

**DA AUTORIA AO *PROMPT*: PRODUÇÃO DE LAMBE-LAMBES E MEDIAÇÃO DA
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE
QUÍMICA**

Woodly Gelin

Foz do Iguaçu
2026

**DA AUTORIA AO *PROMPT*: PRODUÇÃO DE LAMBE-LAMBES E MEDIAÇÃO DA
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA**

Woodly Gelin

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza (ILACVN) da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr^a. Maria das Graças Cleophas Porto

Foz do Iguaçu
2026

DA AUTORIA AO *PROMPT*: PRODUÇÃO DE LAMBE-LAMBES E MEDIAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Latino-
Americano de Ciências da Vida e da
Natureza (ILACVN) da Universidade
Federal da Integração Latino-
Americana, como requisito parcial à
obtenção do título de Licenciada em
Química.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARIA DAS GRACAS CLEOPHAS PORTO**
Data: 13/07/2026 13:16:40-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Orientadora: Prof. Dr^a. Maria das Graças Cleophas Porto
UNILA

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANE LIECHESKI**
Data: 14/07/2026 23:45:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Ma. Adriane Liecheski
(SEED-PR)

Documento assinado digitalmente
 **KEVIN LOPES PEREIRA**
Data: 15/07/2026 10:11:44-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Kevin Lopes Pereira
UNILA

Foz do Iguaçu, 10 de julho de 2026.

Dedico este trabalho a minha mãe Oldine
Joseph.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a DEUS, ele que me deu vida, força e inteligência que me permitiu concluir essa fase da minha vida.

Agradecimento especial para a minha mãe, Oldine Joseph, ela quem mais se dedicou para a minha vida, quem me apoia toda hora e ela é também a pessoa por traz desse sucesso desde o início.

Agradeço à minha professora orientadora Prof. Dr^a. Maria das Graças Cleophas Porto não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pelo amor e carinho que ela demonstrou ao longo da minha graduação.

Aos professores da banca, Adriane e Kevin, pelas sugestões e pela atenção valiosa no meu trabalho e na minha formação.

Aos colegas de curso, Gabriela A. Chacon, Nathalia Maria Rodrigues e Fhabendy M. G. Francisque; os sobreviventes ativos da turma 2021.1, quem apesar das diferenças foram sempre boas amigas.

A meu pai Joseph Milot Gelin, por ser um exemplo de pessoa para mim.

A meus irmãos e irmãs, quem sempre estão presentes para mim.

Aos meus amigos Micolove Dorvil e Madoché Jean-Jacques quem me acolheram quando cheguei na cidade de Foz do Iguaçu.

Agradeço à Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) pela infraestrutura disponibilizada e pelo auxílio estudantil concedido, subsídios que garantiram as condições materiais necessárias para a minha permanência qualificada na instituição.

Agradeço ao PIBID-UNILA e seus membros, onde teve muitas oportunidades de atuar no processo de ensino e aprendizagem.

Agradeço a todos que fazem parte da minha vida, que apesar de não aparecer o nome, não reduz a minha gratidão nem suas contribuições porque é graças a vocês que consigo ser quem eu sou hoje, **MUITO OBRIGADO!**

*Nada na vida deve ser temido, somente compreendido.
Agora é hora de compreender mais, para temer menos.*
Marie Curie

RESUMO

Este estudo investiga a integração da Inteligência Artificial Generativa (IA) na formação inicial de professores de Química, abordando os desafios da transposição didática e do letramento tecnológico. O objetivo da pesquisa é analisar como os licenciandos expressam conceitos da História da Química na produção de lambe-lambes didáticos em três níveis de mediação: autoria humana sem IA, com IA a partir de *prompt* livre e com IA mediada por *prompt* estruturado, além de examinar as percepções dos estudantes sobre essa interação sob a ótica da aprendizagem, do pensamento crítico e da abordagem STEAM. A metodologia caracteriza-se como uma pesquisa aplicada de natureza mista (quali-quantitativa) e do tipo intervenção pedagógica, desenvolvida com 25 licenciandos da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). A coleta de dados baseou-se nas tríades de lambe-lambes produzidos e nas respostas a um questionário final estruturado com escala Likert e questões abertas. A análise dos dados ocorreu em duas dimensões complementares: uma avaliação visual intracaso e intercasos das produções baseada em oito critérios de qualidade multimodal, e uma Análise Temática Reflexiva combinada à estatística descritiva para interpretar as percepções dos alunos. Os resultados visuais evidenciam que a mediação por IA, em especial sob o direcionamento de *prompts* estruturados, potencializa expressivamente a organização visual, a comunicação científica e a integração de Questões Socioquímicas (SSI) e do contexto histórico. Por sua vez, a análise das percepções aponta uma tensão latente entre a criatividade pessoal e a eficiência técnica algorítmica, reforçando o consenso geral de que as informações geradas pela máquina exigem verificação crítica e validação epistemológica constantes. Conclui-se que a IA atua como um potente amplificador da intencionalidade pedagógica, democratizando o design multimídia, contudo, o desenvolvimento do senso crítico, a adequação de linguagem e a curadoria conceitual permanecem domínios exclusivos e insubstituíveis da práxis do futuro professor de Química.

Palavras-chave: ensino de química; inteligência artificial; lambe-lambe; formação de professores; abordagem STEAM.

RESUMEN

Este estudio investiga la integración de la Inteligencia Artificial Generativa (IA) en la formación inicial de docentes de Química, abordando los desafíos de la transposición didáctica y la alfabetización tecnológica. La investigación busca analizar cómo los estudiantes de pregrado expresan conceptos de la Historia de la Química en la producción de carteles didácticos en tres niveles de mediación: autoría humana sin IA, con IA basada en indicaciones libres y con IA mediada por indicaciones estructuradas, además de examinar las percepciones de los estudiantes sobre esta interacción desde la perspectiva del aprendizaje, el pensamiento crítico y el enfoque STEAM. La metodología se caracteriza como una investigación aplicada de naturaleza mixta (cualitativa-cuantitativa) y de tipo intervención pedagógica, desarrollada con 25 estudiantes de pregrado de la Universidad Federal de Integración Latinoamericana (UNILA). La recolección de datos se basó en las tríadas de carteles producidos y en las respuestas a un cuestionario final estructurado con escala Likert y preguntas abiertas. El análisis de datos se realizó en dos dimensiones complementarias: una evaluación visual intra e intercasos de las producciones basada en ocho criterios de calidad multimodales, y un Análisis Temático Reflexivo combinado con estadística descriptiva para interpretar las percepciones de los estudiantes. Los resultados visuales muestran que la mediación de la IA, especialmente bajo la guía de indicaciones estructuradas, mejora significativamente la organización visual, la comunicación científica y la integración de los Aspectos Socioquímicos (ASC) y el contexto histórico. A su vez, el análisis de las percepciones apunta a una tensión latente entre la creatividad personal y la eficiencia técnica algorítmica, reforzando el consenso general de que la información generada por máquinas requiere una verificación crítica constante y una validación epistemológica. Se concluye que la IA actúa como un potente amplificador de la intencionalidad pedagógica, democratizando el diseño multimedia; sin embargo, el desarrollo del pensamiento crítico, la adecuación del lenguaje y la curación conceptual siguen siendo dominios exclusivos e insustituibles de la práctica del futuro profesor de Química.

Palabras claves: enseñanza de la química; inteligencia artificial; arte urbano; formación docente; enfoque STEAM.

ABSTRACT

This study investigates the integration of Generative Artificial Intelligence (AI) into the initial training of chemistry teachers, addressing challenges related to didactic transposition and technological literacy. The research aims to analyze how pre-service teachers express concepts from the History of Chemistry when creating educational *lambe-lambes* (wheatpaste posters) across three levels of mediation: human authorship without AI, AI with open prompts, and AI mediated by structured prompts. It also examines student perceptions of this interaction through the lenses of learning, critical thinking, and the STEAM approach. The methodology is characterized as applied research of a mixed-methods nature (qualitative-quantitative) involving a pedagogical intervention conducted with 25 pre-service teachers from the Federal University for Latin American Integration (UNILA). Data collection relied on the triads of produced posters and responses to a final structured questionnaire featuring Likert scales and open-ended questions. Data analysis proceeded along two complementary dimensions: a visual intra-case and inter-case assessment of the productions based on eight multimodal quality criteria, and a Reflexive Thematic Analysis combined with descriptive statistics to interpret student perceptions. Visual results demonstrate that AI mediation—particularly when guided by structured prompts—significantly enhances visual organization, scientific communication, and the integration of Sociochemical Issues (SSI) and historical context. Meanwhile, the analysis of perceptions reveals a latent tension between personal creativity and algorithmic technical efficiency, reinforcing the general consensus that machine-generated information requires constant critical verification and epistemological validation. The study concludes that AI acts as a powerful amplifier of pedagogical intentionality, democratizing multimedia design; however, the development of critical thinking, appropriate language use, and conceptual curation remain exclusive and irreplaceable domains of the future chemistry teacher's praxis.

Keywords: chemistry education; artificial intelligence; *lambe-lambe* (wheatpaste posters); teacher training; STEAM approach.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Apresentação da estrutura do TCC	17
Figura 2 – Apresentação do triplete elaborado por Johnstone	19
Figura 3 – A diferença entre o triplete de Johnstone e o tetraedro do Mahaffy.....	20
Figura 4 – Exemplos de lambe-lambes para comunicação visual	22
Figura 5 – Linha do tempo do surgimento do lambe-lambe	23
Figura 6 – Fluxograma explicativo sobre o STEAM.....	27
Figura 7 – Diagrama de fluxo detalhando as etapas de elaboração dos lambe-lambes, desde a mediação autoral até a mediação por IA em diferentes níveis.	42
Figura 8 – Temas utilizados para a produção dos lambe-lambes.....	43
Figura 9 – Etapas da Análise Temática Reflexiva.....	47
Figura 10 – Fluxograma representativo da intervenção pedagógica, das etapas de produção dos lambe-lambes, dos procedimentos de análise dos dados e da integração interpretativa dos resultados da pesquisa	49
Figura 11 – Lambe-lambes relacionados ao Armand Séguin	55
Figura 12 – Lambe-lambes relacionados Lavoisier	56
Figura 13 – Lambe-lambes relacionados ao Dmitri Mendeleev.....	57
Figura 14 – Lambe-lambes relacionados a Marie Curie	58
Figura 15 – Lambe-lambes relacionados ao Fritz Haber.....	59
Figura 16 – Lambe-lambes relacionados a Rosalind Franklin.....	60
Figura 17 – Lambe-lambes relacionados ao August Kekulé.....	61
Figura 18 – Lambe-lambes relacionados ao Justus von Liebig.....	62
Figura 19 – Evolução da qualidade média dos lambe-lambes por etapa (N=8 casos, 8 critérios cada).....	67
Figura 20 – Matriz de qualidade (critérios × etapas). Cores mais verdes indicam maior qualidade.....	70
Figura 21 – Comparação intracaso de qualidade média por caso (N=8 critérios por caso)	71
Figura 22 – Frequência de ocorrência dos temas interpretativos nas respostas abertas (N=25)	73
Figura 23 – Médias das percepções dos participantes em escala Likert de 1 a 4 (N=25)	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis de mediação tecnológica	43
Quadro 2 – Critérios de avaliação e suas bases teóricas	46
Quadro 3 – Escala de avaliação adotada	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características da faixa etária	51
Tabela 2 – Características sobre o gênero	51
Tabela 3 – Distribuição de frequência sobre o uso da IA.....	52
Tabela 4 – Distribuição de frequência dos tipos de dispositivos usados para acessar a IA.....	52
Tabela 5 – Distribuição de frequência dos tipos de ferramentas de Inteligência Artificial Utilizadas.	53
Tabela 6 – Distribuição de frequência sobre as versões de Inteligência Artificial Utilizadas.....	53
Tabela 7 – Estatísticas descritivas das escalas Likert (N=25)	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS (OPCIONAL)

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
UNILA	Universidade Federal da Integração Latino-Americana
ILACVN	Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza
IA	Inteligência Artificial
GenAI / IAG	Inteligência Artificial Generativa
TPACK	Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (do inglês, <i>Technological Pedagogical Content Knowledge</i>)
STEAM	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (do inglês, <i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics</i>)
SSI	Questões Sociocientíficas ou Socioquímicas (do inglês, <i>Socio-Scientific Issues</i>)
GANs	Redes Adversárias Generativas (do inglês, <i>Generative Adversarial Networks</i>)
LLMs	Grandes Modelos de Linguagem (do inglês, <i>Large Language Models</i>)
RTA	Análise Temática Reflexiva (do inglês, <i>Reflexive Thematic Analysis</i>)
PCK	Conhecimento Pedagógico do Conteúdo
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA GÊNESE DO TRABALHO	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO.....	13
1.3 OBJETIVOS.....	15
1.3.1 Objetivo Geral.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 ESTRUTURA DO TCC	15
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEORICO.....	17
2.1 ENSINO DE QUÍMICA E SEUS DESAFIOS	17
2.2 DIDATIZAÇÃO LÚDICA COMO POSSIBILIDADE	19
2.2.1 O Lambe-Lambe Como Recurso Lúdico No Ensino De Química	21
2.3 STEAM E A INTEGRAÇÃO DE SABERES.....	26
2.4 QUESTÕES SOCIOQUÍMICAS (SSI).....	30
2.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO	32
2.5.1 A Inteligência Artificial na Educação Química	34
CAPÍTULO 3 - DESENHO METODOLÓGICO DA PESQUISA	39
3.1 ENFOQUE QUALITATIVO DA PESQUISA	39
3.2 PESQUISA DO TIPO INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	39
3.3 TÉCNICAS UTILIZADAS PARA A COLETA DOS DADOS.....	40
3.3.1 Procedimentos da Intervenção Pedagógica	41
3.4 ANÁLISE DOS DADOS	43
3.4.1 Análise dos lambe-lambes	44
3.4.2 Análise das percepções dos participantes	46
3.4.3 Integração interpretativa dos achados	47
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO DA AMOSTRA.....	49
4.1.1 Características Demográficas	49
4.1.1.1 Faixa Etária.....	49
4.1.1.2 Gênero.....	50
4.1.2 Características Tecnológicas	50
4.1.2.1 Experiência Prévia com Inteligência Artificial.....	50
4.1.2.2 Dispositivo de Acesso	51
4.1.2.3 Ferramentas de Inteligência Artificial Utilizadas.....	52

4.1.2.4 Tipo de Acesso às Ferramentas de IA	52
4.2 ANÁLISE DOS LAMBE-LAMBES	53
4.2.1 Etapa 1. Análise dos intracasos: comparação interpretativa individual	53
4.2.1.1 Intracaso 1 – Armand Seguin: inovação tecnológica e impactos socioambientais	53
4.2.1.2 Intracaso 2 – Antoine Lavoisier: ciência, política e responsabilidade social	54
4.2.1.3 Intracaso 7 – Dmitri Mendeleev: organização do conhecimento químico	55
4.2.1.4 Intracaso 4 – Marie Curie: ciência, riscos e responsabilidade social	56
4.2.1.5 Intracaso 5 – Fritz Haber: inovação, ética e ambivalência científica	57
4.2.1.6 Intracaso 6 – Rosalind Franklin: ciência, gênero e justiça epistêmica	58
4.2.1.7 Intracaso 7 – August Kekulé: criatividade científica e construção do conhecimento	59
4.2.1.8 Intracaso 8 – Justus von Liebig: química agrícola e sustentabilidade	60
4.2.2 Etapa 2. Análise dos intercasos	61
4.2.2.1 Tema 1 – Da autoria visual à mediação algorítmica: diferentes formas de construir conhecimento químico	62
4.2.2.2 Tema 2 – O prompt estruturado como instrumento de apoio à mediação pedagógica	62
4.2.2.3 Tema 3 – As Questões Socioquímicas emergem como eixo integrador da História da Química	63
4.2.2.4 Tema 4 – A estética algorítmica amplia a comunicação, mas também produz padronização	64
4.3 ANÁLISE INTRACASO: EVOLUÇÃO QUALITATIVA	65
4.3.1 Casos Exemplares	66
4.3.2 Matriz de Qualidade por Critério	67
4.3.3 Comparação Qualitativa Intracaso	68
4.3.4 Análise Intercasos	69
4.4 PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE A ATIVIDADE	71
4.4.1 Tema 1: Tensão entre Criatividade Pessoal e Eficiência Técnica	73
4.4.2 Tema 2: Verificação Crítica e Validação de Informações	74
4.4.3 Tema 3: Qualidade Visual e Comunicação Científica	75
4.4.4 Tema 4: Limitações Epistemológicas e Contextuais da IA	76
4.4.5 Tema 5: Pensamento Crítico e Autonomia Intelectual	76
4.4.6 Tema 6: Integração STEAM (Tema Ausente/Implícito)	77
4.5 CASOS NEGATIVOS E DIVERGÊNCIAS	77
4.6 ANÁLISE QUANTITATIVA DESCRITIVA	78
4.7 PERCEPÇÕES POSITIVAS PREDOMINANTES	78
4.7.1 Necessidade de Verificação Crítica	79
4.7.2 Compreensão Conceitual e História da Química	79

4.7.3 IA Não Substitui Conhecimento do Professor	80
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICES	90
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO	91
APÊNDICE B – PROMPT ESTRUTURADO	97
APÊNDICE C – DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	98

1 CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA GÊNESE DO TRABALHO

No período pós-pandemia, entrei para a faculdade de química na UNILA, realizando o primeiro objetivo da minha mãe quando ela pediu para vir para o Brasil. Nos dois (2) primeiros semestres, me concentrei inteiramente nos meus estudos, focando em resolver os desafios diários que acompanham tendo tempo suficiente, e a ajuda financeira da minha mãe, uma vez que não recebia subsídio da parte da universidade porque não tinha como comprovar a baixa renda. Porém, com a inflação aumentando todo tempo e o salário dela continuando o mesmo, decidi não depender dela e começar a procurar um trabalho de dia enquanto eu estudava a noite. Entre trabalhos e estudo, tudo que sobrava de tempo era o descanso uma vez que fica esgotado corporalmente e mentalmente. A dificuldade para manter os prazos de entrega das atividades só aumentando e sem tempo, as inteligências artificiais (IAs) se tornaram a salvação resolvendo em segundos as dificuldades que iria demorar horas para entender.

As primeiras versões apresentavam muito erros em relação aos conceitos químicos, uma falha que percebi que me forçou a analisar e validar os dados recebidos. Enquanto muitos professores proibiram o uso para resolução das suas atividades, outros destacavam a necessidade de ter um pensamento crítico ao utilizar qualquer tipo de andaime, classificando as IAs como uma ferramenta e destacando a necessidade de serem consideradas como tal. Dentro desses últimos se destaca a minha orientadora Profa. Maria Das Graças Cleophas Porto, que com a sua abordagem STEAM (ciência, tecnologia, engenharia, arte e matemática) e do seu pensamento voltada para o Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo TPACK (sigla em inglês para *Technological Pedagogical Content Knowledge*), acredita que as IAs podem ser classificadas como recurso tecnológico e aponta a necessidade de manter elas no seu papel de recurso e não de pensador.

Juntando as minhas observações com as orientações dela, consegui aprender a utilizar as IAs de maneira mais consciente, não sendo apenas consumidor passivo, mas também quem cria e aprende através das interações, produzindo conhecimento e aumentando a minha criatividade. A partir desse cenário, surge a grande pergunta: será que todo mundo tem esse mesmo pensamento? Buscando respostas,

considerando cada pessoa única, pensei em avaliar como que se desenvolve essa interação 'pessoa-máquina'.

1.2 JUSTIFICATIVA

A realização deste estudo se justifica pela necessidade de compreender como os futuros professores de Química medeiam a comunicação científica na era digital sem perder a autonomia intelectual e o compromisso social. Historicamente, a evolução das mídias visuais mostra que a modernização tecnológica muitas vezes retirou do artesão o controle sobre a sua técnica. De forma análoga, delegar a criação artística e conceitual do lambe-lambe inteiramente à IA pode levar a uma terceirização do senso crítico e do letramento científico.

Avaliar a diferença entre a construção manual e reflexiva do estudante e a automação algorítmica da IA variando o nível de direcionamento dado à máquina (com e sem *prompt* estruturado) permite preencher uma lacuna empírica na literatura sobre a cognição de ordem superior no ensino de ciências. Portanto, este trabalho se justifica ao oferecer caminhos pedagógicos para integrar a "alfabetização em IA" (AI literacy) na formação docente. O objetivo é assegurar que os futuros professores não sejam apenas consumidores passivos de tecnologia, mas validadores críticos capazes de usar as ferramentas digitais para amplificar a democratização da ciência, garantindo que o algoritmo atue como uma expansão da criatividade e do conhecimento químico, e não como um substituto do senso crítico do educador (Chan; Hu, 2023).

1.3 QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO

A aprendizagem da Química apresenta desafios inerentes à própria natureza dessa ciência e aos métodos tradicionais de seu ensino. Conforme apontado por Johnstone (1991), o ensino exige frequentemente um pensamento multinível, obrigando o estudante a transitar simultaneamente entre os níveis macroscópico (fenômenos visíveis), submicroscópico (átomos e moléculas) e simbólico (fórmulas e equações). Quando a linguagem empregada na transposição didática não é cuidadosamente estruturada, ela sobrecarrega a memória de trabalho do aprendiz, dificultando a construção de sentidos

reais. Diante disso, a formação inicial de professores de Química exige estratégias que transcendam o domínio do conteúdo técnico; é preciso que o futuro docente saiba adaptar a linguagem para mitigar "ruídos" comunicacionais e potencializar o impacto popular da mensagem científica.

Uma estratégia inovadora que responde a esse desafio é a criação de lambe-lambes didáticos. Na vertente da arte urbana contemporânea, o lambe-lambe se consagra como uma mídia de cartazes de rua utilizada como política de resistência ("reXistência"), voltada para a denúncia, a ruptura da homogeneização das cidades e a visibilidade de narrativas coletivas. Por ser uma mídia urbana de comunicação rápida e visual, o lambe-lambe força o licenciando a condensar o triplete de Johnstone em uma linguagem acessível e instigante. Produzir esse material exige do futuro professor um controle empírico, estético e político sobre a formulação de suas ideias, demandando um engajamento crítico para produzir uma ação comunicativa fundamentada no contexto social da comunidade.

Todavia, o avanço recente das tecnologias de Inteligência Artificial Generativa (GenAI), como o ChatGPT e os geradores de imagem, propõe um novo paradigma cognitivo e criativo para a elaboração desses materiais. Se por um lado a IA pode funcionar como um "andaime cognitivo" que reduz a sobrecarga mental e estimula o pensamento divergente na fase de ideação (Alghamdi, 2025), por outro, traz o risco do descarregamento cognitivo (cognitive offloading) e da "preguiça metacognitiva". Se trata, portanto, de um fenômeno em que o estudante aceita a resposta da máquina de forma passiva (Noroozi; Khalil; Banihashem, 2025). Assim, na produção de cartazes de rua sobre química, essa aceitação acrítica pode resultar tanto na propagação de erros conceituais graves quanto em uma homogeneização estética e política, esvaziando o caráter contestador, humano e original do lambe-lambe.

Para mitigar esses riscos, o fator decisivo reside no enquadramento pedagógico através do uso de *prompts* estruturados, fundamentais para elevar o nível de engajamento e criticidade em coprodução com a máquina. Diante desse cenário, a presente pesquisa tem como problema central investigar: **Como a utilização da Inteligência Artificial Generativa, em diferentes níveis de mediação (sem IA, com IA para geração de imagens e com IA mediada por *prompt* estruturado), influencia a produção de lambe-lambes sobre História da Química e as percepções de licenciandos em Química acerca da aprendizagem e da formação docente?**

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é analisar se os alunos conseguem expressar suas ideias em trabalhos de simulação baseados na História da Química, utilizando a abordagem de produção de lambe-lambes sem uso da IA, com uso da IA (sem *prompt* estruturado) e com uso da IA (com *prompt* estruturado). Após isso, analisar as percepções dos licenciandos em Química acerca da utilização da Inteligência Artificial na criação de lambe-lambes, considerando aspectos relacionados à aprendizagem, ao pensamento crítico, à integração da abordagem STEAM e às potencialidades e limitações da IA na elaboração de materiais didáticos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar as características dos lambe-lambes produzidos pelos licenciandos nas diferentes etapas da atividade (sem IA, com IA para geração de imagens e com IA mediada por *prompt* estruturado).
- Comparar as produções elaboradas nas três etapas da atividade, identificando diferenças relacionadas à organização visual, ao rigor químico, ao contexto histórico e às questões socioquímicas.
- Analisar as percepções dos licenciandos sobre o uso da Inteligência Artificial na produção de lambe-lambes, considerando a aprendizagem, o pensamento crítico, a integração da abordagem STEAM e a formação docente.
- Identificar as potencialidades e limitações da Inteligência Artificial como ferramenta de apoio à produção de materiais didáticos para o ensino de Química, a partir das análises e reflexões dos participantes.

1.4 ESTRUTURA DO TCC

Este Trabalho de Conclusão de Curso está organizado em seis capítulos. O primeiro corresponde à **Introdução**, na qual são apresentados a contextualização da

pesquisa, o problema de investigação, os objetivos, a justificativa e a organização do estudo.

O segundo capítulo contempla o **Referencial Teórico**, abordando os fundamentos relacionados à História da Química, a educação Química, às Questões Socioquímicas, à abordagem STEAM, ao uso da Inteligência Artificial Generativa na educação e à produção de materiais didáticos, bem como os pressupostos da Análise Temática Reflexiva que sustentam a investigação.

O terceiro capítulo descreve os **Procedimentos Metodológicos**, apresentando a caracterização da pesquisa, o contexto do estudo, os participantes, a intervenção pedagógica, os instrumentos de produção de dados, os aspectos éticos e os procedimentos de análise adotados.

No quarto capítulo são apresentados os **Resultados e Discussão**, organizados em duas etapas complementares. Inicialmente, são discutidos os lambe-lambes produzidos pelos licenciandos por meio de análises intracaso e intercasos, buscando compreender as transformações observadas nas diferentes condições de produção. Em seguida, são analisadas as percepções dos participantes acerca da atividade desenvolvida e do uso da Inteligência Artificial Generativa, triangulando os resultados com a literatura especializada.

No quinto capítulo apresenta as **Considerações Finais**, retomando os principais achados da pesquisa, suas contribuições para a formação inicial de professores de Química, as limitações do estudo e sugestões para investigações futuras. Por fim, o sexto capítulo apresenta as **Referências Bibliográficas**, listando as obras utilizadas na elaboração do trabalho. A Figura 1 ilustra a estrutura desse trabalho.

Figura 1 – Esquema de organização capítular do TCC.



Fonte: Elaborado pelo autor com o auxílio do modelo de Inteligência Artificial Gemini (2026).

CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEORICO

2.1 ENSINO DE QUÍMICA E SEUS DESAFIOS

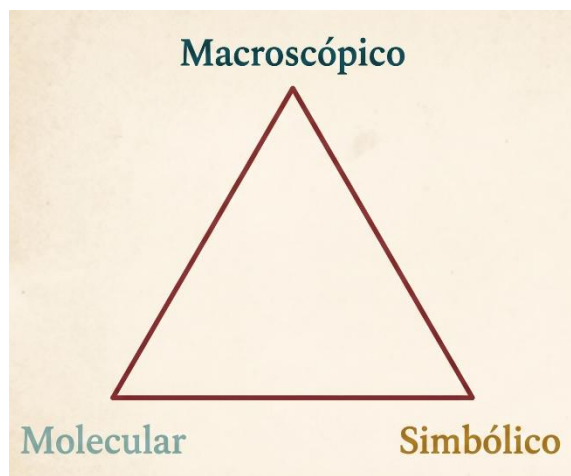
O aprendizado da Química exige do estudante uma capacidade cognitiva complexa: a de transitar entre o mundo visível e o invisível. No entanto, um dos maiores obstáculos no ensino da disciplina reside no alto grau de abstração exigido logo nos primeiros contatos com o conteúdo. Johnstone (1991) comentou que conceitos do dia a dia, como "gato" ou "animal", são construídos a partir de exemplos tangíveis e características sensoriais visíveis. Em contrapartida, conceitos científicos básicos, como "elemento", "composto", "elétron" e "energia de ligação", não oferecem uma forma sensorial imediata de serem compreendidos. Eles existem apenas na mente e estão muito distantes da percepção física do aluno. Para o aluno, a transição entre o fenômeno observado na bancada e a representação de átomos e moléculas ocorre, muitas vezes, de forma abrupta e desconectada da realidade tátil.

Somado a isso, a linguagem química utilizada, não favorece essa transição. De acordo com Johnstone (1991), os principais problemas da linguagem no ensino de química e ciências não decorrem tanto do uso de termos técnicos novos, mas sim de outras barreiras de comunicação. Os problemas foram classificados da seguinte maneira: palavras comuns com significados distorcidos que os alunos frequentemente assumem, de forma incorreta; compreensão de significados opostos; decoreba para mascarar a ignorância que é consequência da sobrecarga cognitiva, onde as palavras acabam sendo memorizadas de forma "não digerida" e desconectada do seu real sentido; e o uso de palavras "pomposas" ou arcaicas que são termos desnecessariamente complexos que parecem afastar os aprendizes em vez de incentivá-los (Johnstone, 1991).

A dificuldade de compreensão da Química, frequentemente associada ao seu caráter abstrato e à complexidade de sua linguagem, pode ser analisada a partir de modelos que descrevem a organização do conhecimento químico. Portanto, ele pode ser denominado de "triângulo científico", também referido como pensamento multinível, consistindo em um modelo conceitual que ilustra como o ensino de química (e de outras ciências) exige que o aluno processe informações em três níveis distintos de pensamento. Na química, esses três vértices do triângulo que Johnstone (1991) apontou, como ilustrado na figura 2, são:

- O nível macro (macroscópico): Refere-se aos fenômenos tangíveis e visíveis que podem ser percebidos pelos sentidos. Um exemplo clássico é observar o sal comum se dissolvendo em um copo com água.
- O nível submicroscópico (invisível): Envolve a explicação do fenômeno usando entidades que não podemos ver, como elétrons, moléculas, íons e forças. No caso do sal na água, seria entender que o sal existe em uma rede cristalina regular, cujas partículas são atraídas e "puxadas" pelas moléculas de água para formar a solução.
- O nível simbólico: É a representação matemática ou simbólica do que está ocorrendo. Utiliza fórmulas, equações e convenções científicas, como escrever a dissolução do sal na forma: $\text{Na}^+\text{Cl}^-_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$.

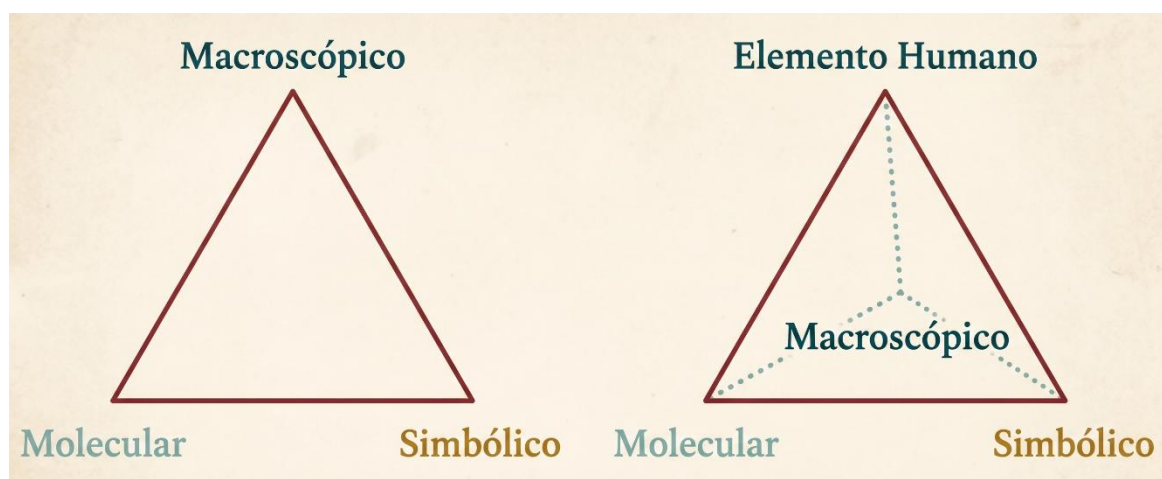
Figura 2 - Apresentação do triplete elaborado por Johnstone.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Johnstone (1991), a partir do auxílio do modelo de Inteligência Artificial Gemini (2026).

Embora esse modelo contribua para compreender a estrutura conceitual da disciplina, ele não contempla plenamente as dimensões humanas e contextuais envolvidas na produção e no ensino do conhecimento científico. Essa limitação é abordada por Mahaffy (2006), ao propor a incorporação de elementos relacionados ao contexto social, cultural e cotidiano, ampliando a compreensão da Química para além de seus aspectos estritamente conceituais. O elemento humano atua como o quarto vértice fundamental (formando um tetraedro) que conecta os conceitos teóricos, simbólicos e macroscópicos da ciência às vivências reais das pessoas, ajudando a situar a química em contextos autênticos; como demonstrado na figura 3.

Figura 3 - A diferença entre o triplete de Johnstone e o tetraedro do Mahaffy.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Mahaffy (2006), a partir do auxílio do modelo de Inteligência Artificial Gemini (2026).

No entanto, o ensino de Química tem sido frequentemente caracterizado por uma abordagem fragmentada, na qual os conteúdos são apresentados de forma desarticulada, com ênfase na memorização de fórmulas, nomenclaturas e procedimentos algorítmicos. Essa fragmentação se manifesta, entre outros aspectos, na dificuldade de integração entre diferentes níveis de representação do conhecimento químico, conforme discutido por Alex Johnstone, especialmente no que se refere à articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. Essa limitação é abordada por Peter Mahaffy, ao propor a incorporação de elementos relacionados ao contexto social, cultural e cotidiano, ampliando a compreensão da Química para além de seus aspectos estritamente conceituais.

Como consequência, os estudantes tendem a desenvolver compreensões superficiais, sem conseguir atribuir significado aos conceitos trabalhados. Além disso, conforme discutido por Vicente Talanquer (2011), a aprendizagem dos estudantes permanece marcada por dificuldades na interpretação e integração dessas diferentes dimensões, o que se reflete em um ensino frequentemente fragmentado e pouco significativo. Dessa forma, se torna necessário buscar abordagens que promovam a articulação entre representação, contexto e construção de sentido no ensino de Química.

2.2 DIDATIZAÇÃO LÚDICA COMO POSSIBILIDADE

A Didatização Lúdica, conforme Cleophas e Soares (2018), incorpora a ludicidade ao campo pedagógico, visando estabelecer uma aproximação eficaz e prazerosa entre aluno e conhecimento que se enlace por meio de diferentes estratégias pedagógicas que possam ser utilizadas no processo de ensino e aprendizagem de Química. Segundo Cleophas (2026), “jogos, atividades lúdicas e outras estratégias pedagógicas deixam de ser apenas elementos motivacionais e passam a constituir meios intencionalmente planejados para favorecer a aprendizagem” (Cleophas, 2026, p. 1). Desse modo, ao invés de focar na simples memorização de fatos, o aprendizado baseado no brincar permite que as crianças construam o conhecimento de forma ativa ao interagir de maneira significativa com ideias abstratas por meio de atividades práticas e exploratórias (Amiruddin; Mohamed; Abu Bakar, 2025).

Longe de ser apenas um momento de recreação ou entretenimento sem propósito, a aprendizagem através da brincadeira é um espaço onde as crianças exercem ativamente sua agência e intencionalidade para iniciar, direcionar e construir o próprio conhecimento. A brincadeira aberta e exploratória, por exemplo, é indispensável porque permite que as crianças assimilem e consolidem novos conceitos de forma independente, no seu próprio ritmo e através do apoio mútuo com outras crianças (Chen; Rouse; Morrissey, 2024).

No ensino de ciências, a abordagem lúdica cria um ambiente favorável para que os estudantes explorem ideias utilizando seus sentidos e materiais práticos. Essa exploração lúdica aumenta o engajamento e a motivação, além de desenvolver uma disposição mais inquiridora e confiante nos alunos. Como destacam Amiruddin, Mohamed e Abu Bakar (2025), através de metodologias práticas e exploratórias, as crianças interagem de forma significativa com ideias abstratas, permitindo que construam ativamente o seu conhecimento em vez de apenas memorizar fatos. Desse modo, as brincadeiras não são apenas atividades recreativas, mas ferramentas intencionais que desenvolvem habilidades científicas e de resolução de problemas, preparando a criança para a transição escolar.

Nesse contexto, a utilização de recursos lúdicos e visuais no ensino amplia as possibilidades de construção do conhecimento, especialmente quando associados a práticas que valorizam a criatividade, a interação social e a participação ativa dos estudantes. Entre essas possibilidades, se destaca o lambe-lambe, uma manifestação artística historicamente vinculada ao espaço urbano e à comunicação popular. Inicialmente associado à fotografia de rua, o lambe-lambe se consolidou como uma forma de expressão

cultural capaz de aproximar arte, memória e cotidiano social. A seguir, se apresenta a relação do lambe-lambe com recurso lúdico para o ensino e aprendizagem da química.

2.2.1 O Lambe-Lambe Como Recurso Lúdico No Ensino De Química

O lambe-lambe tem sua origem associada à popularização dos cartazes impressos no final do século XIX, período marcado pelo avanço das técnicas de impressão em larga escala. A possibilidade de produzir cartazes com maior rapidez e menor custo transformou esse suporte em um importante meio de comunicação urbana, utilizado para divulgar produtos, eventos culturais, campanhas políticas e diferentes tipos de informação ao público. Entre os setores que mais exploraram esse recurso se destacaram os circos itinerantes, que dependiam de uma forma de divulgação acessível, de ampla circulação e capaz de alcançar rapidamente diferentes localidades por onde passavam. Dessa maneira, a colagem de cartazes nas ruas se consolidou como uma estratégia eficiente de comunicação visual, antecedendo sua posterior ressignificação como linguagem artística e de intervenção urbana, conforme apontado pelo Design Culture (2017). A Figura 4, traz alguns exemplos de lambe-lambes.

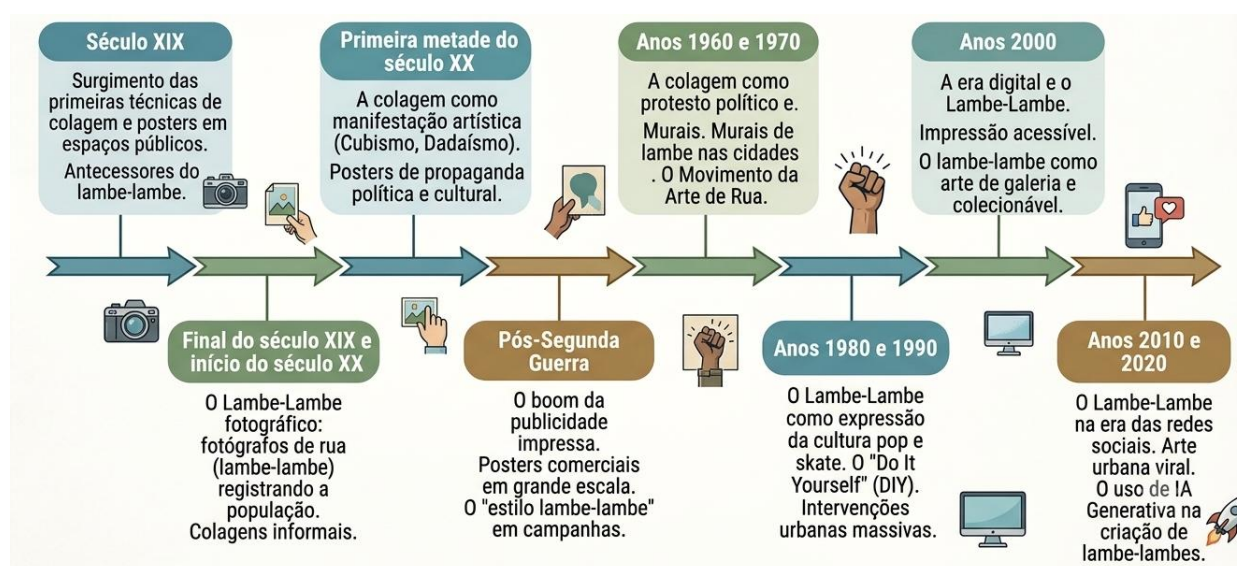
Figura 4 - Exemplos de lambe-lambes para comunicação visual.



Fonte: Extraído de Design Culture (2017).

O lambe-lambe possui uma trajetória histórica mais ampla do que normalmente se reconhece nas discussões pedagógicas. Antes de ser apropriado como linguagem artística contemporânea, sua lógica de circulação visual já se vinculava à presença de cartazes, avisos e impressos afixados no espaço público, prática fortalecida pelo avanço das técnicas de impressão e pela expansão das cidades modernas (Nascimento et al., 2017). Nessa perspectiva, os autores supracitados alertam que o lambe-lambe não deve ser entendido apenas como suporte visual, mas como forma de comunicação que se articula com disputas simbólicas, circulação de ideias e ocupação do espaço urbano. A Figura 5, exibe uma linha do tempo do surgimento do lambe-lambe.

Figura 5 - Linha do tempo do surgimento do lambe-lambe.



Fonte: Elaborado pelo autor com o auxílio do modelo de Inteligência Artificial Gemini (2026).

De acordo com Nascimento, Souza e Torezani (2017), o lambe-lambe, em sua formulação contemporânea como arte urbana, se desenvolveu no século XXI inspirado na técnica dos fotógrafos ambulantes e passou a ser utilizado para tornar visíveis opiniões, críticas e anúncios por meio de textos e imagens afixados na cidade (Nascimento et al., 2017). As autoras e o autor também observam que essa prática se caracteriza por baixo custo de produção, ampla acessibilidade e forte potencial de intervenção, o que favoreceu sua difusão em diferentes contextos sociais. Esse aspecto é particularmente importante para a educação, pois revela uma linguagem expressiva que não depende de alta sofisticação técnica para produzir impacto comunicativo.

De acordo com Gama (2017), a prática do lambe-lambe ocupava as praças públicas, transformando esses espaços em ambientes acessíveis de produção artística e

interação social. Essa característica evidencia seu potencial democrático e comunicativo, uma vez que permitia às camadas populares o acesso à representação visual e à construção de memória coletiva. Complementando essa perspectiva, Soares, Marta e Pereira (2025) afirmam que os fotógrafos lambe-lambe atuavam como cronistas da vida urbana, registrando transformações sociais, culturais e arquitetônicas das cidades, contribuindo para a preservação das experiências coletivas e da identidade social.

Na contemporaneidade, o lambe-lambe passa a assumir também uma dimensão estética e política no contexto da arte urbana. Segundo Urnau (2020), os coletivos que utilizam essa linguagem artística promovem intervenções no espaço público como forma de resistência, denúncia social e visibilidade de grupos marginalizados. Assim, o lambe-lambe deixa de ser apenas uma técnica artística e passa a se constituir como um instrumento de comunicação, expressão crítica e construção coletiva de sentidos.

Diante dessas características, o lambe-lambe apresenta potencialidades significativas para o contexto educacional, especialmente em propostas de didatização lúdica no ensino de Química. Ao integrar elementos visuais, criatividade, produção coletiva e interação com o cotidiano, essa linguagem artística pode favorecer a aproximação entre os conteúdos científicos e a realidade sociocultural dos estudantes. Além disso, sua utilização em atividades pedagógicas possibilita que os alunos expressem ideias, representem conceitos químicos de maneira criativa e participem ativamente do processo de aprendizagem, tornando o ensino mais dinâmico, significativo e contextualizado.

Ainda segundo Nascimento, Souza e Torezani (2017), o lambe-lambe se diferencia do cartaz comercial porque, embora tenha nele um precursor, assume com frequência um viés crítico, político e artístico, propondo reflexões sobre desigualdades, condutas sociais e experiências urbanas (Nascimento et al., 2017). Se trata, portanto, de uma linguagem que ultrapassa o campo decorativo e se insere em processos de produção cultural e de posicionamento público. Essa leitura é relevante quando se pensa no ensino de Química, já que permite deslocar a aula de uma lógica meramente transmissiva para uma lógica de produção de sentidos, na qual o estudante elabora, representa e comunica conhecimentos (Nascimento et al., 2017).

É importante, contudo, distinguir o lambe-lambe enquanto cartaz urbano do ofício dos fotógrafos lambe-lambe, já que ambos compartilham o nome, mas não correspondem exatamente à mesma prática. No caso dos fotógrafos, se tratava de

profissionais que atuavam em ruas, praças, parques e jardins públicos, produzindo retratos e democratizando o acesso à fotografia entre grupos populares ao longo do século XX (Águeda, 2008). Águeda (2008) afirma ainda que esses fotógrafos desempenharam papel social relevante ao preservar e transmitir a memória coletiva de grupos familiares e comunitários, o que justifica sua compreensão como guardiões da memória e cronistas visuais da vida cotidiana.

Essa distinção conceitual fortalece o texto acadêmico porque impede uma generalização apressada sobre a origem do lambe-lambe. Se, de um lado, o cartaz lambe-lambe se consolidou como linguagem de intervenção urbana, de outro, o fotógrafo lambe-lambe se tornou figura central na documentação visual de experiências populares e urbanas (Nascimento et al., 2017). Em comum, ambas as vertentes compartilham uma dimensão pública, acessível e socialmente situada, o que ajuda a explicar por que o termo permanece associado à comunicação visual e à construção de memória.

No contexto contemporâneo, o lambe-lambe passou a ocupar um lugar expressivo nas práticas de arte urbana e nas disputas por visibilidade no espaço público. Nascimento, Souza e Torezani (2017) argumentam que esse tipo de intervenção pode funcionar como ferramenta de comunicação de grupos minoritários e como meio de explicitar tensões sociais, culturais e políticas presentes na cidade. Quando os muros se tornam superfícies de enunciação, o lambe-lambe deixa de ser apenas imagem colada e passa a operar como linguagem crítica, aberta à leitura, à contestação e ao diálogo social.

Essa característica torna o lambe-lambe especialmente fecundo para o campo educacional por constituir de um recurso lúdico para o ensino de química. Há evidências de seu uso pedagógico em experiências escolares nas quais a técnica foi incorporada como proposta de criação, expressão e experimentação estética com crianças, articulando repertório artístico, imaginação e participação (Santos, 2021). Também há iniciativas institucionais que reconhecem explicitamente o uso pedagógico do lambe-lambe, como a cartilha divulgada pela Secretaria de Cultura de Pernambuco, que apresenta essa linguagem como ponte entre arte urbana e pedagogia (Pernambuco, 2020).

No ensino de Química, essa potencialidade pode ser explorada de modo particularmente potente. A área convive, com frequência, com um problema recorrente: muitos conceitos são ensinados de forma excessivamente abstrata, verbal ou

descontextualizada, o que dificulta a apropriação significativa pelos estudantes. Nesse cenário, o lambe-lambe pode funcionar como recurso lúdico não por simplificar o conhecimento, mas por permitir que ele seja reorganizado em imagens, palavras, metáforas visuais, relações com o cotidiano e produções coletivas (Pernambuco, 2020).

Ao elaborar um lambe-lambe sobre transformações da matéria, funções químicas, ligações químicas, radioatividade, sustentabilidade ou descarte de resíduos, por exemplo, os estudantes precisam selecionar ideias centrais, interpretar conceitos, produzir sínteses e decidir como comunicar visualmente um conteúdo científico. Esse movimento mobiliza mais do que memorização. Ele exige leitura, análise, autoria, negociação de sentidos e posicionamento diante do tema estudado, o que aproxima o ensino de Química de práticas discursivas mais vivas e mais socialmente conectadas (Pernambuco, 2020).

Além disso, o caráter coletivo do lambe-lambe favorece experiências colaborativas que podem ampliar a participação discente. Quando a atividade é bem planejada, os estudantes deixam de ocupar apenas o lugar de receptores da explicação docente e passam a atuar como sujeitos que constroem representações do conhecimento químico. Isso é pedagogicamente relevante porque o lúdico, nesse caso, não aparece como entretenimento vazio, mas como modo de envolver sensibilidade, invenção e reflexão conceitual em uma mesma prática.

Há, porém, um ponto que precisa ser afirmado com clareza. O simples uso de cartazes na aula não garante uma proposta pedagogicamente consistente. O lambe-lambe só se converte em recurso lúdico potente quando sua dimensão estética, crítica e comunicativa é articulada de forma intencional aos objetivos de aprendizagem (Nascimento et al., 2017). Se for reduzido a uma atividade ilustrativa, sem mediação conceitual e sem problematização, ele perde precisamente aquilo que o torna interessante para a educação química, pois, sua capacidade de fazer o conteúdo circular como linguagem viva, visual e socialmente situada.

Desse modo, o lambe-lambe pode ser compreendido como um recurso que aproxima ciência, cultura e expressão estudantil. Seu valor, no ensino de Química, está em favorecer práticas em que o conhecimento científico deixa de ser apenas recebido e passa também a ser produzido, reinterpretado e compartilhado pelos estudantes em formas visuais autorais. Mais do que ornamentar a aula, essa linguagem pode contribuir para uma

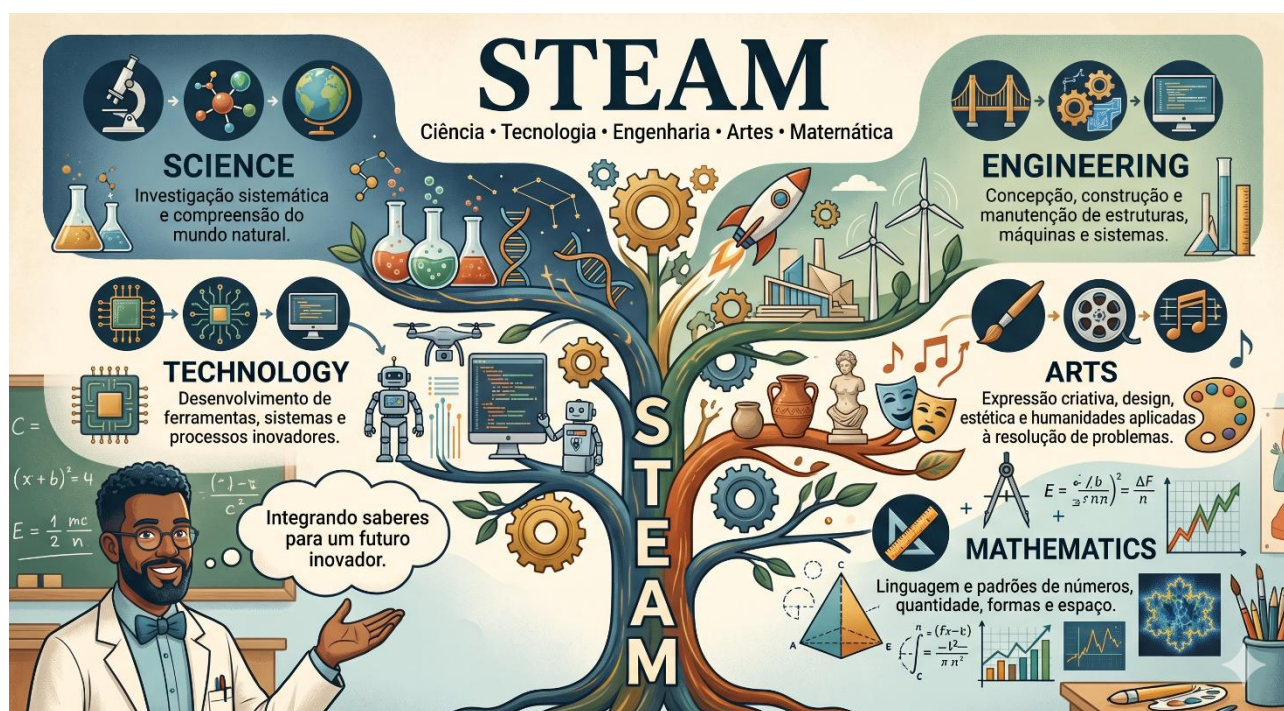
aprendizagem mais significativa, crítica e sensível, especialmente quando vinculada ao cotidiano, ao território e aos problemas concretos que atravessam a experiência escolar.

2.3 STEAM E A INTEGRAÇÃO DE SABERES

Essa perspectiva dialoga diretamente com a abordagem STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*), entendida como uma proposta interdisciplinar que busca integrar Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática em processos de ensino e aprendizagem voltados à resolução de problemas reais e ao desenvolvimento de competências essenciais para o século XXI (Kao; Lin; Williams, 2025).

Segundo Belbase et al. (2022), o propósito de integrar as artes, o design e as humanidades aos campos STEAM consiste em construir um modelo educacional que valorize a criatividade e a beleza do design como elementos fundamentais para a solução de problemas do mundo real. Nessa perspectiva, a inserção da arte no currículo não desempenha um papel meramente complementar, mas atua como elemento estruturante do processo educativo, favorecendo a articulação entre conhecimentos científicos, tecnológicos e humanísticos. A Figura 6, traz um breve fluxograma explicativo sobre o STEAM.

Figura 6 - Fluxograma explicativo sobre o STEAM.



Fonte: Elaborado pelo autor com o auxílio do modelo de Inteligência Artificial Gemini (2026).

A abordagem STEAM tem sido discutida na literatura educacional como uma possibilidade de integrar ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática em práticas de ensino que superem a fragmentação disciplinar. No ensino de Química, essa discussão é especialmente relevante porque os conceitos da área, muitas vezes abstratos e fortemente simbólicos, exigem mediações que aproximem teoria, contexto e experiência dos estudantes. Nessa direção, a STEAM aparece não como um enfeite metodológico, mas como uma forma de reorganizar o ensino em torno de problemas, projetos e relações entre diferentes campos do conhecimento (Machado; Girotto Júnior, 2020).

Machado e Girotto Júnior (2020) afirmam que a interdisciplinaridade pode ser compreendida como um princípio de construção do ensino por meio da integração entre áreas do conhecimento que compartilham um mesmo objetivo, favorecendo processos mais efetivos de ensino e aprendizagem. Os autores também destacam que a STEAM education oferece uma via concreta para esse tipo de construção, pois articula as cinco áreas do acrônimo em torno de situações significativas, sem reduzir o processo a uma soma de disciplinas isoladas. Essa perspectiva é valiosa para o ensino de Química, pois permite que o conteúdo químico dialogue com produção, investigação, design, expressão e solução de problemas (Machado; Girotto Júnior, 2020).

No debate conceitual mais recente, Rodrigues-Silva e Alsina (2023) chamam atenção para um ponto que merece cuidado, ou seja, o STEAM não é simplesmente um sinônimo de interdisciplinaridade, nem deve ser confundida com qualquer atividade prática que envolva tecnologia ou criatividade. Segundo os autores, a abordagem exige a presença das cinco áreas do acrônimo e uma relação interdisciplinar efetiva entre elas, de modo que o conhecimento circule entre campos distintos sem perder consistência conceitual. Essa distinção é importante porque impede o uso superficial da sigla como marca discursiva vazia, algo que ainda ocorre com frequência em propostas escolares (Rodrigues-Silva; Alsina, 2023).

No campo específico do ensino de Química, as revisões nacionais indicam que a abordagem STEAM tem sido associada ao desenvolvimento da aprendizagem conceitual e de habilidades cognitivas e socioemocionais. O estudo de Sousa et al. (2023) sobre o estado da questão mostra que a abordagem pode favorecer pensamento crítico, criatividade, comunicação e engajamento, com destaque para conteúdos de Química orgânica e inorgânica. O mesmo levantamento revela a presença recorrente da

Aprendizagem Baseada em Projetos como estratégia de implementação, o que reforça a ideia de que a STEAM se fortalece quando vinculada à metodologias ativas (Sousa et al., 2023).

Essa relação entre STEAM e metodologias ativas aparece com força em outras investigações. Na descrição de Silva (2024), a abordagem é integradora e interdisciplinar, capaz de incentivar autonomia discente e participação ativa na aprendizagem de conceitos químicos. A autora também indica que a construção de equipamentos acessíveis, a partir de problemas concretos, favorece a aproximação entre teoria e prática e amplia a compreensão dos conteúdos. De modo semelhante, a dissertação de Oliveira (2023) sobre compostagem no Ensino Médio mostra que a articulação entre STEAM, contextualização ambiental e intervenção didática pode tornar o conteúdo químico mais significativo para os estudantes.

A literatura também sugere que a STEAM não deve ser compreendida como uma simples combinação de atividades manuais com conteúdo escolares. O ponto forte da abordagem está na integração intencional de saberes para produzir aprendizagens mais amplas, contextualizadas e socialmente situadas. Quando a Química é ensinada por meio de projetos STEAM, o conteúdo deixa de aparecer apenas como definição a memorizar e passa a ser mobilizado na resolução de um problema, na criação de um artefato ou na análise de uma situação do cotidiano. Isso desloca o estudante para uma posição mais ativa, em que interpretar, planejar, testar e comunicar passam a fazer parte do próprio processo de aprender Química (Silva, 2024; Oliveira, 2023).

No Brasil, as revisões disponíveis ainda apontam que a produção sobre STEAM é relativamente recente e concentrada em relatos de experiência, estudos de caso e intervenções pontuais. Maia, Carvalho e Appelt (2023) observaram que as práticas localizadas na Educação Básica brasileira tendem a se associar à Cultura Maker e à Aprendizagem Baseada em Projetos, com ênfase em Ciências e maior presença no Ensino Médio. Embora isso mostre vitalidade do campo, para Maia, Carvalho e Appelt (2023), também revela limites importantes, porque ainda há pouca consolidação teórica e pouca diversidade de estudos de longo prazo sobre os efeitos da abordagem na aprendizagem química.

Outro aspecto recorrente é a necessidade de pensar a STEAM a partir do contexto. Machado e Girotto Júnior (2020) enfatizam que a consideração do contexto é fundamental para que a interdisciplinaridade produza efeitos concretos no ensino de Química. Em termos práticos, isso significa que uma proposta STEAM precisa partir de problemas significativos e não apenas de temas genéricos ou de oficinas desconectadas do currículo. Quando essa condição não é atendida, a abordagem corre o risco de se tornar uma etiqueta atrativa, mas pedagogicamente frágil (Machado; Girotto Júnior, 2020; Rodrigues-Silva; Alsina, 2023).

As experiências brasileiras também mostram que a STEAM pode ser fecunda quando articulada a temas socioambientais. A dissertação de Oliveira (2023) sobre compostagem, por exemplo, demonstra que o ensino de Química pode ser ampliado quando se relaciona com sustentabilidade, resíduos e intervenção no espaço escolar. Já estudos revisados por Maia, Carvalho e Appelt (2023) indicam que práticas STEAM têm favorecido autonomia, criatividade e aprendizagem por experimentação, especialmente quando organizadas em torno de projetos e produção de soluções. Esses dados ajudam a compreender que a integração de saberes não é apenas uma opção didática, mas uma resposta a um problema clássico da educação científica, ou seja, a dificuldade de transformar conhecimento disciplinar em compreensão situada e socialmente relevante.

No ensino de Química, essa discussão é ainda mais delicada. A disciplina exige domínio de linguagem simbólica, interpretação de modelos e articulação entre níveis macroscópico, microscópico e representacional, o que não se resolve apenas com atividades lúdicas ou com uso de tecnologia. A STEAM pode enriquecer o ensino, mas não substitui o rigor conceitual da Química. Seu valor reside em criar situações em que o conhecimento químico seja mobilizado em práticas de investigação, criação e intervenção, permitindo que o estudante perceba por que aquele conteúdo importa e como ele se conecta à vida concreta (Silva, 2024; Oliveira, 2023).

Em síntese, a literatura aponta que a STEAM, quando bem compreendida, pode funcionar como uma estratégia potente de integração de saberes no ensino de Química. Ela favorece interdisciplinaridade, engajamento, autoria e contextualização, desde que seja sustentada por objetivos claros, vínculo com problemas reais e articulação efetiva entre as áreas envolvidas (Machado; Girotto Júnior, 2020; Sousa et al., 2023; Rodrigues-Silva; Alsina, 2023). Mais do que um recurso metodológico, se trata de uma

orientação pedagógica que recoloca a Química em diálogo com a vida, com o território e com os modos diversos de produzir conhecimento (Maia; Carvalho; Appelt, 2023; Silva, 2024; Oliveira, 2023). Contudo, Cleophas (2020, p. 90) adverte que “a inserção da abordagem STEAM não é tão simples, pois exige um estabelecimento de um planejamento que consiga abarcar em sua totalidade as grandes áreas imbuídas no STEAM”.

Assim, veremos a seguir que ao abordar temas sociocientíficos a perspectiva STEAM se destaca por reconhecer a necessidade de incorporar ao ensino de Ciências objetivos de aprendizagem, valores, atitudes e habilidades próprias das ciências sociais e das humanidades. Nesse sentido, Romero-Ariza et al. (2021) enfatizam que essa abordagem atribui especial importância à promoção do espírito crítico, do pensamento divergente, da capacidade de argumentação e da criatividade dos estudantes. Dessa forma, a abordagem STEAM amplia o escopo da educação científica, indo além da mera transmissão de conteúdos conceituais e contribuindo para uma formação mais integral, humanizada e socialmente comprometida.

2.4 QUESTÕES SOCIOQUÍMICAS (SSI)

As Questões Sociocientíficas (SSI, do inglês *Socio-Scientific Issues*) vêm ocupando posição de destaque na pesquisa em Educação em Ciências por recolocarem o conhecimento científico em diálogo direto com problemas reais, controversos e marcados por múltiplas possibilidades de interpretação. Diferentemente de abordagens centradas na transmissão de conceitos ou na resolução de exercícios descontextualizados, as SSI compreendem a ciência como empreendimento humano inseparável de dimensões sociais, políticas, econômicas, ambientais e éticas. Nessa perspectiva, ensinar Ciências significa também preparar estudantes para analisar problemas complexos, ponderar evidências, reconhecer diferentes interesses envolvidos e construir posicionamentos fundamentados (Sadler, 2004; Leppla; Seibert, 2025).

No ensino de Química, essa abordagem adquire relevância particular. Historicamente, a disciplina tem convivido com o desafio de ser frequentemente apresentada como um conjunto de conceitos abstratos, fórmulas e procedimentos desvinculados das experiências concretas dos estudantes. As questões sociocientíficas

contribuem para romper essa fragmentação ao aproximar conceitos químicos de problemas que fazem parte da vida cotidiana e das grandes discussões contemporâneas. Isto porque, por meio da abordagem de questões sociocientíficas relacionadas à química, tanto o conhecimento científico quanto as habilidades transferíveis podem ser aprimorados (Rahayu, 2019). Nesse contexto, compreender reações químicas, matérias, energia ou processos industriais deixa de representar apenas um objetivo curricular e passa a constituir instrumento para interpretar fenômenos sociais, ambientais e tecnológicos que atravessam a vida coletiva.

Essa mudança de perspectiva desloca também a própria concepção de ciência. Conforme discutem Gomes e Zeidler (2023), o trabalho com SSI evidencia que o conhecimento científico não é produzido em isolamento nem permanece neutro diante da sociedade. Pelo contrário, especialmente quando analisado à luz da Química Verde e da sustentabilidade, o desenvolvimento científico envolve escolhas permeadas por valores, interesses, responsabilidades e consequências sociais. Silva Júnior e colaboradores (2026) reforçam esse entendimento ao argumentarem que decisões tecnocientíficas exigem permanente reflexão crítica, justamente porque seus impactos ultrapassam os limites dos laboratórios e alcançam dimensões econômicas, ambientais e humanas.

Essa compreensão aparece em diferentes problemas que mobilizam simultaneamente conceitos químicos e questões públicas relevantes. O descarte inadequado de resíduos sólidos, a contaminação de águas e solos, o uso intensivo de agrotóxicos, derramamentos de petróleo, a poluição por plásticos e, mais recentemente, o crescimento do consumo de cigarros eletrônicos e dos resíduos associados às baterias de íons de lítio ilustram situações nas quais a Química deixa de oferecer apenas explicações sobre a matéria e passa a constituir ferramenta para compreender dilemas que envolvem saúde pública, sustentabilidade, justiça ambiental e tomada de decisão (Leppla; Seibert, 2025).

Essa característica diferencia as SSI de propostas meramente contextualizadas. Não se trata apenas de utilizar exemplos cotidianos para tornar as aulas mais interessantes, mas de construir situações em que os estudantes mobilizem conhecimentos científicos para analisar problemas abertos, controversos e desprovidos de respostas únicas. Como destacam Çalık e Wiyarsi (2021), essa abordagem favorece uma Química curricularmente mais relevante porque exige análise crítica de evidências,

argumentação, avaliação de consequências e tomada de decisão fundamentada. O conteúdo disciplinar permanece central, mas passa a operar como instrumento de compreensão e intervenção sobre problemas socialmente significativos.

É justamente nesse ponto que a argumentação assume papel estruturante. Walker e Zeidler (2007) defendem que estudantes necessitam de processos de andaimagem capazes de apoiar a construção de argumentos, a análise de evidências e a consideração de perspectivas distintas. Aprender Química, sob essa perspectiva, significa desenvolver competências para utilizar conhecimentos científicos em processos deliberativos que envolvem incerteza, valores e responsabilidade coletiva. A literatura recente amplia ainda mais essa discussão ao enfatizar que decisões relacionadas às questões sociocientíficas extrapolam o domínio exclusivamente científico. Leppla e Seibert (2025) demonstram que tomar decisões em contextos sociocientíficos implica integrar evidências empíricas, princípios éticos, aspectos econômicos, impactos ambientais e consequências sociais.

2.5 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO

O funcionamento da Inteligência Artificial Generativa se fundamenta em técnicas avançadas de aprendizado profundo (*deep learning*), com destaque para as Redes Adversárias Generativas (*Generative Adversarial Networks* – GANs) e para arquiteturas baseadas em “*Transformers*” (Alghamdi, 2025). No caso dos sistemas voltados à geração de texto, muitos desses modelos são classificados como Grandes Modelos de Linguagem (*Large Language Models* – LLMs), os quais são treinados com extensos volumes de dados textuais. Durante esse processo, os modelos identificam regularidades, relações estatísticas e padrões presentes nas bases de treinamento, o que lhes permite produzir respostas inéditas, coerentes e contextualmente adequadas às solicitações dos usuários (Alghamdi, 2025; Virmani et al., 2026).

A Inteligência Artificial Generativa pode influenciar significativamente a motivação e o desempenho acadêmico dos estudantes, desde que sua utilização esteja associada a práticas pedagógicas adequadas e a fatores psicológicos favoráveis. Ao atuar como tutora virtual, oferecendo feedback imediato, explicações personalizadas e suporte adaptado às necessidades individuais, essas ferramentas contribuem para satisfazer

necessidades psicológicas básicas, como autonomia e competência, favorecendo o aumento da motivação intrínseca e do engajamento no processo de aprendizagem (Chan; Hu, 2023; Virmani et al., 2026).

Além disso, ao simplificar conceitos complexos e automatizar tarefas rotineiras, a IA pode reduzir a carga cognitiva dos estudantes, permitindo que eles direcionem seus recursos mentais para atividades de maior complexidade, como pensamento crítico, criatividade e resolução de problemas (Virmani et al., 2026). Contudo, conforme ressaltam Noroozi, Khalil e Banihashem (2025), esses benefícios dependem diretamente da intencionalidade pedagógica e da preservação da agência humana no processo de aprendizagem.

Outro fator central nesse processo é a autoeficácia, entendida como a crença do estudante em sua capacidade de utilizar a tecnologia de forma eficaz. De acordo com Alghamdi (2025), estudantes com maior autoeficácia tendem a perceber a Inteligência Artificial como uma aliada para o desenvolvimento do pensamento crítico e da criatividade, apresentando níveis mais elevados de engajamento cognitivo e melhor desempenho acadêmicos. Ao mesmo tempo, o uso contínuo de sistemas de IA com suporte adaptativo pode fortalecer progressivamente essa confiança, gerando um ciclo positivo entre motivação, autoconfiança e aprendizagem.

Dessa forma, o impacto da Inteligência Artificial Generativa sobre o desempenho estudantil depende não apenas das características técnicas da ferramenta, mas também do papel ativo do estudante e da mediação pedagógica que orienta seu uso de maneira crítica, ética e intencional (Alghamdi, 2025; Noroozi; Khalil; Banihashem, 2025).

Embora a Inteligência Artificial Generativa apresente amplo potencial pedagógico, seu uso indiscriminado pode acarretar efeitos adversos sobre o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. A dependência excessiva dessas ferramentas pode comprometer habilidades de ordem superior, como pensamento crítico, criatividade e resolução de problemas, além de favorecer processos de “descarregamento cognitivo” (*cognitive offloading*), nos quais os estudantes transferem para a tecnologia tarefas que exigiriam análise e avaliação próprias (Noroozi; Khalil; Banihashem, 2025; Virmani et al., 2026). Como consequência, há o risco de passividade cognitiva, caracterizada pela aceitação acrítica das respostas geradas, sem o devido engajamento reflexivo e metacognitivo.

Além disso, o uso inadequado da IA pode reduzir a agência humana e enfraquecer habilidades de autorregulação, especialmente quando a tecnologia é utilizada

como um atalho para a obtenção de respostas rápidas com mínimo esforço cognitivo (Noroozi; Khalil; Banihashem, 2025). Tal cenário suscita preocupações relacionadas à integridade acadêmica, incluindo práticas de plágio e a apropriação indevida de conteúdos produzidos por sistemas automatizados (Virmani et al., 2026). Se soma a isso o risco de superficialidade e homogeneização criativa, uma vez que os modelos generativos tendem a reproduzir padrões estatísticos presentes em seus dados de treinamento.

Quando empregados de maneira não crítica, esses sistemas podem resultar em produções pouco originais e limitar a inovação, sobretudo entre estudantes com baixa autoeficácia no uso dessas ferramentas (Alghamdi, 2025). Por essa razão, a incorporação pedagógica da Inteligência Artificial Generativa requer estratégias didáticas que incentivem a análise crítica, a revisão reflexiva e o protagonismo estudantil no processo de construção do conhecimento.

2.5.1 A Inteligência Artificial na Educação Química

A inteligência artificial tem ocupado lugar crescente nas discussões sobre educação, sobretudo em áreas nas quais o conhecimento exige abstração, múltiplas representações e forte mediação docente. No ensino de Química, essa discussão é ainda mais sensível, porque a disciplina opera com níveis de linguagem e representação que frequentemente desafiam os estudantes, desde a leitura simbólica de fórmulas até a compreensão de fenômenos microscópicos e processos não observáveis diretamente. A literatura recente mostra que a IA vem sendo mobilizada como recurso para personalizar percursos de aprendizagem, apoiar a explicação de conceitos e ampliar o acesso a materiais didáticos mais interativos (Correia, 2021; Farias et al., 2024; Silva et al., 2023).

Correia (2021) realizou uma revisão sistemática sobre aplicações de inteligência artificial na educação, na Química e no ensino de Química, com o objetivo de identificar usos e contribuições da IA para professores e estudantes da licenciatura em Química. O estudo indica que a presença da IA no campo educacional não deve ser pensada apenas como novidade tecnológica, mas como um conjunto de possibilidades que pode apoiar processos de ensino e aprendizagem mais adaptados às necessidades da sociedade contemporânea (Correia, 2021). Essa leitura é relevante porque desloca a IA de

uma lógica de fascínio técnico para uma discussão pedagógica mais séria, centrada em usos concretos e em mediações realmente formativas.

A literatura também destaca que a Química é uma área particularmente favorecida por tecnologias inteligentes, justamente por lidar com conteúdos que dependem de visualização, simulação e organização de dados. Candido e Loguercio (2023) problematizam o impacto das novas tecnologias, inclusive da inteligência artificial, sobre a ciência e a educação em Química, mostrando que a chamada química *in silico* já integra processos de modelagem, simulação e automação em escala crescente. Os autores lembram que, embora a IA não seja recente, seu fortalecimento atual está ligado à disponibilidade de grandes volumes de dados, ao aumento da capacidade computacional e ao desenvolvimento de métodos capazes de reconhecer padrões com mais eficiência do que seria possível por meios exclusivamente humanos (Candido; Loguercio, 2023). Isso tem implicações diretas para o ensino, porque altera o modo como os conhecimentos químicos podem ser explorados em sala de aula.

No campo educacional, uma das contribuições mais recorrentes da IA é a personalização da aprendizagem. Estudos sobre o tema apontam que sistemas adaptativos, chatbots e tutores inteligentes podem oferecer feedback imediato, ajustar o ritmo das atividades e apoiar estudantes com trajetórias distintas de aprendizagem (Correia, 2021; Farias et al., 2024; Silva et al., 2023). No ensino de Química, isso é particularmente útil porque a heterogeneidade de repertórios e dificuldades é grande, e o estudante nem sempre consegue avançar sozinho quando o conteúdo exige compreensão de estruturas, relações quantitativas e transformação de modelos. Assim, a IA pode funcionar como apoio, desde que o professor continue ocupando o lugar de mediação interpretativa e crítica (Silva et al., 2023; Farias et al., 2024).

Silva et al. (2023) reforçam essa leitura ao mostrar que a inteligência artificial no ensino de Ciências tem sido associada à superação de lacunas de aprendizagem, à emissão de feedback imediato e à personalização adaptativa da interação. Os autores, porém, fazem uma ressalva decisiva: a IA não deve ser tratada como mero adereço educativo, mas como recurso submetido a uma perspectiva teórico-metodológica clara, na qual a aprendizagem do estudante permaneça no centro (Silva et al., 2023). Essa observação precisa ser levada a sério na educação química, porque o uso acrítico da

tecnologia pode produzir uma aparência de inovação sem garantir compreensão conceitual real.

Outra linha importante da literatura, com base em Farias et al. (2024), Araujo, Rosinke e Yun Sheng (2025) enfatiza o potencial da IA para tornar visíveis relações químicas que, no ensino tradicional, costumam permanecer muito abstratas. Trabalhos recentes sobre o tema mencionam o uso de realidade aumentada, realidade virtual, simulações, laboratórios virtuais e ferramentas de visualização molecular enriquecidas por algoritmos inteligentes. Para Candido e Loguercio (2023), esses recursos podem favorecer a compreensão de geometria molecular, reações, ligações químicas e fenômenos em escala microscópica, ajudando o estudante a transitar entre representações e a construir explicações mais consistentes. Ainda assim, a literatura é clara ao indicar que a tecnologia não resolve, por si só, o problema do ensino; ela apenas amplia as condições para que o professor trabalhe conceitualmente de forma mais precisa.

A revisão integrativa de Farias et al. (2024) mostra que há escassez de trabalhos em periódicos especificamente dedicados à inteligência artificial no ensino de Química, apesar da presença de produções em TCCs e dissertações. Os autores identificam usos promissores em jogos digitais, *chatbots* e programação, destacando que tais ferramentas podem facilitar a aprendizagem quando integradas a uma metodologia adequada (Farias et al., 2024). Esse dado é importante porque revela uma assimetria entre a rápida expansão do discurso sobre IA e a ainda limitada consolidação de estudos empíricos de maior fôlego no campo da educação química.

A produção mais recente também tem se voltado à inteligência artificial generativa, especialmente após a popularização de modelos de linguagem como o ChatGPT. A revisão de Araujo, Rosinke e Yun Sheng (2025) observa que essas ferramentas vêm sendo utilizadas para personalização da aprendizagem, criação de materiais didáticos e apoio à escrita e revisão em Química, revelando que os benefícios relatados incluem maior engajamento, acesso rápido à informação e adaptação do conteúdo às necessidades individuais dos estudantes. No entanto, os mesmos autores supracitados alertam para desafios importantes, como a necessidade de formação docente, a validação crítica das respostas produzidas pela IA e as questões éticas ligadas a plágio, autoria e dependência tecnológica. Essa ambivalência é notória, pois a IA pode ajudar, mas

também pode empobrecer a experiência formativa se substituir o pensamento em vez de provocá-lo.

Essa tensão aparece de forma ainda mais nítida quando se examina o papel do professor. A literatura não sustenta a ideia de que a IA dispensará a docência; ao contrário, ela tende a redefinir o trabalho docente, exigindo maior capacidade de curadoria, análise crítica e planejamento pedagógico (Correia, 2021; Silva et al., 2023; Araujo; Rosinke; Yun Sheng, 2025). Em Química, segundo Candido e Loguercio (2023) isso significa que o professor precisa saber quando uma ferramenta inteligente ajuda a visualizar um fenômeno, quando ela apenas simplifica demais o conteúdo e quando ela interfere na construção conceitual do estudante. A presença da IA, portanto, não elimina a mediação humana; ela a torna mais exigente e mais sofisticada

Outro ponto importante diz respeito à relação entre IA e contextualização. A literatura mais consistente insiste que o uso de inteligência artificial no ensino de Química ganha força quando está ligado a problemas concretos, experimentação orientada, projetos e análise de situações reais (Correia, 2021; Farias et al., 2024). Segundo Candido e Loguercio (2023), isso ocorre porque a Química não é apenas um conjunto de fórmulas, mas uma ciência que interpreta materiais, transformações e fenômenos presentes no cotidiano, na indústria, no ambiente e na saúde. Sem vínculo com contexto, a tecnologia corre o risco de virar espetáculo; com contexto, ela pode ampliar a compreensão e tornar visível aquilo que antes ficava oculto para o estudante.

A formação docente surge, então, como um dos maiores gargalos. Diversos estudos, como por exemplo, Correia (2021), Farias et al. (2024) e Araujo, Rosinke Yun Sheng (2025), apontam que a implementação de IA em educação depende não apenas de infraestrutura, mas de compreensão crítica sobre seus limites, potencialidades e implicações éticas. No caso da Química, a formação precisa ser ainda mais cuidadosa, porque o professor deve articular domínio conceitual da área, letramento digital e leitura pedagógica das ferramentas disponíveis. Sem isso, há o risco de adoção superficial de aplicações tecnológicas que impressionam, mas não alteram de modo substantivo a qualidade da aprendizagem.

A literatura também aponta questões de desigualdade. O acesso às tecnologias, a disponibilidade de equipamentos e a competência para usá-los não estão

distribuídos de modo homogêneo entre escolas e estudantes (Correia, 2021; Silva et al., 2023). Isso significa que a promessa de personalização da aprendizagem pode se chocar com condições concretas de exclusão digital, especialmente em contextos com baixa infraestrutura ou com formação limitada para uso pedagógico da IA. Em vez de tratar essa limitação como detalhe secundário, a revisão da literatura mostra que ela precisa ser considerada como parte do problema educacional.

Em síntese, a literatura com base em Correia (2021), Farias et al. (2024) e Araujo, Rosinkee Yun Sheng (2025), indica que a inteligência artificial possui potencial real para enriquecer a educação química, sobretudo em tarefas de personalização, visualização, simulação, feedback e apoio à aprendizagem autônoma. Contudo, os estudos também deixam claro que esse potencial não se realiza automaticamente. Para Silva et al. (2023), a IA precisa ser integrada a objetivos pedagógicos definidos, a metodologias consistentes e a uma mediação docente capaz de preservar o rigor conceitual da Química e de evitar o uso superficial da tecnologia. Em vez de substituir o professor, a IA tende a deslocar seu trabalho para funções mais analíticas, críticas e formativas, o que exige formação robusta e reflexão ética permanente.

CAPÍTULO 3 - DESENHO METODOLÓGICO DA PESQUISA

3.1 ENFOQUE QUALITATIVO DA PESQUISA

Esta investigação adota uma abordagem de natureza mista (quali-quantitativa) e se classifica como uma pesquisa aplicada. Conforme os preceitos da pesquisa mista, ela se fundamenta em duas vertentes, pois, a análise qualitativa avalia a natureza e as características das coisas e suas conexões essenciais, enquanto a análise quantitativa busca compreender os aspectos quantitativos das coisas (Hongkui, 2025). Em relação aos seus objetivos, a pesquisa assume um caráter explicativo, buscando ir além da mera descrição de características ao se aprofundar nas relações que regem o objeto de estudo. Conforme aponta Richardson et al. (1999), a vertente explicativa visa determinar os fatores que contribuem para a ocorrência de determinado fenômeno. No âmbito deste TCC, essa ótica permite explicar como o nível de instrução tecnológica (o uso de *prompts* livres versus *prompts* estruturados) atua na mobilização do conhecimento químico e no refinamento do pensamento crítico dos futuros docentes.

3.2 PESQUISA DO TIPO INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

O caráter de intervenção pedagógica desta pesquisa se consolida quando o investigador implementa uma interferência planejada e intencional no cenário de estudo, abdicando de uma postura puramente contemplativa. Conforme preconizado por Damiani et al. (2013, p. 57), consiste em uma “pesquisa que envolve o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações pedagógicas) – destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências”. Nesta pesquisa, a inovação consistiu em introduzir, na rotina formativa dos licenciandos, a elaboração de lambe-lambes como recurso lúdico para o ensino e aprendizagem da história da química, sem uso e com uso da Inteligência Artificial.

O propósito pedagógico dessa estrutura intervencionista foi gerar uma desestabilização controlada e uma ruptura crítica no processo de aprendizagem dos futuros docentes. Ao confrontar o esforço cognitivo humano com a automação algorítmica (sob direcionamentos livres e estruturados), a intervenção buscou romper com o consumo

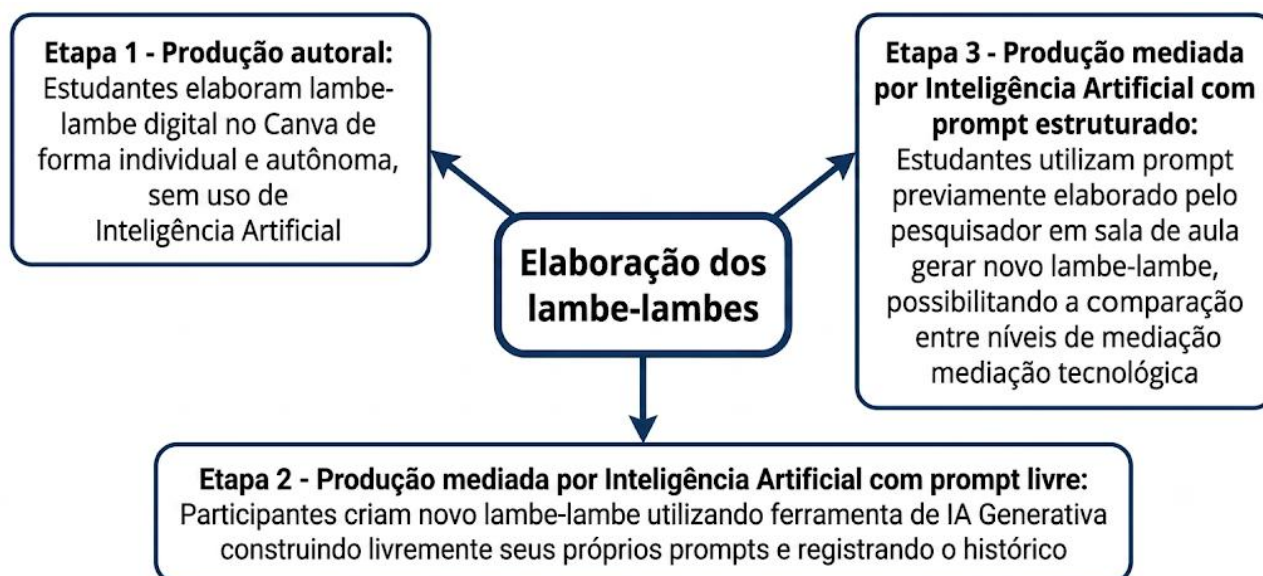
passivo de tecnologia de ordem superior. Assim, a dinâmica foi desenhada não apenas para testar ferramentas digitais, mas para interferir ativamente na autonomia intelectual e na capacidade de curadoria científica dos licenciandos, permitindo avaliar a qualidade da formação inicial a partir dos efeitos e respostas gerados por essa modificação da realidade.

3.3 TECNICAS UTILIZADAS PARA A COLETA DOS DADOS

Os participantes desta pesquisa foram 25 estudantes matriculados na disciplina de História e Epistemologia da Química I, do curso de Química – Licenciatura da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). A atividade foi incorporada ao planejamento da disciplina como uma estratégia didática fundamentada na abordagem STEAM, utilizando o lambe-lambe como recurso para a comunicação de conhecimentos históricos, químicos e socioquímicos.

Para a realização da atividade, cada estudante recebeu um tema relacionado à História da Química, envolvendo cientistas, descobertas ou episódios históricos relevantes para o desenvolvimento da ciência. Independentemente do tema, todos os participantes foram orientados a contemplar, em suas produções, cinco elementos obrigatórios: (i) contextualização histórica; (ii) conceitos químicos, incluindo fórmulas, estruturas ou equações químicas quando pertinentes; (iii) benefícios científicos e tecnológicos; (iv) questões socioquímicas relacionadas aos impactos sociais, ambientais, econômicos, éticos ou políticos; e (v) organização visual voltada à divulgação científica para estudantes do Ensino Médio. A coleta de dados foi organizada em três etapas sequenciais. A Figura 7 apresenta o diagrama de fluxo detalhando as etapas.

Figura 7 - Diagrama de fluxo detalhando as etapas de elaboração dos lambe-lambes, desde a mediação autoral até a mediação por IA em diferentes níveis.



Fonte: Elaborado pelo autor com o auxílio do modelo de Inteligência Artificial Gemini (2026).

Após a conclusão das três etapas, os participantes responderam individualmente a um questionário composto por questões de caracterização, itens em escala Likert e questões abertas (APÊNDICE A). O instrumento buscou investigar as percepções dos licenciandos acerca da atividade desenvolvida, da utilização da Inteligência Artificial, da integração da abordagem STEAM e das potencialidades e limitações da IA para a produção de materiais didáticos voltados ao ensino de Química. O *corpus* da pesquisa foi constituído por quatro conjuntos de dados: (i) os lambe-lambes produzidos sem o uso de Inteligência Artificial; (ii) os lambe-lambes produzidos com Inteligência Artificial mediante *prompts* livres; (iii) os lambe-lambes produzidos com Inteligência Artificial a partir de um *prompt* estruturado¹; e (iv) as respostas obtidas por meio do questionário. A análise integrada desses materiais permitiu comparar as diferentes formas de mediação da Inteligência Artificial na elaboração de recursos didáticos, bem como compreender as percepções dos futuros professores de Química sobre o uso dessas tecnologias no contexto educacional.

3.3.1 Procedimentos da Intervenção Pedagógica

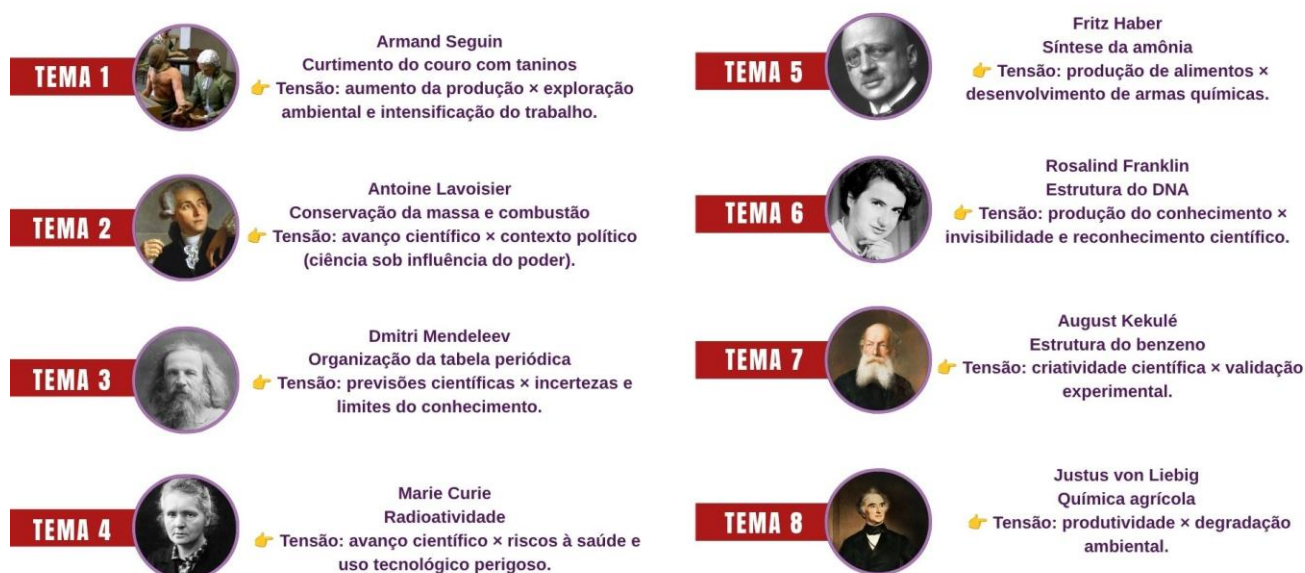
A intervenção didática foi desenvolvida na disciplina de História e Epistemologia da Química I, ofertada para estudantes do curso de Licenciatura em Química. A atividade se fundamentou na abordagem STEAM, utilizando o lambe-lambe

¹ O prompt estruturado apresentado na APÊNDICE B foi elaborado pela orientadora do trabalho, Prof.^a Dra. Maria das Graças Cleophas Porto, para fins de aplicação na Etapa 3 da coleta de dados.

como linguagem artística e comunicativa para promover a integração entre conhecimentos históricos, químicos, tecnológicos e socioambientais, bem como para investigar o potencial da Inteligência Artificial (IA) na produção de materiais didáticos.

Inicialmente, os estudantes foram organizados em formato individual, e cada aluno recebeu um tema previamente definido relacionado à História da Química, contemplando cientistas, descobertas ou episódios históricos de relevância para o desenvolvimento da ciência. A Figura 8 exibe os temas definidos.

Figura 8 - Temas utilizados para a produção dos lambe-lambes.



Fonte: Elaborado pelo autor no canva

Todos os alunos receberam as mesmas orientações quanto à estrutura do lambe-lambe, que deveria ser elaborado em formato digital utilizando a plataforma Canva, em tamanho A3, contemplando obrigatoriamente os seguintes elementos: (i) contextualização histórica; (ii) conceitos químicos centrais, incluindo fórmulas, estruturas ou equações quando pertinentes; (iii) benefícios científicos e tecnológicos associados ao tema; (iv) questões socioquímicas, contemplando implicações sociais, ambientais, econômicas ou éticas; e (v) organização visual adequada à divulgação científica destinada ao Ensino Médio. A atividade foi desenvolvida em três níveis de mediação tecnológica, apresentadas no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Níveis de mediação tecnológica

Nível	DESCRIÇÃO
1 (autoria humana (sem IA))	Produção sem Inteligência Artificial. Após pesquisa em fontes bibliográficas e materiais científicos previamente indicados pelo docente, cada aluno elaborou um lambe-lambe autoral utilizando exclusivamente seus conhecimentos e os materiais consultados, sem recorrer ao uso de ferramentas de Inteligência Artificial.
2 (IA como apoio visual (mediação parcial))	Produção com Inteligência Artificial para geração de imagens. Na segunda etapa, os estudantes utilizaram ferramentas de Inteligência Artificial apenas para a criação dos elementos visuais que compuseram o lambe-lambe, mantendo a elaboração do conteúdo textual sob sua responsabilidade. O objetivo foi investigar como a IA pode contribuir para a comunicação visual de conteúdos científicos.
3 (IA como apoio à concepção visual e textual (mediação ampliada por <i>prompt</i> estruturado))	Produção com Inteligência Artificial mediada por <i>prompt</i> estruturado. Na terceira etapa, os estudantes receberam um <i>prompt</i> previamente elaborado pelo pesquisador. Nesse <i>prompt</i> , os estudantes inseriram apenas o tema e uma breve descrição do episódio histórico, permitindo que a Inteligência Artificial produzisse automaticamente uma proposta completa de lambe-lambe. O objetivo dessa etapa foi analisar a influência de um <i>prompt</i> estruturado na qualidade do material gerado pela IA (Apêndice B).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a conclusão das três etapas, os estudantes realizaram uma análise comparativa entre as produções, considerando aspectos relacionados ao rigor científico, à contextualização histórica, à abordagem das questões socioquímicas, à qualidade da comunicação visual e ao potencial didático dos materiais produzidos. Posteriormente, responderam a um questionário composto por questões de caracterização dos participantes, itens em escala Likert e questões abertas, destinado a investigar suas percepções acerca do uso da Inteligência Artificial, da abordagem STEAM e da construção dos lambe-lambes como recurso lúdico para o ensino de Química.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi organizada em duas dimensões complementares, correspondentes às diferentes fontes de evidências produzidas durante a intervenção pedagógica. A primeira dimensão se concentrou na análise das produções visuais elaboradas pelos licenciandos ao longo das três etapas da atividade, enquanto a segunda

contemplou a análise das percepções dos participantes acerca da experiência desenvolvida. Essa organização permitiu compreender tanto as transformações observadas nos materiais produzidos quanto as interpretações, reflexões e posicionamentos dos futuros professores de Química em relação ao uso da Inteligência Artificial como ferramenta de apoio à produção de recursos didáticos. Os resultados provenientes dessas duas dimensões foram posteriormente interpretados de forma integrada, buscando estabelecer convergências, divergências e complementaridades entre as evidências visuais e as percepções expressas pelos participantes. De um modo geral, a análise de dados se deu:

3.4.1 Análise dos lambe-lambes

A primeira etapa da análise se concentrou nas produções visuais desenvolvidas pelos estudantes durante as três fases da intervenção didática. Considerando que cada participante produziu três versões do mesmo lambe-lambe, ou seja, uma produção autoral elaborada no Canva, uma produção mediada por Inteligência Artificial utilizando *prompts* livres e uma produção mediada por Inteligência Artificial a partir de um *prompt* estruturado. Inicialmente, foi conduzida uma análise intracaso, na qual as três produções pertencentes a um mesmo participante foram comparadas entre si. Essa etapa teve como finalidade compreender as transformações ocorridas ao longo das diferentes formas de mediação tecnológica, identificando mudanças relacionadas à organização visual, à comunicação científica, à representação dos conceitos químicos, à contextualização histórica, à abordagem das questões socioquímicas e aos indícios de autoria presentes nas produções.

Em seguida, se realizou uma análise intercasos, buscando identificar padrões recorrentes entre os diferentes participantes. Nessa etapa, as análises individuais foram comparadas com o objetivo de construir temas interpretativos que representassem regularidades, aproximações e singularidades observadas no conjunto do *corpus* visual. Essa estratégia permitiu compreender tendências relacionadas à influência da Inteligência Artificial na elaboração dos lambe-lambes, bem como discutir suas potencialidades e limitações para a formação inicial de professores de Química. Considerando que os lambe-lambes constituem produções multimodais, compostas por texto verbal, imagens, símbolos químicos, fórmulas, estruturas moleculares, elementos gráficos, tipografia e cores, sua

interpretação privilegiou uma perspectiva multimodal, compreendendo que os significados emergem da articulação entre diferentes modos semióticos e não apenas do conteúdo textual. Diante disso, oito critérios foram definidos conforme literatura sobre comunicação científica e design pedagógico para avaliar qualitativamente a qualidade dos lambe-lambes. O Quadro 2, traz uma síntese desses critérios.

Quadro 2 - Critérios de avaliação e suas bases teóricas

Critério	Definição	Referência Teórica
Organização Visual	Disposição dos elementos, equilíbrio, uso eficiente de espaço	Mayer (2009); Kress & Van Leeuwen (2006)
Hierarquia de Informação	Clareza na priorização de conteúdos, destaque de informações centrais	Tufte (2001)
Rigor Químico	Precisão das informações, fórmulas, conceitos, evitação de erros conceituais	Johnstone (1991); Mahaffy (2006)
Contexto Histórico	Adequação e profundidade da contextualização histórica do cientista/conceito	Brush e Slopek (2015)
Questões Socioquímicas	Abordagem de implicações sociais, éticas, políticas da ciência	López-Fernández et al. (2022)
Integração de Elementos	Coesão entre texto, imagens, símbolos químicos, narrativa visual	Kress e Van Leeuwen (2006)
Legibilidade	Clareza de leitura, contraste, tipografia, acessibilidade	Mayer (2009)
Impacto Comunicativo	Efetividade na transmissão da mensagem ao público-alvo	Tufte (2001)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Adicionalmente, se elaborou uma escala ordinal de avaliação de 1 a 3 para os critérios acima, conforme apresentada na Quadro 3.

Quadro 3 - Escala de avaliação adotada

Valor ordinal	Interpretação
1 (Baixo)	Critério pouco presente ou inadequado
2 (Médio)	Critério presente, mas com limitações
3 (Alto)	Critério bem desenvolvido e adequado

Fonte: Elaborado pelo autor.

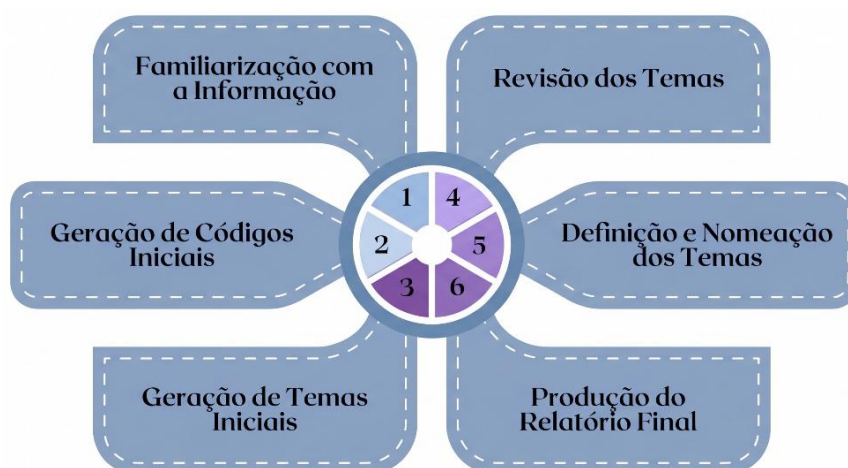
Por último, a análise seguiu dois níveis complementares. A análise intracaso envolveu comparação das três etapas dentro de cada caso (cientista), examinando como a produção evoluiu para um mesmo tema ao longo das três etapas. Já a análise intercasos buscou identificar padrões transversais entre os oito casos, revelando

regularidades que transcendem casos individuais.

3.4.2 Análise das percepções dos participantes

A segunda etapa da análise se concentrou nas percepções dos licenciandos acerca da atividade desenvolvida. Para isso, foram utilizados os dados obtidos por meio do questionário aplicado ao término da intervenção, composto por questões de caracterização dos participantes, itens em escala Likert e questões abertas. Inicialmente, os dados provenientes da escala Likert foram organizados por meio de frequências absolutas e relativas, permitindo identificar tendências gerais relacionadas à percepção dos estudantes sobre a atividade, a utilização da Inteligência Artificial, a integração da abordagem STEAM, o desenvolvimento do pensamento crítico e o potencial da proposta para a formação docente. Posteriormente, as respostas discursivas foram submetidas à Análise Temática Reflexiva (*Reflexive Thematic Analysis – RTA*), conforme proposta por Virginia Braun e Victoria Clarke (2006, 2019, 2021, 2022). A Figura 9 abaixo, mostra as etapas da RTA.

Figura 9 - Etapas da Análise Temática Reflexiva.



Fonte: Elaborada com base em Braun e Clarke (2006, 2019, 2021, 2022).

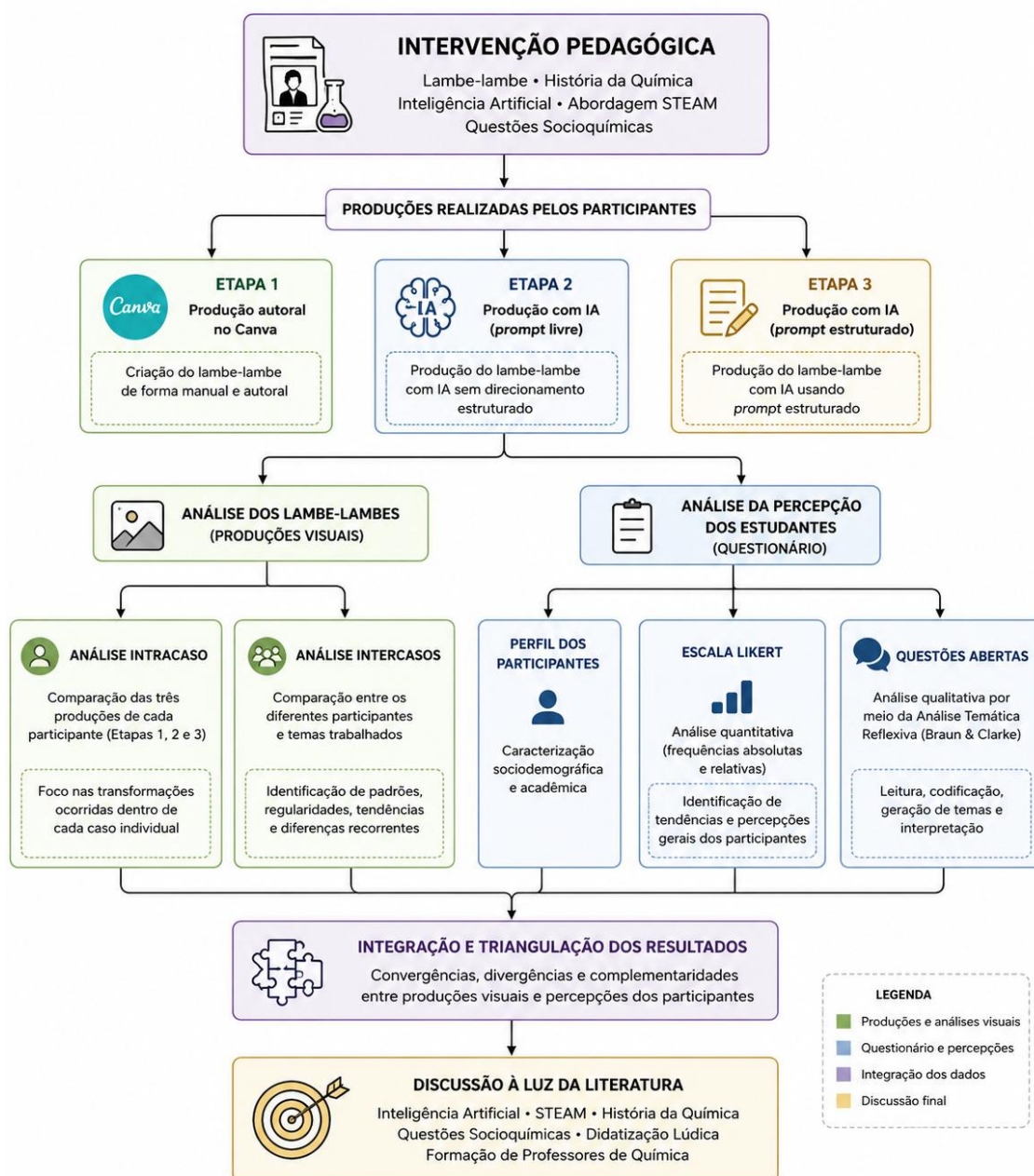
Diante disso, a análise foi conduzida de maneira reflexiva e interpretativa, envolvendo sucessivas leituras do *corpus*, identificação de padrões de significado, construção e refinamento dos temas analíticos, sempre em diálogo com os objetivos da pesquisa e com os referenciais teóricos adotados. Diferentemente de abordagens que

tratam os temas como categorias previamente definidas, a RTA compreende os temas como construções interpretativas produzidas pelo pesquisador a partir do conjunto das evidências, reconhecendo o caráter ativo da análise qualitativa. Ainda, a análise dos dados seguiu uma abordagem mista. Para os dados quantitativos, provenientes das questões fechadas, foi realizada uma análise estatística descritiva (frequências e percentuais) com o auxílio da biblioteca pandas em Python. Os resultados foram compilados e apresentados em gráficos, gerados com a biblioteca matplotlib.

3.4.3 Integração interpretativa dos achados

Após a conclusão das duas etapas analíticas, os resultados foram integrados por meio de um processo de triangulação entre as diferentes fontes de evidências. Nessa etapa, se buscou verificar de que maneira os padrões identificados nas produções visuais dialogavam com as percepções expressas pelos participantes. A triangulação possibilitou compreender, por exemplo, se as transformações observadas nos lambe-lambes produzidos com Inteligência Artificial correspondiam às percepções dos licenciandos acerca da qualidade das produções, do desenvolvimento do pensamento crítico, da integração entre História da Química e questões socioquímicas e da utilização da IA como ferramenta para a elaboração de materiais didáticos. Essa estratégia fortaleceu a confiabilidade interpretativa do estudo ao permitir que diferentes fontes de dados fossem analisadas de forma complementar, ampliando a compreensão do fenômeno investigado. Por fim, a Figura 10 demonstra uma síntese das etapas constituintes desta pesquisa.

Figura 10 - Fluxograma representativo da intervenção pedagógica, das etapas de produção dos lambe-lambes, dos procedimentos de análise dos dados e da integração interpretativa dos resultados da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor com apoio do Gemini (2026).

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa são apresentados e discutidos em quatro seções complementares, correspondentes às diferentes fontes de dados produzidas durante a intervenção pedagógica. Na primeira seção, é apresentado o perfil sociodemográfico da amostra constituída por 25 licenciandos em química. Na seção posterior (segunda), são analisados os lambe-lambes elaborados pelos licenciandos nas três etapas da atividade, contemplando tanto a análise intracaso quanto a análise intercasos, com o objetivo de compreender as transformações ocorridas nas produções em função dos diferentes níveis de mediação da Inteligência Artificial. Na terceira seção, são apresentados os resultados das evoluções qualitativas dos lambe-lambes em função dos intracasos e uma análise comparativa intercasos. Por fim, a seção três apresenta as percepções dos participantes acerca da atividade, a partir das respostas ao questionário, envolvendo a caracterização dos participantes, a análise dos itens em escala Likert e das questões abertas. Por fim, os resultados provenientes dessas duas fontes de evidências são integrados e discutidos à luz da literatura, buscando compreender as potencialidades e os limites da proposta para a formação inicial de professores de Química.

4.1 PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO DA AMOSTRA

Esta seção apresenta o perfil sociodemográfico dos 25 licenciandos em Química que participaram da atividade de produção de lambe-lambes sobre história da química com e sem mediação por Inteligência Artificial. Para tanto, se optou em dividir a apresentação destes dados em duas partes: Características Demográficas e Características Tecnológicas.

4.1.1 Características Demográficas

4.1.1.1 Faixa Etária

A distribuição etária da amostra apresenta predominância de participantes

jovens, concentrados nas faixas de 18 a 25 anos. A faixa etária de 18–20 anos é a mais representada, seguida pela faixa de 21–25 anos. A Tabela 1 demonstra esses resultados.

Tabela 1 - Características da faixa etária.

Faixa Etária	Frequência	Percentual	n
18–20 anos	8	32,0%	8
21–25 anos	7	28,0%	7
26–30 anos	5	20,0%	5
31–40 anos	5	20,0%	5
Total	25	100,0%	25

Fonte: Dados da pesquisa.

A idade média da amostra é aproximadamente 23,6 anos, com distribuição relativamente equilibrada entre as faixas etárias. A maioria dos participantes (60%, n=15) se encontra na faixa de 18–25 anos, característica típica de licenciandos em cursos de Química.

4.1.1.2 Gênero

A amostra apresenta equilíbrio entre gêneros, com ligeira predominância de participantes do gênero masculino, conforme denota a Tabela 2.

Tabela 2 - Características sobre o gênero.

Gênero	Frequência	Percentual	n
Homem	13	52,0%	13
Mulher	12	48,0%	12
Total	25	100,0%	25

Fonte: Dados da pesquisa.

Esta distribuição reflete aproximadamente a composição de cursos de Licenciatura em Química, onde historicamente se observa maior participação de mulheres em cursos de Educação em Ciências, embora a presença masculina ainda seja significativa.

4.1.2 Características Tecnológicas

4.1.2.1 Experiência Prévia com Inteligência Artificial

Antes de participarem desta atividade, os licenciandos já possuíam alguma experiência com Inteligência Artificial. A distribuição de frequência de uso prévio é apresentada na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3 - Distribuição de frequência sobre o uso da IA.

Frequência de Uso Prévio	Frequência	Percentual	n
Às vezes	13	52,0%	13
Raramente	5	20,0%	5
Frequentemente	4	16,0%	4
Muito frequentemente	3	12,0%	3
Total	25	100,0%	25

Fonte: Dados da pesquisa.

A maioria dos participantes (52%, n=13) relatou utilizar IA "às vezes" antes da atividade, sugerindo familiaridade moderada com ferramentas de IA. Apenas 12% (n=3) relataram uso muito frequente. Isto indica que, para a maioria da amostra, a atividade representou uma oportunidade de aprofundamento e exploração mais sistemática de ferramentas de IA em contexto educacional.

4.1.2.2 Dispositivo de Acesso

Os participantes utilizaram diferentes dispositivos para acessar as ferramentas de IA durante a atividade. A distribuição revela predominância do acesso via smartphone/celular pode ser vista na Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de frequência dos tipos de dispositivos usados para acessar a IA.

Dispositivo	Frequência	Percentual	n
Smartphone/celular	17	68,0%	17
Notebook	5	20,0%	5
Utilizei mais de um dispositivo	2	8,0%	2
Computador desktop	1	4,0%	1
Total	25	100,0%	25

Fonte: Dados da pesquisa.

O acesso predominante via smartphone/celular (68%, n=17) reflete a tendência global de mobilidade tecnológica e a importância crescente de dispositivos móveis em contextos educacionais. Apenas 4% (n=1) utilizou exclusivamente computador desktop, enquanto 28% (n=7) utilizou computador (notebook ou desktop) como dispositivo

principal ou complementar.

4.1.2.3 Ferramentas de Inteligência Artificial Utilizadas

Os participantes utilizaram principalmente duas ferramentas de IA generativa para a atividade. A Tabela 5 exibe esses dados.

Tabela 5 - Distribuição de frequência dos tipos de ferramentas de Inteligência Artificial Utilizadas.

Ferramenta de IA	Frequência	Percentual	n
ChatGPT	22	88,0%	22
Gemini	3	12,0%	3
Total	25	100,0%	25

Fonte: Dados da pesquisa.

A predominância do ChatGPT (88%, n=22) é esperada, considerando sua maior disponibilidade, familiaridade pública e capacidades amplamente reconhecidas. Apenas 12% (n=3) optou por utilizar Gemini (Google), sugerindo que a escolha da ferramenta foi influenciada por familiaridade prévia e acessibilidade.

4.1.2.4 Tipo de Acesso às Ferramentas de IA

Todos os participantes utilizaram versões gratuitas das ferramentas de IA, conforme exibido na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 - Distribuição de frequência sobre as versões de Inteligência Artificial Utilizadas.

Tipo de Acesso	Frequência	Percentual	n
Gratuita	25	100,0%	25
Total	25	100,0%	25

Fonte: Dados da pesquisa.

Este dado é importante pois indica que a atividade foi acessível a todos os participantes sem necessidade de investimento financeiro. Isto reflete a democratização do acesso a ferramentas de IA e a viabilidade de sua integração em contextos educacionais sem barreiras econômicas.

4.2 ANÁLISE DOS LAMBE-LAMBES

A análise dos lambe-lambes foi organizada em quatro etapas complementares, sendo elas: Análise dos intracasos: comparação interpretativa individual (Etapa 1); Análise dos intercasos (Etapa 2); Análise intracaso: evolução qualitativa (Etapa 3) e, por fim, a Comparação qualitativa intracaso (Etapa 4). A primeira buscou compreender as transformações ocorridas nas três produções de um mesmo participante: produção autoral no Canva, produção com IA sem *prompt* estruturado e produção com IA a partir de *prompt* estruturado. A segunda etapa procurou identificar padrões recorrentes entre os diferentes participantes, considerando os oito temas trabalhados na atividade. Já as demais partes trazem uma avaliação qualitativa sobre o *corpus* visual comparativo que foi constituído por 25 lambe-lambes completos, isto é, participantes que entregaram as três versões do lambe-lambe.

4.2.1 Etapa 1. Análise dos intracasos: comparação interpretativa individual

A análise intracaso evidenciou que a mediação da Inteligência Artificial não produziu apenas mudanças estéticas. Ela alterou também a forma como os estudantes, ou a própria IA, organizaram a informação histórica, representaram conceitos químicos e apresentaram tensões socioquímicas. Como exemplificação, se optou em demonstrar um exemplo de lambe-lambe em cada intracaso.

4.2.1.1 Intracaso 1 – Armand Seguin: inovação tecnológica e impactos socioambientais

A Figura 11 mostra que a produção autoral (Figura 11A) enfatizou o desenvolvimento do curtimento do couro por taninos. Nas produções geradas por IA (Figuras 11B e 11C), se observa maior contextualização histórica e maior explicitação das relações entre inovação tecnológica, industrialização e impactos ambientais, incluindo benefícios econômicos e problemas associados ao processo produtivo.

Figura 11 - Lambe-lambes relacionados ao Armand Séguin



Fonte: Dados da pesquisa.

A comparação evidencia que a mediação por *prompt* estruturado favoreceu a integração entre História da Química, desenvolvimento tecnológico e sustentabilidade, aproximando o episódio histórico das Questões Socioquímicas. Conforme argumenta Allchin (2014), compreender episódios históricos em seus contextos sociais contribui para uma visão menos linear e mais crítica da ciência, favorecendo a formação científica contextualizada.

4.2.1.2 Intracaso 2 – Antoine Lavoisier: ciência, política e responsabilidade social

A Figura 12 apresenta a evolução das produções sobre Antoine Lavoisier ao longo das três etapas da intervenção pedagógica. Na produção autoral (Figura 12A), se observa uma organização predominantemente textual, centrada na Lei da Conservação da Massa, no contexto da Revolução Francesa e na tensão entre ciência e poder político. Na produção mediada por IA com *prompt* livre (Figura 12B), é verificado um ganho expressivo na composição visual e na organização das informações. Já a produção gerada com *prompt* estruturado (Figura 12C) amplia a contextualização histórica ao incorporar benefícios sociais da Química, impactos ambientais e a responsabilidade ética do cientista.

Figura 12 - Lambe-lambes relacionados Lavoisier.



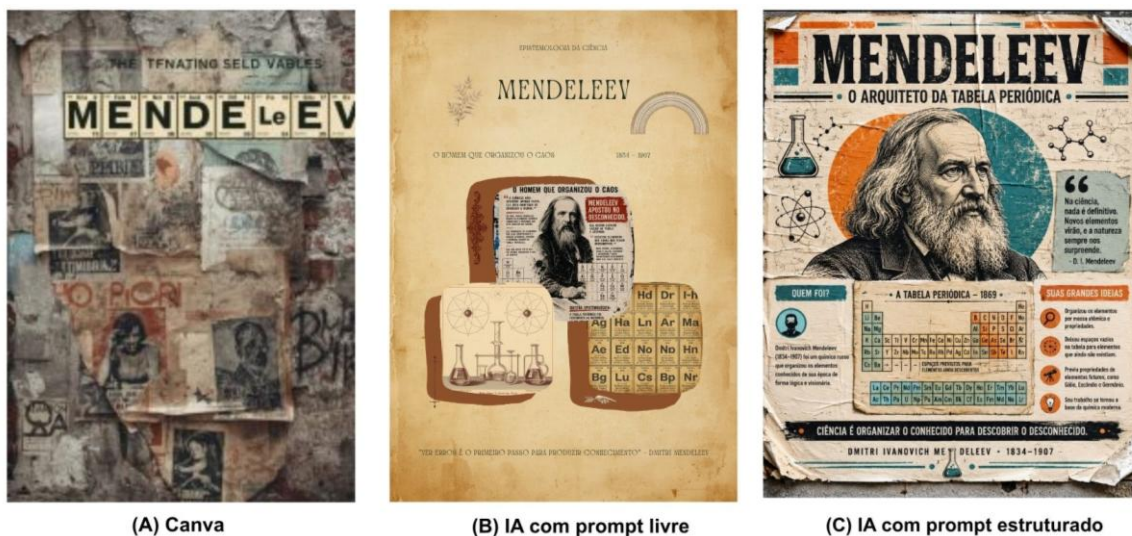
Fonte: Dados da pesquisa.

Esse percurso evidencia que o *prompt* estruturado favoreceu uma abordagem mais alinhada à História da Ciência contemporânea, se afastando de uma narrativa exclusivamente biográfica para compreender a ciência como empreendimento social e historicamente situado (Matthews, 1994; Allchin, 2014). Ao relacionar descobertas científicas, contexto político e consequências sociais, os estudantes se aproximaram de uma perspectiva compatível com as Questões Sociocientíficas, nas quais o conhecimento químico é compreendido em diálogo com fatores éticos e sociais (Sadler, 2004).

4.2.1.3 Intracaso 7 – Dmitri Mendeleev: organização do conhecimento químico

A Figura 13 evidencia que a produção autoral (Figura 13A) apresentou uma composição mais artística e menos informativa. Nas etapas mediadas por IA (Figuras 13B e 13C), houve aumento significativo da organização didática, incorporando informações históricas, estrutura da Tabela Periódica e contribuições de Mendeleev para o desenvolvimento da Química.

Figura 13 - Lambe-lambes relacionados ao Dmitri Mendeleev.



Fonte: Dados da pesquisa.

Embora esse tema apresente menor potencial para controvérsias socioquímicas explícitas, as produções demonstram que o *prompt* estruturado favoreceu uma comunicação científica mais clara e contextualizada. O resultado reforça a importância da História da Química para compreender a construção histórica das classificações científicas (Scerri, 2007; Matthews, 1994).

4.2.1.4 Intracaso 4 – Marie Curie: ciência, riscos e responsabilidade social

A Figura 14 evidencia que a produção inicial (Figura 14A) privilegiou uma organização informativa, destacando radioatividade, aplicações médicas e conceitos básicos. A produção com IA (Figura 14B) enfatizou visualmente a tensão entre avanços científicos e riscos tecnológicos, enquanto a versão produzida com *prompt* estruturado (Figura 14C) ampliou essa discussão ao integrar benefícios sociais, riscos ambientais, aspectos éticos e aplicações da radioatividade.

Figura 14 - Lambe-lambes relacionados a Marie Curie.



Fonte: Dados da pesquisa.

A comparação demonstra que a mediação por *prompt* favoreceu uma compreensão mais ampla da radioatividade como questão científica e social, se aproximando da perspectiva das Questões Sociocientíficas (Zeidler et al., 2005). Além disso, ao problematizar simultaneamente benefícios e riscos da tecnologia nuclear, os estudantes evidenciaram uma visão mais contextualizada da Natureza da Ciência, conforme defendem Erduran e Dagher (2014).

4.2.1.5 Intracaso 5 – Fritz Haber: inovação, ética e ambivalência científica

A Figura 15 evidencia uma transformação progressiva da abordagem do tema. Enquanto a produção autoral (Figura 15A) enfatizou o paradoxo entre fertilizantes e explosivos, a produção com IA (Figura 15B) intensificou visualmente esse conflito. Na produção obtida com *prompt* estruturado (Figura 15C), a síntese da amônia passou a ser apresentada em conjunto com seus benefícios agrícolas, impactos bélicos e implicações éticas.

Figura 15 - Lambe-lambes relacionados ao Fritz Haber.



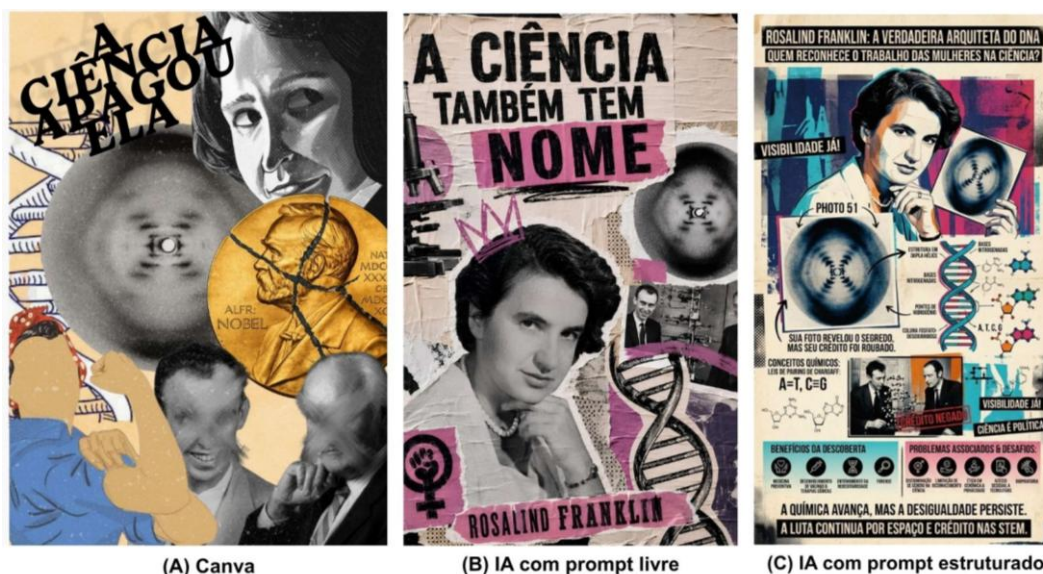
Fonte: Dados da pesquisa.

Esse resultado reforça o potencial do tema para discutir Questões Sociocientíficas, uma vez que a mesma inovação científica pode produzir benefícios sociais e consequências destrutivas (Sadler, 2004). A atividade também favoreceu reflexões sobre responsabilidade científica e tomada de decisão, aspectos centrais para a alfabetização científica crítica (Zeidler et al., 2005).

4.2.1.6 Intracaso 6 – Rosalind Franklin: ciência, gênero e justiça epistêmica

Conforme apresentado na Figura 16, a produção autoral (Figura 16A) se concentrou na invisibilidade do trabalho de Rosalind Franklin na descoberta da estrutura do DNA. A versão produzida com IA (Figura 16B) reforçou visualmente essa narrativa, enquanto a produção mediada por *prompt* estruturado (Figura 16C) incorporou elementos relacionados à autoria científica, reconhecimento profissional e desigualdade de gênero.

Figura 16 - Lambe-lambes relacionados a Rosalind Franklin.



Fonte: Dados da pesquisa.

Diferentemente dos demais temas, este intracaso ampliou o conceito de Questões Sociocientíficas ao incluir discussões sobre justiça epistêmica e participação das mulheres na ciência. Essa perspectiva dialoga com estudos feministas da ciência, que defendem uma abordagem histórica capaz de reconhecer as relações entre produção do conhecimento e desigualdades sociais (Schiebinger, 1999; Harding, 1986).

4.2.1.7 Intracaso 7 – August Kekulé: criatividade científica e construção do conhecimento

A Figura 17 mostra que a produção elaborada no Canva (Figura 17A) se concentrou na narrativa da descoberta da estrutura do benzeno e na criatividade associada ao sonho de Kekulé. Nas produções mediadas por IA (Figuras 17B e 17C), se observa maior organização visual e maior integração entre conceitos químicos, aplicações do benzeno e seus impactos ambientais e toxicológicos.

Figura 17 - Lambe-lambes relacionados ao August Kekulé.



Fonte: Dados da pesquisa.

A evolução das produções indica que o *prompt* estruturado favoreceu a superação de uma narrativa centrada apenas na descoberta científica, permitindo discutir simultaneamente imaginação, validação experimental e consequências sociais do conhecimento químico. Essa abordagem se aproxima da compreensão da modelagem científica como processo criativo e histórico (Nersessian, 1992; Justi; Gilbert, 2002).

4.2.1.8 Intracaso 8 – Justus von Liebig: química agrícola e sustentabilidade

Na Figura 18 é possível observar que a produção autoral (Figura 18A) enfatizou a Lei do Mínimo e sua relação com a fertilidade do solo, utilizando poucos elementos visuais. As produções geradas por IA (Figuras 18B e 18C) ampliaram significativamente a integração entre conceitos químicos, produtividade agrícola e degradação ambiental, organizando explicitamente benefícios, problemas e consequências da intensificação agrícola.

Figura 18 - Lambe-lambes relacionados ao Justus von Liebig.



Fonte: Dados da pesquisa.

Esse resultado demonstra que o *prompt* estruturado favoreceu a contextualização da Química Agrícola em debates sobre sustentabilidade, aproximando a atividade das Questões Socioquímicas. Tal perspectiva dialoga com discussões sobre educação científica voltada à sustentabilidade (Çalık; Wiyarsi, 2021) e com a necessidade de compreender a ciência em suas implicações ambientais e sociais (Rockström et al., 2009).

4.2.2 Etapa 2. Análise dos intercasos

A análise intercasos foi conduzida mediante comparação interpretativa das vinte e cinco tríades completas de lambe-lambes produzidas ao longo da intervenção pedagógica, considerando conjuntamente as três condições investigadas: produção autoral no Canva, produção com Inteligência Artificial Generativa mediante *prompt* livre e produção com IA apoiada por *prompt* estruturado. Diferentemente da análise intracaso, cujo foco recaiu sobre as especificidades de cada episódio histórico, a análise intercasos buscou compreender os padrões de significado que atravessaram o conjunto do *corpus* visual. Sob a perspectiva da Análise Temática Reflexiva, esses padrões não foram previamente definidos, mas construídos a partir da leitura reiterada das imagens, da comparação entre as produções e do diálogo contínuo entre os dados empíricos e a literatura (Braun; Clarke, 2021). Esse movimento interpretativo permitiu identificar quatro temas analíticos centrais.

4.2.2.1 Tema 1 – *Da autoria visual à mediação algorítmica: diferentes formas de construir conhecimento químico*

O primeiro padrão identificado se refere às transformações produzidas pelas diferentes formas de mediação tecnológica. As produções elaboradas exclusivamente pelos estudantes apresentaram elevada heterogeneidade estética. Embora tecnicamente mais simples, revelaram maior diversidade de estilos, linguagens gráficas e estratégias de comunicação. Alguns optaram por infográficos; outros por colagens digitais, cartazes políticos, pôsteres científicos ou composições minimalistas. Essa diversidade pode ser observada nos casos de Rosalind Franklin, Fritz Haber, Justus von Liebig e Armand Seguin, cujas versões autorais apresentam soluções visuais bastante distintas, evidenciando que cada estudante interpretou o gênero lambe-lambe segundo sua própria compreensão histórica e estética (Figuras 11-18).

Sob essa perspectiva, a autoria não se restringe ao domínio técnico da ferramenta Canva, mas envolve escolhas semióticas relativas à seleção de imagens, hierarquia das informações, composição espacial e construção de sentidos. Conforme argumentam Kress e van Leeuwen (2006), materiais multimodais comunicam significados por meio da interação entre linguagem verbal, imagens, cores, tipografia e organização espacial, tornando essas escolhas parte integrante da produção de conhecimento. Nas etapas mediadas pela IA se observa uma alteração significativa desse processo. A autoria permanece presente, porém passa a ser compartilhada com o algoritmo, cuja influência se torna visível tanto na estética quanto na organização das informações. Essa constatação se aproxima das discussões recentes sobre Inteligência Artificial Generativa na educação, segundo as quais a IA não substitui o sujeito produtor, mas reconfigura os processos de autoria, exigindo novas formas de letramento digital e crítico.

4.2.2.2 Tema 2 – *O prompt estruturado como instrumento de apoio à mediação pedagógica*

O segundo tema evidencia que o principal efeito do *prompt* estruturado não foi produzir imagens "mais bonitas", mas reorganizar pedagogicamente o conhecimento apresentado. Nas produções obtidas com *prompt* livre predominam cartazes visualmente impactantes, porém frequentemente centrados na figura do cientista e em mensagens de forte apelo emocional. Já nas produções elaboradas com *prompt* estruturado se observa

maior recorrência de elementos organizadores, tais como: benefícios sociais; impactos ambientais; contexto histórico; conceitos químicos; aplicações; problemas éticos; relações entre ciência e sociedade. Esse padrão aparece de forma consistente nos casos de Marie Curie, Fritz Haber, Justus von Liebig, Antoine Lavoisier e Armand Seguin.

Embora a imagem tenha sido gerada por Inteligência Artificial, as dimensões históricas, químicas e socioquímicas incorporadas ao material foram definidas pelo pesquisador no momento de elaboração do *prompt*. O comando funcionou, portanto, como um recurso técnico de apoio, responsável por orientar a ferramenta quanto aos conteúdos e à forma de organização esperada. Isso não significa que o *prompt* tenha exercido, por si só, uma função mediadora, uma vez que a seleção, a problematização e a validação das informações permaneceram dependentes do julgamento humano. Assim, no contexto da pesquisa, o *prompt* estruturado contribuiu para organizar os elementos que deveriam compor a produção visual e reduzir a indeterminação da resposta gerada pela ferramenta. Sua contribuição, contudo, esteve condicionada à qualidade das escolhas realizadas pelo pesquisador, à revisão do material produzido e à verificação de sua adequação científica e pedagógica. Portanto, o *prompt* deve ser compreendido como suporte à mediação, e não como substituto da ação docente ou como garantia de qualidade do produto final.

4.2.2.3 Tema 3 – As Questões Socioquímicas emergem como eixo integrador da História da Química

O terceiro tema revela uma transformação importante na natureza das narrativas produzidas. Enquanto as versões autorais frequentemente privilegiaram descobertas científicas e biografias dos cientistas, as produções mediadas por IA, sobretudo mediante *prompt* estruturado, passaram a incorporar discussões relacionadas aos impactos sociais da Química. Essa tendência se mostrou particularmente evidente nos temas Fritz Haber, Justus von Liebig, Marie Curie, Rosalind Franklin e Armand Seguin. Nesses casos, os lambe-lambes deixam de responder apenas "quem descobriu?" ou "o que foi descoberto?" para problematizar questões como: produção de alimentos versus indústria bélica; produtividade agrícola versus degradação ambiental; radioatividade como benefício e risco; invisibilidade feminina na produção científica; industrialização e exploração ambiental.

Esses resultados vão ao encontro diretamente da literatura sobre Questões Sociocientíficas, conforme estudos de Sadler (2004), Zeidler et al. (2005) e Çalık e Wiyarsi, (2021) que asseguram que o ensino de Química se torna mais efetivo quando conhecimentos científicos são discutidos em seus contextos sociais, ambientais, econômicos e éticos. Se percebe, portanto, que a intervenção favoreceu uma compreensão menos conteudista da História da Química, aproximando-a de problemas contemporâneos e de debates socialmente relevantes.

4.2.2.4 Tema 4 – A estética algorítmica amplia a comunicação, mas também produz padronização

O quarto tema evidencia uma tensão recorrente em praticamente todas as tríades analisadas. Independentemente do episódio histórico abordado, as produções geradas por IA passaram a compartilhar características muito semelhantes: retrato central do cientista; fundo envelhecido; tipografia em letras maiúsculas; texturas de cartazes urbanos; ícones científicos; divisão em blocos informativos; equilíbrio cromático; aparência de pôster profissional. Esse padrão pode ser observado em praticamente todos os temas analisados.

Embora essa padronização torne os materiais visualmente atrativos, ela reduz parte da diversidade encontrada nas produções autorais. Em outras palavras, o ganho estético foi acompanhado por certa homogeneização das soluções visuais. Além disso, se verificaram limitações próprias da geração automática de imagens, como pequenas inconsistências textuais, excesso de informações, baixa legibilidade de alguns elementos e simplificações históricas. Esses resultados reforçam que a Inteligência Artificial Generativa constitui uma tecnologia de apoio ao planejamento didático, mas não substitui a validação científica e pedagógica realizada pelo professor. Conforme discutem Allchin (2014) e Matthews (1994), a História da Ciência exige contextualização histórica rigorosa, aspecto que continua dependendo da mediação docente.

Por fim, consideradas em conjunto, as vinte e três tríades analisadas indicam que a mediação tecnológica produziu transformações progressivas tanto na forma quanto no conteúdo dos lambe-lambes. A produção autoral revelou maior diversidade estética e evidenciou as escolhas individuais dos licenciandos. A utilização da IA ampliou a qualidade visual das produções, mas também favoreceu padrões composicionais recorrentes. Já a adoção do *prompt* estruturado se mostrou decisiva para organizar

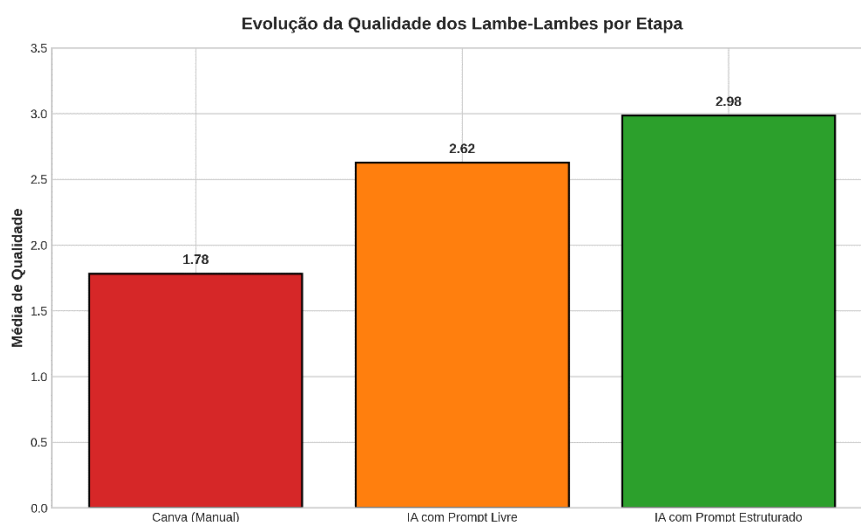
pedagogicamente as informações, integrar conceitos históricos e químicos e ampliar a incorporação de Questões Socioquímicas.

Sob a perspectiva da Análise Temática Reflexiva, esses resultados não devem ser interpretados como uma hierarquia entre produção humana e produção mediada por IA, mas como diferentes formas de construção de significados. A atividade evidenciou que a Inteligência Artificial, quando acompanhada por planejamento pedagógico e mediação docente, pode favorecer a comunicação científica e a contextualização histórica da Química. Contudo, também demonstrou que autoria, criticidade e validação conceitual permanecem responsabilidades essencialmente humanas.

4.3 ANÁLISE INTRACASO: EVOLUÇÃO QUALITATIVA

A análise intracaso desta seção revela a evolução qualitativa de cada produção ao longo das três etapas, apresentando, desse modo, a síntese dos achados principais. A Figura 19 apresenta a evolução média de qualidade por etapa, agregando todos os oito casos e oito critérios.

Figura 19 - Evolução da qualidade média dos lambe-lambes por etapa (N=8 casos, 8 critérios cada).



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 19 acima apresenta a evolução média de qualidade por etapa, agregando todos os oito casos e oito critérios. Os dados revelam uma progressão clara, mostrando Canva (M=1,78) → IA com *prompt* livre (M=2,62) → IA com *prompt* estruturado (M=2,98). Esta trajetória sugere que a mediação por IA, particularmente quando acompanhada de *prompts* estruturados, amplifica significativamente a qualidade dos artefatos visuais. Se observa que a evolução não é linear, mas demonstra que a IA, quando adequadamente orientada através de *prompts* estruturados, funciona como um amplificador de capacidades comunicativas. Contudo, a produção manual (Canva) não é simplesmente "inferior"; ela representa um estágio de exploração criativa menos refinada, mas potencialmente mais autêntica em termos de agência do licenciando. A IA oferece sofisticação visual e conceitual, enquanto a produção manual oferece autenticidade e engajamento direto com o processo criativo.

4.3.1 Casos Exemplares

O caso de Mendeleev apresenta a maior disparidade entre etapas, com média de qualidade de 1,00 em Canva (todas as dimensões avaliadas como baixas), 2,63 em IA com *prompt* livre, e 2,88 em IA com *prompt* estruturado. A produção manual de Mendeleev em Canva apresenta desorganização visual severa, com elementos dispersos, hierarquia confusa e legibilidade comprometida. O licenciando aparentemente enfrentou dificuldades em sintetizar a complexidade da tabela periódica em formato de lambe-lambe. A introdução da IA com *prompt* livre transformou radicalmente o artefato: organização visual clara, hierarquia estabelecida, integração de elementos coerente. O *prompt* estruturado consolidou ainda mais estes ganhos, adicionando rigor químico e profundidade contextual. Conforme discutem Kress e Van Leeuwen (2006), a composição visual é um ato semiótico que requer compreensão de como elementos se organizam para construir significado. A tabela periódica é um objeto epistemicamente complexo que exige design sofisticado para ser comunicado em formato de lambe-lambe. A IA forneceu o "*scaffolding*"² visual necessário para que o licenciando pudesse comunicar adequadamente este conceito.

O caso de Fritz Haber é particularmente revelador quanto às questões

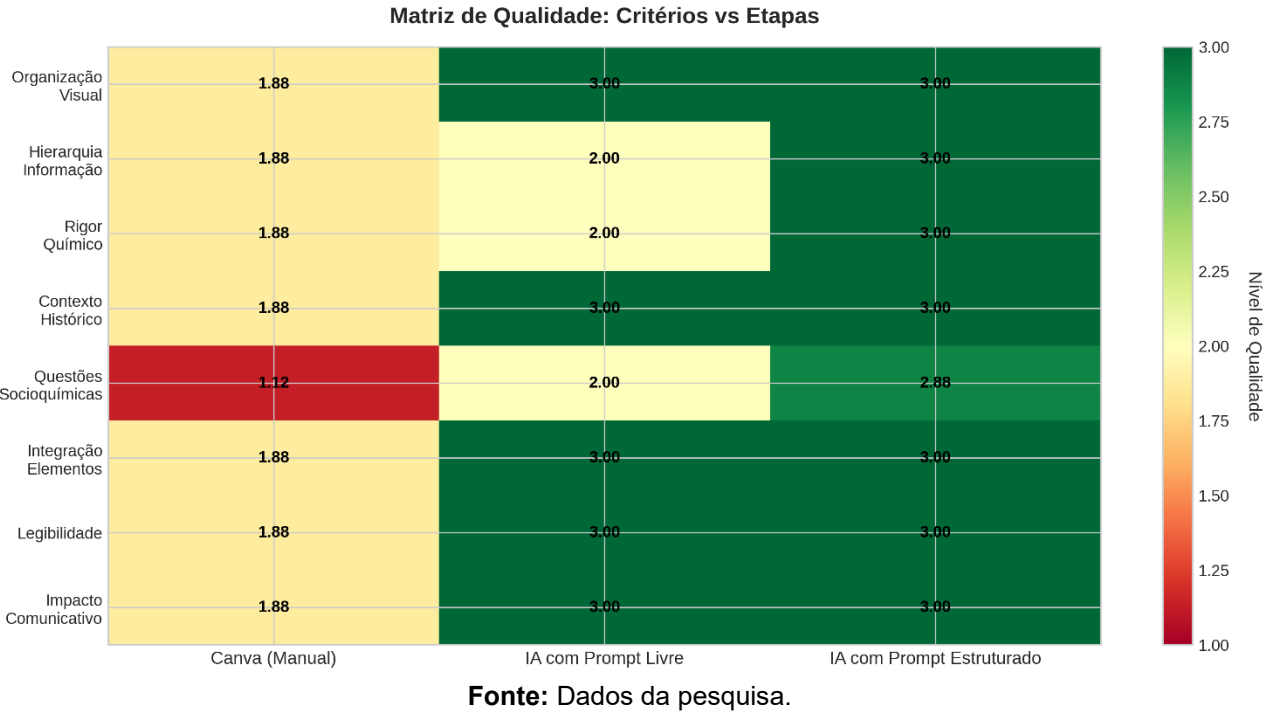
² No contexto educacional, *scaffolding* significa oferecer um apoio temporário e ajustado para que o estudante consiga realizar uma tarefa que ainda não faria sozinho. Esse apoio vai sendo retirado aos poucos, até que a pessoa ganhe autonomia.

socioquímicas. A avaliação revela que em Canva as questões socioquímicas recebem pontuação de 2 (abordagem superficial da síntese de amônia), em IA com *prompt* livre recebem 3 (abordagem clara da dualidade alimentação vs. armas), e em IA com *prompt* estruturado mantêm 3 (aprofundamento ético e político). O lambe-lambe manual menciona brevemente a "Lei do Mínimo" e a amônia, mas não articula as implicações éticas e políticas da síntese de amônia (processo Haber-Bosch) para produção de explosivos. A IA com *prompt* livre já introduz elementos de conflito (alimentos vs. armas), enquanto o *prompt* estruturado integra discussão sobre responsabilidade científica, contexto político e dilemas éticos. Sobre isto, López-Fernández et al. (2022) argumentam que Questões Socioquímicas (SSI) são essenciais para desenvolver pensamento crítico em educação em ciências. A análise revela que a IA, quando orientada por *prompts* que explicitamente solicitam abordagem de SSI, amplifica significativamente a profundidade desta dimensão. Isto sugere que o licenciando, ao formular o *prompt* estruturado, estava mobilizando consciência sobre a importância de contextualizar a ciência em suas implicações sociais.

4.3.2 Matriz de Qualidade por Critério

A Figura 20 apresenta uma matriz de qualidade comparando os oito critérios nas três etapas. A matriz revela padrões diferenciados por critério. Os critérios que evoluem consistentemente incluem organização visual (1,88 → 2,88 → 3,00), hierarquia de informação (1,88 → 2,25 → 3,00) e legibilidade (1,88 → 2,88 → 3,00). Estes critérios se beneficiam diretamente das capacidades visuais e de design da IA. Em contraste, os critérios que evoluem moderadamente incluem rigor químico (1,88 → 2,13 → 2,88) e contexto histórico (1,88 → 2,88 → 3,00). Estes requerem não apenas design, mas também conhecimento disciplinar e histórico. O critério que evolui mais lentamente é questões socioquímicas (1,38 → 2,13 → 2,63), que depende fortemente da intencionalidade pedagógica do licenciando ao formular o *prompt*. A IA amplifica, mas não cria de forma autônoma, a consciência sobre SSI.

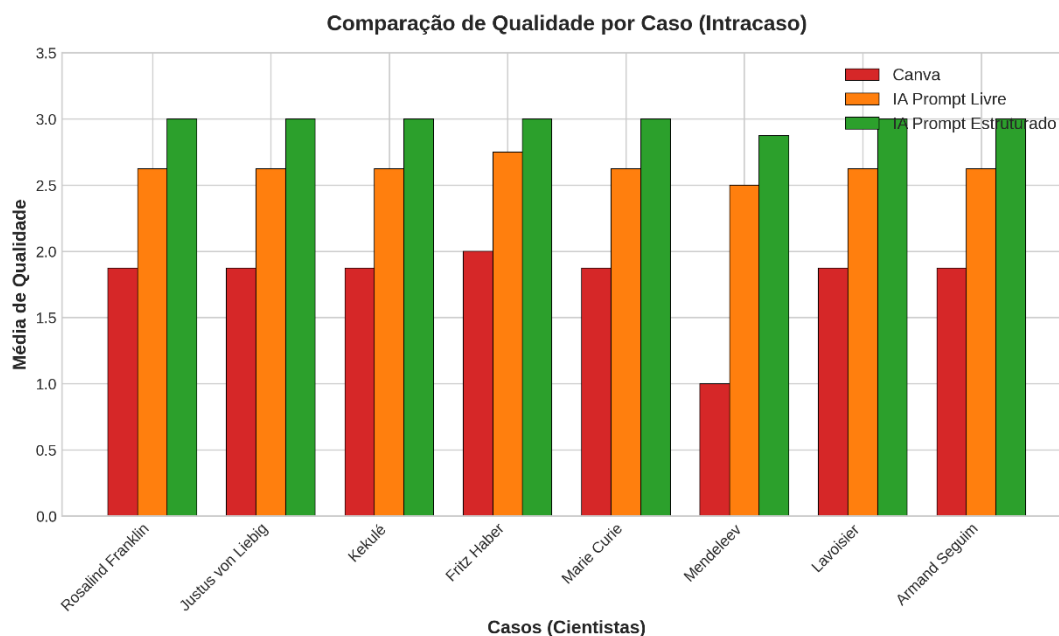
Figura 20 - Matriz de qualidade (critérios × etapas). Cores mais verdes indicam maior qualidade.



4.3.3 Comparação Qualitativa Intracaso

A Figura 21 apresenta a comparação intracaso para todos os oito casos. Todos os oito casos seguem o padrão geral de evolução (Canva < IA Livre < IA Estruturado), mas com variações significativas. Os casos com evolução mais acentuada incluem Mendeleev (1,00 → 2,63 → 2,88) e Lavoisier (2,00 → 2,88 → 3,00), que mostram transformações significativas sugerindo que o licenciando enfrentava maior dificuldade na produção manual. Em contraste, os casos com evolução mais suave incluem Rosalind Franklin (2,00 → 2,88 → 3,00) e Marie Curie (2,00 → 2,88 → 3,00), que mostram evolução consistente, mas menos dramática, sugerindo que a produção manual já possuía qualidades comunicativas razoáveis.

Figura 21 - Comparação intracaso de qualidade média por caso (N=8 critérios por caso).



Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.4 Análise Intercasos

A análise intercasos identifica padrões transversais que emergem quando se comparam os oito casos. Por exemplo, todos os oito casos demonstram a mesma trajetória: $\text{Canva} < \text{IA Livre} < \text{IA Estruturado}$. Isto não é coincidência, mas reflete uma estrutura fundamental na mediação por IA. A IA com *prompt* livre já oferece ganhos efetivos em organização visual e legibilidade. O *prompt* estruturado consolida estes ganhos e adiciona profundidade em rigor químico, contexto histórico e questões socioquímicas. Este padrão universal sugere que a IA funciona como um "amplificador de intenção pedagógica". Quando o licenciando oferece um *prompt* vago ("crie um lambe-lambe sobre Mendeleev"), a IA produz algo visualmente melhorado, mas conceitualmente superficial, porém, quando o licenciando oferece um *prompt* estruturado (especificando elementos históricos, questões socioquímicas, estrutura visual), a IA amplifica esta intenção estruturada.

Já a dimensão de questões socioquímicas é a que menos evolui ($1,38 \rightarrow 2,13 \rightarrow 2,63$). Isto é interpretativamente significativo, pois sugere que a IA não gera espontaneamente consciência sobre implicações sociais. A evolução ocorre apenas quando o licenciando explicitamente solicita isto no *prompt* estruturado. Este padrão revela uma lacuna importante na integração de SSI na formação docente, já que os licenciandos não estão, por padrão, pensando em questões socioquímicas ao formular *prompts*. A IA não compensa

esta lacuna; ela apenas amplifica o que o licenciando já solicita. Dessa maneira, o rigor químico evolui de 1,88 (Canva) para 2,88 (IA Estruturado), uma evolução moderada. Isto sugere que a IA pode melhorar a apresentação de conceitos químicos, mas não substitui a verificação crítica do licenciando. Conforme discutido na análise temática anterior, o licenciando funciona como "curador epistemológico". A IA oferece informações que podem conter imprecisões; o licenciando verifica e valida. Este processo de validação é o que garante rigor químico.

Embora o padrão geral seja universal, existem diferenças notáveis entre casos. Os casos que envolvem conceitos mais complexos, como Mendeleev com tabela periódica e Kekulé com estrutura do benzeno, mostram maior ganho com IA. Isto sugere que a IA é particularmente útil quando o licenciando enfrenta desafios em comunicar conceitos epistemicamente densos. Os casos como Lavoisier e Armand Seguin, que envolvem contextos históricos ricos (Revolução Francesa, contexto político), mostram maior evolução em "contexto histórico" quando mediados por IA. A IA acessa facilmente informações históricas e as integra visualmente. Finalmente, casos como Fritz Haber (síntese de amônia e explosivos) e Marie Curie (radioatividade e saúde) naturalmente comportam questões socioquímicas. Nestes casos, a evolução em SSI é mais acentuada. Em contraste, casos como Mendeleev (tabela periódica) mostram menor evolução em SSI, pois o conceito é menos naturalmente conectado a dilemas sociais.

Mayer (2009) propõe a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, que estabelece que a integração apropriada de textos e imagens otimiza o processamento cognitivo. Os dados desta análise corroboram esta teoria: a evolução em "organização visual" (1,88 → 3,00) e "legibilidade" (1,88 → 3,00) quando mediada por IA reflete exatamente a aplicação de princípios de design multimídia. A IA, ao aplicar automaticamente princípios de design multimídia, democratiza o acesso a materiais pedagogicamente sofisticados. Com isso, licenciandos sem treinamento formal em design conseguem produzir materiais que respeitam princípios cognitivos estabelecidos.

Neste viés, Brush e Slopek (2015) argumentam que a história da química oferece oportunidades únicas para ensinar sobre a natureza da ciência e, aparentemente, esta pesquisa denota que o lambe-lambe atuou como um recurso lúdico com amplo potencial para este fim. Sobre a evolução em "contexto histórico" (1,88 → 2,88 → 3,00) demonstra que a IA, quando orientada, consegue integrar adequadamente narrativas históricas em materiais pedagógicos. A IA não substitui o conhecimento histórico do licenciando, mas amplifica sua capacidade de comunicar este conhecimento visualmente.

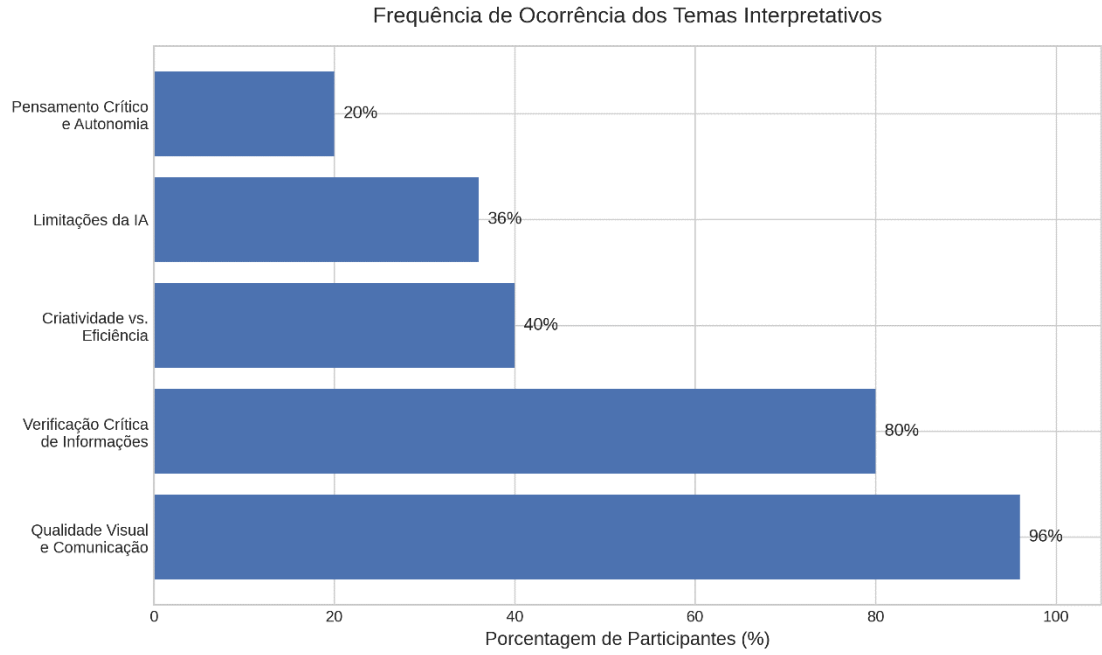
Nessa direção, López-Fernández et al. (2022) demonstram que a integração de Questões Socioquímicas (SSI) desenvolve pensamento crítico em estudantes de química. Logo, a análise revela que a evolução em SSI é a mais lenta ($1,38 \rightarrow 2,63$), sugerindo que esta dimensão não é naturalmente amplificada pela IA.

Logo, a formação docente deve incluir discussões explícitas sobre como integrar SSI em *prompts* para IA, pois, a ferramenta não compensa a ausência de intencionalidade pedagógica; ela apenas amplifica o que já existe. Kress e Van Leeuwen (2006) propõem que a comunicação visual é um ato semiótico onde elementos gráficos, tipográficos e composicionais constroem significados. A análise intracaso de Mendeleev exemplifica isto, já que denota que a IA não apenas "melhorou" a organização visual, mas transformou a capacidade semiótica do artefato de comunicar a tabela periódica.

4.4 PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES SOBRE A ATIVIDADE

A análise reflexiva resultou na construção de cinco temas interpretativos centrais. A Figura 22 apresenta a frequência de ocorrência dos temas nos discursos dos participantes. Para uma melhor organização, cada tema será apresentado, fundamentado empiricamente, interpretado e discutido à luz da literatura científica pertinente.

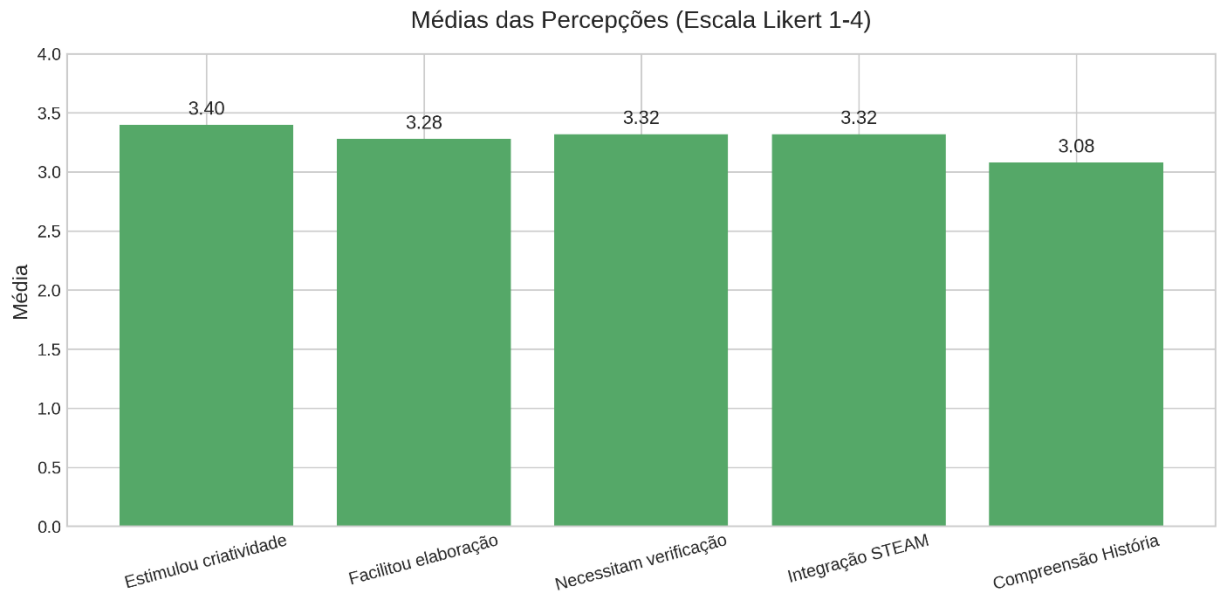
Figura 22 - Frequência de ocorrência dos temas interpretativos nas respostas abertas (N=25).



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 23 ilustra as médias obtidas nas escalas Likert para variáveis selecionadas, complementando a análise qualitativa.

Figura 23 - Médias das percepções dos participantes em escala Likert de 1 a 4 (N=25).



Fonte: Dados da pesquisa.

4.4.1 Tema 1: Tensão entre Criatividade Pessoal e Eficiência Técnica

Este tema captura o conflito interpretativo entre a valorização da expressão criativa autoral (na produção manual) e o reconhecimento da eficiência, rapidez e organização proporcionadas pela IA. Por exemplo, a tensão é explicitada na fala de P04: "O lambe-lambe produzido por mim refletiu mais a minha criatividade pessoal e exigiu mais tempo e esforço para ser desenvolvido. Ambos abordaram o mesmo tema, mas utilizaram recursos e processos diferentes". Da mesma forma, P07 observa que a produção manual apresentou "maior personalização, criatividade e relação com minhas próprias ideias", enquanto a IA ofereceu "uma organização mais rápida". Por outro lado, P13 expressa uma visão crítica sobre a ferramenta: "IA foi completamente genérico, e precisei utilizar menos minha criatividade e minha linha de pensamento". Este tema emergiu em 40% das respostas (n=10), indicando que aproximadamente dois em cada cinco licenciandos articularam espontaneamente esta tensão.

A emergência deste tema revela que os licenciandos não assumem uma postura dicotômica de aceitação cega ou rejeição total da IA. Pelo contrário, eles negociam o significado de "autoria" na era digital. A percepção de que a IA gera resultados "genéricos" demonstra uma consciência crítica sobre a homogeneização estética e conceitual que algoritmos treinados em grandes bases de dados podem impor. A criatividade, neste contexto, é interpretada não apenas como habilidade artística, mas como marca de identidade e pensamento individual do futuro professor. Na perspectiva do ensino de química, a capacidade de integrar diferentes níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico) exige esforço criativo e cognitivo (Mahaffy, 2006). A delegação excessiva desse processo à IA pode resultar no que a literatura denomina "descarregamento cognitivo" (*cognitive offloading*), reduzindo o engajamento profundo necessário para a aprendizagem significativa (Yuriev et al., 2025).

Contudo, quando utilizada como ferramenta de apoio (*scaffolding*), a IA pode potencializar a criatividade ao assumir tarefas operacionais, liberando recursos cognitivos para a síntese conceitual (Mirza et al., 2025). A tensão expressa pelos licenciandos reflete exatamente este limiar pedagógico. Assim, este tema demonstra que a integração da IA na formação inicial não suprime a agência do professor, mas exige uma reconfiguração do processo criativo. Para a Educação em Ciências, implica a necessidade de formar docentes capazes de utilizar a IA não como substituta da autoria, mas como parceira intelectual no design de materiais didáticos.

4.4.2 Tema 2: Verificação Crítica e Validação de Informações

Se refere à compreensão epistemológica de que as informações e representações geradas pela IA não são verdades absolutas, exigindo processos contínuos de conferência, revisão e validação frente ao conhecimento químico estabelecido. Como exemplo, a necessidade de validação é enfatizada pelo estudante P02, que aponta a "conferência de fontes e estudo para confirmar veracidade" como limitação. Já P07 destaca que "algumas informações fornecidas pela IA precisaram ser verificadas para garantir a precisão e a confiabilidade". P01 relata a dificuldade na interação iterativa: "a maior das limitações é ter uma 'conversa' plena ou adequada com a Inteligência Artificial, uma vez que ao refutar a resposta que nos é dada, ela fica cada vez mais tendenciosa ao erro". Cabe enfatizar que este tema emergiu em 80% das respostas (n=20), sendo o segundo mais frequente após a qualidade visual. Presente em 80% dos discursos (n=20) e corroborado pela média de 3,32 na escala Likert sobre a necessidade de verificação, este tema é central para responder à questão de pesquisa sobre o pensamento crítico. Os licenciandos demonstram compreender que a IA é um modelo probabilístico de linguagem, não um repositório factual. A observação de P01 sobre a "tendência ao erro" durante o refinamento do *prompt* evidencia uma sofisticação metacognitiva notável, pois o estudante percebe as limitações algorítmicas da ferramenta durante a própria interação.

Vale lembrar que a literatura recente sobre IA no ensino superior enfatiza o desenvolvimento da "alfabetização em IA" (AI literacy), definida como a capacidade de avaliar criticamente as respostas dos algoritmos e compreender suas limitações (Young et al., 2024). A integração de Questões Socioquímicas (SSI), como a produção de materiais de comunicação científica, tem se mostrado eficaz para desenvolver o pensamento crítico, pois exige que os estudantes analisem evidências, avaliem fontes e tomem decisões fundamentadas (López-Fernández et al., 2022).

O processo de validação descrito pelos licenciandos é, portanto, uma manifestação prática da alfabetização científica e tecnológica. Contudo, a verificação crítica atua como o principal mecanismo de mobilização do conhecimento químico. O estudante não aprende passivamente com a IA; ele aprende ao ser forçado a confrontar o output da máquina com o conhecimento científico validado. Isso sugere que o erro algorítmico (alucinação), quando pedagogicamente mediado, se torna uma oportunidade para o desenvolvimento do pensamento crítico.

4.4.3 Tema 3: Qualidade Visual e Comunicação Científica

A percepção de que a IA potencializa significativamente a estética, o layout e a clareza visual do lambe-lambe, facilitando a tradução de conceitos científicos complexos para formatos de comunicação pública. Nessa miríade, o estudante P04 traz uma evidência empírica ao relatar que a IA "apresentou imagens mais elaboradas, melhor distribuição dos elementos e um acabamento mais profissional". P20 destaca a capacidade de composição: "Con IA se ve más producido, tiene más elementos y logra llenar los espacios vacíos sin que se vea sobrecargado". P18 sintetiza a relação entre forma e conteúdo: a IA "contribuiu para melhorar a estética do lambe-lambe, sugerindo combinações de cores, imagens e formas de destacar as informações mais importantes". Vale denotar que este é o tema mais frequente, emergindo em 96% das respostas (n=24).

Com isso, a análise revela que os estudantes não valorizam a estética de forma isolada, mas sim sua função epistêmica. Ao destacar que a IA ajuda a não deixar o material "sobrecarregado" (P20) ou a "destacar informações importantes" (P18), os licenciandos demonstram compreensão intuitiva sobre os princípios de design da informação. A IA atua como um tradutor semiótico, ajudando a converter a linguagem química formal em comunicação visual acessível, em conformidade com a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia estabelece que a integração adequada de textos e imagens otimiza o processamento cognitivo (Mayer, 2009), e, no ensino de química, onde a abstração é um desafio histórico, representações visuais adequadas são cruciais (Mahaffy, 2006).

Em corroboração, estudos sobre o uso de pôsteres e materiais visuais por estudantes de graduação indicam que o design visual eficaz é uma habilidade de comunicação científica essencial, frequentemente negligenciada nos currículos tradicionais (Bezanilla et al., 2019). A IA preenche essa lacuna técnica, permitindo que os estudantes foquem na precisão conceitual da mensagem. Entretanto, a IA democratiza o design visual, permitindo que licenciandos sem treinamento formal em artes gráficas produzam materiais de alta qualidade comunicativa. Contudo, o papel do professor permanece central na curadoria de quais elementos visuais representam corretamente os modelos químicos subjacentes.

4.4.4 Tema 4: Limitações Epistemológicas e Contextuais da IA

O reconhecimento de que a IA possui dificuldades estruturais para compreender contextos pedagógicos específicos, adequar a linguagem ao público-alvo e sintetizar informações sem excessos. O estudante P06 aponta a dificuldade de síntese: "a impossibilidade da IA de produzir sem tanta informação, pois ela tenta colocar muito numa produção que não deve estar sobrecarregada de dados". P03 destaca a falha na adequação: "a veces la información no estaba del todo adaptada al nivel de la actividad". P18 reforça o problema contextual: "as informações ou os elementos visuais gerados não correspondiam exatamente ao que havia solicitado". Vale mencionar que este tema emergiu em 36% das respostas (n=9).

Ele se diferencia da "Verificação Crítica" por focar nas falhas estruturais da ferramenta, não na ação do estudante. Pois, os licenciandos identificam que a IA opera de forma descontextualizada. É pertinente destacar que o lambe-lambe é um gênero textual de rua, direto e sintético; a tendência da IA de gerar textos prolixos e imagens excessivamente realistas (como notado por P05) demonstra a dificuldade do algoritmo em apreender as nuances de gêneros discursivos marginais ou específicos. No entanto, avaliações recentes sobre as capacidades de Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) na química apontam que, embora possuam vasta base de dados, eles falham frequentemente no raciocínio profundo e na adequação ao contexto instrucional (Clark et al., 2023). Contudo, a transposição didática, ou seja, a capacidade de transformar o saber sábio em saber ensinado, adequando-o ao nível cognitivo do aluno, é uma competência exclusivamente humana, baseada no Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) (Mishra; Koehler, 2006). Diante disso, as limitações da IA reforçam a insubstituibilidade do professor. A máquina pode gerar o conteúdo, mas a intencionalidade pedagógica, a adequação da linguagem e a sensibilidade ao contexto social da sala de aula permanecem como domínios da práxis docente.

4.4.5 Tema 5: Pensamento Crítico e Autonomia Intelectual

O processo pelo qual a comparação entre a produção autoral e a produção algorítmica gera reflexão metacognitiva sobre a própria aprendizagem e a natureza do conhecimento. O estudante P03 sintetiza a essência deste tema: a IA "no sustituye el propio

razonamiento para entender realmente el tema". A análise das escalas Likert corrobora esta visão, com média de 3,08 para a afirmação de que a IA não substitui o conhecimento do professor, com concordância de 72% (n=18). Este tema emergiu em 20% das respostas (n=5), sendo menos frequente que outros, mas epistemicamente significativo. Logo, a atividade de comparar três versões de lambe-lambes funcionou como um catalisador para o pensamento crítico. Ao observar como a máquina resolve o problema, o estudante é forçado a explicitar seus próprios critérios de qualidade, pois a autonomia intelectual se manifesta na capacidade de sobrepor o julgamento humano à sugestão algorítmica.

Vale frisar que o pensamento crítico em ciências envolve a capacidade de questionar evidências, analisar múltiplas perspectivas e tomar decisões autônomas (López-Fernández et al., 2022). Assim, a abordagem de Questões Socioquímicas (SSI) é reconhecida por promover o engajamento dos estudantes em dilemas complexos, fomentando a reflexão ética e científica (Saldaña, 2021). Porém, a introdução da IA neste processo adiciona uma nova camada de complexidade sociotécnica, exigindo que os estudantes avaliem não apenas a química, mas a própria mediação tecnológica. Nesse contexto, o pensamento crítico é mobilizado precisamente na fricção entre a intenção do estudante e o output da IA. A atividade demonstra que metodologias ativas que incorporam a IA de forma comparativa e reflexiva são superiores à proibição ou ao uso acrítico da ferramenta.

4.4.6 Tema 6: Integração STEAM (Tema Ausente/Implícito)

Embora a escala Likert indique alta concordância (média 3,32, n=22 com respostas 3-4) de que a atividade favoreceu a integração STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática), este conceito não emergiu espontaneamente nas respostas abertas. Na RTA, ausências são analiticamente significativas (Braun; Clarke, 2021). Isto sugere que, embora os estudantes vivenciem a integração (unindo química, design visual e IA), eles ainda não possuem apropriação teórica do framework STEAM para articulá-lo discursivamente. A integração ocorre na prática, mas carece de reflexão conceitual explícita na formação inicial.

4.5 CASOS NEGATIVOS E DIVERGÊNCIAS

A análise de casos divergentes (Nowell et al., 2017) revela que P05 apresentou respostas excessivamente curtas, indicando baixo engajamento reflexivo com a proposta. Além disso, participantes como P22 (que respondeu em francês) e P03 (em espanhol) apontam para a diversidade linguística da turma, o que pode ter influenciado a profundidade da articulação escrita em alguns casos, embora a essência da compreensão crítica estivesse presente.

4.6 ANÁLISE QUANTITATIVA DESCRITIVA

A análise descritiva das escalas Likert revela padrões importantes sobre as percepções dos licenciandos acerca da atividade pedagógica. Os dados apresentados na Tabela 7 oferecem complementaridade à análise temática qualitativa, permitindo visualizar o consenso e as variações nas respostas. Para discussão, se optou em discutir os resultados em subtemas.

Tabela 7 - Estatísticas descritivas das escalas Likert (N=25)

Questão	Média	Moda	n (3-4)	%
Estimulou criatividade	3,40	4	22	88%
Facilitou elaboração do material	3,28	3	22	88%
Necessitam verificação	3,32	4	21	84%
Integração STEAM	3,32	4	22	88%
Compreensão História da Química	3,08	3	21	84%
IA não substitui conhecimento do professor	3,08	4	18	72%

Fonte: Dados da pesquisa.

4.7 PERCEPÇÕES POSITIVAS PREDOMINANTES

Três questões apresentaram as maiores médias e frequências de concordância: "Estimulou criatividade" (M=3,40, 88%, n=22), "Facilitou elaboração do material" (M=3,28, 88%, n=22) e "Integração STEAM" (M=3,32, 88%, n=22). Estes dados indicam que a maioria dos licenciandos (aproximadamente 9 em cada 10) reconheceu a atividade como promotora de criatividade, facilitadora do processo de produção e integradora de múltiplas dimensões do conhecimento. Logo, a concordância elevada sobre criatividade (88%, n=22) é particularmente significativa, considerando que o tema qualitativo "Tensão entre Criatividade Pessoal e Eficiência Técnica" emergiu em apenas

40% (n=10) das respostas abertas. Isto sugere que, embora nem todos os estudantes tenham articulado espontaneamente a tensão criativa, a maioria reconheceu que a atividade como um todo estimulou seu pensamento criativo.

A discrepância entre a frequência qualitativa e a concordância quantitativa pode indicar que a criatividade foi vivenciada de forma implícita ou que a escala Likert capturou dimensões de criatividade não explicitadas nas respostas abertas. A integração STEAM (M=3,32, 88%, n=22) apresenta um padrão similar, ou seja, alta concordância na escala, mas ausência de articulação espontânea nas respostas abertas. Conforme discutido anteriormente, isto sugere que os licenciandos vivenciam a integração na prática (combinando química, tecnologia, design visual e IA) sem necessariamente possuir apropriação teórica do framework STEAM para nomeá-lo discursivamente.

4.7.1 Necessidade de Verificação Crítica

A questão "Necessitam verificação" (M=3,32, 84%, n=21) apresenta concordância muito elevada, se alinhando perfeitamente com o tema qualitativo "Verificação Crítica e Validação de Informações" (80%, n=20). Esta convergência entre dados quantitativos e qualitativos oferece forte evidência de que a verificação crítica é uma preocupação central e generalizada entre os licenciandos. O fato de 84% (n=21) concordarem que as respostas da IA necessitam verificação indica que a maioria dos estudantes desenvolveu consciência epistemológica sobre a confiabilidade de fontes mediadas por algoritmos. Esta percepção é crucial para a formação docente, pois sugere que os licenciandos não estão desenvolvendo dependência acrítica da IA, mas sim uma relação reflexiva e cautelosa. A média de 3,32 (em escala de 1-4) indica concordância forte, não apenas moderada.

4.7.2 Compreensão Conceitual e História da Química

A questão "Compreensão História da Química" (M=3,08, 84%, n=21) apresenta média ligeiramente inferior às questões anteriores, mas ainda com concordância elevada. Isto indica que a maioria dos licenciandos (84%, n=21) reconheceu que a atividade contribuiu para sua compreensão da história da química. A média de 3,08 sugere que, embora a maioria tenha concordado, houve maior variabilidade nas respostas comparado

a outras questões. Acredita-se que esta variabilidade pode refletir diferenças individuais na apropriação do conteúdo histórico ou na percepção de como a atividade de produção de lambe-lambes se relaciona com compreensão histórica. Alguns estudantes podem ter focado mais na dimensão técnica (design visual, uso de IA) do que na dimensão histórica (conhecimento sobre história da química).

4.7.3 IA Não Substitui Conhecimento do Professor

A questão "IA não substitui conhecimento do professor" ($M=3,08$, 72%, $n=18$) apresenta a menor concordância entre as questões analisadas, embora ainda represente uma maioria clara. Logo, o fato de 72% ($n=18$) concordarem com esta afirmação indica que aproximadamente três em cada quatro licenciandos reconhecem a insubstituibilidade do conhecimento pedagógico humano. Entretanto, a concordância de 72% ($n=18$) é notavelmente inferior aos 88% ($n=22$) observados em outras questões. Isto sugere que aproximadamente 28% ($n=7$) dos licenciandos apresentaram respostas mais neutras ou discordantes sobre a insubstituibilidade do professor.

Possíveis interpretações incluem: a) Ambivalência sobre o papel da IA: Alguns estudantes podem estar ainda negociando o significado do conhecimento docente na era da IA, sem uma posição clara sobre se a IA pode ou não substituir certas dimensões da prática pedagógica; b) Confiança excessiva na ferramenta: Uma minoria pode ter desenvolvido percepção de que a IA é mais capaz do que realmente é, particularmente em relação à transposição didática e à adequação contextual e, por fim, c) Falta de clareza conceitual: Os estudantes podem não ter compreendido plenamente o que significa "conhecimento do professor", interpretando a questão de formas distintas. Portanto, a moda de 4 (concordância máxima) para esta questão indica que, entre aqueles que responderam, muitos concordaram fortemente. Porém, a presença de respostas 1, 2 ou 3 (discordância ou neutralidade) em 28% ($n=7$) dos casos é pedagogicamente significativa, sugerindo necessidade de discussão mais explícita sobre os limites epistemológicos da IA na formação docente.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como propósito investigar como diferentes níveis de mediação da Inteligência Artificial Generativa influenciam a produção de lambe-lambes didáticos sobre História da Química e as percepções de licenciandos em Química acerca da aprendizagem, do pensamento crítico e da formação docente. Ao longo da investigação, se buscou compreender não apenas as transformações observadas nos produtos elaborados pelos estudantes, mas, sobretudo, como esses futuros professores passaram a refletir sobre o próprio processo de construção do conhecimento quando a Inteligência Artificial passou a integrar suas práticas de criação.

Os resultados evidenciaram que a utilização da Inteligência Artificial promoveu mudanças expressivas na qualidade visual e comunicativa dos materiais produzidos. À medida que o nível de mediação aumentou, especialmente com a utilização de prompts estruturados, se observou maior organização gráfica, melhor distribuição dos elementos visuais, ampliação da integração entre História da Química, Questões Socioquímicas e contexto histórico, além de uma comunicação científica mais atrativa e acessível. Esses resultados indicam que a IA pode funcionar como um importante recurso de apoio ao design de materiais didáticos, favorecendo processos de transposição didática e comunicação científica.

Entretanto, a pesquisa também demonstrou que a melhoria estética não ocorreu de forma independente da atuação humana. As análises intracaso e intercasos revelaram que os melhores resultados foram alcançados quando os estudantes exerceram papel ativo na elaboração, revisão e refinamento das produções, especialmente durante a construção dos *prompts*. Em outras palavras, a qualidade dos materiais não decorreu apenas da capacidade técnica da ferramenta, mas da intencionalidade pedagógica de seus usuários.

As percepções dos licenciandos reforçaram essa interpretação. Embora reconheçam o potencial da Inteligência Artificial para ampliar a criatividade, otimizar o tempo e qualificar a comunicação visual, os participantes demonstraram compreender que as informações produzidas pela IA necessitam de constante verificação, validação científica e análise crítica. Essa postura evidencia um aspecto particularmente relevante para a formação inicial de professores, pois a tecnologia pode apoiar o trabalho docente, mas não

substitui o conhecimento disciplinar, o julgamento pedagógico nem a responsabilidade ética do professor.

Outro aspecto importante evidenciado pela investigação foi a aproximação entre a abordagem STEAM, a História da Química e as Questões Socioquímicas. A produção dos lambe-lambes favoreceu a integração entre conhecimentos científicos, elementos históricos, linguagem visual e discussões sociais, permitindo que os licenciandos elaborassem materiais didáticos mais contextualizados e potencialmente mais significativos para a Educação Básica. Nesse sentido, a atividade ultrapassou a simples produção gráfica e se constituiu como um exercício de autoria, comunicação científica e reflexão sobre o papel social da Química.

Dessa forma, se considera que a principal contribuição desta pesquisa consiste em demonstrar que o uso pedagógico da Inteligência Artificial depende menos da sofisticação tecnológica da ferramenta e mais da qualidade da mediação realizada pelo professor. Os resultados indicam que o desenvolvimento da competência para elaborar *prompts*, avaliar criticamente respostas geradas pela IA, revisar conteúdos e integrar diferentes saberes deve ser compreendido como parte da formação docente contemporânea. Em vez de reduzir a autonomia do futuro professor, a utilização consciente da Inteligência Artificial pode fortalecer sua capacidade de planejar, selecionar, adaptar e comunicar conhecimentos científicos de maneira mais crítica, criativa e socialmente contextualizada.

Os resultados desta investigação sugerem que a passagem da autoria ao *prompt* não representa a substituição da criatividade humana pela Inteligência Artificial, mas a transformação das formas de autoria docente. O processo de elaboração dos lambe-lambes evidenciou que a qualidade das produções depende menos da capacidade técnica da ferramenta e mais da intencionalidade, do repertório científico e das decisões pedagógicas de quem a utiliza. Nessa perspectiva, o *prompt* deixa de ser compreendido apenas como um comando destinado à máquina e passa a constituir um novo instrumento de mediação pedagógica, exigindo planejamento, criticidade e domínio conceitual. Assim, a autoria não desaparece diante da Inteligência Artificial; ela se reinventa, reafirmando que o conhecimento, a reflexão crítica e a responsabilidade ética permanecem como atributos essencialmente humanos e indispensáveis ao exercício da docência em Química.

Apesar das contribuições apresentadas, esta pesquisa possui limitações que precisam ser consideradas. O estudo foi desenvolvido com uma única turma de licenciandos em Química de uma universidade pública, envolvendo um número reduzido

de participantes e uma intervenção pedagógica realizada em apenas um contexto formativo. Além disso, foram analisadas produções elaboradas em um momento específico da disciplina, não sendo possível acompanhar, em longo prazo, a evolução das competências desenvolvidas pelos estudantes nem verificar a permanência das aprendizagens observadas. Soma-se a isso o fato de que as ferramentas de Inteligência Artificial evoluem rapidamente, incorporando novos modelos, funcionalidades e formas de interação, o que faz com que parte dos resultados reflita as condições tecnológicas existentes no período em que a pesquisa foi realizada.

Essas limitações apontam caminhos promissores para investigações futuras. Se recomenda a realização de estudos longitudinais que acompanhem o desenvolvimento da competência em Inteligência Artificial ao longo da formação inicial de professores, bem como pesquisas envolvendo diferentes instituições, licenciaturas e contextos educacionais. Também se mostram relevantes investigações que analisem a influência de diferentes estratégias de elaboração de *prompts* na qualidade dos materiais produzidos, além da aplicação da Inteligência Artificial em outras metodologias de ensino de Química, como jogos didáticos, sequências didáticas, atividades experimentais, modelagem, histórias em quadrinhos, recursos digitais interativos e processos de divulgação científica.

Por fim, se espera que esta pesquisa contribua para ampliar as discussões acerca da inserção crítica e pedagogicamente fundamentada da Inteligência Artificial na formação inicial de professores de Química. Em uma sociedade marcada pela crescente presença de tecnologias inteligentes, formar professores significa prepará-los não apenas para utilizar novas ferramentas, mas para compreendê-las criticamente, reconhecer seus limites, explorar suas potencialidades e assumir uma postura ética diante da produção e da circulação do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS

1. ÁGUEDA, A. A. *O fotógrafo Lambe-Lambe: guardião da memória e cronista visual de uma comunidade*. 2008. 268 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
<http://www.bdt.d.uerj.br/handle/1/8395> Acesso em: 29 jun. 2026
2. ALGHAMDI, A. A. University students' perceptions of generative AI for critical thinking and creativity: The influence of self-efficacy and disciplinary differences. **Innovations in Education and Teaching International**, 2025. DOI: [10.1080/14703297.2025.2600476](https://doi.org/10.1080/14703297.2025.2600476).
3. ALLCHIN, D. From science studies to scientific literacy: a view from the classroom. **Science & Education**, Dordrecht, v. 23, n. 9, p. 1911–1932, 2014.
4. ALLCHIN, D. **Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources**. Saint Paul: SHIPS Education Press, 2013.
5. AMIRUDDIN, S.; MOHAMED, S.; ABU BAKAR, K. Teachers' Perception of Integrating Play-Based Learning in Early Science. **International Journal of Learning, Teaching and Educational Research**, v. 24, n. 7, p. 91-112, Jul. 2025. DOI: <https://doi.org/10.26803/ijlter.24.7.5>.
6. Aqui está a citação do artigo fornecido formatada nos principais padrões acadêmicos:
7. ARAUJO, Kelen Regina; ROSINKE, Patrícia; YUN SHENG, Lee. Inteligência artificial generativa no ensino de química: revisão exploratória sobre aplicações, desafios e perspectivas. **Rebena - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 13, p. 196–206, 2025. Disponível em: <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/409>. Acesso em: 2 jul. 2026.
8. BELBASE, S.; MAINALI, B. R.; KASEMSUKPIPAT, W.; TAIRAB, H.; GOCHOO, M.; JARRAH, A. At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: prospects, priorities, processes, and problems. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 53, n. 11, p. 2919-2955, 2022. DOI: [10.1080/0020739X.2021.1922943](https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943).
9. BEZANILLA, M. J.; FERNÁNDEZ-NOGUEIRA, D.; POBLETE, M.; GALINDO-DOMINGUEZ, H. Methodologies for teaching-learning critical thinking in higher education: The teacher's view. **Thinking Skills and Creativity**, v. 33, p. 100584, 2019.
10. BRAUN, V.; CLARKE, V. One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? **Qualitative Research in Sport, Exercise and Health**, v. 13, n. 3, p. 360-377, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1769238>
11. BRAUN, V.; CLARKE, V. Reflecting on reflexive thematic analysis. **Qualitative Research in Sport, Exercise and Health**, v. 11, n. 4, p. 589-597, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
12. BRAUN, V.; CLARKE, V. **Thematic Analysis: A Practical Guide**. London: SAGE, 2021.
13. BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, v. 3, n.2, p. 77-101, 2006. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
14. BRAUN, V.; CLARKE, V. Using thematic analysis in psychology. **Qualitative Research in Psychology**, v. 3, n. 2, p. 77-101, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

15. BRAUN, V.; CLARKE, V.; HAYFIELD, N. Thematic analysis. In: TACONIS, R.; DEN BROK, P. (Eds.). **Teachers creating context-based learning environments in science**. Rotterdam: Springer, 2022. p. 843-860.
16. ÇALIK, M.; WIYARSI, A. A systematic review of the research papers on chemistry-focused socio-scientific issues. *Journal of Baltic Science Education*, v. 20, n. 3, p. 360-372, 2021.
17. ÇALIK, M.; WIYARSI, A. A systematic review of the research papers on chemistry-focused socio-scientific issues. **Journal of Baltic Science Education**, v. 20, n. 3, p. 360-372, 2021. DOI: [10.33225/jbse/21.20.360](https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.360)
18. CHAN, C. K. Y.; HU, W. Students' voices on generative AI: perceptions, benefits, and challenges in higher education. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 20, artigo 43, 2023. DOI: 10.1186/s41239-023-00411-8.
19. CHEN, M. Y.; ROUSE, E.; MORRISSEY, A-M. Intentionality and the active decision-making process in play-based learning. **The Australian Educational Researcher**, v. 51, p. 1373–1388, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13384-023-00644-6>.
20. CLARK, T. M.; ANDERSON, E.; DICKSON-KARN, N. M.; SOLTANIRAD, C.; TAFINI, N. Comparing the performance of college chemistry students with ChatGPT for calculations involving acids and bases. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 10, p. 3934-3944, 2023.
21. CLEOPHAS, M. G. 'EscaPolvo': Análise da Carga Cognitiva e Autoeficácia em um Jogo Educativo Formalizado sobre Mudanças Climáticas. *Rev. Virtual Quim.*, 18(xx), p. 1-20, 2026. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20260024>
22. CLEOPHAS, M. G. Integração entre a gamificação e a abordagem STEAM no ensino de química. *REVASF*, v. 10, n.23, p. 78-109, 2020.
23. Cleophas, M. G.; Soares, M. H. F. B.; Didatização Lúdica no Ensino de Química/Ciências. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.
24. DAMIANI, Magda. et al. Sobre pesquisas do tipo intervenção. *Pelotas: Cadernos de Educação*, v. 45, n. 1, 2013.
25. DESIGN CULTURE. **A arte do lambe-lambe**. 2017. Disponível em: <https://designculture.com.br/a-arte-do-lambe-lambe/>. Acesso em: 27 jun. 2026.
26. ERDURAN, S.; DAGHER, Z. R. **Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories**. Dordrecht: Springer, 2014.
27. GAMA, K. C. O. De que povo é a praça? Lambe-lambes, estúdios e discursos urbanizadores em Feira de Santana (1970-1985). 2017. 176 f. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2017.
28. GOMES, C. J. C.; ZEIDLER, V. G. Green and Sustainable Chemistry Teacher Education: Experiences from a Brazilian University. **Sustainable Chemistry**, v. 4, p. 272-281, 2023. DOI: [10.3390/suschem4030020](https://doi.org/10.3390/suschem4030020).
29. HARDING, S. **The Science Question in Feminism**. Ithaca: Cornell University Press, 1986.
30. HONGKUI, L. Qualitative and Quantitative Analysis. In: YINXING, H. (Eds.). **Dictionary of Contemporary Chinese Economics**. Singapore: Springer, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-97-4036-9_471.
31. JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, p. 75-83, 1991.
32. JUSTI, R.; GILBERT, J. K. Models and modelling in chemical education. In: GILBERT, John K. et al. (Eds.). **Chemical Education: Towards Research-based Practice**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 47-68.
33. KAO, C-P.; LIN, K-Y.; WILLIAMS, P. J. The influence of STEAM-based block play on

- creative imagination and performance in preschool children: a latent growth curve model. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 36, p. 465–482, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10798-025-10014-1>.
34. KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. **Reading Images: The Grammar of Visual Design**. 2. ed. London: Routledge, 2006.
 35. LEPPLA, L. C.; SEIBERT, J.-N. Vapes – a sustainable alternative?! – Promotion of socioscientific decision making through self-regulated learning approaches in sustainability contexts. **Chemistry Teacher International**, 2025. DOI: 10.1515/cti-2025-0021.
 36. LÓPEZ-FERNÁNDEZ, M. M.; FRANCO-MARISCAL, A. J. How can socio-scientific issues help develop critical thinking in chemistry education? A reflection on the problem of plastics. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 10, p. 3435-3442, 2022.
 37. MACHADO, E. S.; GIROTTO JÚNIOR, G. Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 1, n. 2, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2492>>. Acesso em: 25 jun. 2026.
 38. MAHAFFY, Peter. Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 1, p. 49-55, 2006.
 39. MAIA, D. L.; CARVALHO, R. A.; APPELT, V. K. Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura. *Revista Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rt/article/download/13536/8538>>. Acesso em: 25 jun. 2026.
 40. MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. London/New York: Routledge, 1994.
 41. MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2009.
 42. MIRZA, A.; ALAMPARA, N.; KUNCHAPU, S. A framework for evaluating the chemical knowledge and reasoning abilities of large language models against the expertise of chemists. **Nature Chemistry**, v. 17, p. 1027-1034, 2025.
 43. MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.0068>
 44. NASCIMENTO, L. B. F.; SOUZA, G. A. P.; TOREZANI, J. N. *Lambe-lambe: a arte da intervenção urbana*. In: CONGRESSO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE, 19., 2017, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza: Intercom, 2017. <https://portalintercom.org.br/anais/nordeste2017/resumos/R57-0431-1.pdf> Acesso em: 29 jun. 2026
 45. NERSESSIAN, N. J. How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In: GIERE, Ronald N. (Ed.). **Cognitive Models of Science**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1992. p. 3-44.
 46. NOROOZI, O.; KHALIL, M.; BANIHASHM, S. K. Artificial Intelligence in higher education: Impact depends on support, pedagogy, human agency, and purpose. **Innovations in Education and Teaching International**, v. 62, n. 5, p. 1425-1430, 2025. DOI: [10.1080/14703297.2025.2539579](https://doi.org/10.1080/14703297.2025.2539579).

47. NOWELL, L. S.; NORRIS, J. M.; WHITE, D. E.; MOULES, N. J. Thematic analysis: striving to meet the trustworthiness criteria. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 16, n. 1, p. 1-13, 2017. DOI: [10.33394/hjkk.v14i1.19111](https://doi.org/10.33394/hjkk.v14i1.19111)
48. OLIVEIRA, E. F. S. *Utilização da metodologia STEAM no Ensino Médio: uma abordagem sobre compostagem no ensino de Química*. 2023. 89f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2023. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97138/tde-25072023-095508/pt-br.php>>. Acesso em: 25 jun. 2026.
49. PERNAMBUCO. Secretaria de Cultura. *Artistas visuais criam cartilha sobre o uso pedagógico do lambe-lambe*. Recife: Secretaria de Cultura de Pernambuco, 2020. Disponível em: <<https://www.cultura.pe.gov.br/canal/leialdirblanc/artistas-visuais-criam-cartilha-sobre-o-uso-pedagogico-do-lambe-lambe/>>. Acesso em: 25 jun. 2026.
50. RAHAYU, S. Socio-scientific Issues (SSI) in Chemistry Education: Enhancing Both Students' Chemical Literacy & Transferable Skills, in: **Journal of Physics Conference Series**, v. 1227, n. 1, art. n. 012008, 2019. DOI: [10.1088/1742-6596/1227/1/012008](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1227/1/012008).
51. RICHARDSON, R J. et al. *Pesquisa Social: métodos e técnicas*. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1999.
52. ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, London, v. 461, p. 472-475, 2009.
53. RODRIGUES-SILVA, J.; ALSINA, Á. Conceptualising and framing STEAM education: what is (and what is not) this educational approach? *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, Belo Horizonte, v. 16, e44946, 2023. DOI: 10.1590/1983-3652.2023.44946. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/44946>>. Acesso em: 25 jun. 2026.
54. ROMERO-ARIZA, M.; QUESADA, A.; ABRIL, A.-M.; COBO, C. Changing teachers' self-efficacy, beliefs and practices through STEAM teacher professional development (Cambios en la autoeficacia, creencias y prácticas docentes en la formación STEAM de profesorado). **Journal for the Study of Education and Development**, v. 44, n. 4, p. 942-969, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926164>
55. SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
56. SALDAÑA, J. **The coding manual for qualitative researchers**. 4. ed. Los Angeles: SAGE Publications, 2021.
57. SANTOS, J. C. *O Lambe-lambe como proposta na Educação Infantil*. Olhares & Trilhas, Uberlândia, 2021. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/olharestrilhas/article/view/58793>>. Acesso em: 25 jun. 2026.
58. SCERRI, E. R. **The Periodic Table: Its Story and Its Significance**. New York: Oxford University Press, 2007.
59. SCHIEBINGER, Londa. **Has Feminism Changed Science?** Cambridge: Harvard University Press, 1999.
60. SHAPIN, S. Why the public ought to understand science-in-the-making. **Public Understanding of Science**, v. 1, n. 1, p. 27–30, 1992.
61. SILVA JÚNIOR, C. A.; MARCELINO, L. V.; GIROTTO JÚNIOR, G.; JESUS, D. P. de; MARQUES, C. A. Integrating green and sustainable chemistry into high school: contributions of instructional model-based teaching to enhance students' critical reflective thinking. **RSC Sustainability**, 2026. DOI: 10.1039/d5su00964b.

62. SILVA, A. B. A. Perspectivas da abordagem STEAM no ensino de Química. *IME Events*, v. 5, n. 3, 2024. DOI: 10.51189/conlinps2024/34990. Disponível em: < <https://ime.events/ii-conlinps/pdf/34990> >. Acesso em: 25 jun. 2026.
63. SILVA, Paulo Sergio Cardoso da et al. Oyster shell element composition as a proxy for environmental studies. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 134, p. 104749, Feb. 2024. DOI: 10.1016/j.jsames.2023.104749.
64. SOARES, G.; MARTA, F. E. F.; PEREIRA, M. M. G. A Fotografia de Rua: as Memórias de Fotógrafos Lambe-Lambe da Cidade de Ilhéus-Bahia. **Discursos Fotográficos**, Londrina, v. 22, p. 1-19, 2025. DOI: [10.5433/1984-7939.2025.v22.51539](https://doi.org/10.5433/1984-7939.2025.v22.51539)
65. SOUSA, A. et al. Abordagem STEAM no ensino de Química: o estado da questão. *Conexões: Ciência e Tecnologia*, v. 17, e022020, 2023. DOI: [10.21439/conexoes.v17i0.2787](https://doi.org/10.21439/conexoes.v17i0.2787). Disponível em: <<https://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/2787>>. Acesso em: 25 jun. 2026.
66. TALANQUER, Vicente. Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education, London**, v. 33, n. 2, p. 179–195, 15 Jan. 2011. DOI: [10.1080/09500690903386435](https://doi.org/10.1080/09500690903386435).
67. URNAU, L. C. A Arte de Com o Outro Resistir/Existir Nas Ruas: Políticas Coletivas Amazônicas. **PSICOLOGIA & SOCIEDADE**, 33, e231410, v. 33, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-0310/2021v33231410>
68. VIRMANI, N. et al. From chalkboards to chatbots: generative AI impact on education in emerging economies. **Interactive Learning Environments**, 2026. DOI: [10.1080/10494820.2026.2632172](https://doi.org/10.1080/10494820.2026.2632172).
69. WALKER, K. A.; ZEIDLER, D. L. Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 11, p. 1387-1410, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690601068095>
70. YOUNG, J. D.; DAWOOD, L.; LEWIS, S. E. Chemistry students' artificial intelligence literacy through their critical reflections of chatbot responses. **Journal of Chemical Education**, v. 101, n. 6, p. 2466-2474, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00154>
71. YURIEV, E.; ORGILL, M.; HOLME, T. Generative AI in chemistry education: current progress, pedagogical values, and the challenge of rapid evolution. **Journal of Chemical Education**, v. 102, n. 9, p. 3058-3064, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c01105>
72. Zacchi Farias, A. et al. 2024. Terapia Ocupacional e saúde mental na Atenção Primária de Saúde: reflexões teórico-práticas à luz de um estudo de caso: Occupational therapy in primary care and mental health: an account of experience before a case study. **Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional - REVISBRATO**. 8, 3 (jul. 2024). DOI:<https://doi.org/10.47222/2526-3544.rbto56646>.
73. ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D.; SIMMONS, M. L.; HOWES, E. V. Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

LAMBE-LAMBE PEDAGÓGICO

* Indica uma pergunta obrigatória

Seção sem título

1. **NOME ***

2. **IDADE ***

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Menos de 18 anos
- ☐ 18–20 anos
- ☐ 21–25 anos
- ☐ 26–30 anos
- ☐ 31–40 anos
- ☐ Acima de 40 anos

3. **GÊNERO ***

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Mulher
- ☐ Homem
- ☐ Prefiro não responder

Experiência prévia com IA

4. **Antes desta atividade, você já utilizava Inteligência Artificial? ***

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Nunca
- ☐ Raramente
- ☐ Às vezes
- ☐ Frequentemente
- ☐ Muito frequentemente

5. **Qual dispositivo utilizado para acessar a IA durante a atividade? ***

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Smartphone/celular
- ☐ Notebook
- ☐ Computador desktop
- ☐ Tablet
- ☐ Utilizei mais de um dispositivo

6. **Qual IA você utilizou na atividade? ***

Marcar apenas uma oval.

- ☐ ChatGPT
- ☐ Gemini
- ☐ Copilot
- ☐ Claude
- ☐ Outro:

7. **Você utilizou uma versão gratuita ou paga? ***

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Gratuita
- ☐ Paga

PARTE C – ESCALA LIKERT

Aprendizagem e Lambe-lambe

8. **A produção do lambe-lambe contribuiu para minha compreensão da História da Química. ***

Marcar apenas uma oval.

- | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Disc | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Concordo totalmente | | | | |

9. **A atividade favoreceu a integração entre conhecimentos históricos e químicos.** *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4
Disc	☐	☐	☐	☐
Concordo totalmente				

10. **O formato de lambe-lambe facilitou a comunicação de conceitos científicos.** *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4
Disc	☐	☐	☐	☐
Concordo totalmente				

11. **A atividade estimulou minha criatividade.** *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4
Disc	☐	☐	☐	☐
Concordo totalmente				

12. **A atividade ajudou a relacionar Química e sociedade.** *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4
Disc	☐	☐	☐	☐
Concordo totalmente				

Uso da IA

13. **A IA forneceu informações úteis para a construção do lambe-lambe.** *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4
Disc	☐	☐	☐	☐
Concordo totalmente				

14. **A IA contribuiu para ampliar minha compreensão do tema.** *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4
Disc	☐	☐	☐	☐
Concordo totalmente				

15. **A IA facilitou a elaboração do material. ***

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

16. **As respostas produzidas pela IA necessitam de verificação antes de serem utilizadas. ***

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

17. **O uso de um prompt estruturado melhorou a qualidade das respostas produzidas pela IA. ***

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

Pensamento crítico e formação docente18. **Comparei criticamente as informações produzidas pela IA com outras fontes. ***

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

19. **Identifiquei limitações ou erros nas respostas produzidas pela IA. ***

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

20. **A atividade reforçou a importância da validação das informações geradas por IA. ***

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

21. **O uso da IA não substitui o conhecimento químico do professor.** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

22. **Pretendo utilizar estratégias semelhantes em minha futura prática como professor(a) de química.** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

23. **A atividade de construção dos lambe-lambes favoreceu a integração entre conhecimentos de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática (STEAM) na compreensão do tema estudado.** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4

Disc ☐ ☐ ☐ ☐ Concordo totalmente

PARTE D – QUESTÕES ABERTAS

24. **Quais foram as principais diferenças observadas entre o lambe-lambe produzido por você e aquele produzido com auxílio da IA?** *

25. **Quais foram as principais contribuições da IA para a elaboração do lambe-lambe?** *

26. **Quais limitações, dificuldades ou problemas você identificou no uso da IA durante a atividade?** *

Veredicto!

27. **Qual dos três LAMBE-LAMBES você considera ter apresentado melhor qualidade geral? ***

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Lambe-lambe sem IA (ELABORADO NO CANVA)
- ☐ Lambe-lambe com IA para geração de imagem (SEM PROMPT)
- ☐ Lambe-lambe com IA a partir de prompt estruturado (COM PROMPT)

INSERÇÃO DOS LAMBE-LAMBES

28. **INSIRA AQUI TODOS OS LAMBE-LAMBES ELABORADOS. SIGA A SEQUÊNCIA DO 1 ATÉ O 3. MANTENDO UMA ORDEM DE ORGANIZAÇÃO. OBS.: PARA JUNTAR OS ARQUIVOS EM PDF, USEM O <https://smallpdf.com/pt> OU https://www.ilovepdf.com/pt/juntar_pdf. ***

Arquivos enviados:

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE B – PROMPT ESTRUTURADO

Crie um lambe-lambe educativo em formato de uma única página em formato cartaz vertical (A3), destinado a estudantes do Ensino Médio.

Tema principal:
[TEMA]

Descrição do tema:
[DESCRIÇÃO]

O cartaz deve combinar elementos da História da Química, conceitos químicos e questões socioambientais relacionadas ao tema.

O design deve apresentar características visuais típicas de um lambe-lambe contemporâneo:

- colagem artística;
- sobreposição de imagens;
- aparência de cartaz urbano educativo;
- tipografia forte e legível;
- visual criativo e impactante.

Incluir visualmente:

- Representação do cientista ou episódio histórico relacionado ao tema;
- Conceitos químicos centrais associados ao tema;
- Fórmulas químicas, equações químicas ou estruturas moleculares pertinentes;
- Símbolos científicos e elementos laboratoriais;
- Benefícios da descoberta ou desenvolvimento químico;
- Impactos sociais, ambientais, econômicos ou éticos relacionados ao tema;
- Relação entre ciência e sociedade.

O cartaz deve transmitir uma tensão crítica entre os benefícios e as consequências da descoberta científica.

Utilizar linguagem visual apropriada para divulgação científica e ensino de Química.

Estilo:
infográfico científico + arte urbana + divulgação científica contemporânea.

Alta qualidade, alta resolução, composição equilibrada, visual educativo, acadêmico e criativo.

Observação: Inclua obrigatoriamente uma representação visual dos benefícios e dos problemas associados ao tema, mostrando que o desenvolvimento da Química produz avanços, mas também desafios para a sociedade.

APÊNDICE C – DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Declaração de uso de Inteligência Artificial

Em conformidade com a **Portaria CNPq nº 2.664, de 6 de março de 2026**, que institui a Política de Integridade na Atividade Científica, declaro que foram utilizadas ferramentas de Inteligência Artificial Generativa (IAG) como recurso auxiliar durante o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso.

A ferramenta **ChatGPT (OpenAI)** foi empregada exclusivamente como instrumento de apoio para: (i) organização e refinamento da redação acadêmica; (ii) revisão linguística e estilística de trechos do texto; (iii) apoio à estruturação metodológica; (iv) elaboração preliminar de esquemas, fluxogramas e sugestões de organização visual; (v) auxílio na interpretação e discussão dos resultados, sempre fundamentada em literatura científica posteriormente selecionada, conferida e validada pelo autor; e (vi) geração das imagens utilizadas na atividade pedagógica investigada, conforme descrito na metodologia.

Todas as informações produzidas com auxílio da Inteligência Artificial foram submetidas à análise crítica, revisão, verificação e validação pelo autor, incluindo a conferência de dados, referências bibliográficas, interpretações e argumentos científicos. As decisões metodológicas, a análise dos dados, a interpretação dos resultados, a seleção das referências, a redação final do trabalho e as conclusões são de responsabilidade exclusiva do autor.

Declaro, ainda, que nenhuma ferramenta de Inteligência Artificial foi utilizada como autora ou coautora deste trabalho, nem foram incorporados conteúdos gerados automaticamente sem revisão crítica e validação humana, em conformidade com os princípios de honestidade intelectual, transparência e responsabilidade científica estabelecidos pela Política de Integridade na Atividade Científica do CNPq.

Foz do Iguaçu, 01 de Julho de 2026.

Documento assinado digitalmente
 **WOODLY GELIN**
Data: 01/07/2026 02:48:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

WOODLY GELIN