALIZAÇÃO – AGEUFMA  
Direção do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Naturais, Saúde e Tecnologia - CCHNST

- (j) Serão garantidos o sigilo e privacidade, o participante não terá a sua identificação ou dados pessoais divulgados, além de não haver a necessidade de gravação de voz ou vídeo;
- (k) Na apresentação dos resultados não serão citados os nomes dos participantes;
- (l) S o (a) Sr. (a) tiver dúvidas sobre quaisquer procedimentos ou precisar de mais esclarecimentos por gentileza entre em contato com Bruno Eduardo Silva Froz (Pesquisador responsável), e-mail: [froz.bruno@discente.ufma.br](mailto:froz.bruno@discente.ufma.br) e Eráclito Souza de Argolo (Professor Orientador), e-mail: [eraclito.argolo@ufma.br](mailto:eraclito.argolo@ufma.br).

Eu, \_\_\_\_\_ li esse TCLE e compreendi a natureza e objetivo do estudo para qual autorizo a participação do adolescente sob a minha responsabilidade. Eu entendi que somos livres para interromper a participação a qualquer momento sem justificar nossa decisão e sem qualquer prejuízo para mim e para o menor envolvido na pesquisa.

- Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo
- Eu não concordo em participar deste estudo

Pinheiro-MA, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2024.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) responsável pelo consentimento

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) Pesquisador (a) Responsável pelo TCLE

Orientador (a)

**13 APÊNDICE C – DECLARAÇÃO DE LIBERAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DE DADOS**

**ESTADO DO MARANHÃO**  
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO  
**UNIDADE REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE PINHEIRO**  
CENTRO DE ENSINO PROF. RUBEM ALMEIDA  
**RESOLUÇÃO 180/09 CEE/MA.**  
CÓDIGO DO INEP: 21046638

**Declaração de Liberação do Local de Coleta de Dados**

Pinheiro, \_\_\_\_ de abril de 2024

Mediante a solicitação encaminhada pelo líder do **Grupo de Pesquisa Laboratório de Informática na Educação (LIInED/UFMA/CAPES)**, sob a responsabilidade do **Prof. Dr. Eráclito de Souza Argolo**, docente na Universidade Federal do Maranhão, autorizamos o Sr. **Bruno Eduardo Silva Froz** a aplicar os experimentos descritos no projeto intitulado “*DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM SERIOUS GAMES EM UNITY COMO ESTRATEGIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE REAÇÕES QUÍMICAS DE SÍNTESE NO ENSINO MÉDIO*” na escola **C.E. Prof. Rubem Almeida** nas turmas 100 e 101 no município de Pinheiro/MA, no período de 19/03/2024 a 20/03/2024.

  
C. E. Prof. Rubem Almeida  
Valdemir Soares  
Gestor Geral  
Mat: 1159540