



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

LUÍS EDUARDO PERES MEIRELLES

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NO ENSINO
DE QUÍMICA:
PERCEPÇÕES DE DOCENTES DA ÁREA FRENTE A
PARTICIPAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO
DESENVOLVIMENTO DE SUAS AULAS**

LUÍS EDUARDO PERES MEIRELLES

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NO ENSINO
DE QUÍMICA:
PERCEPÇÕES DE DOCENTES DA ÁREA FRENTE A
PARTICIPAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO
DESENVOLVIMENTO DE SUAS AULAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Paulo Sérgio de Camargo Filho.
Coorientador: Josiane Leticia Hernandes.

Londrina
2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

M514i MEIRELLES, LUÍS EDUARDO PERES.

Inteligência Artificial Generativa no Ensino de Química : Percepções de docentes da área frente à participação das novas tecnologias no desenvolvimento de suas aulas / LUÍS EDUARDO PERES MEIRELLES. - Londrina, 2026.
161 f. : il.

Orientador: PAULO SÉRGIO DE CAMARGO FILHO.

Coorientador: JOSIANE LETICIA HERNANDES.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2026.
Inclui bibliografia.

1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL - Tese. 2. ENSINO DE QUÍMICA - Tese. I. FILHO, PAULO SÉRGIO DE CAMARGO. II. HERNANDES, JOSIANE LETICIA. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. IV. Título.

CDU 37

LUÍS EDUARDO PERES MEIRELLES

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NO ENSINO
DE QUÍMICA:**

**PERCEPÇÕES DE DOCENTES DA ÁREA FRENTE A
PARTICIPAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO
DESENVOLVIMENTO DE SUAS AULAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Londrina – UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof^a. Dra Josiane Leticia Hernandez
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Dhymmi Samuel Vergennes
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Eduardo Lemes Monteiro
Faculdade de Apucarana – FAP

Londrina, 18 de abril de 2026.

AGRADECIMENTOS

Se é verdade, como postula Jordan Peterson, que viver é sofrer e que o caos é um companheiro constante da ordem, também é verdade que temos a capacidade de transcender essa condição inescapável através da assunção de responsabilidades e das conexões estabelecidas com os outros. Portanto, agradeço solenemente aos aqui citados, que me ajudaram a carregar o peso da existência durante este percurso, tornando o sofrimento não apenas suportável, mas justificável através do afeto e do apoio mútuo.

Primeiramente, aos **meus pais**. Eles nunca deixaram de me apoiar mesmo em situações desencorajadoras. Obrigado **Eduardo Meirelles** por me mostrar o caminho da resiliência e do apoio incondicional. Obrigado **Viviane Herta de Freitas Peres Meirelles** por proporcionar-me uma criação que tornara exequível a consolidação de um caminho de conquistas e superações. Sem dúvidas, o maior aspecto norteador da minha existência. À vocês, devo minha vida: serei eternamente grato por me encorajarem a ser quem estou me tornando, e principalmente quem serei pro resto de minha vida.

Aos meus **amigos**, sejam os de Caraguatatuba, Londrina ou aqueles de outra cidade que a vida me deu o prazer de cruzar seus caminhos. À vocês, devo minha saúde mental. Afinal, quem eu seria se não houvesse construído laços — que não são de sangue — em vida? Refiro-me não apenas ao período dos dois anos do Mestrado, mas desde que tomei consciência, enquanto criança, de minha existência. Obrigado por todas as palavras de apoio, momentos de descontração e alívios frente às dificuldades da vida. E especialmente à ti, **Gustavo Alves de Nadai**, que torce e, tenho certeza, vibra a cada conquista minha de onde estiver me acompanhando. A jornada é longa, meu amigo, e, anseio para reencontrar-te. Enquanto eu estiver vivo, você estará também, pois será lembrado até meu último respirar. Olha onde cheguei, cara!

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Paulo Sérgio de Camargo Filho**. Duas páginas escritas não seriam suficiente para descrever o sentimento que carrego por ter tido a sorte de ter sido escolhido por ele. Agradeço, professor, por ter aberto as portas da academia para mim e ter demonstrado, desde o primeiro encontro, uma postura séria, porém que não abandona a irreverência. Para alguém que não gostaria de perder certas características durante o passar dos anos, geralmente vinculadas à

juventude, ter este exemplo de alguém com uma posição social elevada e que consegue flutuar entre a “resenha” e o ato de produção de conhecimento científico com tal leveza, me encoraja a continuar sendo quem sou. E nunca vou esquecer do apoio e o acolhimento fornecido diante um momento difícil que passei no fim da trajetória do Mestrado. Você é o cara!

À minha coorientadora, Prof^a. Dr^a. **Josiane Leticia Hernandes**. Primeiramente, agradeço por ter embarcado nesta missão! Durante minha jornada no Mestrado, oscilei entre acreditar que a condição em que me encontrava era fruto da sorte ou do azar. Dois orientadores? Que bagunça... Porém, como é bom estar errado! Josi, você foi fundamental para a elaboração desta pesquisa. A abordagem diferente do Paulo, em consonância com a introdução dos referenciais químicos e tarefas com prazos de entrega impulsionaram-me em um momento desencorajador. No início do ano eu me encontrava perdido nos “mares acadêmicos”, e você foi minha bússola. Aproveito também, para ressaltar sua força. Você não titubeou diante às dificuldades externas e em momento algum deixou de cumprir nossos combinados. Muito obrigado!

Ao grupo de pesquisa, **STEM Education** e aos seus integrantes. Lembro-me do quão deslocado me senti na primeira reunião, questionando-me se eu realmente estava pronto pra essa tarefa. Essa percepção foi gradativamente substituída por um sentimento encorajador. Sem as palavras de apoio (obrigado, **Miguel Fernando Moreno**, não esquecerei de sua mensagem em uma das reuniões!) e os trabalhos apresentados durante o primeiro ano de minha participação (2024), não conseguiria ter realizado este trabalho. O professor Paulo construiu mais do que um grupo de pesquisa; nos sentimos integrantes de uma família.

À todos os **professores** que fizeram parte da minha trajetória desde o ensino básico enquanto criança. Levo alguns de vocês como referência máxima para minha profissão. O simples ato de lembrar de suas existências já é capaz de mover átomos do meu corpo em função da educação. Obrigado por todos os ensinamentos compartilhados.

Por fim, à **CAPES**, pelo apoio financeiro que tornou exequível a realização desta pesquisa.

“O avanço da ciência e da tecnologia não é tarefa de demônios, mas sim a expressão da criatividade humana. Por isso mesmo, as recebo da melhor forma possível. Para mim, a questão que se coloca é: a serviço de quem as máquinas e a tecnologia avançada estão?”

Paulo Freire

RESUMO

MEIRELLES, Luís Eduardo Peres. **Inteligência artificial generativa no ensino de química**: percepções de docentes da área frente a participação das novas tecnologias no desenvolvimento de suas aulas. 2026. 179 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2026.

O atual cenário educacional é marcado pela rápida inserção das Inteligências Artificiais Generativas (IAGs), exigindo novas posturas frente ao processo de ensino e aprendizagem, especialmente no Ensino de Química, área que demanda altos níveis de abstração. Diante da precarização do trabalho docente, da escassez de tempo e das pressões por inovação tecnológica, emerge uma complexa tensão sobre como essas ferramentas são, de fato, apropriadas na prática escolar diária. Para investigar esta problemática, este estudo de natureza qualitativa e exploratório-descritiva teve como objetivo analisar as percepções de professores de Química do Ensino Médio sobre a integração das IAGs no planejamento e desenvolvimento de suas aulas. A pesquisa consistiu em um Estudo de Caso Múltiplo, no qual os dados foram construídos por meio de entrevistas semiestruturadas com quatro docentes de um colégio estadual de Londrina-PR e interpretados via Análise de Conteúdo. Os resultados revelam que as percepções docentes oscilam em uma tensão dialética entre vertentes de usos das IAs, os conceitos autorais desta pesquisa: a escola da automação e a escola do aprimoramento. Constatou-se que os professores utilizam as IAGs taticamente como ferramentas de automação (próteses cognitivas) para garantir a sobrevivência logística frente à sobrecarga de trabalho, embora rejeitem a plataformização imposta verticalmente. Simultaneamente, diagnosticam que, entre os estudantes, a tecnologia tem atuado como uma "muleta" que atrofia o raciocínio lógico. Por outro lado, o estudo demonstrou que o aprimoramento pedagógico é viável por meio de uma "pedagogia do refino", porém estritamente condicionado ao nível de "imunidade epistemológica" de cada docente para detectar alucinações algorítmicas. Conclui-se que a comunidade escolar não apresenta prontidão estrutural para uma implementação institucional das IAGs. Recomenda-se a formulação de políticas públicas focadas no letramento algorítmico e no acesso equitativo para mitigar o risco de aprofundamento das desigualdades educacionais. Por fim, a pesquisa reafirma a relevância insubstituível do professor, evidenciando que a eficácia das ferramentas de IA exige o conhecimento disciplinar e a expertise humana como pré-requisitos fundamentais para a sua validação.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Inteligência artificial generativa; Ensino de Química; Percepções docentes; Ferramentas digitais no ensino.

ABSTRACT

MEIRELLES, Luís Eduardo Peres. **Generative artificial intelligence in chemistry education**: perceptions of chemistry teachers regarding the participation of the new technologies in the development of their classes. 2026. 179 p. Master's Thesis (Master's in the Science and Mathematics Education Program) – Exact Sciences Center, State University of Londrina, Londrina, 2026.

The current educational scenario is marked by the rapid insertion of Generative Artificial Intelligences (GAI), demanding new stances towards the teaching and learning process, especially in Chemistry Education, an area that requires high levels of abstraction. Faced with the precariousness of teaching work, the scarcity of time, and the pressures for technological innovation, a complex tension emerges regarding how these tools are, in fact, appropriated in daily school practice. To investigate this issue, this qualitative and exploratory-descriptive study aimed to analyze the perceptions of High School Chemistry teachers regarding the integration of GAI in the planning and development of their classes. The research consisted of a Multiple Case Study, in which data were constructed through semi-structured interviews with four teachers from a state public school in Londrina-PR and interpreted via Content Analysis. The results reveal that teachers' perceptions oscillate in a dialectical tension between strands of AI usage, the authorial concepts of this research: the automation school and the augmentation school. It was found that teachers tactically use GAI as automation tools (cognitive prostheses) to ensure logistical survival in the face of work overload, although they reject the vertically imposed platformization. Simultaneously, they diagnose that, among students, the technology has acted as a "crutch" that atrophies logical reasoning. On the other hand, the study demonstrated that pedagogical enhancement is viable through a "pedagogy of refinement," strictly conditioned, however, to the level of "epistemological immunity" of each teacher to detect algorithmic hallucinations. It is concluded that the school community does not present structural readiness for an institutional implementation of GenAI. The formulation of public policies focused on algorithmic literacy and equitable access is recommended to mitigate the risk of deepening educational inequalities. Finally, the research reaffirms the irreplaceable relevance of the teacher, evidencing that the effectiveness of AI tools requires disciplinary knowledge and human expertise as fundamental prerequisites for their validation.

Key-words: Artificial intelligence; Generative artificial intelligence; Chemistry education; Teachers perceptions; Digital tools in education.

RESUMEN

MEIRELLES, Luís Eduardo Peres. **Inteligencia artificial generativa em la enseñanza de la química**: percepciones de docentes del área frente a la participación de las nuevas tecnologías em el desarrollo de sus clases. 2026. 179 p. Tesis de Maestría (Maestría em el Programa de Enseñanza de las Ciencias y Educación Matemática) – Centro de Ciencias Exactas, Universidad Estatal de Londrina, Londrina, 2026.

El escenario educativo actual está marcado por la rápida inserción de las Inteligencias Artificiales Generativas (IAG), exigiendo nuevas posturas frente al proceso de enseñanza y aprendizaje, especialmente en la Enseñanza de la Química, un área que demanda altos niveles de abstracción. Ante la precarización del trabajo docente, la escasez de tiempo y las presiones por la innovación tecnológica, emerge una compleja tensión sobre cómo estas herramientas son, de hecho, apropiadas en la práctica escolar diaria. Para investigar esta problemática, este estudio de naturaleza cualitativa y exploratorio-descriptiva tuvo como objetivo analizar las percepciones de profesores de Química de la Educación Secundaria sobre la integración de las IAG en la planificación y desarrollo de sus clases. La investigación consistió en un Estudio de Caso Múltiple, en el cual los datos fueron construidos por medio de entrevistas semiestructuradas con cuatro docentes de un colegio estatal de Londrina-PR e interpretados vía Análisis de Contenido. Los resultados revelan que las percepciones docentes oscilan en una tensión dialéctica entre vertientes de uso de las IA, los conceptos autorales de esta investigación: la escuela de la automatización y la escuela del perfeccionamiento. Se constató que los profesores utilizan las IAG tácticamente como herramientas de automatización (prótesis cognitivas) para garantizar la supervivencia logística frente a la sobrecarga de trabajo, aunque rechazan la plataformización impuesta verticalmente. Simultáneamente, diagnostican que, entre los estudiantes, la tecnología ha actuado como una "muleta" que atrofia el raciocinio lógico. Por otro lado, el estudio demostró que el perfeccionamiento pedagógico es viable por medio de una "pedagogía del refinamiento", sin embargo, estrictamente condicionado al nivel de "inmunidad epistemológica" de cada docente para detectar alucinaciones algorítmicas. Se concluye que la comunidad escolar no presenta preparación estructural para una implementación institucional de las IAG. Se recomienda la formulación de políticas públicas enfocadas en la alfabetización algorítmica y en el acceso equitativo para mitigar el riesgo de profundización de las desigualdades educativas. Por último, la investigación reafirma la relevancia insustituible del profesor, evidenciando que la eficacia de las herramientas de IA exige el conocimiento disciplinar y la pericia humana como prerequisites fundamentales para su validación.

Palabras clave: Inteligencia artificial; Inteligencia artificial generativa; Enseñanza de la química; Percepciones docentes; Herramientas digitales en la enseñanza.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Relação entre URs e PIAs	80
--------------------	--------------------------------	----

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 -	Tipos de conteúdos no currículo de ciências	37
Imagem 2 -	Aplicações das IAGs em contextos educacionais	46
Imagens 3a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O1	55
Imagens 3b -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O1	55
Imagens 3c -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O1	55
Imagens 3d -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O1	55
Imagens 4a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC1	56
Imagens 4b -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC1	56
Imagens 4c -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC1	56
Imagens 4d -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC1	56
Imagens 5a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O2	58
Imagens 5b -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O2	58
Imagens 5c -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O2	58
Imagens 5d -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O2	58
Imagens 5e -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O2	58
Imagens 5f -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O2	58
Imagens 6a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC2	59
Imagens 6b -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC2	59
Imagens 6c -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC2	59
Imagens 7a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O3	61
Imagens 7b -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O3	61
Imagens 7c -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O3	61
Imagens 7d -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O3	61
Imagens 7e -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O3	61
Imagens 8a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC3	62
Imagens 8b -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC3	62
Imagens 8c -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC3	62
Imagens 8d -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC3	62
Imagens 9a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O4	64
Imagens 9b -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O4	64
Imagens 9c -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> O4	64
Imagens 10a -	Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC4	65

Imagens 10b - Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC4	65
Imagens 10c - Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC4	65
Imagens 10d - Resposta fornecida pela IAG para o <i>prompt</i> EC4	65
Imagem 11 - O processo de delineamento do corpus como um processo cíclico	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição da rota analítica.....	70
-------------------	----------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Fase atual das IAs	27
Quadro 2 -	Exemplos de paradigmas de interações docentes com IAGs no desenvolvimento de aulas de Química	52
Quadro 3 -	Relação entre os blocos, seus objetivos e as perguntas do questionário	72
Quadro 4 -	Resumo do perfil dos entrevistados.....	76
Quadro 5 -	Descrição das etapas da fase de pré-análise	79
Quadro 6 -	Categorias a priori: definições e objetivos	82
Quadro 7 -	Resumo do perfil dos entrevistados.....	83
Quadro 8 -	Mapeamento da identidade profissional do professor P1	87
Quadro 9 -	P1 e a escola da automação	91
Quadro 10 -	P1 e a escola do aprimoramento	94
Quadro 11 -	Síntese das percepções do professor P1	97
Quadro 12 -	Mapeamento da identidade profissional do professor P2	100
Quadro 13 -	P2 e a escola da automação	104
Quadro 14 -	P2 e a escola do aprimoramento	108
Quadro 15 -	Síntese das percepções do professor P2	110
Quadro 16 -	Mapeamento da identidade profissional do professor P3	112
Quadro 17 -	P3 e a escola da automação	116
Quadro 18 -	P3 e a escola do aprimoramento	120
Quadro 19 -	Síntese das percepções do professor P3	122
Quadro 20 -	Mapeamento da identidade profissional do professor P4	124
Quadro 21 -	P4 e a escola da automação	128
Quadro 22 -	P4 e a escola do aprimoramento	132
Quadro 23 -	Síntese das percepções do professor P4	135
Quadro 24 -	Perfis dos entrevistados nas interações com as IAGs no ensino de Química	137
Quadro 25 -	Comparativo das percepções vinculadas à automação: eficiência vs. Plataformização.....	141
Quadro 26 -	Percepções organizadas frente ao impacto discente associado à integração das IAGs	144
Quadro 27 -	Os fenômenos levantados e suas respectivas medidas de	

	contenção	146
Quadro 28 -	Matriz de práticas reflexivas e construção do aprimoramento	149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CGI.BR	Comitê Gestor da Internet no Brasil
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DL	Deep Learning (Aprendizado Profundo)
GPS	Global Positioning System
GPT	Generative Pre-trained Transformer
IA/IAs	Inteligência Artificial / Inteligências Artificiais
IAG/IAGs	Inteligência Artificial Generativa / Inteligências Artificiais Generativas
IBM	International Business Machines
LLMs	Large Language Models (Grandes Modelos de Linguagem)
ML	Machine Learning (Aprendizado de Máquina)
NdC	Natureza da Ciência
NEM	Novo Ensino Médio
PBL	Project Based Learning (Aprendizagem Baseada em Projetos)
PCK	Pedagogical Content Knowledge (Conhecimento Pedagógico do Conteúdo)
PECEM	Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática
PIA/PIAs	Percepções sobre as IAs (Sigla criada pelo autor para categorização dos dados)
PSS	Processo Seletivo Simplificado
QPM	Quadro Próprio do Magistério
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SD	Sequência Didática
SEED/PR	Secretaria de Estado da Educação do Paraná
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDAH	Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade
TEA	Transtorno do Espectro Autista
TOD	Transtorno Opositor Desafiador
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a

Cultura)

UR/URs

Unidade de Registro / Unidades de Registro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Inteligência artificial generativa (IAG)	21
2.1.1	Contexto histórico, evolução e conceitos importantes.....	21
2.1.2	Desafios, limitações e potenciais riscos das IAGs	27
2.1.3	Automação vs aprimoramento: as duas escolas de pensamento no uso das IAs	30
2.2	Ensino de química.....	32
2.2.1	Dificuldades e limitações encontradas no ensino.....	32
2.2.2	O que é ser professor de química, afinal?.....	40
2.2.3	Planejamento de aulas de química	43
2.3	Articulação dos eixos teóricos	44
2.3.1	O papel das IAGs na educação	45
2.3.2	Explorando a escola do aprimoramento: IAGs como <i>guias complementares</i>	49
2.3.3	Na prática: As IAGs atuando como <i>guias complementares</i>	52
3	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	68
3.1	Classificação da pesquisa.....	68
3.2	População da pesquisa	68
3.3	Cronograma e roteiro das entrevistas semiestruturadas	68
3.4	Análise dos dados.....	74
3.4.1	Instrumento analítico	75
3.4.2	Codificação dos entrevistados	75
3.4.3	Corpus da pesquisa	76
3.4.4	A análise de conteúdo.....	78
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	82
4.1	Caracterização dos perfis entrevistados	83
4.2	Primeiro movimento: análise intra-caso	85
4.2.1	Análise intra-caso do professor P1.....	85

4.2.1.1	A identidade profissional de P1	85
4.2.1.2	P1 e a escola da automação	88
4.2.1.3	P1 a escola do aprimoramento	92
4.2.1.4	Síntese do entrevistado P1	96
4.2.2	Análise intra-caso do professor P2.....	97
4.2.2.1	Identidade profissional de P2	98
4.2.2.2	P2 e a escola da automação	101
4.2.2.3	P2 e a escola do aprimoramento	105
4.2.2.4	Síntese do entrevistado P2	109
4.2.3	Análise intra-caso do professor P3.....	111
4.2.3.1	Identidade profissional de P3	111
4.2.3.2	P3 e a escola da automação	114
4.2.3.3	P3 e a escola do aprimoramento	118
4.2.3.4	Síntese do entrevistado P3	121
4.2.4	Análise intra-caso do professor P4.....	123
4.2.4.1	Identidade profissional de P4	123
4.2.4.2	P4 e a escola da automação	125
4.2.4.3	P4 e a escola do aprimoramento	130
4.2.4.4	Síntese do entrevistado P4	133
4.3	Segundo movimento: análise inter-caso	136
4.3.1	Automação: a linha tênue entre a eficiência e a plataformização	138
4.3.2	Automação: a IAG como prótese cognitiva dos alunos	142
4.3.3	Aprimoramento: a imunidade epistemológica como arma contra as alucinações	145
4.3.4	Aprimoramento: da pedagogia do refino à transposição didática.....	147
4.3.5	Prontidão da comunidade docente e barreira socioeconômica	149
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	152
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	155
7	APÊNDICES	160
	APÊNDICE A – Questionário aplicado nas entrevistas semiestruturadas.....	160

APÊNDICE B – Transcrição completa da entrevista com o professor P1	161
APÊNDICE C – Transcrição completa da entrevista com o professor P2	168
APÊNDICE D – Transcrição completa da entrevista com o professor P3	177
APÊNDICE E – Transcrição completa da entrevista com o professor P4	185

APRESENTAÇÃO

Conforme fui sendo agraciado com os ares da vida adulta, não pude deixar de perceber que, por vezes, cultivamos aquilo que chamamos de verdades. Embora controverso, me apeguei à uma que ainda não me foram apresentadas evidências para negá-la: a inescapável realidade do sofrimento humano. Sofrer, de muitas formas, norteia nossos pensamentos e ações, mapeando gradativamente quem somos e o que fazemos em vida. Por que estou falando disso? Para mim, a educação foi a maior e mais significativa arma que encontrei para resistir à essa realidade em que fomos inadvertidamente inseridos.

Enquanto vivos, lutamos, e para isso precisamos qualificar nosso “arsenal” de armas. Não falo de armas brancas nem tampouco de armas de fogo, mas sim de princípios e valores que condizam com um contexto de resistência aos traumas individualmente vivenciados. Dentro da analogia exercida no início do parágrafo, reflito: como combater um adversário que não pensa, fala ou age? O sofrimento, por vezes, manifesta-se de formas que transcendem o plano físico, dificultando nossa busca por respostas saudáveis dentro do nosso desenvolvimento pessoal, este que caminha lado a lado com o profissional. Enquanto professor, educo à mim mesmo antes de qualquer aluno, pois percebi que o inimigo mora dentro dos meus pensamentos. Ao confrontá-lo, observo também a oportunidade de guiar outros indivíduos que ainda, seja pelo motivo que for, não tiveram esta tomada de consciência que creio ser imprescindível para uma vida menos turbulenta.

Parece ironia! Alguém como eu, que enquanto criança e adolescente, que deu tanto trabalho para seus professores, hoje, falar em nome da educação... Porém, cá estou nesta nova realidade. Minha sorte, mesmo que sem saber na época, foi de ter tido ótimas referências para esta profissão que hoje define e delinea predominantemente quem eu quero ser. A educação me proporcionou não apenas realizações acadêmicas e/ou profissionais, como também avanços significativos no meu desenvolvimento enquanto indivíduo. Eu mudei enquanto acreditava não ser possível, e, quando olho para tantas almas perdidas ao meu redor, não consigo pensar diferente: que bom seria se eles também pudessem “tomar um gole” da mesma água que eu provei. A educação salva!

1. INTRODUÇÃO

Vive-se um momento histórico-social singular, caracterizado por uma transformação digital acelerada que reconfigura os alicerces da sociedade e da cultura. A escola do século XXI transcendeu sua concepção tradicional, evoluindo para um ecossistema complexo onde as realidades digital e física convergem. Diante de uma constatada crise na alfabetização científica, o ensino enfrenta o desafio de desenvolver habilidades como o pensamento crítico e a resolução de problemas complexos, superando modelos baseados na mera transmissão de conteúdos. Nesse cenário, as tecnologias emergentes atuam como catalisadores que podem tanto reforçar práticas obsoletas quanto viabilizar inovações pedagógicas profundas.

É dentro deste panorama que a proliferação das Inteligências Artificiais Generativas (IAGs) se apresenta como uma força motriz com potencial para redefinir paradigmas educacionais. Diferentemente de tecnologias anteriores, as IAGs são projetadas para gerar conteúdos novos, estabelecer diálogos e auxiliar na execução de tarefas cognitivas. A integração dessas ferramentas no ambiente escolar, no entanto, é marcada por uma dualidade intrínseca: de um lado, oferecem um horizonte de oportunidades para a personalização do aprendizado e a otimização do planejamento docente; de outro, impõem desafios éticos e estruturais, como a disseminação de informações incorretas e o risco de atrofiar a autonomia intelectual dos estudantes.

A introdução dessa nova ferramenta demanda uma investigação rigorosa, com foco especial nos atores que estão na linha de frente da educação: os docentes. Esta pesquisa direciona seu olhar para o Ensino de Química, uma área de conhecimento que lida diariamente com altos níveis de abstração e com a persistência de concepções alternativas por parte dos alunos. A docência em Química é uma prática de alta complexidade, que exige do professor a mobilização de saberes plurais para relacionar os conceitos ao cotidiano e transpor o conhecimento científico de forma significativa. As IAGs interpelam diretamente esses saberes, apresentando-se como potentes aliadas na estruturação de atividades, desde que submetidas a uma rigorosa curadoria humana.

Considerando que a inserção tecnológica não é um processo neutro, mas fortemente mediado pelas vivências e condições de trabalho do educador, esta pesquisa parte do seguinte problema central: *De que maneira os docentes de Química*

vivenciam a oscilação entre as diferentes aplicações e formas de usar as IAGs ao as integrarem no planejamento e desenvolvimento de suas aulas?

Para responder a esta problemática, o presente estudo delinea dois objetivos gerais interligados. Inicialmente, busca-se investigar quais são as percepções dos professores de Química ao implementarem as IAGs no desenvolvimento de suas aulas. Em um segundo momento, o trabalho propõe-se a compreender como, com base nestas percepções, este processo de integração tecnológica é mediado pelas condições materiais de trabalho e pelos saberes inerentes à prática docente.

Analizamos as falas dos entrevistados sob o olhar de duas hipóteses de pesquisa pré-estabelecidas. A primeira prevê que, frente à escassez de tempo e à precarização do trabalho docente, os professores de Química tendem a perceber e utilizar as IAGs, em um primeiro momento, como ferramentas de automação. Essa apropriação ocorre de forma tática para otimizar o planejamento, e carrega uma rejeição inerente à plataformização imposta verticalmente pelas instituições, por vezes vista como um mecanismo de vigilância.

A segunda hipótese estabelece também que, embora reconheçam a utilidade das IAGs em contextos educacionais, os docentes percebem que a comunidade escolar não se encontra preparada para uma implementação institucional. Tal percepção se sustenta na observação de que, entre os estudantes, a tecnologia tem atuado predominantemente como uma "muleta", comprometendo o desenvolvimento do raciocínio lógico que é essencial para a aprendizagem das abstrações da Química.

A presente investigação se justifica pela urgência de colocar o professor no centro do debate sobre o futuro da educação, preenchendo uma lacuna na literatura científica que ainda carece de dados empíricos sobre o uso das IAGs na Educação Básica. Os resultados obtidos possuem o potencial de informar a criação de políticas públicas, orientar cursos de formação continuada focados nas reais necessidades dos professores e fornecer subsídios para uma integração ética, crítica e eficaz das novas tecnologias no currículo escolar. Em uma era marcada pelo determinismo tecnológico, a sabedoria pedagógica prevalece. Em consonância com a expertise humana e os valores éticos dos educadores, é ela que deve guiar o caminho da inovação, assegurando que a tecnologia sirva à educação, e não o contrário.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção do trabalho reservar-se-á para o desenvolvimento da discussão referente aos dois grandes temas envolvidos nesta pesquisa: tecnologias de Inteligência Artificial (IA) e ensino de Química. Mediante o proposto, tornou-se necessário que nos apropriássemos das literaturas previamente publicadas em ambos os contextos.

Com o gradual e acelerado crescimento do mercado tecnológico, as IAs vão ganhando mais protagonismo, tornando imprescindível diferenciar as inovações tecnológicas lançadas no que concerne às suas funcionalidades e aplicações. Evidenciaremos que as tecnologias de Inteligência Artificial Generativas (IAG) podem apresentar-se como grandes aliadas dos professores que se mostram dispostos a aprimorar sua ação docente, mesmo considerando as eventuais dificuldades desta integração pedagógica.

No tópico final desta seção, buscaremos explicitar a confluência existente entre o potencial das IAGs considerando o estado atual em que se encontram e os caminhos diversos que o professor de Química tem a disposição para elaborar suas aulas.

2.1. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA (IAG)

Esta seção do trabalho reservar-se-á para discussões vinculadas exclusivamente às tecnologias de IA, desde o surgimento deste conceito até aplicabilidades mediante o contexto atual das ferramentas desta classe. A divisão segue a seguinte estrutura: 1) Contexto histórico, evolução e conceitos importantes, 2) Desafios, limitações e potenciais riscos das IAGs e 3) Automação vs Aprimoramento: As duas escolas de pensamento no uso das IAs.

2.1.1. Contexto Histórico, Evolução e Conceitos Importantes

Em contrapartida ao que se imagina frente à explosão midiática e mercadológica deste campo de conhecimento no início da terceira década do milênio, o termo Inteligência Artificial teve sua primeira aparição há cerca de 70 (setenta) anos atrás, após o fim da Segunda Guerra Mundial. Impulsionados pela cega e inabalável sede de vitória em nome de interesses pessoais ou coletivos superiores, a tomada de decisões ao longo da evolução da humanidade por vezes caracterizou-se por uma propensão ao uso de estratégias e/ou recursos moral e eticamente questionáveis. Um

exemplo histórico desta característica apontada é a utilização de armas químicas pelo exército nazista durante a Segunda Guerra Mundial; o Zyklon B, composto formado por ácido cianídrico e altas quantidades de nitrogênio, inicialmente foi sintetizado para fins industriais, entretanto, acabou sendo sistematicamente adaptado em prol do extermínio de judeus mantidos em campos de concentração. Outro recurso utilizado por integrantes do Eixo (aliança formada por Alemanha, Itália e Japão) foi a máquina Enigma, cuja funcionalidade reservava-se a decodificar mensagens de exércitos adversários. É neste momento que o cientista britânico Alan Turing assume papel fundamental na quebra dos códigos da invenção nazista por meio de seus estudos em computação teórica, que, posteriormente revolucionaria a forma como os seres humanos olham para as máquinas. Publicada em 1950, a obra *Computing Machinery and Intelligence* de Turing é considerada um dos pilares para a definição e compreensão das tecnologias de IA, atuando como um importante marco em sua filosofia.

Embora importante para o desenvolvimento das tecnologias de IA nas décadas seguintes, Turing não foi o único na década de 50 cujos estudos contribuíram para a área. O pioneirismo fica dividido entre o britânico e o cientista da computação norte-americano John McCarthy, o criador do termo Inteligência Artificial. A visão reproduzida por seus trabalhos revolucionários na época colaborou para a gênese do campo de conhecimento da IA como o compreendemos hoje. Sob o olhar da definição de IA concebida por McCarthy e seus colegas, “a ciência e a engenharia de produzir máquinas inteligentes” (McCarthy *et al.*, 1955, p. 1), pesquisadores desta área ainda inexplorada gradualmente foram despertando interesse no funcionamento das máquinas e principalmente em suas potencialidades. A realização da conferência de Dartmouth em 1956, considerada o principal ponto de partida no que tange às pesquisas em IA, em consonância com as contribuições advindas dos estudos de Turing e McCarthy, estabeleceram princípios básicos para a conseguinte revolução tecnológica que tornou exequível a construção de computadores modernos. Uma possível dúvida pertinente na mente dos indivíduos da década de 50 poderia referir-se a como poderíamos distinguir uma máquina de uma máquina inteligente? Se existe um critério para a classificarmos como inteligente, qual seria? Para Turing, podemos considerar uma máquina inteligente se ela passa no que ele chamou de Jogo da Imitação (convencionalmente conhecido como Teste de Turing), no qual a máquina, escondida da vista, tenta imitar um humano seguindo um roteiro baseado em um

movimento dialógico tradicional.

Acredito que em cerca de cinquenta anos será possível programar computadores. . . para desempenharem tão bem no jogo da imitação que um interrogador médio não terá mais do que 70 (setenta) por cento de chance de realizar a identificação correta após cinco minutos de questionamentos (Turing, 1950, p. 442, tradução do autor).

Como consequência máxima das contribuições de Turing, McCarthy e atuantes neste recém concebido campo de conhecimento, avanços significativos foram gradualmente consolidando a integração, até então compreendida como bem-sucedida, das máquinas na execução de tarefas diárias na vida dos seres humanos. Há uma evidente confluência entre os estudos dos dois cientistas; a ideia de que a possibilidade de máquinas auxiliarem na aprendizagem humana ao oferecer simulações e desafios adaptativos (Turing, 1950) consona com a crença de que as tecnologias de IA poderiam ser utilizadas para criar ambientes de ensino que simulassem interações humanas de maneira inteligente, exposta nas discussões realizadas por McCarthy em sua obra *Programs with Common Sense*, de 1959. Os estudos da dupla proporcionaram avanços significativos nas discussões referentes às máquinas inteligentes na época e constituem-se como imprescindíveis no estabelecimento de bases teóricas para as IAs na época.

O caminho entre as ideias de Turing e McCarthy e a era atual das IAs, no entanto, não foi linear. As décadas seguintes foram marcadas por períodos de otimismo intercalados com os chamados "invernos da IA", fases em que o progresso estagnou e o financiamento diminuiu, pois a complexidade de replicar a inteligência humana se mostrava muito maior do que o previsto inicialmente (Holmes; Bialik; Fadel, p. 196, 2019). Os primeiros sistemas de IA eram amplamente baseados em regras e lógica simbólica, onde o conhecimento humano era codificado manualmente em programas. Exemplos marcantes desta fase incluem os "sistemas especialistas", softwares projetados para imitar a tomada de decisão de um especialista humano em um domínio específico (Holmes; Bialik; Fadel, p. 197, 2019), e os primeiros *chatbots*, estes, que aparecerão em um momento futuro desta discussão.

Uma mudança de paradigma fundamental ocorreu na década de 90, com a ascensão do Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*, ou, ML) e das redes neurais artificiais. Em contrapartida com que era realizado até então, a programação explícita das regras, os pesquisadores começaram a criar sistemas que podiam aprender padrões a partir de volumes massivos de dados (Lima; Serrano, p. 5, 2024). Essa

transição foi impulsionada por três fatores principais que convergiram no início do século XXI: os avanços tecnológicos transcritos na forma de hardwares mais modernos, a explosão do “Big Data”, vinculado à digitalização da sociedade e o crescimento da internet e as inovações algorítmicas que permitiram o desenvolvimento de arquiteturas de redes neurais mais sofisticadas (*Deep Learning*, por exemplo). Um marco deste fator foi a criação da arquitetura “*Transformer*” em 2017, mostrando-se eficaz no processamento de linguagem natural (Farazouli *et al.*, p. 2, 2024), sendo o modelo utilizado pela OpenAI na elaboração do ChatGPT (*Generative Pre-trained Transformer*).

Observamos que esta confluência de fatores pavimentou o caminho para a existência do campo de conhecimento das IAGs como o conhecemos hoje. Modelos de linguagem, como a série GPT, cresceram em escala e capacidade a cada nova versão (GPT-2 em 2019, GPT-3 em 2020) (Farazouli *et al.*, p. 2, 2024). Esses modelos foram pré-treinados em uma vasta gama de textos da internet, aprendendo as nuances, os padrões e as estruturas da linguagem humana (Leite, p. 2, 2024; Jovanović & Campbell, p. 107, 2022). Foi essa trajetória de avanços cumulativos que culminou no lançamento do ChatGPT 3.0, em 2022, e a consequente popularização desta nova classe de IAs, tornando-a acessível ao público e desencadeando este cenário dualista de disrupção, oportunidades e debates que vivemos atualmente.

A implementação e consequente utilização em massa de tecnologias de IA proporcionaram a existência dessa realidade onde crescemos cercados destas ferramentas baseadas em modelos algorítmicos que realizam as mais diversas tarefas. Trata-se de um importante momento onde o entendimento das IAs em relação à sociedade ditará o caminho mediante sua devida regulamentação, esta, ainda carente em muitos aspectos, especialmente em território nacional. Embora amplamente presente nas tarefas e afazeres diários das pessoas, distinções no que tange às definições das diferentes modalidades existentes deste tipo de tecnologia ainda se fazem necessárias frente ao desconhecimento do senso comum. Torna-se especialmente importante compreender os conceitos envolvidos por trás das IAs, em virtude ao fato da mesma apresentar-se como a força matriz tecnológica da primeira metade do século XXI (Holmes; Bialik; Fadel, 2019, p. 1). No estado atual, questões mercadológicas, governamentais e sociais já interferem no desenvolvimento das ferramentas neste mercado que ganhou maior destaque após o lançamento para uso público da ferramenta ChatGPT 3.5 pela OpenAI, em novembro de 2022.

Compreende-se como Inteligência Artificial o campo de estudos cujo objetivo é fazer com que computadores sejam mais inteligentes (Alves, 2023, p. 21). Para realizar a tarefa proposta, grandes quantias de dinheiro foram investidas nas últimas duas décadas com o intuito de aprofundar os estudos de profissionais da área de computação. Como consequência, novas descobertas, conceitos (por exemplo, a Aprendizagem de Máquinas (*Machine Learning*, ou ML)) surgiram e estão gradativamente revolucionando o mercado e a forma como os seres humanos realizam suas tarefas e atividades cotidianas.

Novas modalidades de tecnologias de IA surgiram, e uma delas despertou nosso interesse e serviu como um dos aspectos investigativos norteadores para este trabalho: trata-se da classe de tecnologias de Inteligência Artificial Generativa (IAG). O campo de estudos vinculados às IAGs visa a construção de ferramentas digitais dotadas de algoritmos baseados em comandos preestabelecidos, estes determinados com auxílio de ML, tornando-as criadoras de conteúdo original como textos, vídeos, imagens, áudio etc. (Aggarwal; Mittal; Battineni, 2021).

A participação das tecnologias de IA encontra-se em um nível onde podemos certamente afirmar que a inteligência artificial já faz parte da nossa vida humana” (Kaufman, 2022, p.25). Em decorrência do aparente potencial que as IAGs ofereciam à primeira vista, é de se esperar que este campo assuma maior prevalência, adoção e sofisticação conforme os modelos das IAGs desenvolvem-se (Jovanović; Campbell, 2022, p. 111), uma vez que as produções geradas por este tipo de tecnologia nos apresentam respostas a perguntas específicas em textos prontos, com semântica aceitável e próximo de um linguajar dito humano (Alves, 2023, p. 52). Ferramentas geradoras de texto, como o ChatGPT, Copilot, Meta AI e mais recentemente o DeepSeek popularizaram-se por sua capacidade de gerar novas informações de forma rápida e autônoma, tornando exequível sua aplicação em diferentes contextos, incluindo na educação, embora esta discussão esteja reservada para um momento futuro neste trabalho, sendo retomada no Tópico 2.3.

Tomemos como exemplo os *chatbots*, isto é, softwares projetados para simular conversas com usuários humanos, especialmente pela Internet (King, 2023), por meio de linguagem natural, seja escrita ou fala. Sua primeira aparição foi na década de 1960 com Joseph Weizenbaum e sua criação, o *chatbot* ELIZA, software capaz de fornecer breves respostas a estímulos humanos, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (Farazouli *et al.*, 2023). Estes sistemas computacionais logo

demonstraram-se vantajosos em decorrência da facilidade de programá-los e ao baixo custo em seu desenvolvimento, o que permitiu que os *chatbots* participassem de contextos que não fossem educacionais, dentre os quais destacam-se o atendimento ao consumidor e a interação com jogadores nos jogos eletrônicos (Shawar; Atwell, 2007).

Salientamos que, embora os *chatbots* tenham se tornado mundialmente conhecidos após o lançamento do ChatGPT 3.5 em novembro de 2022, sua existência não é uma novidade deste milênio. Além do já mencionado ELIZA, em 1972 o psiquiatra Kenneth Colby como forma de estudar a paranoia, criou o *chatbot* PARRY. Esta ferramenta era capaz de simular o comportamento verbal de um paciente com esquizofrenia paranoide, fato este que em consonância com os avanços em suas estratégias conversacionais, fez com que PARRY demonstrasse superioridade quando comparado ao ELIZA (Araújo, 2013, p. 53). Pouco mais de vinte anos depois, o doutor em ciência da computação Richard Wallace criou o *Artificial Linguistic Internet Computer Entity*, o *chatbot* ALICE. Igual aos seus antecessores citados, ele também era baseado em uma arquitetura de estímulo-resposta (Wallace, 2009, p. 182). Seu diferencial era a sua capacidade de armazenar diversas unidades temáticas de conhecimento, o que permitiu com que esta ferramenta fosse capaz de dialogar sobre diversos assuntos, antes inalcançáveis em decorrência das limitações dos *chatbots* lançados antes do ALICE.

Quando o assunto é *chatbot* em território nacional, a empresa Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS) assumiu protagonismo em 2004 disponibilizando para a sociedade o Robô Ed. Essa ferramenta nasceu do encontro entre o corporativismo exercido pelas empresas no mercado de tecnologias de IA e uma oportunidade educacional observada: a necessidade de atender estudantes que, para fazer seus trabalhos escolares, buscavam informações sobre petróleo, gás natural e eficiência energética (Araújo, 2013, p. 17)

ELIZA, PARRY, ALICE e Robô Ed representam apenas uma pequena parcela dos *chatbots* criados ao longo do transcorrer da história. Em decorrência aos avanços permitidos na época pelas ferramentas, entende-se que elas estabelecem marcos históricos importantes para os *chatbots*, e assim, destacaram-se mesmo antes do lançamento do ChatGPT 3.5. A ferramenta, que atingiu a marca de 1 (um) milhão de usuários em apenas 5 (cinco) dias no ar, estabeleceu um recorde histórico como o aplicativo de consumo com crescimento mais rápido da história do planeta (Hu, 2023),

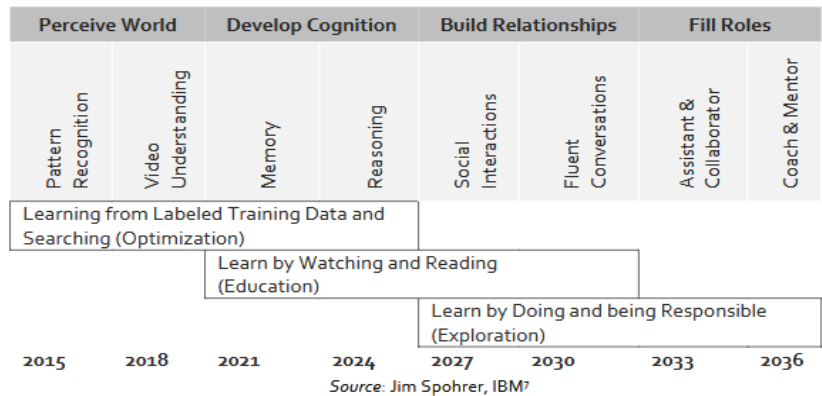
e hoje é um dos recursos mais utilizados para atender as diferentes demandas vinculadas às necessidades humanas diárias. Desafios, limitações e potenciais riscos das IAGs

2.1.2. Desafios, Limitações e Potenciais Riscos das IAGs

Seja auxiliando-nos com a identificação de músicas desconhecidas, a selecionar uma obra para assistirmos depois de um cansativo dia de trabalho por meio de recomendações personalizadas nos serviços de *streaming* e até mesmo em nossa auto-localização (Global Positioning System ou GPS), as tecnologias de IA dispõem-se de tal forma que não há mais como negar sua assídua participação na vida dos indivíduos executando cada vez mais suas tarefas diárias mediante à ebulição tecnológica proporcionada pela consolidação das tecnologias de IA na década de 2010. Uma implicação direta deste apontamento é a utilização descomedida destas tecnologias, nos levando ao seguinte questionamento: até que ponto podemos ceder parte de nossa autonomia em função delas? É possível imaginar uma IA plenamente confiável? As respostas para estas perguntas não são simples considerando o estado atual em que as tecnologias de IA se encontram. Wayne Holmes (p.4) em sua obra *Artificial Intelligence in Education Promise and Implications for Teaching and Learning* (2023) fornece ao leitor informações pertinentes vinculadas à fase atual das IAs, denominada por *reasoning* (raciocínio), como exposto no Quadro 1 abaixo. Segundo o autor, apesar dos avanços, limitações ainda se fazem presentes, como a dificuldade de garantir resultados profícuos baseados em precisão, transparência e ética.

Ainda assim, estudos da IBM (International Business Machines) apontam que até o fim desta década as IAs já serão capazes de influenciar diretamente nas relações interpessoais dos indivíduos por meio de intervenções diretas em interações sociais.

Quadro 1 - Fase atual das IAs



Fonte: Holmes, 2023

Uma análise possível do cenário proposto no Quadro 1 vincula-se à tomada de consciência no que concerne a necessidade de estabelecer-se um marco legal que defina de forma clara as responsabilidades atreladas às ações das tecnologias de IA, tal qual suas implicações legais.

No Brasil, as duas Leis fundamentais existentes vinculadas à participação das IAs (Lei n.13.709 de 2018, Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. e, também, aspectos da Lei n.12.965 de 2014, o Marco Civil da Internet) não são o suficiente para lidar com os desafios apresentados na fase atual, principalmente pelo fato de elas ignorarem o possível enviesamento (preconceito algorítmico, por exemplo) presente nas produções advindas das IAs.

Como consequência direta da carência neste aspecto, por ora ainda temos de presenciar o uso equivocado destas ferramentas. Na Internet, não é difícil encontrarmos pessoas mal intencionadas se aproveitando de brechas deixadas por estas ferramentas para enganar os outros. São diversas as situações: desde a criação de vídeos e/ou faixas de áudio falsas para difamar pessoas e espalhar desinformação, a geração de e-mails e ligações telefônicas realistas na tentativa de enganar vítimas obtendo acesso à dados sensíveis e informações bancárias, ataques diretos à privacidade por meio da reconstrução de rostos e vozes a partir de dados vazados e até mesmo a violação de direitos autorais na produção de obras que infringem direitos de propriedade intelectual. Nesse sentido, urge atenção redobrada aos maus usos da IA, especialmente no tocante à vigilância, à persuasão e ao controle (Russel, 2021).

Frente ao exposto, conclui-se que o mais prudente é que os usuários das tecnologias de IA não confiem cegamente nos resultados fornecidos, uma vez que estes sistemas ainda não são capazes de “[...] emitir conclusões lógicas com base nas experiências do cotidiano (supostamente como os seres humanos)” (Kaufman, 2022, p. 46). Por ainda estarem em treinamento, os resultados fornecidos por ferramentas baseadas em tecnologias de IA por vezes contêm equívocos; estes constituem-se como o fenômeno que cientistas da computação se referem como “alucinação”. Uma IA alucina quando

[...] o sistema dá uma resposta que não corresponde à realidade e podem ser causadas por diferentes fatores, como erros na programação do modelo, dados de treinamento incorretos ou incompletos, ou limitações nos algoritmos de aprendizado usados (Beiguelman, 2023, p. 3).

Um dos riscos associados ao uso descomedido das tecnologias de IA refere-

se à disseminação de informações falsas e/ou tendenciosas. Isso porque os sistemas constituídos por modelos generativos, por vezes perpetuam inadvertidamente vieses presentes no imenso volume de dados cujo qual eles se baseiam para treinar seus algoritmos.

No cenário proposto no Quadro 1, vemos que as máquinas ainda não aprendem por atuarem de forma responsável, apontamento que explica o fato delas eventualmente fornecerem produções carregadas com conteúdos discriminatórios e/ou enganosos, impactando negativamente de forma indireta nas decisões humanas. Estarmos na fase do raciocínio (*reasoning*) das IAs apresenta-se como explicação ao fato do preconceito algorítmico ainda existir nessas tecnologias; é lógico pensar que se os sistemas de IA são treinados em consonância com os dados recebidos, e se estes não se baseiam em diversidade, haverá a perpetuação de relações que visam a manutenção da opressão. Assim, estes sistemas por vezes reproduzem, mesmo que inadvertidamente, relações opressoras que desumanizam determinados grupos sociais.

Sob à luz de um olhar freiriano que se atenta às questões sociais nas relações estabelecidas entre o indivíduo e sua realidade, a análise da participação da IA nas nossas vidas levanta algumas reflexões. O desafio às normas excludentes embutidas nestes sistemas faz-se necessário; os caminhos construídos em prol do objetivo de promover a mitigação dos efeitos causados pelas ações perniciosas do preconceito algorítmico devem ser construídas coletivamente pelos atores envolvidos no processo do desenvolvimento das tecnologias de IA, afinal "ninguém liberta ninguém, ninguém se liberta sozinho: os homens se libertam em comunhão" (Freire, 1987, p. 58).

As IAGs não isentam-se das questões discutidas até então neste tópico. Embora ferramentas como o ChatGPT, DeepSeek, Gemini, etc., demonstrem eficiência ao gerarem textos, imagens e outros conteúdos, elas herdam e podem amplificar os riscos já mencionados, ao mesmo tempo que introduzem novos desafios. Um dos problemas, justificado pelo Quadro 1 apresentado anteriormente, é a sua natureza de "cisne negro" (Lima; Serrano, p. 6, 2024). Devido à complexidade de suas redes neurais, muitas vezes não é possível determinar com clareza o raciocínio por trás de uma resposta gerada, o que representa um risco significativo em contextos educacionais onde a transparência e a eficiência são pontos-chave. (Jovanović; Campbell, p. 109, 2022).

Aponta-se, então, que esta falta de transparência está diretamente ligada à

questão da precisão. As IAGs não "compreendem" ou "entendem" o conteúdo; elas são modelos probabilísticos que preveem a próxima palavra em uma sequência com base nos padrões de treinamento via ML. Essa característica é a raiz do fenômeno das alucinações. Além disso, como o conhecimento desses modelos é estático e limitado à data de corte de seus dados de treinamento, eles podem fornecer informações desatualizadas sem qualquer aviso (Lima; Serrano, p. 8, 2024). Destacamos também que a facilidade com que os estudantes podem usar IAGs para redigir textos, resolver problemas e completar tarefas levanta um alarme sobre o aumento do risco de plágio e fraude (UNESCO, p. 11, 2023). Essa questão vai além da mera cópia, pois o uso descomedido destas ferramentas pode inibir o desenvolvimento da criatividade e do pensamento crítico, uma vez que os textos gerados, embora eficientes, carecem de originalidade e de novas percepções, sendo, essencialmente, um rearranjo sofisticado de informações pré-existentes.

Finalmente, a popularização das IAGs corre o risco também de aprofundar as desigualdades existentes. As versões mais avançadas e precisas destas ferramentas, como o ChatGPT 4.0, são pagas, enquanto as versões gratuitas podem ser mais propensas a erros e vieses (Giroto Junior *et al.*, 2024, p. 307). Isso cria um abismo digital onde estudantes com mais recursos financeiros têm acesso a ferramentas de IA superiores, exacerbando as disparidades sociais, financeiras e/ou educacionais vinculadas ao processo de integração destas tecnologias e criando uma nova barreira à equidade no acesso ao conhecimento (UNESCO, p. 12, 2023). Portanto, este processo exige não apenas um olhar crítico sobre seu funcionamento, mas também uma reflexão sobre suas implicações éticas e sociais, considerando a fase atual das IAs vivida.

2.1.3. Automação vs Aprimoramento: As Duas Escolas de Pensamento no Uso das IAs

Frente ao exposto, apontamos que a forma como o indivíduo se apropria das tecnologias de IA, especialmente as IAGs, revela diferentes posturas e objetivos, que podem ser afunilados em dois paradigmas principais, os conceitos autorais desta pesquisa: a automação e o aprimoramento. A compreensão dessa dicotomia torna-se significativa, pois ela "determinará se a IA nos capacita ou nos marginaliza" (Molnick, 2024, p. 19) e norteará a criação das categorias de análise a priori frente às percepções docentes capturadas.

A primeira escola, a da automação, representa uma abordagem imediatista e é comumente observada no senso comum. Ela resume as ferramentas de IA como uma tecnologia de substituição, cujo objetivo principal é automatizar a execução de tarefas diárias, transferindo o esforço cognitivo do humano para a máquina. Esta visão, embora sedutora e eficaz, é o que Roy Pea (1985) definiu como o uso da tecnologia enquanto "prótese cognitiva". A ferramenta é usada ao invés do pensamento, funcionando como uma muleta que, embora útil para contornar uma dificuldade, não desenvolve as habilidades subjacentes, podendo resultar em uma diminuição da capacidade criativa do usuário. Nesta perspectiva, o risco de haver defasagem de habilidades cognitivas é iminente. Nicholas Carr (2011) argumenta que a dependência de tecnologias que automatizam processos cognitivos pode levar à atrofia da capacidade de pensamento crítico, de memorização profunda e da criatividade. Quando o usuário se limita a aceitar o produto gerado pela IA (o texto, a imagem, a resolução de um exercício, etc.) sem um engajamento intelectual, ele se torna um mero operador enquanto a IA dita o processo.

Analogamente, a escola do aprimoramento é a vertente defendida nesta pesquisa. Aqui, a IA é compreendida como uma "ferramenta cognitiva" (Pea, 1985), um instrumento que atua em parceria com o usuário para potencializar sua capacidade cognitiva, e não substituí-la. A premissa desta abordagem é que a agência, a intenção e a ideia original partem do ser humano; a IA é convocada como uma co-inteligência (Molnick, 2024) ou um co-piloto (Mollick; Mollick, 2023) para refinar, expandir, testar e melhorar a ideia inicial. Neste paradigma, o usuário não utiliza as ferramentas de IA para evitar o trabalho, e sim, melhorá-lo. No contexto docente, entendemos que esta escola associa-se à postura do professor reflexivo (Schön, 2000). Ao invés de pedir à IA: "faça um plano de aula sobre estequiometria", ele comanda: "critique este plano de aula que criei, identificando possíveis lacunas e/ou falhas". O processo cognitivo é intensificado, não automatizado. O foco muda da eficiência da tarefa para a qualidade e a profundidade da cognição humana mediada pela ferramenta.

Torna-se necessário demarcar o posicionamento autoral desta investigação frente a esta dicotomia. Para nós, a tensão entre a escola da automação e a escola do aprimoramento não deve ser interpretada sob uma lente maniqueísta, na qual a primeira representaria o fracasso pedagógico e a segunda, a salvação tecnológica. Compreendemos esta polarização como o reflexo material das atuais condições de trabalho do docente. A automação, sob a nossa ótica, não consiste numa falha ou

desinteresse do professor, mas num sintoma de um sistema educativo frequentemente precarizado, onde a escassez de tempo e o excesso de burocracia o forçam a utilizar as IAs como uma tática de sobrevivência logística. É a utilização da máquina para “ganhar fôlego”.

Por outro lado, o aprimoramento é por nós concebido como o resgate da práxis docente autêntica. Representa o momento em que o professor, amparado pela sua expertise humana e liberto das amarras operacionais mais urgentes, consegue utilizar a tecnologia não para fazer por ele, mas para pensar com ele — atuando como um espelho cognitivo que refina e expande a sua transposição didática. Portanto, entendemos que a transição da automação para o aprimoramento trata-se de uma disputa por tempo, autonomia e valorização profissional. A automação é o limite onde o professor consegue chegar hoje para dar conta do sistema; o aprimoramento é o horizonte onde ele deveria estar se o sistema lhe proporcionasse as condições necessárias para exercer a sua autoria intelectual de forma plena.

Ao analisar as percepções dos professores de Química do colégio estudado, buscaremos identificar se seu uso das IAGs no planejamento de aulas tende à automação (substituindo os saberes experienciais do docente) ou ao aprimoramento (potencializando sua reflexão-na-ação).

2.2. ENSINO DE QUÍMICA

Esta seção do trabalho reservar-se-á para discussões vinculadas exclusivamente ao ensino de Química e à profissão de docente em Química. A divisão seguirá a seguinte estrutura: 1) Dificuldades e limitações encontradas no ensino, 2) O que é ser professor de Química, afinal? e 3) Planejamento de aulas de Química.

2.2.1. Dificuldades e Limitações Encontradas no Ensino

Visões tradicionais, frequentemente transcritas na forma de ideias empírico-indutivistas, apresentam a ciência – e, por extensão, a Química – como um corpo objetivo de conhecimentos, derivado diretamente da observação e da experimentação dos fenômenos físicoquímicos, nos levando à formulação de leis imutáveis. Essa perspectiva muitas vezes se traduz no ensino do “Método Científico” como uma sequência linear de passos a serem realizados, começando pela observação neutra dos fatos e terminando na formulação de verdades absolutas. Tal visão é amplamente

criticada por apresentar uma imagem idealizada, desumanizada e ahistórica do conhecimento científico.

Abordagens epistemológicas contemporâneas, como o construtivismo, oferecem uma visão amalgamada da ciência. Pozo e Gómez Crespo (p. 20) argumentam que é preciso superar as concepções positivistas, pois "o conhecimento científico nunca se extrai da realidade, mas vem da mente dos cientistas, que elaboram modelos e teorias na tentativa de dar sentido a essa realidade." A ciência, portanto, é vista como um "processo socialmente definido de elaboração de modelos para interpretar a realidade". Nesta ótica, as teorias químicas (por exemplo, sobre a estrutura atômica, a natureza das ligações químicas ou os mecanismos de reação) não são verdades absolutas descobertas, mas sim aproximações relativas provenientes de construções sociais; modelos poderosos e úteis, mas nunca isentos à revisão e evolução.

Filósofos da ciência como Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos e Ludwik Fleck trouxeram contribuições significativas para essa concepção plural da ciência. Popper, com seu critério de falseabilidade e o método das conjecturas e refutações, enfatizou a natureza provisória do conhecimento científico e a importância do pensamento crítico. Kuhn introduziu os conceitos de paradigma, ciência normal e o significado de pensamento divergente e convergente. Seus trabalhos destacam o papel do consenso da comunidade científica, a resistência a mudanças e a incomensurabilidade entre paradigmas, que sugere que cientistas trabalhando sob diferentes referenciais teóricos podem conceber o mundo de maneiras distintas. Lakatos, com sua metodologia dos programas de pesquisa científica, propôs que as teorias se desenvolvem dentro de estruturas mais amplas, com o que ele chamou de "núcleo rígido", este protegido por um "cinturão protetor" de hipóteses auxiliares, e que a avaliação se dá pela progressividade ou degenerescência desses programas. Fleck, por sua vez, com as noções de "coletivos de pensamento" e "estilos de pensamento", ressaltou o caráter social e historicamente condicionado da produção científica.

A ideia de que a observação não é um ato neutro, e sim "impregnada de teoria", disseminada por Kuhn, é particularmente relevante para o ensino de Química. O que um estudante "vê" em um experimento químico é influenciado por seus conhecimentos e concepções prévias. "Dois observadores, diante do mesmo fenômeno, podem fazer observações diferentes". Alves-Mazzotti & Gewandszajder (1999, p. 25) também discutem como as observações são influenciadas pela força de um paradigma, citando

os exemplos clássicos de Priestley "vendo" ar deflogisticado onde Lavoisier "via" oxigênio, ou astrônomos pré-Herschel "vendo" uma estrela onde depois se "viu" o planeta Urano.

Essa discussão epistemológica revela uma face humana da Química outrora escondida sob ideias empírico-indutivistas, afastando-a da imagem de uma ciência objetiva e despersonalizada. A visão tradicional positivista frequentemente apresenta a ciência como neutra, impessoal e livre de valores. No entanto, os filósofos mencionados reintroduzem elementos humanizadores na forma de indicadores sociais, culturais e históricos na empresa científica, contrastando com a forma como a Química é frequentemente retratada em livros didáticos – uma coleção de dogmas que acabam por sua vez invalidando o processo de consolidação de modelos e teorias construídos e negociados durante séculos por comunidades de cientistas.

A sociedade contemporânea, caracterizada não apenas pela abundância de informações e pela velocidade na qual estas informações percorrem o globo como também pelo conhecimento múltiplo e descentralizado e pela necessidade de aprendizado contínuo, impõe novas demandas à educação científica. Pozo e Gómez Crespo argumentam que, neste cenário, "a escola não é mais a fonte primária de conhecimento para os alunos" (p. 12). Os estudantes são constantemente bombardeados por informações de diversas fontes, muitas vezes superficiais, fragmentadas e/ou distorcidas.

Neste contexto, entende-se que o ensino de Química deve transcender a mera transmissão de conteúdos factuais. Os esforços precisam concentrar-se para o desenvolvimento da capacidade dos estudantes de buscar, selecionar e interpretar o fenômeno à sua frente e, primordialmente, de "aprender a aprender". A obsolescência do conhecimento é uma realidade, onde parte dos conhecimentos que podem ser proporcionados hoje aos estudantes não só apenas relativos, como também parecem ter data de vencimento. Consequentemente, um currículo de Química focado exclusivamente na transmissão de fatos atuais rapidamente se tornará defasado. Neste sentido, destacamos que o foco deve ser na exploração das capacidades de aprendizagem e não só de conhecimentos ou saberes específicos, estes, que tendem a ser menos duradouros.

O ensino de Química deve também auxiliar os estudantes a construir seu próprio ponto de vista, sua "verdade particular" frente tantas verdades parciais (que por vezes revelam-se como inverdades). Isso requer investimento no desenvolvimento

do pensamento crítico argumentativo e da compreensão da natureza do conhecimento científico como algo construído e relativo, em constante evolução, movimento análogo mediante a visão adotada de um ramo de verdades absolutas. Esta abordagem é particularmente relevante para a Química, uma ciência que opera predominantemente com modelos e teorias que são, de fato, aproximações da realidade e que evoluem historicamente de acordo com os avanços científicos.

O sentimento de frustração é um indicador recorrente entre professores de Química, especialmente nos níveis fundamental e médio, ao constatarem o limitado sucesso de seus esforços pedagógicos. Pozo e Gómez Crespo (p. 3) apontam que os estudantes aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem. Esta "crise da educação científica", embora não seja um fenômeno recente, parece agravar-se, manifestando-se não apenas nas salas de aula, mas também nos resultados de pesquisas em didática das ciências. Parte das dificuldades atuais não derivam do fracasso de novas propostas construtivistas, mas sim da tentativa de manter um tipo de educação científica que em seus conteúdos, em suas atividades de aprendizagem, em seus critérios de avaliação e, sobretudo, em suas metas preestabelecidas, está muito próxima dessa tradição à qual, supostamente, parece desejar-se retornar. Assim, a persistência em modelos de ensino de Química que não mais respondem às necessidades e interesses dos alunos e da sociedade contribui significativamente para a crise.

Entretanto, a crise não se configura apenas como um déficit por parte dos discentes. Parte majoritária dos estudantes não aprendem a ciência que lhes é ensinada, sendo assim, as dificuldades de compreensão podem ocorrer inclusive entre os próprios professores de ciências e, com alguma frequência, nos livros didáticos (Pozo; Gómez Crespo, p. 3). Compreendemos, portanto, que isso sugere que o problema é sistêmico, enraizado não apenas no sistema educacional como também na sociedade como um todo, abrangendo desde a formação de professores, o desenvolvimento de currículos e materiais curriculares, até fatores políticos, culturais e sociais presentes no senso comum. Portanto, intervenções como a introdução de novas tecnologias (IAGs na educação, no caso) precisa considerar essa complexidades sistêmicas.

Não é novidade a tendência aferida no ensino de ciências a nível médio de priorizar uma função seletiva, focada na preparação para o ingresso no ensino superior, em detrimento de uma função formativa mais ampla. Essa mentalidade que

considera normal, mas quase que necessário, que boa parte dos alunos fracasse em ciências, é incompatível com as metas de uma educação pautada no pensamento crítico e com as necessidades de uma sociedade que demanda uma literacia científica mais disseminada. Entendemos que, diante o exposto, se faz necessária uma revisão dos objetivos da educação científica. Jiménez Aleixandre e Sanmartí (1997) estabelecem cinco metas ou finalidades plenamente aplicáveis à Química:

- a) A aprendizagem de conceitos e a construção de modelos;**
- b) O desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico;**
- c) O desenvolvimento de habilidades experimentais e de resolução de problemas;**
- d) O desenvolvimento de atitudes e valores;**
- e) A construção de uma imagem da ciência.**

Esses objetivos denotam uma transição para uma formação baseada em saberes amalgamados, cuja pluralidade abarca a compreensão conceitual, as competências procedimentais e o desenvolvimento atitudinal. O ensino de Química deve visar não apenas que os alunos saibam fatos químicos, mas que sejam estimulados a pensar como cientistas, fazendo ciência e valorizando-a de forma apropriada.

Essas dimensões da aprendizagem – conceitual, procedimental e atitudinal – não são conceitos análogos, e sim interligados. Pozo e Gómez Crespo, ao discutirem os três tipos de conteúdos (conceituais, procedimentais e atitudinais, conforme no Quadro abaixo), ressaltam que para cumprir-se o objetivo a), necessita-se superar as dificuldades de compreensão presentes nos assuntos químicos e trabalhar os conteúdos conceituais a fim de atingir os princípios estruturais da Química. Para os objetivos b) e c) serem cumpridos, torna-se imprescindível o protagonismo dos conteúdos procedimentais no ensino das ciências, e teriam como finalidade não só transmitir aos alunos os saberes científicos, mas também torná-los participantes ativos, na medida do possível, dos próprios processos de construção e apropriação do conhecimento científico. Assim, envolvendo também, superar limitações vinculadas às técnicas do procedimento escolhido para a realização e estratégias de pensamento e aprendizagem associadas ao processo. Por sua vez, atender ao objetivo d) exigirá que os conteúdos atitudinais sejam reconhecidos explicitamente como uma parte constitutiva do ensino de Química. Busca-se a promoção não apenas de atitudes ou condutas específicas, mas também normas que norteiem tais condutas e, sobretudo,

valores. Estes aspectos sociais, outrora negligenciados, tornam exequível sustentar uma introdução devida dos estudantes à essa nova perspectiva para Química na forma de diferentes comportamentos e movimentos de aproximação ao conhecimento científico. Por fim, a promoção de uma imagem da ciência, como assinalado por Jiménez Aleixandre e Sanmartí (1997), é uma finalidade transversal a todas as anteriores e deve ser desenvolvida por meio dos três tipos de conteúdos mencionados" (p. 28). Por exemplo, a compreensão de um conceito químico abstrato (dimensão conceitual) frequentemente se consolida através do engajamento em procedimentos experimentais (dimensão procedimental) e do desenvolvimento de uma apreciação pela investigação científica e pela natureza do conhecimento químico (dimensão atitudinal). A Imagem 1 abaixo ilustra esta relação.

Imagem 1 - Tipos de conteúdos no currículo de ciências

Tipos de conteúdos no currículo. Os mais específicos devem ser instrumentais para acessar os conteúdos mais gerais, que devem constituir a verdadeira meta do currículo de ciências			
Tipos de conteúdos	Mais específicos	↔	Mais gerais
Conceituais	Fatos/dados	Conceitos	Princípios
Procedimentais	Técnicas		Estratégias
Atitudinais	Atitudes	Normas	Valores

Fonte: Pozo e Gómez Crespo (2009)

Entendemos que a construção de uma "imagem da ciência" (objetivo e)) adequada trata-se então, de um objetivo crítico, porém muitas vezes negligenciado. Como consequência, verifica-se ainda a existência de diversas crenças inadequadas, inapropriadas e/ou equivocadas dos estudantes sobre a ciência, tal qual a ideia de que "o conhecimento científico é muito útil para trabalhar no laboratório... mas não serve praticamente para nada na vida cotidiana" ou então de que "A ciência estabelece verdades absolutas irrefutáveis na forma de conhecimentos aceitos por todos". Propomos que um objetivo fundamental do ensino de Química deveria, então, seja auxiliar os alunos a diferenciar e valorar esses saberes quando confrontado com discursos provenientes de outras perspectivas. Provocamos, então: Será que o insucesso em atingir essa meta não está sendo evidenciado pela dificuldade dos alunos em distinguir o discurso científico de outras formas de conhecimento?

Estudantes do Ensino Médio chegam às aulas de Química com ideias diferentes daquelas aceitas cientificamente sobre a natureza atômica da matéria, e essas ideias alternativas são predominantemente universais. Pozo e Gómez Crespo

(2009) e Mortimer (1995) identificam algumas das dificuldades conceituais específicas presentes no ensino de Química, sendo uma delas o fato do modelo corpuscular da matéria ser pouco utilizado para explicar suas propriedades, e quando o é, se atribuem às partículas propriedades do mundo macroscópico (por exemplo, a ideia de que as partículas dilatam quando aquecidas, um “atomismo substancialista”). Há também uma forte tendência em negar a existência de espaços vazios entre as partículas, ecoando a máxima absoluta e equivocada de que a natureza abomina o vazio. No tocante às propriedades materiais, estudantes ainda confundem-se entre alterações físicas e químicas, com interpretações equivocadas das transformações e reações químicas, estas sendo interpretadas como simples misturas ou mudanças de estado. Por fim, as dificuldades em raciocínios associados à conservação da massa e em transitar entre observações fenomenológicas e explicações atomísticas configuram-se também como um obstáculo no cumprimento de objetivos estabelecidos para o ensino de Química.

Essas ideias alternativas são caracterizadas também por sua persistência, fazendo-se presentes mesmo após séculos de instrução científica. O problema não limita-se aos estudantes de Ensino Médio; graduandos em Química por sua vez também apresentam dificuldades em compreender a natureza descontínua da matéria. Essa persistência sugere que os métodos tradicionais de ensino são ineficazes para promover uma mudança conceitual genuína. Segundo Bachelard (1996), o citado “atomismo substancialista”, está intimamente ligado à “metafísica da poeira”, a ideia de que o atomismo é uma composição racional desenvolvida a partir de intuições sensoriais, como a observação do fenômeno de cristais de açúcar se dissolvendo.

A persistência dessas concepções alternativas evidencia o desafio central do ensino de Química: sua natureza inerentemente abstrata, esta, que constitui-se como um dos principais obstáculos para a aprendizagem significativa, e, conseqüentemente, a alfabetização científica da população. Fenômenos naturais e entidades fundamentais – como átomos, moléculas e camadas eletrônicas – são inacessíveis à observação direta, operando em uma escala que foge à experiência sensorial imediata do ser humano. Essa característica leva o estudante à um ensino baseado na memorização de símbolos (como fórmulas e equações) e regras abstratas, esvaziando-os de significado e contexto. A Química opera em três níveis de representação (Johnstone, 1982): o macroscópico (fenômenos observáveis, como

uma mudança de cor ou a formação de um precipitado), o submicroscópico (o mundo dos átomos, moléculas e íons) e o simbólico (fórmulas, equações e símbolos). A dificuldade para o estudante reside na necessidade de transitar entre esses três níveis. Para superar essa barreira, é imperativo que o ensino de Química adote estratégias que promovam a visualização e a modelagem, portanto, estimula-se não apenas engajar o estudante na utilização de modelos, mas também na sua compreensão, avaliação e, quando possível, na construção e modificação dessas representações.

Recursos didáticos como simuladores, tecnologias de realidade aumentada e/ou IAs, modelos moleculares tridimensionais e representações pictóricas bem elaboradas são ferramentas valiosas. No entanto, é crucial que o professor não apresente os modelos como representações literais da realidade, mas sim como construções sociais provisórias e com finalidades específicas. Discutir as limitações de um modelo – as esferas maciças do modelo atômico de Dalton em contraposição à natureza probabilística dos orbitais na mecânica quântica, por exemplo – é uma forma de trabalhar a própria Natureza da Ciência (NdC), mostrando que o conhecimento químico é evolutivo e modelar.

Um clássico exemplo dessa dificuldade com o abstrato é a noção de espaço vazio. O conceito de que a matéria é constituída predominantemente por espaço vazio é um dos mais contra-intuitivos e de difícil assimilação na compreensão da realidade, e, conseqüentemente, no ensino de Química. Como apontado por Mortimer (1995) e Pozo e Gómez Crespo (2009), os estudantes, mesmo após o ensino formal, tendem a rejeitar a ideia do vazio, imaginando os átomos como esferas maciças e contínuas, um reflexo do que Bachelard (1996) chamou de "obstáculo substancialista". Esse obstáculo tem raízes na experiência sensorial cotidiana. Nossas interações diárias com a matéria – sua solidez, resistência ao toque e impossibilidade de ocupar o mesmo espaço – nos leva a intuir que ela é contínua e preenchida, porém, a concepção científica moderna do átomo que o atribui um núcleo extremamente pequeno e denso cercado por uma nuvem eletrônica que ocupa um volume referente à maior parte da partícula, mas com densidade quase nula, viola essa intuição. Para enfrentar essa dificuldade conceitual, é necessário um trabalho pedagógico que vá além da exposição teórica. É provocativo que se criem situações de “conflito” na mente dos estudantes. Um exemplo clássico é o experimento de Rutherford, que pode ser demonstrado em sala de aula e/ou pela reprodução de um vídeo oriundo da Internet.

Ao observar que a maioria das partículas alfa atravessa uma fina lâmina de ouro sem sofrer desvio, o estudante é confrontado com uma evidência que sua concepção de matéria "maciça" não consegue sustentar, não faz sentido. Só então, a introdução da ideia de um átomo com grande espaço vazio se torna uma explicação necessária e plausível.

2.2.2. O Que É Ser Professor de Química, Afinal?

Diante de tais desafios, a docência em Química revela-se uma atividade complexa. Ser professor de Química transcende o domínio do conteúdo disciplinar. A identidade docente é um processo de construção contínua, "algo em movimento, em transformação, sempre inacabado e construído socialmente" (Brito; Lopes; Lima, p. 909, 2017), no qual o professor atribui sentido às suas ações a partir de sua trajetória de vida e de suas experiências profissionais. Nesse processo, o docente mobiliza o que Tardif (2012) define como um saber plural, este, já mencionado em discussões acima, constitui-se por diferentes naturezas de conhecimento. Este saber inclui: os saberes disciplinares, o conhecimento profundo da própria Química, seus conceitos, teorias e modelos utilizados, os saberes curriculares, vinculados à compreensão de como esse conhecimento é organizado em programas, livros didáticos e/ou materiais de ensino oriundos de diretrizes oficiais. Os saberes pedagógicos, constituído pelo conhecimento sobre as teorias da aprendizagem, estratégias de ensino, métodos de avaliação e gestão de sala de aula, e, por fim, os saberes experienciais. É o saber que emerge da prática, do trabalho cotidiano. É o conhecimento de quais analogias funcionam para explicar a ligação covalente, de antecipar que os alunos terão dificuldade com o conceito de mol, de saber como gerenciar uma aula prática de laboratório com segurança. São os saberes desenvolvidos pelo professor a partir de suas próprias experiências conforme constrói sua identidade profissional como docente de Química.

Brito, Lopes e Lima (2017), ao investigarem "o que é ser professor de Química", identificam que as visões deste grupo de docentes se organizam em torno de eixos que, por diversas vezes, vão além do conteúdo. Reforçamos, nesta passagem, que a formação de professores de Química ainda é, de modo geral, pautada por um modelo tradicional com caráter predominantemente tecnicista. Como resultado, predomina-se uma reprodução em massa de métodos expositivos descontextualizados em aulas de Química. Para os professores entrevistados no trabalho das autoras que norteia esta

discussão, ser um bom professor de Química envolve, por exemplo, a capacidade de "relacionar a Química com o cotidiano" (Brito; Lopes; Lima, p. 915, 2017), uma dimensão didático-pedagógica que auxilia a superar a visão negativa que muitos estudantes têm da disciplina. Além disso, menções à dimensão afetiva vinculada ao ensino de Química destacam a importância da presença dos componentes atitudinais no ensino e, concomitantemente, salientam a necessidade de "estabelecer relação de parceria com os alunos/afetividade" e "conhecer a realidade do aluno" (Brito; Lopes; Lima, p. 915, 2017).

Embora esta discussão não seja nova, esta visão humanizada da docência coexiste com uma tensão histórica na profissão. Por um lado, persiste a imagem vocacional, a ideia de que "ser professor é um dom que você recebe" (Brito; Lopes; Lima, p. 918, 2017). Por outro, emerge a concepção da docência como uma profissão que exige competências específicas, gostar do que faz e promover o engajamento social entre os atores envolvidos neste processo. Portanto, o bom professor de Química, hoje, deve atuar também como um mediador e tradutor e, por vezes, transcritor. Que não apenas recorra à transmissão de informações, masorquestre (ou ao menos, tente) a articulação entre esses diferentes saberes e dimensões identitárias para tornar o abstrato compreensível e o complexo minimamente significativo para seus estudantes. Valores como a curiosidade científica, aspectos éticos na construção do conhecimento científico (respeito pelas evidências, por exemplo) e uma postura crítica frente à disseminação de informações distorcidas, reforçada pela popularização das tecnologias de IA tornam-se imprescindíveis dentro de um currículo desejado para um bom professor de Química.

Observamos que, ser professor de Química, portanto, é também atuar na vanguarda de uma mudança de paradigma educacional. É abandonar a postura do detentor de verdades absolutas para se tornar um guia para os estudantes, criando pontes, provocando questionamentos, gerenciando a mencionada complexidade abstrata da Química e formar cidadãos capazes de tomarem decisões críticas frente aos fenômenos ocorrentes em sua vida cotidiana.

Frente ao exposto, entendemos que este é o momento para indagarmos: Por que professores de Química, mesmo conhecendo teorias pedagógicas modernas (como as construtivistas), recorrem a práticas tradicionais? A resposta reside na lacuna existente entre os saberes pedagógicos (universidade) e os experienciais (sala de aula). Neste contexto, compreendemos que investigar as percepções dos

professores de Química vinculadas à participação das IAGs no ensino torna-se imprescindível no processo de inclusão destas tecnologias em contextos educacionais. A forma como estas ferramentas são percebidas por este grupo docente passará por um filtro que associa-se à lacuna mencionada: ela seria mais uma “teoria impraticável” ou uma ferramenta auxiliar na ação docente?

A complexidade da docência entra em conflito com o modelo tradicional de ensino, principalmente na área das Ciências da Natureza. Este modelo é fundamentado no que Donald Schön (2000) se refere como a epistemologia da "racionalidade técnica". Nessa perspectiva, a prática profissional é entendida como um processo instrumental, no qual o professor é visto como um técnico cuja principal função é aplicar as teorias e métodos científicos desenvolvidos por pesquisadores e especialistas da academia (Schön, 2000). Contudo, a "racionalidade técnica" revela-se inadequada para lidar com os desafios reais da sala de aula. Neste sentido, Schön (2000) argumenta que os problemas da prática profissional, especialmente os da docência, não são lineares e raramente se apresentam como casos claros para a aplicação de uma teoria. Pelo contrário, a prática docente ocorre em uma "zona pantanosa", um terreno instável de incertezas, complexidade, singularidades e conflitos de valores (Schön, 2000, p. 57). É nesse cenário que se estabelece a dualidade entre teoria e prática, onde o conhecimento pedagógico internalizado na formação inicial é muitas vezes percebido pelo professor como abstrato, idealizado e inaplicável às demandas de sua rotina como educador.

Em resposta à racionalidade técnica, Schön (2000) propõe o modelo do "profissional reflexivo". Este docente não é um consumidor passivo de teorias, mas um construtor de conhecimento enquanto leciona. Ele utiliza a "reflexão-na-ação" – a capacidade de pensar sobre o que está fazendo enquanto está fazendo – para diagnosticar problemas e realizar ajustes em sua prática em tempo real. A reflexão permite ao professor “dialogar” com a situação-problema, reestruturando suas estratégias e, por vezes, a própria teoria que fundamenta sua ação. Esta valorização da prática é corroborada por António Nóvoa (1992), que defende que a formação docente não se constrói por acumulação (de cursos, de conhecimentos ou técnicas), e sim por meio de um trabalho de reflexividade crítica sobre as práticas e de (re)construção de sua identidade pessoal" (Nóvoa, 1992, p. 25). A prática passa a ser vista como o epicentro da formação, e não um campo de mera aplicação das teorias. Contudo, esta máxima, quando levada ao extremo, pode gerar uma nova tensão: o

risco do "praticismo". Gauthier *et al.* (1998) alertam para a tendência de supervalorizar a experiência imediata em detrimento dos saberes pedagógicos e disciplinares, criando uma resistência a inovações teóricas ou metodológicas que não pareçam "práticas" a priori ou que exijam uma reestruturação do saber experiencial já validado. É o caso da participação das IAGs em contextos educacionais. Entendemos que este trabalho é um passo adiante no caminho para a inclusão bem articulada destas tecnologias.

A dinâmica dessa lacuna entre teoria e prática é, portanto, um fator constituinte dentre as razões que nos motivaram a realizar esta pesquisa. A introdução de novas tecnologias, como as IAGs, em contextos educacionais será inevitavelmente filtrada por essa tensão. As percepções dos professores de Química sobre a utilidade, relevância e aplicabilidade das IAGs dependerá se ela é vista como mais um artefato da "racionalidade técnica" – uma solução genérica e descolada da "zona pantanosa" da sala de aula – ou, se ela pode se constituir como uma ferramenta auxiliar para o "professor reflexivo", um meio para otimizar o planejamento e auxiliar na complexa tarefa de "tradutor" e "transcritor" dos saberes químicos.

2.2.3. Planejamento de Aulas de Química

Se a docência, então, é compreendida como uma prática complexa que se desenrola na "zona pantanosa" da incerteza (Schön, 2000), o planejamento de ensino torna-se um instrumento intelectual e o momento privilegiado da reflexão-na-ação do professor. O planejamento transcende a função burocrática de preenchimentos documentais; ele é um processo de "racionalização, organização e coordenação da ação docente, articulando a atividade escolar e a problemática do contexto social" (Libaneo, 1994, p. 222). Trata-se de um ato de antecipação e de tomada de decisão que visa prever e organizar a ação pedagógica.

No contexto específico do ensino de Química, o planejamento configura-se como um organizador cuja função é, dentre outras, articular-se como um auxiliar na transcrição da complexidade dessa ciência. Dada a natureza da Química, marcada pela abstração, pela dificuldade dos estudantes em transitar entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico (Johnstone, 1982) e pela persistência de concepções alternativas equivocadas, um planejamento eficaz não pode ser linear ou focado apenas na transmissão do conteúdo. Ele deve ser um designer de experiências de aprendizagem que antecipa esses obstáculos.

Nesse sentido, o modelo de planejamento reverso, proposto por Wiggins e McTighe (2005), oferece uma resposta à lógica tecnicista. Ao invés de começar pela definição dos conteúdos ("o que vou ensinar?"), o professor reflexivo inicia pelos objetivos de compreensão ("o que o aluno pode compreender ao final desta aula?") e pelas concepções alternativas que precisam ser superadas. O planejamento passa a ser a construção de um roteiro para confrontar a ideia de que "as partículas dilatam quando aquecidas" ou para dar sentido ao "espaço vazio".

Para materializar essa articulação, a noção de Sequência Didática (SD) mostra-se mais pertinente do que o conceito tradicional de plano de aula isolado. Uma SD é um "conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais" (Zabala, 2015, p. 18). A SD permite ao professor orquestrar, ao longo de várias aulas, a articulação entre os diferentes tipos de conteúdos, alinhando-se aos objetivos discutidos por Pozo e Gómez Crespo e Jiménez Aleixandre e Sanmartí no Tópico 2.2.1. Segundo Zabala (2015), uma SD eficaz deve contemplar a integração dos conteúdos conceituais (saber), procedimentais (saber fazer) e atitudinais (ser). No ensino de Química, isso significa que a sequência não deve apenas focar nos conceitos e princípios químicos (ex: Lei da Conservação de Massas de Lavoisier), mas também nas estratégias e técnicas (ex: como realizar e interpretar um experimento, como balancear uma equação) e nos valores vinculados ao tema estudado (ex: a valorização da evidência empírica, a postura crítica mediante à construção do conhecimento científico ao longo dos séculos). Schnetzler (2002) destaca o potencial das SD, especialmente as que se baseiam em temas sociais (abordagem CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade), para promover uma aprendizagem significativa e engajada, alinhando-se à demanda por "relacionar a Química com o cotidiano".

Entendemos, então, que o planejamento estruturado como uma SD, assume o papel de materializador do saber experiencial do professor. É nesse documento vivo que o docente articula seus saberes disciplinares, curriculares e pedagógicos (Tardif, 2012) para criar pontes entre o conhecimento científico e o universo conceitual do aluno. Portanto, o planejamento de aulas é o principal local da práxis docente do professor de Química, onde a teoria e a prática se encontram na tentativa de mediar os desafios associados à aprendizagem da disciplina.

2.3. Articulação dos Eixos Teóricos

Esta seção do trabalho reservar-se-á para discussões vinculadas à articulação dos dois eixos de pesquisa discutidos nas últimas seções. A divisão seguirá a seguinte estrutura: 1) O papel das IAGs na educação, 2) Explorando a escola do aprimoramento: IAGs como Guias Complementares e 3) Na prática: As IAGs atuando como Guias Complementares.

2.3.1. O Papel das IAGs na Educação

Como mencionado no Tópico 2.1.1, a realização da conferência de Dartmouth em 1956 estabeleceu um marco no desenvolvimento de máquinas inteligentes por cientistas da computação da época e como consequência direta do crescimento expressivo nas indústrias pertencentes ao mercado tecnológico durante as décadas seguintes, as tecnologias de IA foram sendo progressivamente inseridas em diferentes setores da sociedade, assim como na educação. Assim como presenciamos resistência popular à participação destas tecnologias atualmente, o período que comporta as décadas que sucederam o evento orquestrado por McCarthy e seus colaboradores não se isentava do embate com o desconhecimento do senso comum mediante à criação de “máquinas inteligentes”.

Embora seja um campo revolucionário e mercadologicamente atrativo, o desenvolvimento das tecnologias de IA no final do século XV intercalou entre momentos de rápido progresso em curtos intervalos de tempo e desertos socioeconômicos onde os financiamentos eram escassos e o ceticismo frente às aplicabilidades das IAs predominava. A interdisciplinaridade entre as tecnologias de IA e outras áreas de conhecimento tornou possível nos apropriarmos muito melhor da cognição e da relação do conhecimento com a complexidade (Vicari, 2021, p. 74), e com isso, desenvolvedores de tecnologias de IA atualmente conseguem nortear melhor o desenvolvimento delas de acordo com suas respectivas funcionalidades e demandas da sociedade.

A consolidação do período de renascimento vivido pelas tecnologias de IA no início deste milênio, como exposto por Holmes (2023, p. 85), que cita a importância do desenvolvimento de três fundamentos chave para o estado atual delas (o advento de processadores mais rápidos, a disponibilidade de grandes quantidades de dados em massa e avanços na abordagem computacional), pode ser aproveitada por educadores interessados em aprimorar sua ação docente. Os modelos generativos elaborados devido aos avanços no ML permitiram com que as IAGs se consolidassem

como uma classe inteiramente nova de IAs, e com elas, foi possível alçar novos horizontes em contextos educacionais.

As aplicações das tecnologias de IA na educação estendem-se tanto ao ensino do conteúdo quanto na aprendizagem do educando. Utilizemos o ChatGPT como exemplo: atualmente já existe um considerável número de autores (Lima; Serrano, 2024; Leite, 2024; UNESCO, 2023; Marchi, 2023; Farazouli *et al.*, 2023) que utilizam a ferramenta como principal aspecto investigativo norteador de suas pesquisas frente ao aumento exponencial de sua participação na execução de tarefas diárias por parte de indivíduos de diferentes grupos sociais e profissionais.

Neste contexto, Sabzalieva e Valentini, autoras do guia da UNESCO (2023), elencaram uma série de possíveis funções para o ChatGPT no ensino superior, como exposto na Imagem 2 abaixo. Após apropriarmos de seu conteúdo, compreendemos que este é perfeitamente aplicável para não apenas o ChatGPT como também outros *chatbots* disponíveis na Internet e que também aplica-se ao ensino de forma geral.

Imagem 2 - Aplicações das IAGs em contextos educacionais

Função	Descrição	Exemplo de aplicação
Gerador de possibilidades	IA gera formas alternativas de expressar uma ideia.	Os alunos podem escrever consultas no ChatGPT e utilizar a função <i>Regenerate response</i> para examinar respostas alternativas.
Oponente socrático	IA atua como oponente no desenvolvimento de ideias e argumentos.	Os alunos introduzem as mensagens no ChatGPT, seguindo a estrutura de uma conversa ou debate. Os professores solicitam que utilizem o ChatGPT para se prepararem para os debates.
Coach colaborador	IA ajuda os grupos a investigarem e a resolverem problemas em conjunto.	Trabalhando em grupos, os alunos utilizam o ChatGPT para obter informações para realizar tarefas e trabalhos.
Guia complementar	IA funciona como um guia para navegar em espaços físicos e conceituais	Os professores utilizam o ChatGPT para criar conteúdos para aulas/cursos (por exemplo, questões para debate) e recomendações sobre como apoiar os alunos na aprendizagem de conceitos específicos.
Tutor pessoal	IA acompanha cada aluno, fornecendo-lhe devolutivas imediatas sobre seu progresso.	ChatGPT pode fornecer <i>feedback</i> personalizado aos alunos, com base em informações fornecidas pelos alunos ou professores (por exemplo, notas de exames).
Codesigner	IA auxilia em todo o processo de concepção.	Os professores podem pedir ao ChatGPT ideias sobre a concepção ou atualização do currículo (por exemplo, rubricas para avaliação) e/ou centrar-se em objetivos específicos (por exemplo, como tornar o currículo mais acessível).
Exploratorium	IA fornece ferramentas para explorar e interpretar dados.	Os professores podem fornecer informações básicas aos alunos que escrevem diferentes perguntas no ChatGPT para aprenderem mais sobre o assunto. O ChatGPT pode ser utilizado para apoiar a aprendizagem de línguas.
Companheiro de estudos	IA ajuda o aluno a refletir sobre o material de aprendizagem.	Os alunos podem explicar ao ChatGPT o seu nível atual de compreensão e pedir apoio para estudar o material. O ChatGPT também pode ser utilizado para ajudar os alunos a se prepararem para outras tarefas (por exemplo, entrevistas de emprego).
Motivador	IA oferece jogos e desafios para melhorar a aprendizagem.	Os professores e os alunos podem pedir ao ChatGPT ideias sobre como ampliar a aprendizagem, depois de fornecerem um resumo do seu nível atual de conhecimentos (por exemplo, questionários, exercícios).
Avaliador dinâmico	IA fornece aos educadores um perfil dos conhecimentos atuais de cada aluno.	Os alunos podem interagir com o ChatGPT, num diálogo do tipo tutorial, pedindo logo em seguida ao ChatGPT que produza um resumo do seu estado atual de conhecimento, a fim de partilharem com o professor para avaliação.

Fonte: UNESCO, 2023

Originalmente, este quadro foi elaborado com o objetivo de elencar aplicações do ChatGPT no ensino superior. Após apropriarmos de seu conteúdo, compreendemos que este é perfeitamente aplicável para não apenas o ChatGPT como também outros *chatbots* disponíveis na Internet e que também aplica-se ao ensino de forma geral.

Embora o *framework* proposto abranja tanto a perspectiva do ensino quanto da aprendizagem, entendemos que, para os fins desta pesquisa, focarmos nas aplicações que vinculam-se à práxis docente parece atender melhor aos critérios de pertinência estabelecidos na elaboração dos textos. Ao filtrarmos as funções elencadas na Imagem 1, observamos que, além do papel de Guia Complementar — que norteará a discussão do tópico final desta fundamentação —, as IAGs oferecem potencialidades específicas para o professor de Química nas categorias de Gerador de Possibilidades, *Codesigner* e Avaliador Dinâmico.

A proposta da função Gerador de Possibilidades converge com o enriquecimento do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) (Shulman, 1986). Professores de Química frequentemente recorrem a analogias para explicar o inobservável. Contudo, analogias mal construídas podem gerar novos obstáculos epistemológicos. Neste ponto, a IAG pode ser utilizada para gerar formas alternativas de explicar um mesmo fenômeno — como o equilíbrio químico ou a entropia — permitindo que o professor, detendo de sua expertise humana, selecione ou refine a analogia mais adequada para aquele contexto específico e evitando as alucinações (Beiguelman, 2023) eventualmente presentes nas respostas fornecidas pelas ferramentas a fim de superar a repetição mecânica de exemplos clássicos de livros didáticos.

A função de *Codesigner* dialoga com a complexidade do planejamento de SDs (Zabala, 2015). A IAG pode atuar na estruturação preliminar de objetivos de aprendizagem e critérios avaliativos. O *framework* da UNESCO (2023) destaca que o professor pode solicitar ideias sobre a concepção e atualizações do currículo. Na Química, isso se traduz na capacidade da ferramenta em sugerir adaptações curriculares para tornar conceitos abstratos, como a hibridização do carbono, mais acessíveis a estudantes com diferentes perfis de aprendizagem. Ou, auxiliar na elaboração de rubricas avaliativas para relatórios experimentais, otimizando o tempo do docente para que este possa focar na mediação pedagógica entre os saberes envolvidos.

A função Avaliador Dinâmico se apresenta como um recurso auxiliar para o diagnóstico de concepções alternativas, clássico entrave no ensino de ciências (Pozo; Gómez Crespo, 2009). Ao invés de limitar-se à correção somativa, o docente pode utilizar a IAG para analisar respostas abertas de estudantes e identificar padrões de erros conceituais recorrentes, como a persistência do substancialismo (Bachelard, 1996) em explicações sobre reações químicas. Neste cenário, a IA não substitui o juízo de valor do professor, mas fornece um perfil dos conhecimentos atuais (UNESCO, 2023) da turma, permitindo que o docente recalibre suas estratégias de ensino em tempo real.

Portanto, no concernente às aplicações voltadas ao ensino, percebemos que estas ferramentas, quando bem administradas, servem para ampliar o repertório didático do professor. Discutimos, no Tópico 2.2.3, que um planejamento eficaz, portanto, é uma atividade de alta demanda cognitiva. A elaboração de SDs com caráter investigativo, que promovam o conflito cognitivo e que articulem conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais consome um tempo de trabalho docente que é, na realidade da comunidade docente, por diversas vezes, escasso. É neste exato ponto de "gargalo" – a complexidade pedagógica e o tempo limitado para um planejamento de excelência (Wiggins; McTighe, 2005) – que a participação das novas tecnologias, em especial as IAGs, se torna um objeto de análise pertinente. Neste contexto, provocamos: Até onde elas podem otimizar esse processo?

A resposta a essa questão é condicional e revela o cerne da tensão investigativa deste trabalho. Afirmamos que sim, as IAGs são capazes de otimizar o processo de planejamento de aulas, mas essa otimização não é uma consequência inerente ao seu uso. O impacto da ferramenta dependerá diretamente do paradigma adotado pelo docente, conforme discutido anteriormente, oscilando entre as escolas da automação e do aprimoramento.

Quando percebida sob a ótica da automação — isto é, como uma ferramenta substituinte da expertise humana —, a IAG tende a reforçar o modelo da racionalidade técnica. Ela pode ser usada para gerar planos de aula genéricos e descontextualizados, que apenas automatizam a burocracia, mas falham em enfrentar os desafios pedagógicos reais da zona pantanosa (Schön, 2000), o “habitat” das concepções alternativas específicas dos estudantes de uma determinada turma.

Contudo, se adotada sob a ótica do aprimoramento, as IAGs podem otimizar o processo significativamente, atuando como uma ferramenta de co-inteligência

(Mollick, 2024) que potencializa a ação docente. A otimização, nesse caso, não é apenas fazer mais rápido, mas fazer melhor. As IAGs podem auxiliar o docente a acessar rapidamente múltiplas estratégias pedagógicas, a prever dificuldades de aprendizagem e a articular um saber plural (Tardif, 2012), providenciando novos recursos para melhores tomadas de decisões pedagógicas.

Portanto, estabelecemos que a possibilidade de otimização está menos na tecnologia em si e mais nas percepções e na relação que o professor estabelece com ela. Frente à esta afirmação, entendemos que torna-se imprescindível compreender como os docentes, especialmente os novos professores, se relacionam com as novas tecnologias que se apresentam como ferramentas educacionais.

As percepções, enquanto indivíduo, vinculadas às utilidades das IAGs é mediada pela relação que os docentes já estabelecem com as tecnologias digitais em seu cotidiano. A ideia de nativos digitais (Prensky, 2001), embora popular, é, por vezes, simplista. Ela presume uma fluência tecnológica uniforme que a realidade atual desmente. Mais do que "nativos", compreendemos os professores de hoje em dia como o que Borba (2012) conceitua como "humanos-com-mídias". A tecnologia não é mais um apêndice alheio, mas um componente que reorganiza a forma de pensar, de ter acesso à informação e de produzir conhecimento (Borba, 2012). Dados da pesquisa TIC Educação (CGI.BR, 2024) indicam que, embora haja uma crescente na utilização de tecnologias digitais pelos professores para "preparar aulas" (88%) e "buscar recursos" (86%), o uso em sala de aula ainda enfrenta barreiras significativas de infraestrutura, tempo e formação pedagógica continuada (CGI.BR, 2024).

Esta realidade reafirma a predominância da adoção do paradigma da automação, exposta em seções anteriores. Na busca por eficiência, muitos professores utilizam as tecnologias para automatizar tarefas de baixa complexidade cognitiva, como buscar listas de exercícios prontas, formatar apresentações e/ou gerenciar notas. Um dos desafios desta pesquisa é investigar se os docentes de Química percebem as IAGs apenas como ferramentas para automatizar seu trabalho, ou se vislumbram nela a possibilidade de aprimorarem o processo de planejamento pedagógico de suas aulas.

2.3.2. Explorando a Escola do Aprimoramento: IAGs como *Guias Complementares*

Conforme afirmamos, articular a inclusão das IAGs em contextos educacionais requer investigar as percepções e pela relação que o docente, enquanto humano-

com-mídias (Borba, 2012), estabelece com a tecnologia. Se a escola da automação, alinhada à "racionalidade técnica" (Schön, 2000), representa o risco da descarga cognitiva e da padronização, a escola do aprimoramento exige uma resignificação da ferramenta. Para que a IAG sirva, de fato, ao aprimoramento da práxis docente, é necessário abandonar a metáfora da tecnologia de substituição e adotar paradigmas que posicionem a IA como uma parceira nas reflexões pedagógicas inerentes à prática docente.

Nesta seção, aprofundamos a escola do aprimoramento por meio de três pilares teóricos: (1) O framework de uso proposto pela UNESCO (2023), que conceitua o ChatGPT também, dentre outras formas, como um "Guia Complementar"; (2) os estudos de Seymour Papert ("Construcionismo" vs "Instrucionismo") e (3) o paradigma emergente da IA como Espelho Cognitivo, que oferece um mecanismo para a potencialização da prática reflexiva do professor.

Frente à popularização das IAGs após o lançamento do ChatGPT 3.5 em novembro de 2022, a UNESCO, visando orientar uma integração ética e eficaz da IA na educação, propôs um conjunto de papéis que ferramentas desta classe de tecnologias (IAGs) podem assumir, expostas na Imagem 1 durante a discussão do Tópico 2.3.1. Dentre eles, destacamos a função de "Guia Complementar" (UNESCO, 2023). Segundo as autoras, a IA "atua como um guia para navegar em espaços físicos e conceituais". O exemplo de aplicação fornecido converge com os propósitos desta pesquisa: "Os professores utilizam o ChatGPT para criar conteúdos para aulas/cursos (por exemplo, questões para debate) e recomendações sobre como apoiar os alunos na aprendizagem de conceitos específicos."

Essa visão desloca o eixo de valor das IAs: elas deixam de ser produtoras de conteúdo final (automação) e passam a ser uma espécie de consultora pedagógica (aprimoramento). Entendemos que o termo "navegar em espaços físicos e conceituais" dialoga diretamente com os desafios centrais do ensino de Química discutidos no Tópico 2.2.1. Os "conceitos específicos" mencionados no quadro são, no contexto desta pesquisa, os "obstáculos epistemológicos" (Bachelard, 1996) e a natureza abstrata da disciplina (Johnstone, 1982). Se o professor de Química atua como um "tradutor" que constrói pontes entre o macroscópico e o submicroscópico, o "Guia Complementar" emerge como o papel necessário para esta tarefa, o auxiliando a solicitar rotas, orientações e/ou dicas sobre como arquitetar essas pontes.

Essa perspectiva de ferramenta cognitiva (Pea, 1985) encontra suas raízes

epistemológicas nos trabalhos de Seymour Papert. Papert, um dos pioneiros no uso de computadores na educação, estabeleceu distinções entre o que chamou de "Instrucionismo" e "Construcionismo". No paradigma instrucionista, o computador ensina o aprendiz. Compreendemos este modelo como um precursor direto do que definimos como escola da automação e do que Schön (2000) criticou como a "racionalidade técnica".

Analogamente, Papert (1985; 2008) propôs o "Construcionismo", uma filosofia onde o aprendiz utiliza o computador como uma ferramenta com a qual "o aluno desenvolve algo, e, portanto, a aprendizagem ocorre pelo fato de estar executando uma tarefa por meio do computador" (Valente, 1993, p. 12). Papert tinha o "Micromundo" como ferramenta norteadora para desenvolver os princípios do construcionismo, um ambiente de exploração onde o aprendiz podia moldar e explorar diferentes resoluções para a mesma situação. Argumentamos que as IAGs, enquanto Guias Complementares (UNESCO, 2023), podem ser vistas como uma evolução desta ideia, porém com um deslocamento de foco: do aluno para o professor. A IAG não é o "Micromundo" em si, ela é a ferramenta metacognitiva que auxilia o professor reflexivo (Schön, 2000) a projetar, construir e refinar estes ambientes — as Sequências Didáticas (Zabala, 2015) — que permitirão ao aluno "navegar" entre os "espaços físicos e conceituais" da Química. O professor, assim, utiliza a tecnologia para "pensar sobre o pensar", mas aplicando esta reflexão à sua própria práxis docente.

Para que esta interação, de fato, potencialize as reflexões vinculadas ao uso das IAGs, é preciso superar o modelo de interação dominante, que Tomisu *et al.* (2025) definem como "IA como Oráculo". Este paradigma, que posiciona a IAG como um oráculo onisciente, resulta no que os autores denominam como descarga cognitiva, fenômeno onde a disponibilidade de uma resposta pronta suprime o esforço essencial do pensamento. Este é o exato mecanismo da prótese cognitiva (Pea, 1985) discutida em tópicos anteriores, que caracteriza a escola da automação.

Como resposta, Tomisu *et al.* (2025) propõem o paradigma da "IA como Espelho Cognitivo". Neste modelo, a IA é ressignificada e passa a ser entendida como um "novato ensinável", projetado para refletir a qualidade da explicação do aprendiz. A inovação é o uso de um déficit útil, onde a IA intencionalmente finge ignorância ou adota uma persona específica para forçar o usuário (neste caso, o professor) a articular seu pensamento de forma coesa.

Aqui, tentamos “colocar os pingos nos i’s” nesta discussão que articula os eixos teóricos norteadores de discussões anteriores. Logo, apontamos que a importância destes paradigmas para nossa pesquisa vem dos alicerces teóricos da prática reflexiva de Schön e dos saberes experienciais (aprender ensinando). Este último é ativado para o docente: o professor reflexivo, ao incluir as IAs em sua prática, que age como um “novato ensinável”, é obrigado a reorganizar seus saberes (Tardif, 2012). Nessa dinâmica, a IA “externaliza os processos de pensamento do aprendiz (professor de Química), tornando suas concepções errôneas objetos de reparo”. Este mecanismo é, em essência, a “reflexão-na-ação” (Schön, 2000). A IAG se transforma em uma fonte suplementar de reflexão, auxiliando o professor a testar suas hipóteses e navegar a zona pantanosa da prática.

2.3.3. Na Prática: As IAGs Atuando como *Guias Complementares*

A consonância entre o conceito das IAGs como Guia Complementares (UNESCO, 2023), a epistemologia do Construcionismo (Papert, 1985) e do mecanismo do Espelho Cognitivo (Tomisu *et al.*, 2025), tornou exequível materializar a escola do aprimoramento na práxis do professor de Química.

O objetivo desta abordagem não é gerar planos de aula prontos, uma prática que fomenta dependência exclusiva e mitiga o pensamento crítico docente (Leite, 2024). O objetivo é utilizar a IAG por meio de *prompts* que convoquem a ferramenta como um parceiro de reflexão, especificamente para enfrentar os desafios pedagógicos da disciplina. Dentre eles, trabalharemos com os identificados no Tópico 2.2.1: as concepções alternativas, a abstração do Triângulo de Johnstone e o design de SD eficazes. O Quadro 1 abaixo contrasta os paradigmas de interação docente com IAGs no planejamento de aulas de Química.

Quadro 2 - Exemplos de paradigmas de interações docentes com IAGs no desenvolvimento de aulas de Química

Desafio Pedagógico Específico	Escola da automação (IA como Oráculo)	Escola do aprimoramento (IA como Espelho Cognitivo)
Concepções alternativas (como a noção do espaço vazio na matéria)	<u>Prompt - O1</u> : "Faça um plano de aula completo sobre o modelo atômico de Rutherford para o 1º ano do Ensino Médio."	<u>Prompt - EC1</u> : "Sou professor de Química do Ensino Médio e preciso que elabore um plano de aula sobre o modelo

		atômico de Rutherford. Considere a existência nesta turma da concepção alternativa do “atomismo substancialista” de Bachelard, onde os átomos são maciços e que 'a natureza abomina o vazio'. Como referencial teórico, utilize a bibliografia de Atkins para a tarefa.”
Desenho de Atividades Práticas (Articular o "saber fazer" com o "saber"; Questões de equipamentos e segurança em laboratórios)	<i>Prompt - O2:</i> "Me dê um roteiro de experimento de laboratório sobre titulação ácido-base para o 2º ano EM."	<i>Prompt - EC2:</i> "Sou professor de Química do Ensino Médio e preciso de auxílio para adaptar um experimento de titulação, cujo foco não é o cálculo (conceitual), mas o procedimental. Sugira 3 roteiros experimentais que eu possa utilizar nestas aulas para que os alunos pensem sobre o porquê de cada procedimento (“Por que enxaguar a bureta com a solução titulante?”)."
Planejamento de Sequências Didáticas (Zabala, 2015; as 3 componentes de Pozo)	<i>Prompt - O3:</i> "Crie uma Sequência Didática de 4 aulas de 50 minutos sobre o tema Estequiometria."	<i>Prompt - EC3:</i> "Sou professor de Química do Ensino Médio e preciso de auxílio para elaborar uma Sequência Didática, com base nos trabalhos de Zabala, sobre Estequiometria. O foco principal é trabalhar as componentes atitudinais (Pozo) vinculadas ao assunto químico estudado. O tema gerador é “A Química na produção de alimentos e a fome mundial”. Sugira situações-problema que contenham possíveis conflitos cognitivos (Schön) que eu possa usar

		para engajar os alunos e desenvolver atitudes de responsabilidade social, além dos conteúdos conceituais (mol) e procedimentais (cálculos)."
Contextualização (Schnetzler, 2002)	<i>Prompt - O4:</i> "Me dê uma ideia de projeto de Química sobre perfumes."	<i>Prompt - EC4:</i> "Sou professor de Química do Ensino Médio e estou utilizando a abordagem PBL (Aprendizagem Baseada em Projetos) com minhas turmas. Preciso que elabore uma pergunta norteadora para um projeto de 1 mês (2º ano EM) sobre o tema "A Química dos Perfumes". O objetivo é cobrir 'Funções Orgânicas' e 'Solubilidade'. Detalhe as etapas do projeto e sugira 3 atividades que conectem o tema à dimensão CTS."

Fonte: autoria própria

É importante ressaltar que todos os *prompts* baseados na escola do aprimoramento seguiram um roteiro de desenvolvimento elaborado pelo autor desta pesquisa durante os dois anos estudando o campo de conhecimento das IAs. O roteiro foi criado no intuito de promover a sistematização qualificada das interações com ferramentas de IAGs. Estrutura-se uma rota metodológica fundamentada em três categorias. A Categoria 1 refere-se à etapa de "Contextualização Pessoal" e atua como elemento de ancoragem, na qual o fornecimento de dados explícitos sobre o perfil do usuário permite à IA calibrar o tom e a complexidade da resposta, adequando-a à realidade do interlocutor e interceptando possíveis generalizações. Na sequência, estabelece-se o núcleo diretivo da interação por meio da categoria "O que fazer?" (Categoria II), momento em que se delimita a tarefa a ser atendida pelo *chatbot*, garantindo a compreensão inequívoca do objetivo final e evitando desvios de escopo. Por fim, a categoria "Como fazer?" (Categoria III) promove o refinamento da solicitação, transformando comandos abertos em instruções técnicas através da definição de parâmetros, métodos e recursos específicos. A articulação desses três

eixos — contexto, ação e método — constitui um comando que maximiza o potencial das ferramentas tecnológicas, transferindo o controle da qualidade do resultado para a competência de elaboração do *prompt* pelo usuário.

Abaixo, segue uma análise das diferenças de respostas obtidas para os *prompts* expostos no Quadro 151. Para esta tarefa, foi utilizada a versão 2.5 Pro do Gemini, sendo esta a versão paga do *chatbot* da Google.

Imagens 3a, 3b, 3c e 3d - Resposta fornecida pela IAG para o *prompt* O1

Piano de Aula: O Modelo Atômico de Rutherford

Disciplina: Química Público-alvo: 1º Ano do Ensino Médio **Duração estimada:** 2 aulas (100 minutos) **Tema:** Evolução dos Modelos Atômicos – O Átomo Nucleado

1. Objetivos de Aprendizagem

- **Compreender** as limitações do modelo de Thomson ("Pudim de Passas") que levaram à necessidade de um novo modelo.
- **Descrever** o experimento de dispersão de partículas alfa (Experimento da Folha de Ouro).
- **Relacionar** as observações macroscópicas do experimento com as conclusões microscópicas (existência de núcleo e eletrosfera).
- **Diferenciar** o modelo de Rutherford dos modelos anteriores (Dalton e Thomson).
- **Identificar** a falha clássica do modelo de Rutherford (estabilidade do átomo) como gancho para o modelo de Bohr.

2. Conteúdo Programático

1. Breve revisão de Dalton e Thomson.
2. A radioatividade como ferramenta de investigação (partículas alfa).
3. O Experimento da lâmina de ouro (Geiger-Marsden).
4. O Modelo Planetário: Núcleo e Eletrosfera.
5. Comparativo de tamanho: A analogia do estádio de futebol.

Aula 2: O Novo Modelo e suas implicações (50 min)

Apresentação do Modelo (20 min):

- Com base no experimento, construa o modelo na lousa junto com os alunos:
 - Se a maioria passou, o átomo é vazio -> **Eletrosfera**.
 - Se o que rebateu era positivo e pesado, mas muito pequeno -> **Núcleo**.
- Apresente o "Modelo Planetário": O Sol seria o núcleo e os planetas os elétrons.

Analogias e Comparação (15 min):

- **Analogia do Estádio:** Se o núcleo fosse uma formiga no centro do campo de futebol, a eletrosfera seria a arquibancada. Isso ajuda a dimensionar o "vazio" do átomo.
- Faça um quadro comparativo rápido na lousa:
 - **Dalton:** Bola de bilhar (indivisível).
 - **Thomson:** Pudim de passas (divisível, maciço, cargas misturadas).
 - **Rutherford:** Sistema planetário (divisível, nucleado, grandes espaços vazios).

Limitações e Encerramento (15 min):

- Introduza o problema da física clássica: "Se o elétron (negativo) gira ao redor do núcleo (positivo), ele deveria perder energia e cair em espiral no núcleo, colapsando o átomo. Mas o átomo é estável. Por quê?"
- Deixe essa pergunta em aberto como "cena dos próximos capítulos" para introduzir o Modelo de Bohr na próxima aula.

3. Metodologia e Desenvolvimento

Aula 1: O Experimento que mudou tudo (50 min)

Introdução e Problemática (10 min):

- Inicie relembando o modelo de Thomson: "Se o átomo fosse uma massa positiva maciça com elétrons incrustados, o que aconteceria se atirássemos partículas positivas pesadas contra ele? Elas passariam direto ou bateriam e voltariam?"
- Contextualize o momento histórico (início do séc. XX, descoberta da radioatividade).

Desenvolvimento - O Experimento (25 min):

- Apresente o arranjo experimental: Fonte de polônio (partículas α), lâmina de ouro finíssima e anteparo fluorescente.
- **Visualização:** É crucial que os alunos visualizem o experimento para entender a lógica.
- Explique as três situações observadas:
 1. A maioria das partículas passou direto (o átomo é majoritariamente vazio).
 2. Algumas sofreram desvios (passaram perto de algo positivo).
 3. Multíssimas poucas voltaram/ricochetearam (bateram de frente com algo denso e positivo).

Consolidação (15 min):

- Peça que os alunos desenhem no caderno o esquema do que aconteceu com as partículas, anotando o "Porquê" de cada comportamento (passou direto = vazio; desviou = repulsão; voltou = colisão).

4. Recursos Didáticos

- Lousa e marcadores coloridos (cores diferentes para núcleo e elétrons ajudam muito).
- Projetor (Data Show) para as imagens do experimento.
- **Sugestão Opcional:** Simulador PhET Colorado ("Rutherford Scattering") se houver laboratório de informática ou tablet disponível.

5. Avaliação

A avaliação será formativa, baseada na participação e na resolução de uma lista curta de exercícios ao final da Aula 2, contendo questões como:

1. Por que a maioria das partículas alfa atravessou a lâmina de ouro sem sofrer desvios?
2. Qual a principal diferença estrutural entre o modelo de Thomson e o de Rutherford?
3. (Questão de desafio) Se usássemos uma folha de alumínio (mais leve que ouro), os desvios seriam maiores ou menores? (Raciocínio sobre a carga do núcleo).

Fonte: autoria própria

Imagens 4a, 4b, 4c e 4d - Resposta fornecida pela IAG para o *prompt* EC1

Plano de Aula: O Átomo Nucleado e a Desconstrução da Matéria "Maciça"

Público: 1º Ano do Ensino Médio **Tempo estimado:** 2 aulas (100 minutos) **Tema:** O Modelo Atômico de Rutherford e a descoberta do vazio atômico. **Referencial Teórico:** Peter Atkins (Princípios de Química) & Gaston Bachelard (A Formação do Espírito Científico - foco no obstáculo substancialista).

1. Objetivos de Aprendizagem

- **Conceitual:** Descrever o experimento de dispersão de partículas alfa e o modelo planetário resultante.
- **Epistemológico (Bachelard):** Superar a concepção do "atomismo substancialista" (ideia de átomo maciço/cheio), compreendendo que a solidez da matéria macroscópica não implica em preenchimento microscópico.
- **Analítico (Atkins):** Interpretar dados experimentais (ângulos de desvio) para inferir a estrutura interna da matéria (núcleo denso vs. eletrosfera vazia).

2. Estratégia Didática: O Conflito Cognitivo

A aula não começará com a resposta, mas reforçando a concepção alternativa dos alunos para depois "quebrá-la" com a evidência experimental apresentada por Atkins.

- **O Choque de Realidade:** Revele os resultados reais:
 1. 99,9% das partículas passaram direto (como se a folha de ouro não existisse).
 2. Algumas poucas desviaram.
 3. Uma em 20.000 ricocheteou.
- **A Pergunta Chave:** "Como algo que nossos olhos veem como sólido (ouro) permite que 99% das partículas o atravessem sem tocá-lo?"
- **Desconstruindo Bachelard:** Explique que a intuição de que "a natureza tem horror ao vácuo" falha aqui. A matéria é, essencialmente, **espaço vazio**.

Etapa 3: A Construção do Modelo Nucleado (30 min)

- Utilize a lógica de Atkins para deduzir o modelo:
 - **Passou direto?** → Encontrou vazio (Eletrosfera).
 - **Desviou?** → Passou perto de algo com mesma carga (Repulsão Eletrostática/Coulombiana).
 - **Voltou?** → Bateu de frente em algo muito denso e positivo (Núcleo).
- **A Analogia de Escala (Crucial para vencer o substancialismo):** Para que o aluno aceite o vazio, ele precisa visualizar a escala.
 - **Analogia:** Se o átomo fosse o estádio do Maracanã, o núcleo seria uma formiga no centro do campo. A primeira arquibancada seriam os elétrons. Todo o resto é vazio.
 - **Reforce:** A "solidez" que sentimos não é "cheio", é força de repulsão elétrica entre as eletrosferas dos átomos da nossa mão e os da mesa.

3. Desenvolvimento da Aula

Etapa 1: Mobilização e a "Hipótese do Muro" (20 min)

- **O Conceito Prévio:** Pergunte aos alunos: "Se eu atirar uma bola de gude contra uma parede de concreto, o que acontece?" (Ela bate e volta). "Por quê?" (Porque a parede é sólida/cheia).
- **A Transposição para o Átomo:** Relembre brevemente o modelo de Thomson (Pudim de Passas). Destaque que, nesse modelo, a massa e a carga positiva estão distribuídas uniformemente. É uma "geleia" ou "esfera maciça".
- **O Desafio:** Peça que os alunos imaginem uma folha de ouro (sólida e visível). Se atirmos partículas subatômicas pesadas (alfa) contra ela, baseando-se na intuição de que a matéria é "cheia" (substancialismo), o que deveria acontecer?
 - *Expectativa dos alunos:* A maioria deve dizer que as partículas vão bater e voltar ou ficar presas.
 - *Anote essas previsões no quadro.* Isso valida o pensamento substancialista deles para, em seguida, confrontá-lo.

Etapa 2: O Experimento de Rutherford-Geiger-Marsden (30 min)

- **O Arranjo Experimental:** Apresente o experimento clássico usando a descrição de Atkins (foco na alta energia cinética das partículas alfa e na finura da lâmina de ouro).

Etapa 4: Sistematização e Encerramento (20 min)

- Formalize o Modelo Planetário: Núcleo pequeno, denso e positivo; Eletrosfera enorme, vazia e negativa.
- **Gatilho para a próxima aula (Limitação):** Segundo Atkins, a física clássica prevê que uma carga acelerada (elétron girando) perde energia. Por que o elétron não cai no núcleo? (Introdução para Bohr).

4. Avaliação Formativa (Checklist de Superação)

Peça aos alunos que respondam em uma folha avulsa ("Ticket de Saída"):

1. *Desenhe o átomo como você imaginava no início da aula e como você imagina agora.*
2. *Explique, com suas palavras: Se a matéria é feita majoritariamente de espaço vazio, por que não conseguimos atravessar paredes? (O objetivo é ver se eles migraram da explicação "porque é cheio" para "porque existe repulsão elétrica").*

5. Notas para o Professor (Contexto Teórico)

- **Sobre Bachelard:** O obstáculo "substancialista" é a tendência do aluno de atribuir qualidades tãteis (duro, mole, cheio) a objetos microscópicos. Ao enfatizar o "vazio" do átomo de Rutherford, você está forçando a abstração necessária para a química moderna.
- **Sobre Atkins:** Peter Atkins enfatiza que a descoberta do núcleo foi o nascimento da visão moderna da matéria. Ele usa a dispersão das partículas alfa não apenas como história, mas como evidência da concentração de massa. Certifique-se de que os alunos entendam que a massa do átomo está praticamente toda no núcleo (densidade extrema), o que explica o ricochete violento das partículas alfa.

Fonte: autoria própria

O plano gerado pela abordagem da automação reflete uma estrutura didática transmissiva-receptiva clássica. Embora o plano seja tecnicamente correto e cubra os tópicos essenciais (experimento, modelo planetário, analogias), ele trata o conhecimento como uma informação a ser entregue, ignorando a individualização da construção de hipóteses do estudante. O plano sugere "relembrar o modelo de Thomson", mas não atua efetivamente frente a intuição do aluno de que a matéria é sólida. O "vazio" é apresentado como um fato a ser memorizado após a explicação do professor. A abordagem é conteudista. O foco está em descrever o experimento e o resultado final. A analogia do estádio de futebol é usada para ilustrar a escala, sem

confrontar a sensação tátil de solidez da matéria. As perguntas sugeridas focam na retenção da informação apresentada, operando nos níveis mais baixos da Taxonomia de Bloom (lembrar e compreender).

Conforme aponta Pozo e Gómez Crespo (2009), o ensino tradicional de ciências, por diversas vezes, falha ao tentar substituir as concepções intuitivas dos alunos sem antes ativá-las e gerar conflito. As IAGs, enquanto atuantes sob o olhar da escola da automação, reforçam essa prática ao entregar um roteiro padrão que ignora a zona pantanosa da sala de aula.

Já o plano gerado sob a ótica do aprimoramento demonstra a mudança paradigmática discutida em tópicos anteriores. Ao ser instruída com referenciais teóricos (Bachelard e Atkins), a ferramenta estruturou a aula não em torno do conteúdo de Modelos Atômicos, mas em torno da superação de um obstáculo epistemológico. O plano se inicia com a "Mobilização e a Hipótese do Muro". Ao pedir que o aluno preveja o que acontece ao atirar algo contra uma parede sólida, a aula valida a intuição substancialista para, em seguida, refutá-la com os dados experimentais. "Adquire-se conhecimento contra um conhecimento anterior" (Bachelard, 1996). Diferente do primeiro plano, que pede ao professor que explique o fenômeno observado, este plano posiciona o estudante como investigador ao propor o uso da "Lógica de Atkins" para deduzir o modelo (Passou direto? Vazio; Desviou? Repulsão). Por fim, a "Avaliação Formativa" (Ticket de Saída) pede ao estudante desenhos vinculados à sua visão do átomo: "como imaginava antes" e "como imagina agora". Isso promove a metacognição, essencial para a mudança conceitual (Schön, 2000).

A principal diferença entre os dois resultados reside na capacidade do *prompt* da escola do aprimoramento de incorporar o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), termo cunhado por Shulman (1986). Enquanto o *prompt* da automação gera um plano genérico que poderia ser encontrado em livros didáticos convencionais, o *prompt* do aprimoramento obriga a IA a simular um raciocínio pedagógico complexo. O resultado não apenas ensina os conceitos químicos, ele busca promover o ensino de como pensar sobre a Química, atacando o que Bachelard chama de "realismo ingênuo". O "obstáculo substancialista" mencionado no *prompt* de aprimoramento é visível na estratégia da "Hipótese do Muro". O plano da automação ignora que, para o estudante, é contra-intuitivo que uma folha de ouro (sólida) seja 99% vazia. O plano de aprimoramento, por sua vez, utiliza essa intuição como alavanca de aprendizagem.

Imagens 5a, 5b, 5c, 5d, 5e e 5f - Resposta fornecida pela IAG para o *prompt* O2

Roteiro de Aula Prática: Investigação Ácido-Base

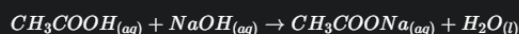
Tema: Determinação da concentração de Ácido Acético no Vinagre Comercial. **Tempo Estimado:** 2 aulas (100 min).

1. Objetivos

- Compreender a técnica de titulação volumétrica como método de análise quantitativa.
- Observar o ponto de viragem (ponto final) utilizando um indicador visual.
- Aplicar os cálculos de estequiometria ($C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_b$) para descobrir uma concentração desconhecida.

2. Fundamentação Teórica

A titulação é um processo em que adicionamos uma solução de concentração conhecida (titulante) a uma solução de concentração desconhecida (titulado) até que a reação se complete. No caso do vinagre, o principal componente ácido é o ácido acético (CH_3COOH), que reagirá com o hidróxido de sódio ($NaOH$) da seguinte forma:

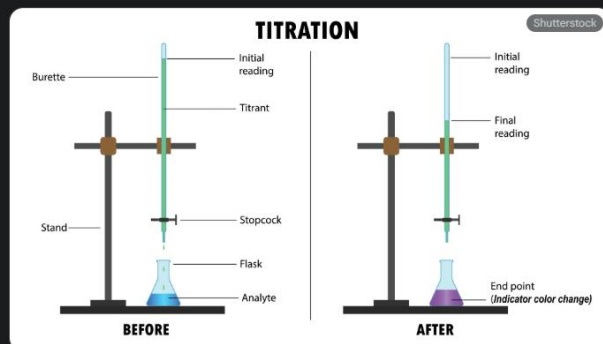


A proporção estequiométrica é de 1:1 (1 mol de ácido reage com 1 mol de base).

3. Materiais e Reagentes

Vidrarias e Equipamentos:

- 1 Suporte universal com garra para bureta.
- 1 Bureta de 50 mL.



- 2 Erlenmeyers de 250 mL.
- 1 Pipeta volumétrica (ou graduada) de 5 mL ou 10 mL.
- 1 Becker de 100 mL (para transferir a base).
- 1 Pisseta com água destilada.

Reagentes:

- Vinagre branco comercial (amostra).
- Solução padronizada de Hidróxido de Sódio ($NaOH$) 0,1 mol/L (Titulante).
- Solução alcoólica de Fenolftaleína (Indicador).

Segurança:

- Uso obrigatório de jaleco e óculos de proteção.
- Cuidado ao manusear o $NaOH$ (cáustico). Em caso de contato com a pele, lavar com água corrente abundante.

4. Procedimento Experimental

Parte A: Preparo da Bureta (Titulante)

- Lave a bureta com água destilada e, em seguida, faça a "ambientação" (passe um pouco da solução de $NaOH$ por dentro dela e descarte).
- Preencha a bureta com a solução de $NaOH$ 0,1 mol/L até um pouco acima do zero.
- Abra a torneira rapidamente para expulsar qualquer bolha de ar presa no bico (isso é crucial para a precisão).
- Acerte o menisco na marca do zero (ou anote o volume inicial exato).

Parte B: Preparo da Amostra (Titulado)

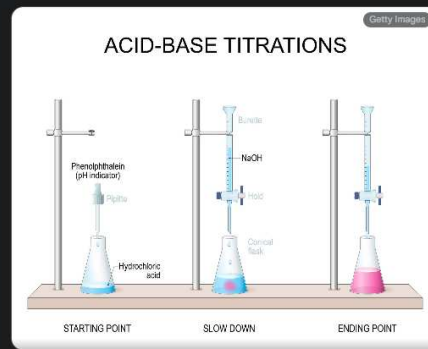
- Com a pipeta, meça exatamente 2,0 mL de vinagre.

2. Transfira para o Erlenmeyer.

- Adicione aproximadamente 40 mL de água destilada ao Erlenmeyer (a quantidade de água aqui não altera a quantidade de mols de ácido, serve apenas para visualizarmos melhor a cor e cobrir o fundo do frasco).
- Adicione 3 a 4 gotas de fenolftaleína. A solução deve permanecer incolor (meio ácido).

Parte C: A Titulação

- Coloque o Erlenmeyer sob a bureta. Coloque uma folha de papel branco embaixo do Erlenmeyer para facilitar a visualização da cor.
- Abra a torneira da bureta cuidadosamente, deixando gotear o $NaOH$ no Erlenmeyer.
- Agite constantemente o Erlenmeyer com movimentos circulares.



- Você notará que onde a gota cai, aparece uma cor rosa que logo some.
- Conforme o rosa demora mais a sumir, diminua o fluxo para "gota a gota".
- Feche a torneira imediatamente quando a solução tornar-se rosa claro permanente (persistir por mais de 30 segundos). Este é o **Ponto de Viragem**.
- Anote o volume final de $NaOH$ gasto na bureta.

5. Análise de Dados e Cálculos

Peça aos alunos que realizem os seguintes cálculos no relatório:

- Cálculo da Concentração Molar:** Utilizando a fórmula da diluição/neutralização (já que a proporção é 1:1):

$$M_{\text{ácido}} \cdot V_{\text{ácido}} = M_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$$

Onde:

- $M_{\text{base}} = 0,1 \text{ mol/L}$
- $V_{\text{base}} = \text{Volume gasto na bureta (em Litros)}$
- $V_{\text{ácido}} = 0,002 \text{ L}$ (os 2 mL de vinagre)
- $M_{\text{ácido}} = ?$

- Cálculo da Porcentagem (Massa/Volume):** O vinagre comercial deve ter, por lei, cerca de 4% de acidez.

- Massa Molar do Ácido Acético = 60 g/mol.
- Ache a concentração em g/L:

$$C(\text{g/L}) = M_{\text{ácido}} \cdot 60$$

- Converta para porcentagem (lembrando que 1% = 1 g em 100 mL ou 10 g/L).

6. Questões para Discussão (Pós-Laboratório)

- Por que a cor da solução mudou de incolor para rosa? O que isso indica sobre o pH do meio?
- Se tivéssemos adicionado 100 mL de água ao Erlenmeyer em vez de 40 mL, o volume de $NaOH$ gasto na titulação mudaria? Justifique.
- Por que é importante retirar as bolhas de ar do bico da bureta antes de começar?
- Compare o valor obtido com o valor do rótulo do vinagre. Se houve diferença, quais fontes de erro experimental podem ter ocorrido?

Fonte: autoria própria

Imagens 6a, 6b e 6c - Resposta fornecida pela IAG para o *prompt* EC2

Essa é uma abordagem pedagógica excelente. Focar no procedimento transforma a prática de uma "receita de bolo" para uma investigação sobre fontes de erro e rigor científico.

Aqui estão 3 propostas de roteiros investigativos onde o "erro" é o protagonista, permitindo que os alunos deduzam a necessidade das técnicas corretas.

Roteiro 1: O "Mito" da Ambientação (Bureta Molhada vs. Bureta Ambientada)

Objetivo: Demonstrar experimentalmente por que não podemos colocar o titulante em uma bureta lavada apenas com água (erro de diluição).

Dinâmica: Divida a turma em dois grandes grupos (A e B). Todos titularão a mesma amostra de vinagre (do mesmo frasco).

- **Grupo A (O Erro):** Lava a bureta com água destilada e, *sem secar ou ambientar*, enche com NaOH 0,1 mol/L (a bureta ficará com gotas de água nas paredes internas).
- **Grupo B (O Controle):** Lava a bureta, *ambienta* passando 5 mL de NaOH e descartando, e então enche a bureta.

Procedimento: Ambos realizam a titulação padrão até o ponto de viragem.

Discussão Pós-Experimento: Ao comparar as médias dos volumes gastos na lousa, o **Grupo A terá gastado mais volume** que o Grupo B.

- **Pergunta norteadora:** "Se o vinagre era o mesmo, por que o Grupo A precisou de mais gotas de base para neutralizá-lo?"
- **Conclusão Esperada:** A água residual na bureta diluiu o NaOH. A concentração real dentro da bureta não era 0,1 mol/L, mas sim um pouco menor (ex: 0,098 mol/L), exigindo maior volume para fornecer o mesmo número de mols.

Roteiro 2: 50 Tons de Rosa (A Precisão do Ponto de Viragem)

Objetivo: Discutir o erro visual associado ao indicador e a diferença entre ponto estequiométrico e ponto final.

Dinâmica: Neste experimento, cada bancada fará a titulação propositalmente parando em "tons" diferentes.

Procedimento:

1. Prepare 3 erlenmeyers com a mesma quantidade de ácido e indicador.
2. **Erlenmeyer 1 (Sub-titulado):** Adicionar base até ver um "flash" rosa que some em menos de 10 segundos. (Não chegou ao ponto).
3. **Erlenmeyer 2 (Ideal):** Adicionar base até o "rosa pálido" persistente por 30s.
4. **Erlenmeyer 3 (Super-titulado):** Adicionar base até atingir um "rosa choque" ou violeta intenso.

Discussão Pós-Experimento: Anote os volumes gastos. A diferença entre o Erlenmeyer 2 e 3 pode ser de 0,5 mL a 1,0 mL (o que é um erro gigantesco em analítica).

- **Pergunta norteadora:** "O indicador mostra quando a reação acabou ou quando o pH mudou? Qual a consequência de querer ver uma cor 'bonita e forte'?"
- **Conclusão Esperada:** O aluno deve perceber que "mais escuro" significa excesso de base (erro por excesso) e que o procedimento exige parar na mudança de cor mais sutil possível.

Roteiro 3: A Guerra das Vidrarias (Proveta vs. Pipeta Volumétrica)

Objetivo: Justificar o uso de vidrarias de precisão (pipeta volumétrica) em detrimento de vidrarias graduadas comuns na preparação da amostra.

Dinâmica: Os alunos titularão a mesma solução, mas usarão instrumentos diferentes para medir a amostra de 20 mL de ácido (ou 10 mL, dependendo da disponibilidade).

- **Bancadas 1 e 2:** Medem o ácido usando uma **Proveta** de 50 mL.
- **Bancadas 3 e 4:** Medem o ácido usando um **Béquer** (usando a marcação aproximada).
- **Bancadas 5 e 6:** Medem o ácido usando uma **Pipeta Volumétrica**.

Procedimento: Todos titulam com o mesmo NaOH.

Discussão Pós-Experimento: Monte uma tabela de dispersão na lousa.

- Os resultados das pipetas serão muito próximos (ex: 10,1 mL; 10,2 mL).
- Os resultados das provetas terão maior variância (ex: 9,8 mL; 10,5 mL).
- Os resultados dos béqueres serão desastrosos (ex: 8,0 mL; 12,0 mL).
- **Pergunta norteadora:** "Por que usamos aquela vidraria chata de sugar (pipeta) se o béquer é mais fácil de encher? Onde está o menisco em cada um?"
- **Conclusão Esperada:** Vidrarias cônicas ou largas (béqueres) têm erro de leitura enorme. A pipeta tem calibre fino para minimizar o erro do menisco. A precisão do resultado final depende inteiramente da precisão da amostra inicial.

Dica de Ouro para o Professor

Para esses roteiros funcionarem, **não avalie o acerto do cálculo**, mas a **qualidade da justificativa** no relatório. O aluno que explicar corretamente *por que* o experimento dele deu errado (no caso do Grupo A do Roteiro 1, por exemplo) merece a nota máxima. Isso alinha a prática à construção do pensamento científico crítico.

Fonte: autoria própria

O roteiro gerado pela abordagem da automação é um exemplo do que a literatura em Ensino de Ciências denomina como "Laboratório Receita de Bolo" (Hodson, 1994). Trata-se de uma atividade de verificação onde o aluno segue uma rota linear (passo 1, passo 2, passo 3) para chegar a um resultado já conhecido (a concentração do vinagre comercial). As técnicas são apresentadas como ordens a serem obedecidas. Embora hajam perguntas no final sobre fontes de erro, elas

ocorrem apenas após o experimento, por vezes, quando o aluno já não consegue conectar a falha procedimental ao resultado numérico. O destaque está na execução motora correta e na aplicação da fórmula matemática ($C_1V_1 = C_2V_2$). O sucesso é medido pela proximidade do resultado com o valor do rótulo. Segundo Hodson (1994), este tipo de prática frequentemente falha porque a sobrecarga cognitiva de seguir as instruções passo-a-passo impede o aluno de refletir sobre o propósito da atividade. O aluno "faz ciência", mas não aprende "sobre ciência".

Em contrapartida, a resposta gerada sob a ótica do aprimoramento propõe a pedagogia do erro controlado. Os três roteiros são desenhados para gerar dados conflitantes propositalmente, caracterizando os experimentos como atividades investigativas e comparativas, deslocando o foco da obtenção do resultado final para a validação do método. O procedimento não é só seguido, ele é testado. No primeiro roteiro sugerido, por exemplo, ao colocar o Grupo A (Erro) contra o Grupo B (Controle), a atividade explicita as consequências de não seguir a técnica correta, na qual a ambientação deixa de ser uma regra arbitrária e torna-se uma necessidade lógica para a precisão dos dados. O objetivo é o desenvolvimento do pensamento crítico sobre a instrumentação. O aluno aprende sobre precisão, exatidão e viés experimental, alinhando-se à visão científica de Gil-Pérez e Valdés (1996), que defendem o trabalho prático como uma aproximação à atividade científica real, onde o controle de variáveis e a discussão sobre incertezas são centrais, e não adendos.

A diferença fundamental entre os dois resultados ilustra o potencial das IAGs para auxiliar na transposição didática (Chevallard, 1991). No caso do *prompt* da escola da automação, a IA apenas reproduz a técnica da titulação de forma simplificada. No caso do *prompt* da escola do aprimoramento, a IA auxilia o professor a reconstruir os saberes vinculados ao tema estudado, transformando o procedimento técnico em um objeto de questionamento intelectual. A IA passa a atuar na zona de Conhecimento Processual de Conceitos (Gott; Duggan, 1995). Não basta saber titular; é preciso saber por que a titulação funciona dessa maneira. Entendemos o Roteiro 3 como uma boa sugestão sobre a natureza dos instrumentos de medida, algo que o roteiro da automação ignora ao listar, por exemplo, "1 Pipeta volumétrica (ou graduada) de 5 mL ou 10 mL." sem justificativas frente a uma possibilidade de utilizar uma proveta.

Imagens 7a, 7b, 7c, 7d e 7e - Resposta fornecida pela IAG para o prompt O3

Esta é uma proposta de Sequência Didática estruturada para desmistificar a estequiometria, partindo do macroscópico (receitas e cotidiano) para o microscópico (mols e massas), utilizando a analogia da "Culinária Química".

Sequência Didática: Estequiometria e as Receitas Químicas

Público-Alvo: 1º ou 2º Ano do Ensino Médio **Tempo Total:** 4 aulas de 50 minutos **Objetivo**

Geral: Capacitar o aluno a realizar cálculos de quantidades em reações químicas, compreendendo a conservação da massa e as proporções fixas.

Aula 1: A Receita e a Proporção (Balanceamento e Leis Ponderais)

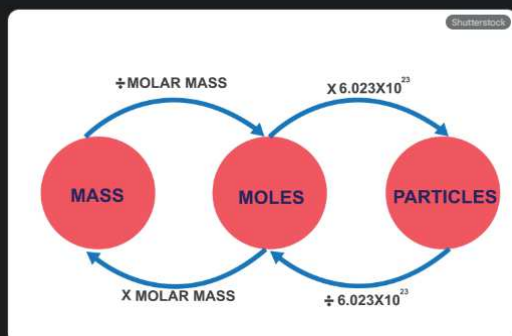
Objetivos:

- Revisar as Leis de Lavoisier (Conservação das Massas) e Proust (Proporções Fixas).
- Compreender que os coeficientes estequiométricos são a "quantidade de ingredientes" da receita.
- Praticar o balanceamento de equações simples.

Desenvolvimento (50 min):

- Sensibilização (10 min):** Inicie com uma receita de bolo ou sanduíche.
 - "Para fazer 1 misto-quente, preciso de 2 fatias de pão, 1 de queijo e 1 de presunto. Se eu quiser fazer 10 mistos-quentes, de quanto preciso?"
 - Explique que a Estequiometria é exatamente isso: ajustar a receita para a quantidade desejada.
- Teoria (15 min):** Apresente uma reação química (ex: Formação da Amônia, $N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$) e mostre que ela está "desbalanceada" (os átomos sumiram, o que viola Lavoisier).

2. O Mapa da Mina (10 min): Apresente o fluxograma de resolução.



- * Passo 1: Escrever a equação.
- * Passo 2: Balancear.
- * Passo 3: Montar a tabela (1ª linha: Mols/Teoria; 2ª linha: Dados do problema/X).

3. Resolução Guiada (20 min): Resolva 2 exemplos no quadro passo-a-passo.

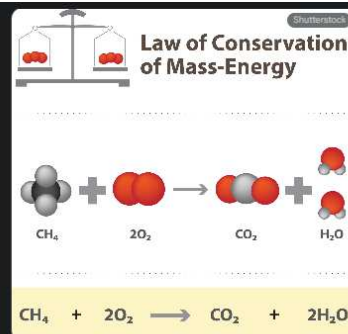
- Exemplo:** Queima do etanol. "Quanto gramas de CO_2 são produzidos na queima de 46g de Etanol?"
- Destaque a importância de alinhar as unidades (massa embaixo de massa, mol embaixo de mol).

4. Prática Individual (15 min): Os alunos resolvem 2 exercícios simples sozinhos. O professor circula pela sala corrigindo erros de montagem da regra de três.

Aula 3: Quem acaba primeiro? (Reagente Limitante e em Excesso)

Objetivos:

- Identificar que nem sempre os reagentes estão na proporção exata.
- Determinar qual reagente limita a reação e qual sobra.



3. Prática (20 min): Ensine o balanceamento por tentativa ("Macho" - Metal, Ametal, Carbono, Hidrogênio, Oxigênio).

- Exemplo: $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$.
- Conceito-Chave:** O número grande na frente (coeficiente) indica a proporção em MOLS.

4. Fechamento (5 min): Deixe claro: "Sem balancear, a conta estará sempre errada".

Aula 2: A Regra de Três Mágica (Cálculo Massa-Massa e Mol-Mol)

Objetivos:

- Realizar cálculos estequiométricos simples (sem reagente limitante ainda).
- Relacionar a massa molar com os coeficientes da equação.

Desenvolvimento (50 min):

- Retomada (5 min):** Relembre como calcular a Massa Molar (ex: $H_2O = 18g/mol$) usando a Tabela Periódica.

Desenvolvimento (50 min):

1. Analogia do "Sanduíche Incompleto" (10 min):

- Volte ao exemplo do misto-quente: "Tenho 100 fatias de pão e apenas 1 fatia de queijo. Quantos sanduíches faço?" (Apenas 1).
- "O pão sobrou (Excesso) e o queijo acabou e parou o processo (Limitante)."

2. Transposição Química (15 min): Mostre um problema onde são dadas as massas dos dois reagentes.

- Dica de ouro para o aluno: "Se o enunciado deu dados de dois reagentes, desconfie! Teste o limitante."

3. Técnica de Verificação (20 min): Ensine a fazer o cálculo "teste" para descobrir quem acaba primeiro antes de calcular o produto.

4. Fechamento (5 min): Reforce: "Todo cálculo de produto deve ser feito baseado no reagente LIMITANTE, nunca no excesso".

Aula 4: O Mundo Real (Rendimento e Pureza)

Objetivos:

- Compreender que no mundo real as reações não são perfeitas (Rendimento < 100%) e os reagentes não são puros.
- Aplicar porcentagem nos cálculos estequiométricos.

Desenvolvimento (50 min):

1. Contextualização (10 min):

- Pureza:** "Se você compra ouro 18k ou carvão para churrasco, nem tudo ali é ouro ou carbono. Tem sujeira (impureza)."
- Rendimento:** "Quando fazemos pipoca, alguns milho não estouram (piruás). O rendimento nunca é 100%."

2. Estratégia de Cálculo (25 min):

- Pureza:** Deve ser calculada **NO INÍCIO** (antes da regra de três). "Tire o lixo antes de cozinhar".
- Rendimento:** Deve ser calculado **NO FINAL** (depois da regra de três). "O cálculo teórico diz que daria 100kg, mas o rendimento foi 80%, então obtive 80kg".

3. Desafio Final (15 min): Proponha um problema integrador (o "Chefão") que envolva balanceamento + limitante + rendimento.

- Exemplo:** Reação industrial de produção de ferro a partir de hematita impura.

Sugestão de Avaliação

A avaliação pode ser feita através da entrega dos exercícios propostos na Aula 2 e 4, além da observação da participação na discussão das analogias (sanduíches/pipoca).

Fonte: autoria própria

Imagens 8a, 8b, 8c e 8d - Resposta fornecida pela IAG para o *prompt* EC3

Sequência Didática: A Química da Fome e a Ética do Mol

Público-alvo: 2º Ano do Ensino Médio (onde a Estequiometria é geralmente aprofundada).
Tempo estimado: 4 Aulas (50 min cada). **Tema Gerador:** A produção de fertilizantes (Haber-Bosch), o desperdício e a fome. **Objetivos Gerais:**

1. **Conceitual:** Compreender o mol, proporções estequiométricas e rendimento.
2. **Procedimental:** Realizar cálculos de massa-massa e rendimento percentual.
3. **Atitudinal (Foco):** Desenvolver a consciência sobre o uso racional de recursos, a desigualdade na distribuição de alimentos e a responsabilidade ética da ciência.

Aula 1: Mobilização e Conflito Cognitivo Inicial

Foco: Levantar conhecimentos prévios e gerar o primeiro conflito (Schön).

1. **Sensibilização (15 min):** Apresente dados ou um infográfico sobre a fome mundial *versus* a produção mundial de alimentos.
 - **Dado:** O mundo produz comida suficiente para todos, mas quase 1 bilhão passa fome.
2. **A Situação-Problema 1 (O Paradoxo de Malthus vs. Haber):**
 - Contextualize: No início do séc. XX, previa-se a fome global por falta de nitrogênio no solo. A Química "resolveu" isso com o processo Haber-Bosch (síntese da Amônia para fertilizantes).
 - **Conflito Cognitivo:** "Se a Química nos deu a capacidade de transformar ar (N_2) em comida (via fertilizantes) de forma ilimitada, por que a fome persiste? A falha é da estequiometria (falta de produto) ou nossa?"
3. **Atividade (20 min):** Debate rápido. Anote as hipóteses dos alunos (política, custo, logística).
4. **Fechamento (15 min):** Introduza a necessidade de **quantificar** para entender a magnitude. Sem calcular, não entendemos o impacto.

Aula 4: Síntese e Ação Social

Foco: Avaliação da aprendizagem e consolidação atitudinal.

1. **Desafio Final (30 min):** Proponha um estudo de caso simplificado.
 - **Problema:** Uma ONG quer produzir um alimento enriquecido de baixo custo. Eles têm um orçamento limitado que compra X kg de reagentes.
 - Os alunos devem calcular o rendimento teórico e considerar um rendimento real de 90%.
 - **Questão Atitudinal:** "Se o processo industrial for descuidado e o rendimento cair para 70%, quantas crianças deixarão de ser alimentadas?"
2. **Fechamento Reflexivo (20 min):**
 - Peça que os alunos escrevam um parágrafo respondendo à pergunta da Aula 1.
 - Espere-se que a resposta envolva a Química (podemos produzir), mas destaque que a má distribuição (o "reagente limitante" social) e o desperdício (baixo rendimento da cadeia) são os vilões.

Sugestões de Situações-Problema (Conflitos Cognitivos de Schön)

Para aplicar o "conflito cognitivo", você deve apresentar situações onde a intuição do senso comum falha diante da lógica científica ou ética.

1. **O Mito da Pureza ("O Reagente Sujo")**
 - **Situação:** O aluno calcula a produção de pão baseada em 100kg de farinha.
 - **Intervenção (O Conflito):** "Mas a farinha barata que chegou para a população carente tem 15% de impurezas (farelo, umidade)."
 - **Reflexão Atitudinal:** Ignorar a pureza (conteúdo factual) gera um erro de planejamento que pode causar fome (consequência social). O rigor analítico é uma forma de honestidade.

Aula 2: A Ferramenta de Análise (O Mol e a Reação)

Foco: Conteúdos Conceituais e Procedimentais básicos.

1. **Contextualização (10 min):** Apresente a reação de síntese da amônia: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$.
2. **Desenvolvimento Procedimental (30 min):**
 - Trabalhe a estequiometria básica: Massa Molar, relação Mol-Mol e Massa-Massa.
 - **Exercício Contextualizado:** "Para produzir 1 tonelada de fertilizante à base de amônia para uma plantação comunitária, quanto de Hidrogênio é necessário?"
 - **Dica Pedagógica:** Evite números abstratos. Use toneladas e quilogramas para dar a sensação de "produção real".
3. **Viés Atitudinal:** Ressalte que cada mol desperdiçado na indústria é recurso natural jogado fora. A precisão do cálculo é uma questão de **sustentabilidade**.

Aula 3: O Conflito Central (Rendimento e Desperdício)

Foco: Aprofundamento Procedimental e Atitudinal (Normas e Valores).

1. **A Situação-Problema 2: O Dilema da Eficiência (20 min):**
 - **Cenário:** "Vocês são químicos de uma fábrica de fertilizantes. O cálculo teórico diz que deveriam produzir 1000 toneladas de amônia. Mas, na prática, só produziram 800 toneladas."
 - **Conflito Cognitivo (Schön):** O aluno tende a achar que "errou a conta". O conflito é: *A natureza impõe limites.*
 - Introduza o conceito de **Rendimento** e **Reagente Limitante**.
2. **Atividade Prática/Cálculo (20 min):**
 - Calculem o desperdício. As 200 toneladas que "faltaram" consumiram energia e reagentes para (não) serem produzidas.
 - Transponha esse "rendimento químico" para o "rendimento social": Se 30% da comida do mundo vai para o lixo (desperdício), qual é a "estequiometria" da fome?
3. **Reflexão (10 min):**
 - **Atitude:** Discutir o conceito de "Eficiência". Ser eficiente quimicamente é gerar menos lixo. A química verde (norma) nasce dessa necessidade ética (valor).

2. O Limite do Planeta ("Reagente em Excesso que vira Lixo")

- **Situação:** Em uma reação de combustão ou produção industrial, usamos um reagente em excesso para garantir que o outro reaja todo.
- **Intervenção (O Conflito):** "Na escola, dizemos que o excesso 'sobra'. Na indústria, o que acontece com essa sobra? Ela desaparece?"
- **Reflexão Atitudinal:** A Lei de Lavoisier diz que nada se perde. O excesso vira poluição. O aluno deve perceber que "sobrar" na equação significa "poluir" no rio. A atitude esperada é a busca pela **economia atômica** (máximo aproveitamento, mínimo resíduo).

Avaliação dos Componentes Atitudinais (Segundo Zabala)

Não se dá nota 0 a 10 para "solidariedade", mas observa-se a evolução da postura. Avalie se o aluno:

1. **Internalizou normas:** Respeita o rigor dos cálculos não só para acertar a questão, mas para evitar o desperdício teórico?
2. **Expressou valores:** Nos debates, ele consegue vincular o conceito de "rendimento" químico ao conceito de "desperdício de alimentos" em casa?
3. **Mudança de postura:** Ele deixou de ver a Estequiometria como "regra de três chata" e passou a vê-la como "ferramenta de gestão de recursos"?

Fonte: autoria própria

A sequência gerada pela automação reflete uma visão de ensino focada nos componentes conceituais e procedimentais. A IA recorre à analogia clássica da culinária (sanduíches e bolos). Embora didaticamente útil para explicar as proporções envolvidas em uma equação química, essa analogia esvazia o sentido social da disciplina. O problema a ser resolvido é tem um caráter predominantemente

aritmético: "quantos sanduíches consigo fazer?" A ênfase está na resolução mecânica de problemas por meio da "Regra de Três Mágica" e da "Técnica de Verificação". O objetivo final é que o aluno acerte a conta, ignorando implicações do que está sendo calculado, sem menção a valores sociais, normas ou ética. Propriedades como pureza e rendimento são tratados como problemas matemáticos ao invés de variáveis reais vinculados à processos industriais e/ou ambientais. Esta abordagem limita-se a ensinar "o que se sabe" e "o que se faz", negligenciando "como se deve ser/agir" (Zabala, 2015). É um ensino que forma técnicos competentes em cálculo, mas, por vezes, alienados do objeto de seu estudo.

A sequência proposta pela IA sob o olhar da escola do aprimoramento, que foi forçada a incluir os componentes atitudinais propostos por Pozo e Gómez Crespo (1998), transformou a matemática em uma ferramenta de análise social. O tema gerador não é o sanduíche, mas o processo Haber-Bosch e o paradoxo da fome. O cálculo estequiométrico ganha um propósito: entender se a fome é um problema químico (produção industrial) ou político (distribuição). Há uma ressignificação de conceitos, onde o reagente limitante deixa de ser "o ingrediente que falta" para se tornar uma metáfora sobre a escassez de recursos, enquanto o rendimento deixa de ser uma porcentagem abstrata para representar o desperdício e a ineficiência que geram impacto ambiental. A avaliação busca investigar se o aluno internalizou normas (respeito ao rigor para evitar desperdício) e expressou valores (solidariedade e sustentabilidade). O conflito cognitivo torna-se evidente nas perguntas elaboradas, como: "Se a Química nos deu a capacidade de transformar ar (N_2) em comida (via fertilizantes) de forma ilimitada, por que a fome persiste? A falha é da estequiometria (falta de produto) ou nossa?".

A contribuição deste comparativo é a gênese de uma SD que é capaz de superar a fragmentação curricular presente na educação em Química no Brasil. Enquanto o plano da automação parece reforçar a visão de que a Estequiometria é um conteúdo entediante e difícil, desvinculado da realidade, o plano do aprimoramento cumpre o objetivo do ensino de Química proposto por Santos e Schnetzler (1997): formar cidadãos capazes de tomar decisões. A solicitação pela inclusão dos três componentes de Pozo e Crespo descrita no *prompt* da escola do aprimoramento evitou que a IA caísse nas garras do ensino tradicional. A IA "entendeu" que, para ensinar atitudes através da estequiometria, não é suficiente pedir aos alunos sejam bons cidadãos; é preciso mostrar, através dos números (o mol), que o desperdício

químico trata-se de uma questão ética a ser lidada pela sociedade. O cálculo torna-se uma prova de honestidade intelectual, como citado na Aula 1 do plano de aprimoramento.

Imagens 9a, 9b e 9c - Resposta fornecida pela IAG para o *prompt* O4

Projeto: "A Alquimia dos Aromas: Da Extração ao Frasco"

Tema: Química Orgânica e Processos de Separação. **Público-Alvo:** Ensino Médio. **Duração:** 4 a 6 semanas (pode ser adaptado para menos tempo se pular a etapa de extração).

1. O Problema/Desafio

"Como criar uma fragrância única utilizando métodos científicos de extração e conhecimentos sobre a volatilidade das moléculas?"

2. Etapas do Projeto

Fase 1: O Olfato e a Molécula (Teoria)

Antes do laboratório, os alunos precisam entender por que sentimos cheiro.

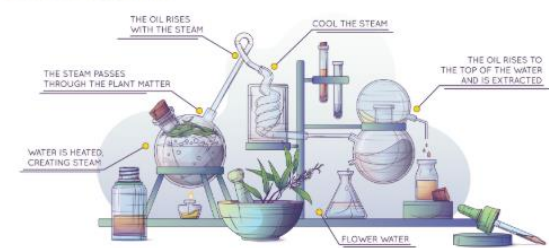
- Química:** Introdução às funções orgânicas responsáveis pelos aromas (Ésteres, Aldeídos, Cetonas, Terpenos).
- Física:** Volatilidade, Pressão de Vapor e Massa Molar. (Por que o álcool evapora antes do óleo?).
- Conceito Chave: A Pirâmide Olfativa.**
 - Notas de Saída (Cabeça):** Moléculas leves, alta volatilidade (ex: cítricos). Evaporam em minutos.
 - Notas de Coração (Corpo):** Volatilidade média (ex: flores, especiarias). Duram horas.
 - Notas de Fundo (Base):** Moléculas pesadas, fixadores (ex: madeiras, resinas). Duram dias.

Fase 2: Extração de Óleos Essenciais (Prática de Laboratório)

Os alunos não vão apenas comprar essências, eles vão extrair pelo menos uma.

- Método Sugerido (Baixo Custo): Extração por Prensagem ou Destilação Simples.**
 - Matéria-prima:** Cascas de laranja/limão (Limoneno) ou Cravo da Índia (Eugenol).
 - Experimento:** Se a escola tiver condensadores, faça uma **Destilação por Arraste a Vapor** com cascas de laranja. Se não tiver, faça uma **Maceração** (deixar as cascas no álcool de cereais por 2 semanas em local escuro e depois filtrar).

HOW ESSENTIAL OILS ARE MADE STILL DISTILLATION



Fase 3: A Engenharia do Perfume (Formulação)

Aqui entra a matemática das concentrações.

- O Veículo:** Álcool de Cereais + Água Deionizada + Propilenoglicol (para fixação/hidratação).
- As Categorias:** Definir o que vão criar baseados na % de essência (v/v):
 - Eau de Cologne:** 3-5% de essência.
 - Eau de Toilette:** 8-12% de essência.
 - Parfum:** 15-20% de essência (mais difícil e caro).
- A Mistura:** Os alunos devem misturar as notas (ex: óleo de laranja extraído + essência de baunilha comprada + essência de cedro). Devem testar as proporções em fitas olfativas antes de fazer o frasco final.

Fase 4: Maceração e Maturação (O Tempo Químico)

Explicar que o perfume precisa "descansar". As reações de esterificação e a estabilização das pontes de hidrogênio entre o álcool e os óleos levam tempo.

- O perfume deve ficar na geladeira (ou local fresco/escuro) alternando temperatura por cerca de 7 a 10 dias para "arredondar" o cheiro (tirar o cheiro forte de álcool).

Fase 5: Embalagem e Química Forense (Finalização)

- Rótulo:** Deve conter os ingredientes (nomenclatura IUPAC dos principais componentes, se possível).
- Marketing:** Criar um nome e explicar a "vibe" do perfume baseado na volatilidade das notas.

3. Avaliação e Entregáveis

- Diário de Bordo:** Relatório com os desenhos das moléculas principais (ex: estrutura do Limoneno), cálculos de concentração (% v/v) e descrição do método de extração.
- O Produto Final:** Um frasco de 30ml ou 50ml de perfume.
- A Feira de Aromas:** Um dia para exposição onde "clientes" (outros alunos/professores) testam os perfumes às cegas e tentam identificar as notas.

4. Materiais Necessários (Básico)

- Álcool de Cereais (etanol de alta pureza).
- Água Deionizada ou Destilada.
- Propilenoglicol (opcional, ajuda a fixar).
- Óleos essenciais (podem comprar alguns prontos para compor, como Lavanda ou Baunilha, e extrair o Cítrico na escola).
- Béqueres, provetas, pipetas (Pasteur).
- Frascos de vidro âmbar (para guardar) e frascos com spray (para o produto final).
- Fitas de papel filtro (para testar o cheiro).

Dica Pedagógica (Contextualização)

Use o livro/filme "**O Perfume**" (com cuidado na faixa etária) ou a história da **Chanel N°5** (o primeiro a usar aldeídos sintéticos em massa) para discutir como a Química Sintética democratizou os perfumes, que antes eram exclusividade da realeza. Isso conecta a Química com História e Sociologia.

Fonte: autoria própria

Imagens 10a, 10b, 10c e 10d - Resposta fornecida pela IAG para o *prompt* EC4

A Pergunta Norteadora (Driving Question)

Uma boa pergunta de PBL não deve ser respondida com um "sim" ou "não", nem com uma cópia da Wikipédia. Ela deve exigir investigação e criação.

"Como podemos desenvolver uma fragrância autoral que seja quimicamente estável, segura e atraente para um público-alvo específico, justificando a escolha dos ingredientes com base em suas funções orgânicas e solubilidade?"

Essa pergunta obriga o aluno a:

1. Entender o que é estabilidade (interações moleculares/solubilidade).
2. Identificar funções orgânicas (o que dá o cheiro?).
3. Pensar no público (sociedade/mercado).

Cronograma do Projeto (1 Mês / 4 Semanas)

Semana 1: Imersão e a Química do Olfato (O "Hook")

- **O Desafio:** As equipes devem definir o perfil do seu perfume (cítrico, amadeirado, floral) e o público-alvo.
- **Conteúdo Químico:** Introdução às Funções Orgânicas Oxigenadas.
 - **Foco:** Ésteres (aromas frutais), Fenóis/Álcoois (florais), Aldeídos/Cetonas (óleos essenciais).
 - **Conceito Chave:** A Pirâmide Olfativa. Explique que as "Notas de Cabeça" são moléculas menores e mais voláteis, enquanto as "Notas de Fundo" são moléculas maiores e menos voláteis.

- Uso do Propilenoglicol (álcool diol) como agente para retardar a evaporação (fixador) e ajudar na solubilização.
- Cálculos de concentração: % v/v (Água, Álcool, Essência).
- **Entregável:** O protótipo do perfume em frasco de vidro (âmbar, de preferência) para maceração.

Semana 4: A Feira de Fragrâncias (Apresentação Pública)

- **O Desafio:** "Vender" o perfume explicando a ciência por trás dele.
- **Avaliação:** Os alunos apresentam o produto final. O rótulo deve ser técnico, contendo a estrutura química da molécula principal e a classificação da função orgânica.

3 Atividades com Enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

Estas atividades servem para contextualizar o projeto e podem ser inseridas como debates curtos ou pesquisas durante as semanas.

1. O Debate: Sintético vs. Natural (Viés Ambiental/Ético)

- **Contexto:** Existe um mito social de que "química faz mal" e "natural é bom".
- **Atividade:** Proponha uma pesquisa sobre o Almíscar (Musk). Antigamente, era extraído de uma glând do cervo-almíscarado (o que levava à morte do animal). Hoje, usamos almíscares sintéticos (nitro-almíscares ou policíclicos).
- **Conexão CTS:** A tecnologia química (síntese orgânica) salvando espécies da extinção vs. a poluição gerada por subprodutos sintéticos.
- **Pergunta:** É eticamente correto usar produtos 100% naturais se isso causar desmatamento ou extinção de animais?

2. A Química das Alergias e os Ftalatos (Viés Saúde/Segurança)

- **Contexto:** Muitos perfumes baratos usam ftalatos como solventes e fixadores, mas eles são disruptores endócrinos.
- **Atividade:** Análise de rótulos ou leitura de artigos sobre legislação (ANVISA).
- **Conexão CTS:** Como a sociedade pressiona a indústria para mudar formulações? A relação entre a estrutura molecular (o ftalato) e o corpo humano (interferência hormonal).



• **Entregável:** Um "Briefing do Produto" listando 3 moléculas orgânicas que eles pretendem usar e suas respectivas funções químicas.

Semana 2: A Engenharia da Extração (Solubilidade na Prática)

- **O Desafio:** Obter a matéria-prima. Como tirar o cheiro do cravo ou da casca da laranja?
- **Conteúdo Químico:** Solubilidade e Polaridade.
 - **Regra de Ouro:** "Semelhante dissolve semelhante". Por que usar álcool de cereais e não água pura? Por que óleos essenciais não se misturam com água?
 - **Forças Intermoleculares:** Discutir Dipolo-Dipolo e Van der Waals na interação solvente-soluto.
- **Atividade Prática:** Extração simples (maceração em álcool ou uma destilação demonstrativa se houver equipamento).
- **Entregável:** Relatório de laboratório justificando a escolha do solvente com base na polaridade da molécula alvo.

Semana 3: Formulação e Estabilização (Mão na Massa)

- **O Desafio:** Criar o perfume e garantir que ele não separe em fases ou evapore muito rápido.
- **Conteúdo Químico:** Concentração e Fixação.

- **Foco Químico:** Identificação da função éster nos ftalatos e sua lipossolubilidade (acumulação no corpo).

3. A Evolução Tecnológica da Extração (Viés Histórico/Tecnológico)

- **Contexto:** Comparar a *Enfleurage* (técnica antiga usando gordura animal, vista no filme "O Perfume") com a Extração por Fluido Supercrítico (CO_2) usada hoje.
- **Atividade:** Comparativo visual ou seminário rápido.
- **Conexão CTS:** Como o avanço da tecnologia (controle de pressão e temperatura) permitiu obter essências mais puras, sem resíduos de solventes tóxicos, alterando a economia global de perfumes.
- **Foco Químico:** Diagrama de fases do CO_2 (Estado supercrítico).

Fonte: autoria própria

A contextualização no ensino de Química é frequentemente interpretada como simples adições de exemplificações e/ou motivação inicial para abordar um assunto químico. Buscamos, através deste comparativo, demonstrar como as IAGs, dependendo da instrução (*prompt*), podem reforçar uma contextualização tradicional superficial ou promover uma abordagem CTS.

O projeto elaborado no *prompt* da escola da automação apresenta uma

contextualização ilustrativa e instrumental. O projeto é essencialmente um manual de "como fazer" onde o objetivo é a fabricação do produto final (o perfume). Os conceitos químicos (funções orgânicas, volatilidade) entram como o suporte técnico necessário para que o produto funcione. A conexão com a sociedade atribui-se a uma dica pedagógica ao final do documento (sugestão do filme "O Perfume" ou a história do Chanel Nº5). O contexto histórico/social é um adendo, uma curiosidade para "colorir" a aula, não atuando em momento algum como motor da aprendizagem. Segundo Schnetzler (2002), esta forma de ensino utiliza o cotidiano apenas como exemplo para confirmar a teoria, mantendo o conhecimento químico isolado de suas implicações reais. O aluno aprende a fazer perfume, mas não necessariamente reflete sobre a indústria de cosméticos.

O projeto gerado sob a ótica do aprimoramento opera na lógica da contextualização social e crítica da abordagem CTS. O *prompt* exigiu uma pergunta norteadora, característica do PBL, forçando a IA a integrar o saber químico a problemas reais. A pergunta "Como podemos desenvolver uma fragrância autoral que seja quimicamente estável, segura e atraente para um público-alvo específico, justificando a escolha dos ingredientes com base em suas funções orgânicas e solubilidade?" retira o foco da "receita" vinculada ao processo, redirecionando-o à tomada de decisão. O aluno precisa entender o conceito de solubilidade para justificar a segurança e a estabilidade do produto. O plano insere debates estruturais associados à ética ambiental (discussão sobre o Almíscar) e questões de saúde pública (discussão sobre os ftalatos). A Química Orgânica (funções oxigenadas) é ensinada através da necessidade de entender o cheiro (ésteres, aldeídos) e o perigo (ftalatos).

Nesta abordagem, a contextualização é vista como um meio para o exercício da cidadania. O aluno não é apenas um "fabricante", mas um consumidor crítico e um cidadão avaliador de riscos. Enquanto a resposta fornecida pelo *prompt* da escola da automação foca na vidraria da destilação, a do aprimoramento utiliza deste comparativo para discutir evolução tecnológica, eficiência e sustentabilidade (Química Verde).

Contextualizar não é apenas citar o dia a dia, mas problematizar a realidade (Wartha; Silva; Bejarano, 2013). Enquanto o *prompt* EC4 obriga a IA a problematizar ("Natural é sempre bom?"), o *prompt* O4 aceita a passividade ("Faça uma maceração"). Esta análise reforça a ideia de que ferramentas dotadas de IA generativa

tendem ao lugar-comum tecnicista (automação) a menos que o usuário intervenha com uma intencionalidade metodológica delineada (aprimoramento).

Por fim, compreendemos que os desafios históricos do ensino de Química — a abstração conceitual, a persistência de concepções alternativas e a necessidade de contextualização crítica — encontram nas IAGs um novo terreno de disputas e possibilidades. A dicotomia entre as escolas da automação e do aprimoramento revela que o risco da descarga cognitiva é real, mas evitável por meio da reafirmação da conduta do educador. A análise realizada sugere que as IAGs não substituem os saberes do educador; pelo contrário, ela os exige com maior intensidade. Para que a ferramenta seja capaz de gerar um planejamento que contemple os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, o docente precisa dominar esses conceitos previamente para saber solicitá-los e avaliá-los mediante alucinações nas respostas fornecidas. Assim, a tecnologia atua para qualificar a reflexão-na-ação, possibilitando que o professor dedique sua energia cognitiva não à formatação burocrática, mas ao design de experiências de aprendizagem mais humanizadas.

Desta forma, fundamenta-se a premissa de que a integração eficaz das IAGs no ensino de Química depende, dentre outros fatores, da superação da racionalidade técnica. É na lacuna entre o que a máquina gera estatisticamente e o que a sala de aula demanda humanamente que reside a insubstituível expertise humana do docente de Química.

Munidos deste referencial, avançamos agora para a investigação empírica. Buscaremos compreender, através da metodologia a seguir descrita, como os professores de Química em exercício do colégio estudado percebem essas potencialidades e em qual dos paradigmas identificados suas práticas e concepções se situam.

3. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Este capítulo reservar-se-á para a apresentação de aspectos vinculados ao procedimento metodológico adotado para nossa pesquisa que, por conseguinte, contribuirão na análise das respostas dos entrevistados para as perguntas elaboradas. A seção será dividida em: classificação da pesquisa, população da pesquisa, roteiro das entrevistas semiestruturadas e análise dos dados.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta dissertação se caracteriza como um trabalho exploratório-descritivo (Gil, 2008) de abordagem qualitativa focada no estudo de caso transversal, e tem como um de seus objetivos, proporcionar uma visão geral de um tema pouco explorado ao estudar percepções de um grupo específico, neste caso, professores de Química, acerca da participação das Inteligências Artificiais Generativas (IAGs) no planejamento de suas aulas. A natureza qualitativa da pesquisa é justificada pela necessidade de compreender em profundidade os significados, experiências e perspectivas dos docentes através do levantamento de opiniões, atitudes e crenças e também da realização de possíveis associações entre variáveis encontradas que não seriam capturados por métodos quantitativos. A abordagem transversal possui caráter confirmatório para o encaminhamento metodológico adotado, na medida em que auxilia a traçar a rota analítica frente às informações obtidas durante o período de entrevistas.

Gil (1995) considera que, embora o estudo de caso não possua um roteiro rígido devido ao seu caráter flexível, é possível delineá-lo em quatro fases específicas: a delimitação da unidade-caso, a coleta de dados, a seleção, análise e interpretação dos dados, e a elaboração do relatório. A fase de delimitação da unidade-caso, segundo o autor, correlaciona-se com a habilidade do pesquisador em perceber quais dados são suficientes para obter a compreensão do objeto de estudo como um todo.

3.2. POPULAÇÃO DA PESQUISA

As entrevistas foram realizadas com professores de um colégio estadual situado no município de Londrina, Paraná. A delimitação desta instituição configurou-se como uma escolha intencional e estratégica, fundamentada na adequação ímpar do seu contexto aos objetivos qualitativos deste estudo.

A primeira justificativa assenta-se no modelo pedagógico da instituição. Por ofertar a modalidade de Ensino Médio Integrado à Educação Profissional, o colégio possui uma matriz curricular que naturalmente demanda um maior aprofundamento e uma maior carga horária nas disciplinas de Ciências da Natureza. Consequentemente, a escola abriga um corpo docente de Química mais numeroso e com atuações diversificadas em um mesmo espaço físico.

Este fator nos conduz à segunda e principal justificativa metodológica: a possibilidade de manter a cultura institucional como uma constante. Ao concentrar a pesquisa em um único colégio de grande porte, garantiu-se que todos os sujeitos da pesquisa (P1 a P4) estivessem submetidos às mesmas condições materiais de trabalho, à mesma infraestrutura tecnológica, à mesma gestão escolar e ao mesmo perfil socioeconômico de estudantes. Essa homogeneidade do cenário institucional foi crucial para que a pesquisa pudesse isolar e focar estritamente nas variáveis de interesse do estudo: as percepções individuais, a mobilização dos saberes docentes e o nível de imunidade epistemológica de cada professor frente às IAGs. Desta forma, as oscilações identificadas entre as lógicas de automação e aprimoramento puderam ser analisadas a partir das idiossincrasias dos sujeitos, e não como reflexos de infraestruturas escolares distintas. Por fim, esta delimitação garantiu a exequibilidade e a imersão necessárias para a condução rigorosa de um estudo de caso em nível de uma dissertação de Mestrado.

3.3. CRONOGRAMA E ROTEIRO DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

O instrumento analítico utilizado para a coleta de dados desta pesquisa foi um roteiro de entrevista semiestruturada com perguntas abertas e fechadas, aplicado aos sujeitos da pesquisa para coletar suas percepções vinculadas à participação das IAGs no ensino de Química. Como exposto no tópico anterior, a pesquisa empregou um estudo transversal, quando os entrevistados são estudados em um único momento determinado. Neste caso, em outubro de 2025, conforme descrito na tabela abaixo.

Tabela 1 - Descrição da rota analítica

Coleta	Objetivo	População	Coleta de informações	Análise dos dados
outubro de 2025	Identificar as percepções dos entrevistados vinculadas à participação das IAGs no ensino de Química	Professores de Química que compõem o corpo docente de colégio estadual no município de Londrina	Entrevistas semiestruturadas com perguntas abertas e fechadas	Análise de Conteúdo; Estudo de Caso Múltiplo

Fonte: autoria própria

Yin (2015) argumenta que as entrevistas representam uma das fontes de informações mais eficientes durante um estudo de caso, podendo se desenrolar de diversas formas. O autor também ressalta que, nesta estratégia de pesquisa, as entrevistas são comumente conduzidas de maneira espontânea, oferecendo ao pesquisador a liberdade de indagar os entrevistados sobre os fatos, solicitando suas opiniões acerca dos eventos-foco da investigação e também, por vezes, que forneçam suas próprias interpretações sobre determinados acontecimentos.

O roteiro foi estruturado em 13 perguntas, organizadas em uma sequência lógica que se afunila conforme a entrevista se desenvolve. O objetivo por trás dessa estrutura foi tentar guiar o entrevistado desde seu contexto profissional geral até suas percepções específicas sobre as IAGs, permitindo que, estas, fossem construídas sobre uma base de informações contextuais. O processo cognitivo por trás da elaboração do questionário foi dividido em 3 (três) blocos temáticos da seguinte forma: 1) contextualização e principais dificuldades, 2) afinidade com tecnologias e 3) percepções específicas.

O bloco 1 é constituído pelas duas primeiras perguntas. A entrevista inicia com um convite para o docente compartilhar sua trajetória (Pergunta 1). O objetivo é mapear o perfil do entrevistado com informações a respeito da sua trajetória profissional e acadêmica para uma melhor compreensão de suas falas durante o processo analítico. Em seguida, a Pergunta 2 busca identificar as principais dificuldades da prática docente de cada um dos entrevistados. Consideramos esta pergunta essencial pois, posteriormente, avalia-se se o professor enxerga a IAG como potencial solução para problemas reais que ele já enfrenta.

As Perguntas 3 e 4, constituintes do bloco 2, têm um objetivo específico. Antes

de introduzir o tema das IAs, verificamos a necessidade de estabelecer a relação prévia do docente com as tecnologias educacionais em geral (Pergunta 3). Isso permite diferenciar se eventuais resistências são específicas à IA ou a ferramentas digitais de modo geral. A Pergunta 4 foi elaborada com o intuito de atuar como um exercício de criatividade para o entrevistado. Ao pedir que o professor imagine uma ferramenta ideal e liste suas preocupações, tem como objetivo capturar sua visão (e anseios) sobre o papel da tecnologia, ainda de forma hipotética, antes de focar nas ferramentas existentes.

As Perguntas 5 a 13 introduzem diretamente o objetivo de pesquisa, dando norte para o bloco 3. A Pergunta 5 solicita uma opinião aberta sobre a IA em contextos educacionais. A Pergunta 6 tenta conduzir o diálogo do abstrato para o concreto, verificando o uso prático por parte do entrevistado de ferramentas como ChatGPT, Copilot, Gemini, etc. A flexibilidade existente na pergunta (que oferece dois cenários de resposta) busca entender as motivações da experiência ou da ausência dela. A Pergunta 7 aborda um ponto sensível, sendo a única dentro deste bloco que foge de um dos temas de pesquisa, que é o ensino de Química. Buscamos tentar compreender o impacto da IA na relação professor-aluno pois, observamos que esta é fundamental para o desempenho do papel do educador. As Perguntas 8 e 9 focam nos desafios e benefícios. Enquanto a Pergunta 8 é específica sobre o planejamento de aulas (essencial para a ação docente do professor), a Pergunta 9 amplia a discussão para o ensino de Química no geral, buscando percepções sobre vantagens e desvantagens da participação das novas tecnologias para o professor de Química. A Pergunta 10 questiona os entrevistados a respeito da participação das IAGs na elaboração de atividades gerais e experimentais no ensino de Química. Ela foi elaborada para verificar se esta comunidade percebe as limitações no uso das IAGs quando associadas à natureza prática e laboratorial da disciplina, também contrastando com atividades teóricas gerais. A Pergunta 11 busca identificar percepções dos entrevistados referentes ao uso das IAGs como ferramenta de adaptação e personalização do ensino, um dos potenciais dessa classe de tecnologias. A Pergunta 12 foca na validação, questionando quais critérios o professor usa (ou usaria) para garantir a veracidade dos conteúdos gerados pelas IAGs. Essa pergunta carrega consigo uma importância única pois dialoga diretamente com o Quadro 1, exposto na Fundamentação Teórica, buscando expor as limitações dessas tecnologias, justificadas pela fase do Raciocínio vivida pelas IAs. Por fim, a Pergunta 13 encerra a

entrevista solicitando uma avaliação sobre o preparo da comunidade docente como um todo, na tentativa de transferir a reflexão do "eu" para o "nós", permitindo ao entrevistado expressar preocupações sobre formação continuada e prontidão institucional frente à inclusão das IAGs em contextos educacionais. As perguntas estão disponíveis na relação exposta no Quadro 3 abaixo.

Quadro 3 - Relação entre os blocos, seus objetivos e as perguntas do questionário

Bloco	Perguntas	Objetivo
1. Contextualização e principais dificuldades	Poderia compartilhar um pouco sobre sua trajetória como docente de Química?	Mapear o perfil do entrevistado com informações a respeito da sua trajetória profissional e acadêmica e identificar suas principais dificuldades como professor de Química
	Quais são suas principais dificuldades como professor de Química?	
2. Afinidade com tecnologias	Como você descreveria sua relação com tecnologias e/ou ferramentas digitais voltadas para contextos educacionais? Com que frequência as utiliza?	Diagnosticar o nível de afinidade e a frequência de uso de tecnologias educacionais gerais pelo professor
	Se pudesse imaginar uma ferramenta digital capaz de criar conteúdos educacionais (resumos, questões, atividades práticas, etc.) a partir de seus comandos, como ela funcionaria? Quais seriam suas principais preocupações?	
	Como professor, o que pensa a respeito da participação das tecnologias de IA em contextos educacionais?	

3. Percepções específicas	Você já utilizou/tem utilizado IA generativa (como o ChatGPT, Copilot) para auxiliar no planejamento de suas aulas? Caso sim, para que usou e como foi a experiência? Caso não, por quais motivos?	Capturar as percepções específicas dos docentes sobre as diferentes formas que as IAGs atuam em contextos educacionais
	Você acredita que o uso de tecnologias de IA em contextos educacionais pode impactar a relação professor-aluno? Caso sim, de que forma? Caso não, por que acredita nisso?	
	Para você, quais as principais dificuldades em incluir IA generativas no planejamento de suas aulas? O que poderia facilitar este processo?	
	Quais são os principais benefícios e desafios que você vê na participação de IA generativas no ensino de Química?	
	Como você avalia a participação de IA generativas no desenvolvimento de atividades gerais de Química? Algum aspecto lhe gera dúvidas ou preocupações? E em relação às atividades experimentais?	
	Em sua percepção, como as IA generativas podem ser utilizadas em seus planejamentos de aulas como recurso adaptativo para atender diferentes necessidades e níveis de	

	aprendizagem dos estudantes?	
	Qual(is) critério(s) você considera essencial(is) para garantir que o conteúdo criado com a ajuda das IAGs seja confiável e adequado para os estudantes?	
	Você acredita que a comunidade docente está preparada para implementar soluções de IA generativa?	

Fonte: autoria própria

A etapa de coleta de dados da pesquisa foi executada ao longo do mês de outubro de 2025. As entrevistas foram realizadas com os professores de Química de um colégio estadual localizado no município de Londrina. Previamente à aplicação do roteiro, os participantes foram contatados, informados sobre o tema, objetivos e eventuais riscos associados à pesquisa e convidados a colaborar, sendo a participação formalizada mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Uma versão em branco deste documento estará disponível na seção dos Apêndices.

Considerando a disponibilidade dos docentes, todas as entrevistas foram conduzidas de forma remota, utilizando a plataforma Google Meet. Com o consentimento prévio dos entrevistados, o áudio e o vídeo das sessões foram gravadas, e a transcrição das falas foi realizada com o auxílio da ferramenta *tl;dv*, sendo posteriormente revisada manualmente pelo pesquisador para garantir a fidedignidade dos dados coletados.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS

Este tópico reservar-se-á para a explicitação da análise dos dados obtidos do conteúdo das entrevistas com os quatro professores. A análise foi dividida na seguinte estrutura: 1) Instrumento analítico, 2) Codificação dos entrevistados, 3) Corpus da pesquisa, 4) A análise de conteúdo.

3.4.1. Instrumento Analítico

Para coletar as informações, estas, que posteriormente tornaram-se os dados a serem analisados na pesquisa, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas, tratando de conversar com pessoas, mas de maneira que sejam autoconscientes, organizadas e parcialmente estruturadas. A escolha pela entrevista se justifica pelo objetivo do nosso estudo. Julgamos que um formulário de pesquisa não seria suficiente para atuar como o instrumento de análise ideal para investigar as percepções dos professores de Química do colégio entrevistado, uma vez que entendemos nosso objetivo como complexo suficiente para demandar informações detalhadas a respeito do tema estudado.

Após a delimitação do problema e a realização das entrevistas, o pesquisador seleciona o público-alvo e define a proporção dele que será abordada por meio de entrevistas pessoais. Na condução das entrevistas semiestruturadas, é possível utilizar anotações e/ou gravação de vídeo e áudio do encontro, permitindo que o pesquisador mantenha o foco nas interações realizadas. Após o término de cada entrevista, documentou-se os principais temas emergentes para as etapas de unitarização e categorização, como também quaisquer passagens de valor para a pesquisa, um procedimento que se qualifica como análise de dados qualitativos. A pesquisa quantitativa e qualitativa contribui nesse sentido, permitindo a consideração dos dados em sua totalidade, tanto subjetiva quanto objetivamente, ampliando o significado das experiências e aprofundando a compreensão do discurso.

A escolha pela entrevista semiestruturada implica que o roteiro de perguntas sirva como um fator norteador para o pesquisador conduzir o entrevistado, no momento adequado, ao abordar ou retomar o assunto de interesse. No entanto, o pesquisador deve ser flexível para permitir que o entrevistado derive suas reflexões para temáticas relacionadas ou traga novos ângulos do problema que haviam escapado ao pesquisador.

3.4.2. Codificação dos Entrevistados

Para os objetivos propostos neste estudo, não foi necessário identificar os participantes. A fim de resguardar o sigilo das informações compartilhadas e proteger dados de identificação pessoal, optou-se por segmentar as respostas de maneira anônima, utilizando uma numeração (P1, P2, P3, em diante) para fazer remissão a

cada entrevistado, conforme descrito no Quadro 4 abaixo.

Quadro 4 - Resumo do perfil dos entrevistados

Código	Anos de experiência	Formação acadêmica
P1	18 anos (desde 2007)	Graduação em Química; Graduação em Pedagogia
P2	2 anos (desde 2023)	Graduação em Química; Mestrado em Bioquímica; Doutorado em Bioquímica
P3	18 anos (desde 2007)	Graduação em Química; Mestrado em Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática; Doutorado em Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática
P4	6 anos (desde 2019)	Graduação em Química; Mestrado em Biotecnologia; Doutorado em Biotecnologia

Fonte: autoria própria

3.4.3. Corpus da Pesquisa

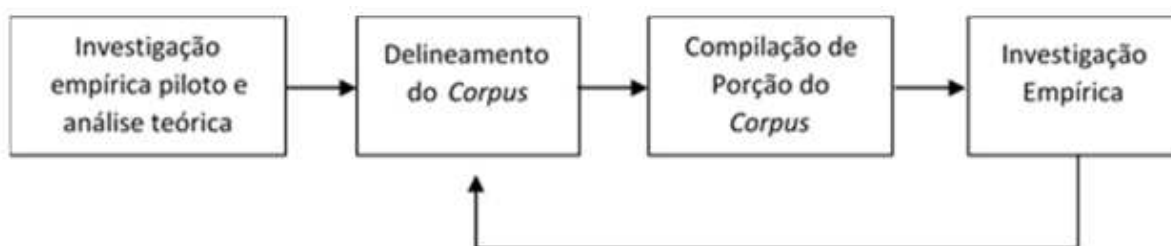
A construção do corpus de pesquisa representa uma etapa fundamental para a efetividade e a pertinência de uma investigação, seja qual for o campo de conhecimento. O corpus é um construto metodológico deliberado, cuja arquitetura define os contornos do fenômeno a ser analisado. Conforme postulam Bauer e Gueskell (2002), a atenção dedicada a esta fase inicial reverbera por todo o estudo, impactando diretamente na qualidade e na profundidade dos resultados obtidos. A forma como o pesquisador edifica seu corpus não é, portanto, uma questão de conveniência, mas uma decisão epistemológica que se relaciona diretamente com a validação e a confiabilidade da pesquisa, como sublinham Silva e Silva (2013).

Nesta perspectiva, o corpus é concebido como um conjunto de fontes que, ao articularem-se, produzem efeitos e geram evidências essenciais para a compreensão dos fenômenos no contexto em que emergem (Mello; Sá, 2006), no caso da nossa pesquisa, como as IAGs são percebidas por professores de Química no

desenvolvimento de suas aulas. Para os fins desta tese, o corpus é, portanto, o “local” onde o se torna observável e passível de análise. As fontes selecionadas — as entrevistas realizadas com os professores de Química do colégio estudado — não são tratadas como repositórios passivos de informação, mas como geradores ativos de evidências que iluminam as questões centrais da investigação acerca da participação das IAGs no ensino de Química.

A partir do exposto, adota-se a posição epistemológica de que o corpus desta pesquisa constitui uma representação da realidade no contexto vinculado à participação das IAGs no ensino de Química. Reconhecemos também, como aponta Barthes (1967), que todo corpus é, por sua natureza, uma coleção limitada de materiais, determinada de forma arbitrária pelo pesquisador. Esta arbitrariedade, contudo, não deve ser confundida com aleatoriedade. A consciência dessa limitação impõe ao pesquisador o ônus de justificar seus critérios de seleção, garantindo que o recorte efetuado seja representativo em relação à forma como as IAGs são percebidas pelos professores de Química. Nesse sentido, o corpus é um sistema em ascensão e se constrói a partir de etapas: selecionar, analisar e selecionar novamente até que cessem as suas variedades (Bauer; Gueskell, 2002). Em consonância, Biber (1993) considera que o delineamento do corpus é um processo cíclico. Ele deriva de uma investigação, passando pelo delineamento e compilação do corpus, por uma nova investigação empírica e retomando ao delineamento do corpus outra vez, conforme demonstrado na Imagem 11.

Imagem 11 - O processo de delineamento do corpus como um processo cíclico



Fonte: Biber, 1993

A aplicação do processo cíclico e dos critérios de seleção detalhados nas seções anteriores resultou em um corpus final composto por dados provenientes de entrevistas realizadas com quatro professores de Química que compõem o corpo docente do colégio estadual estudado, durante o mês de outubro de 2025. A escolha deste recorte, além do já exposto na Seção 3.2, se deu em função de aspectos que

levam em consideração os padrões mínimos indicados por Biber; Conrad e Reppen (1998), considerando as questões de relevância, homogeneidade e sincronicidade para a elaboração do corpus da nossa pesquisa (Bauer; Aarts, 2008). A relevância se refere ao nível de importância e ligação no que diz respeito aos objetivos da pesquisa; a homogeneidade se dá pelo padrão do tipo do material; e a sincronicidade ocorre pela convergência histórica dos materiais.

3.4.4. A Análise de Conteúdo

Uma vez realizada a etapa de coleta dos dados, eles foram submetidos a olhares analíticos por meio de métodos coerentes com os pressupostos epistemológicos da pesquisa. Análise de dados qualitativos envolve diferentes apreciações destes dados, o que deve conduzir o pesquisador para extrair deles o sentido (Creswell, 2010). A obtenção desse resultado exige uma análise aprofundada para compreender e representar os dados, permitindo uma interpretação ampla de seu significado. O autor considera este um processo analítico e reflexivo contínuo, que deve ser conduzido ao mesmo tempo que a coleta, a interpretação e a redação dos relatórios. Com base nisso, os dados do corpus deste estudo foram analisados por meio da Análise de Conteúdo, método de análise elaborado por Laurence Bardin (2011), conforme descrito a seguir.

O método de análise dos dados coletados nesta pesquisa, além de fundamentar-se na Análise de Conteúdo, seguiu as etapas operacionais detalhadas por Silva e Fossá (2013). A análise se desdobra em três fases cronológicas (Bardin, 2011): a pré-análise, a exploração do material e, por fim, o tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pré-análise consistiu na organização e sistematização das ideias iniciais, alinhando-as aos referenciais teóricos associados às duas linhas de pesquisa deste trabalho, Inteligência Artificial Generativa e Ensino de Química. Neste momento, ocorreu a operacionalização dos indicadores que guiaram a interpretação das informações coletadas durante o período de entrevistas com os professores de Química do colégio estudado. Esta fase inicial compreendeu quatro etapas, descritas no Quadro 5.

Quadro 5 - Descrição das etapas da fase de pré-análise

Etapas	Nome	Descrição
I	Leitura flutuante	Primeiro contato com as transcrições das entrevistas, buscando obter impressões e orientações gerais sobre o material
II	Escolha do corpus	Definição do <i>corpus</i> do estudo, que obedeceu às regras de exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência
III	Construção de hipóteses iniciais	Formulados a partir da leitura inicial dos dados, focando em compreender as percepções dos professores vinculadas às IAGs no ensino de Química
IV	Elaboração de indicadores	Definição dos elementos que serviriam de base para a interpretação do material

Fonte: autoria própria

A fase seguinte, de exploração do material, foi dedicada a administrar as decisões tomadas na pré-análise. Esta fase contemplou a construção do processo de unitarização e categorização vinculados à codificação, seguindo os recortes do texto em unidades de registro e a classificação das informações em categorias temáticas (Silva; Fossá, 2013). A codificação é uma etapa essencial que, segundo Bardin (2011), transforma os dados brutos do texto. Por meio do recorte, agregação e enumeração das falas dos professores, foi possível evidenciar as características centrais de suas percepções, atingindo os objetivos propostos.

Toda fala que julgamos potencialmente significativa para a discussão acerca dos resultados de pesquisa foi unitarizada na forma de uma Unidade de Registro (UR). As percepções específicas dos professores a respeito das IAGs no ensino de Química foram codificadas como PIAs (Percepções sobre as IAs) e elas compõem as UR. Toda PIA é uma UR, nem toda UR é uma PIA. O Gráfico 1 abaixo explicita a relação numérica das unidades de registro e as percepções identificadas nas falas dos

professores durante o processo de pré-análise.

Gráfico 1 - Relação entre URs e PIAs



Fonte: autoria própria

Ou seja, dentre as 447 URs registradas, 343 são PIAs, contabilizando um total de 76,73% entre as unidades identificadas.

A terceira fase refere-se ao tratamento dos resultados, inferência e interpretação, e nela focamos em extrair os conteúdos expressos e latentes contidos no material. A partir deste ponto, os resultados foram tratados, permitindo ao pesquisador propor inferências e interpretações acerca das percepções docentes sobre o uso das IAGs no desenvolvimento de suas aulas, bem como sobre outras descobertas que emergiram do processo.

Uma vez realizadas as entrevistas com os professores de Química do colégio estudado, elas foram transcritas e arquivadas (fase 1), totalizando 30 páginas de informações brutas. Na fase 2, os dados foram organizados utilizando as ferramentas do Word e do Google Docs, onde ocorreram as codificações. As entrevistas foram identificadas por códigos (P1, P2, P3, etc.) para manter a ordem de realização e o sigilo. Em seguida, os recortes das falas foram realizados com base na convergência da semântica de seus conteúdos. O estabelecimento das categorias analíticas obedeceu aos princípios de Bardin (2011): exaustividade, homogeneidade, representatividade e pertinência.

No que refere-se à saturação teórica da pesquisa, estabeleceu-se que a definição do número final de participantes e o encerramento da coleta de dados pautaram-se nos critérios citados no parágrafo acima, especialmente a regra da representatividade (Bardin, 2011). Embora a amostragem não possua caráter estatístico, considerou-se que o material coletado atingiu densidade suficiente para

refletir a diversidade de percepções sobre o objeto de estudo dentro do universo considerado. A análise preliminar indicou que as falas dos docentes selecionados cobriam as principais dimensões do fenômeno investigado, legitimando a amostra como qualitativamente representativa e adequada aos objetivos da pesquisa, sem a necessidade de novas inclusões.

O exposto, em consonância com as escolas de pensamento das IAs mencionadas na discussão teórica, tornaram exequível formular as categorias iniciais, que, conforme Silva e Fossá (2013), configuram as primeiras impressões do pesquisador acerca do fenômeno estudado, neste caso, como as IAGs são percebidas pelos professores de Química no desenvolvimento de suas aulas. Posteriormente, estas se dividiram em subcategorias emergentes, baseadas na interpretação dos dados obtidos, representando a síntese dos significados revelados pelos entrevistados sobre a participação das IAGs no desenvolvimento de suas aulas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, serão expostos os dados e as análises referentes ao material coletado e examinado neste estudo, obtido por meio da realização das entrevistas. Sua elaboração se baseia na discussão acerca da consolidação das duas escolas de pensamentos das IAs, exposta na fundamentação, que refletem as percepções dos participantes das entrevistas, como exposto no Quadro 6 abaixo.

Quadro 6 - categorias a priori: definições e objetivos

Categoria de análise	Descrição	Objetivos
Automação	Reúne percepções que apontam para os efeitos negativos do uso desmedido das IAGs, sobretudo quando estas substituem o esforço cognitivo dos estudantes ou a mediação pedagógica do professor	Analisar como os docentes de Química percebem a Inteligência Artificial Generativa enquanto recurso para otimização do tempo pedagógico e redução de demandas mecânicas no planejamento escolar
Aprimoramento	Reúne percepções que reconhecem as IAGs como ferramentas de apoio, capazes de otimizar o trabalho docente e enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, desde que utilizadas de forma crítica e mediada	Compreender as percepções docentes vinculadas ao potencial das IAGs em transformar as estratégias de ensino, promovendo novas abordagens conceituais e metodológicas na Química

Fonte: autoria própria

A escolha por este caminho metodológico justifica-se na necessidade de compreensão das particularidades e complexidades inerentes a cada “unidade de caso” — aqui representadas pelos docentes de Química na Análise Intra-caso — para, subsequentemente, edificar uma síntese cruzada (Análise Inter-caso) que busca iluminar as tendências emergentes no fenômeno da integração das IAGs no ensino de Química.

A análise que se segue desenrola-se em dois movimentos complementares, fundamentais. O primeiro movimento, denominado Análise Intra-caso, examina individualmente os professores e suas percepções, as práticas pedagógicas, as resistências e as trajetórias profissionais dos professores codificados como P1, P2, P3 e P4. Cada docente é tratado como um sistema limitado e integrado, cujas

percepções são inevitavelmente filtradas por sua história de vida, sua formação acadêmica e sua identidade profissional construída ao longo dos anos. Neste estágio, busca-se a descrição densa (Stake, 1995) dos perfis, permitindo que a voz de cada participante emergja antes de ser submetida à comparação.

O segundo movimento, a Análise Inter-caso, opera na lógica da agregação e da diferenciação. Aqui, abandonamos a ideia do isolamento das percepções para identificar padrões convergentes e divergentes, articulando-os às categorias teóricas a priori das escolas da automação e do aprimoramento, bem como aos referenciais de Tardif sobre os saberes docentes e de Schön sobre a prática reflexiva. É nesta intersecção que a pesquisa busca responder à inquietação central vinculada ao problema de pesquisa: como a introdução das IAGs pode reconfigurar a práxis do professor de Química, oscilando entre a promessa de eficiência e o risco de atrofia cognitiva?

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PERFIS ENTREVISTADOS

Antes de adentrarmos na Análise Intra-caso, relembremos o corpus da pesquisa. Os dados foram obtidos através de entrevistas semiestruturadas realizadas com quatro professores de um colégio estadual situado em Londrina, Paraná. A diversidade dos participantes, detalhada no Quadro 7 a seguir, é um elemento constituinte para a validade interna do Estudo de Caso Múltiplo, pois oferece perspectivas que variam desde o docente em início de carreira até o veterano com quase duas décadas de sala de aula, abrangendo formações que vão da Química pura à Biotecnologia e ao Ensino de Ciências.

Quadro 7 - Resumo do perfil dos entrevistados

Código	Anos de experiência	Formação acadêmica	Atuação principal
P1	18 anos (desde 2007)	Graduação em Química; Graduação em Pedagogia; Experiência prévia em programação (C-sharp/Microsoft)	Ensino Técnico (Química Analítica, Orgânica, Ambiental); PSS
P2	2 anos (desde 2023)	Graduação em Química; Mestrado em	Ensino de Ciências (Fundamental);

		Bioquímica; Doutorado em Bioquímica	Química (Médio); Matemática (eventualmente)
P3	18 anos (desde 2007)	Graduação em Química; Especialização em Psicopedagogia; Mestrado em Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática; Doutorado em Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática	Docente QPM (Quadro Próprio do Magistério); Atuação em formação de professores
P4	6 anos (desde 2019)	Graduação em Química; Mestrado em Biotecnologia; Doutorado em Biotecnologia (ênfase em Química Orgânica/Nanopart ículas)	Química, Física e Matemática (Ensino Médio e Técnico)

Fonte: autoria própria

No concernente ao número de entrevistados, reforçamos que a Análise de Conteúdo de Bardin não requer um número alto de participantes para estudo, uma vez que a mesma baseia-se na qualidade dos textos produzidos e não na quantidade. Tratando-se de um fenômeno emergente (IAG no Ensino de Química), nosso foco está na profundidade das percepções dos docentes. O grupo é pequeno e relativamente heterogêneo cujo no conteúdo de cada entrevista existam falas que denotam suas principais distinções.

Identificar as distinções, mesmo que pouco numerosas, nos perfis dos sujeitos torna exequível observar como a racionalidade técnica e a reflexão-na-ação operam de maneiras distintas dependendo do repertório prévio do professor. Observa-se, por exemplo, que P2 e P4 trazem uma bagagem forte de pesquisa laboratorial, enquanto P1 e P3 possuem trajetórias mais voltadas à pedagogia e ao ensino de ciências propriamente dito.

4.2. PRIMEIRO MOVIMENTO: ANÁLISE INTRA-CASO

A seguir, apresentamos a análise individualizada de cada professor. A estrutura analítica percorre a trajetória do docente, suas dificuldades inerentes ao ensino de Química, sua relação prévia com tecnologias e, finalmente, suas percepções vinculadas à participação das IAGs em contextos educacionais, sob à luz das categorias de análise estabelecidas na seção teórica da pesquisa.

4.2.1. Análise Intra-caso do Professor P1

A análise a seguir será baseada em uma divisão estruturada em três pilares: a identidade profissional (P1), a escola da automação e a escola do aprimoramento. Ao final do processo analítico, apresentaremos uma síntese das percepções vinculadas ao posicionamento do entrevistado frente à participação das IAGs no ensino de Química.

4.2.1.1. A identidade profissional de P1

O professor P1, com sua experiência de 18 anos na docência, emerge na pesquisa como um usuário tecnicamente letrado, porém institucionalmente cético. A análise das URs iniciais revela que sua identidade profissional, iniciada como voluntário em cursinhos comunitários e constituída por uma bolsa de estudos no Japão voltada ao controle de qualidade ambiental, lhe confere uma visão pragmática da Química como ciência aplicada.

“Professor de Química desde 2007”

UR2-P1

“Em 2009, eu consegui uma bolsa de estudos para o Japão, nada a ver com educação, voltado para tratamento de... Na verdade, não tratamento, o projeto era para tratamento de dejetos industriais, mas, no fim acabei fazendo observação de como que o Japão faz monitoramento e o controle de qualidade de alimentos, solo, etc.”

UR4-P1

Durante o processo, identificamos três pilares identitários que moldam sua visão: o pilar social-vocacional (2007-2009), o pilar técnico-metodológico (2009) e o pilar tecnológico (experiência com ferramentas digitais).

No social-vocacional, sua carreira inicia-se no voluntariado, como destacado na

UR3-P1: *“professor voluntário em um curso comunitário para vestibular de uma ONG chamada Confraria dos Pensadores onde tinha cursinhos de pré-vestibular voltado para os alunos tanto da região norte quanto os da Zona Sul. Na época não tinha cotas então era voltado mais para alunos que queriam entrar na UEL que não tinha condições de pagar cursinho”*. Isso estabelece uma base de compromisso social que reaparece posteriormente quando ele critica a exclusão digital ou a comercialização da educação por plataformas. Ele não vê a educação como um recurso técnico, mas como acesso.

Já para o técnico-metodológico, destaca-se sua experiência no Japão, relatada acima (UR4-P1). A bolsa de estudos no país, focada em controle de qualidade e monitoramento, sugere a internalização de processos industriais com alto teor de rigor científico. Embora não fosse educacional, essa experiência moldou um profissional atento a padrões e refinamentos, o que pode vir a explicar sua posterior obsessão pelo refino das respostas fornecidas pelas IAGs.

No que refere-se ao pilar tecnológico, apontamos este como o diferencial de P1. Sua participação no programa *Student's Business* da Microsoft durante a graduação confere a ele o que Borba (2012) refere-se como uma constituição avançada de humano-com-mídias. Ele parece apropriar-se bem da lógica algorítmica, o imunizando contra a mística existente acerca das IAs na fase do raciocínio (*reasoning* de Holmes, 2023). Para ele, são apenas códigos que estão sujeitos a falhas e limitações, corroborando com as discussões na seção teórica vinculadas ao estágio vivido atualmente destas ferramentas. O programa, lançado no Brasil em meados dos anos 2000 (com edições registradas em 2007, 2008, 2011), visava capacitar estudantes universitários em tecnologias Microsoft, como a linguagem de programação *C-sharp* e desenvolvimento web, conectando-os ao mercado de trabalho. A UR27-P1, em consonância com a UR30-P1 PIA explicita a existência de uma relação mais próxima com inovações tecnológicas quando comparado com outros professores:

“Eu tenho um pé muito grande na parte de tecnologia. Durante a graduação, acabei fazendo parte de um programa chamado Student's Business da Microsoft”

UR27-P1

“[...] tenho esse viés de entender, como que deve ser feito na programação de como que se dá o pensamento por trás do programador para dar resposta que a gente quer.”

UR30-P1 PIA

Esta bagagem constitui o que Tardif (2012) classifica como saberes pessoais e de formação, que neste caso, funcionam como um filtro desmistificador frente ao preconceito às tecnologias de IAs. P1 compreende a lógica algorítmica (“*C-sharp*”, “programação web”), o que o impede de ver a IAG como uma ferramenta mágica solucionadora de problemas pontuais. Ele entende que as ferramentas “são programadas para dar uma resposta mais breve possível” (UR31-P1, PIA), posicionando-se como um usuário técnico crítico diante das respostas fornecidas pelas ferramentas.

Esta trajetória difere P1 da média docente. A UR29-P1 (“*poderia ter ido para essa área de programação*”), em consonância com as URs explicitadas acima, apontam que o entrevistado teve oportunidades para ingressar no ramo tecnológico. Suas percepções sobre a IA (PIAs) são técnicas, superando as místicas acerca das tecnologias. Ele compreende a IAG como *software*, o que fundamenta sua capacidade de transitar entre a automação e o aprimoramento conscientemente. Quando ele relata que conseguiu induzir a IA ao erro lógico (“bugar”) propositalmente ao forçá-la além de seus limites (UR24-P1 PIA), ele está exercendo uma forma de agência técnica que a maioria dos professores não possui. Ele parece entender o conceito de temperatura das IAGs, os limites de tokens e a lógica probabilística subjacente.

O quadro abaixo apresenta o mapeamento da identidade profissional do professor P1.

Quadro 8 - Mapeamento da identidade profissional do professor P1

Dimensão da identidade profissional	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Gênese da identidade profissional docente	“atuo como um professor de Química desde 2007”	Os saberes de Tardif: A docência começa como missão social, anterior à profissionalização formal (concurso em 2017). Isso também fundamenta sua crítica ética às Big Techs e à comercialização da educação
Fluência tecnológica	"capacitação e programação em C-sharp voltado para programação web";	Desmistificação da caixa preta: P1 não vê a IA como mágica. Ele entende e compreende a

	"poderia ter ido para essa área de programação"	racionalidade técnica (Schön, 2000) por trás do código. Isso o permite testar os limites da ferramenta, posicionando-o acima do usuário comum
Conflito na prática atual	"autonomia do professor em relação a escolha de conteúdos"; "dificuldade de fazer a organização por causa do engessamento de datas que a direção impôs"; "Decisões burocráticas de pessoas que não tem tanto contato aqui com o "chão da escola" acaba prejudicando muito"	Tensão na zona pantanosa (Schön, 2000): P1 descreve o conflito entre o "chão da escola" (realidade complexa) e as decisões burocráticas verticais ("ordem superior"). Sua identidade de criador de projetos é sufocada pelo sistema.
Visão sobre a Química	Leciona "processos industriais, Química analítica, Química orgânica"; "ajudando bastante na hora de ensinar a fazer calibração de uma curva"	PCK (Shulman, 1986): Ele integra a tecnologia onde a Química exige precisão analítica, demonstrando um uso instrumental focado no conteúdo, não na pirotecnia tecnológica.

Fonte: autoria própria

4.2.1.2. P1 e a escola da automação

Neste eixo, agrupamos as percepções do professor P1 vinculadas à categoria Automação, que, no contexto desta pesquisa, refere-se à utilização das tecnologias de IA como mecanismos de substituição do esforço cognitivo (prótese cognitiva - Pea, 1985) ou operacional humano, visando a eficiência, a rapidez e a padronização via "racionalidade técnica" (Schön, 2000).

P1 apresenta uma relação ambígua para com esta escola de pensamento. Ele não cede à automação cega em sua ação docente, mas é vítima da automação imposta pelo Estado. O entrevistado demonstra uma adesão pragmática à automação quando esta serve para mitigar a carga de trabalho ou resolver problemas técnicos pontuais. Na UR19-P1 PIA, ele cita o uso de "aplicativos de calculadoras gráficas" na

disciplina de Química Analítica, o que "acaba ajudando bastante na hora de ensinar a fazer calibração de uma curva". Neste exemplo, a automação do cálculo matemático complexo libera tempo para a discussão do conceito químico (a espectrofotometria), alinhando-se a uma visão positiva da tecnologia como facilitadora.

No concernente às IAGs em específico, P1, na UR46-P1 PIA, reconhece seu valor instrumental: (*"Ela facilita o trabalho, agiliza. Eu uso como uma ferramenta, mas não como um norteador"*). A utilização para a "elaboração de roteiro de aula" (UR20-P1 PIA) insere-se nesta lógica. O planejamento, muitas vezes transformado em uma tarefa burocrática pelas exigências estatais, pode ser acelerado pela IAG. Aqui, a ferramenta atua na camada superficial da prática docente — a estruturação documental —, permitindo que o professor cumpra as exigências institucionais com menor dispêndio de energia e tempo. Contudo, P1 é cauteloso: (*"(...) mas não como um norteador"*). Essa distinção é crucial. A automação é aceita para a forma, mas rejeitada para o conteúdo e direção pedagógica, preservando a soberania da expertise humana. Esta é a única lacuna onde P1 observa que a automação é bem-vinda.

Porém, a análise do discurso de P1 revela uma crítica acintosa frente à automação quando esta é imposta verticalmente pelo sistema educacional. Ele descreve o estado do Paraná como um "exemplo de plataformação" (UR37-P1 PIA), citando ferramentas como "Matific, Quizizz, Khan Academy" que possuem IA embarcada. A UR41-P1 PIA torna claro que o entrevistado enxerga isso como uma manobra política e comercial (*"eu tô vendo movimento... Das empresas terem contratos com plataformas. Os políticos vão lá, fazem contrato com essa plataforma e depois a gente vê o que que é o resultado"*), alinhando-se à crítica de que a tecnologia está sendo usada para controle e padronização vertical. Esta visão trata o ensino como um problema técnico passível de solução padronizada, ignorando a zona pantanosa (Schön, 2000) da prática, onde os problemas são únicos e complexos. P1 percebe que a automação promovida por essas plataformas desconsidera a singularidade do processo de ensino-aprendizagem. Ele alerta que "a gente ainda não tem todos os conclusivos de como a presença dessa IA influencia no processo de ensino-aprendizagem" (UR38-P1 PIA), demonstrando uma postura de ceticismo científico salutar.

Mais grave é a associação que P1 faz entre essa automação imposta e a precarização da saúde docente: (*"Esse ano já teve professores, por causa dessas plataformas que vieram a falecer em contexto escolar por alta cobrança por parte dos*

dirigentes" (UR42-P1 PIA). Aqui, a automação não é vista como uma ferramenta auxiliadora, mas como mecanismo de vigilância e intensificação do trabalho, confirmando os temores de que a inserção e consequente participação das tecnologias de IA na sociedade, se mal gerida, pode servir para aprofundar a alienação do usuário, neste caso, docentes.

Um episódio narrativo capturado na entrevista de P1 ilustra vividamente os limites da automação destas ferramentas (IAGs). Ele relata: *"eu tava fazendo um exercício outro dia e eu consegui bugar a IA e ela não conseguiu ir para frente. Começou a dar erros porque eu tava querendo forçar demais ela"* (UR24-P1 PIA). Sob a ótica dos obstáculos epistemológicos de Bachelard (1996), as IAGs, operando com base em modelos probabilísticos de linguagem (LLMs), simula o raciocínio, mas não possui compreensão ontológica dos fenômenos químicos. Quando P1 "força" a ferramenta com um *prompts* que exijam maior raciocínio, ele expõe a fragilidade desse simulacro. O bug representa o momento em que a automação falha em lidar com a complexidade do real. Para o entrevistado, que possui os saberes disciplinares consolidados, este erro da máquina não é apenas uma falha técnica, mas uma evidência de que a autonomia intelectual do professor é insubstituível.

A conclusão de P1 — *"daqui para frente é melhor eu não fazer que isso vai dar errado"* (UR25-P1 PIA) — sinaliza uma rejeição da confiança cega na máquina. Ele entende que as IAGs, em sua fase atual de raciocínio (*reasoning* de Holmes, 2023), estão propensas a apresentarem alucinações e erros factuais (Beiguelman, 2023) que podem ser desastrosos no ensino de uma ciência exata e experimental como a Química. Para P1, estas ferramentas quando utilizadas sob a óptica da automação, portanto, encontram um teto na complexidade epistemológica da disciplina.

Ao observar os alunos, P1 observa que a automação tende a ser predominantemente deletéria. Na UR39-P1, ele expressa uma preocupação com o impacto da tecnologia na formação das novas gerações. Citando "indícios de pesquisas" e dados do Banco Mundial, ele afirma que "pela primeira vez na história, as novas gerações estão saindo menos capacitadas do que as anteriores", atribuindo isso à "alta exposição à tecnologia" e à regressão cognitiva.

P1 observa que, para os alunos, a IAG funciona como uma prótese cognitiva que substitui o pensamento. *"Ele só tá dando resposta e não dá o caminho"* (UR51-P1 PIA). Na Química, o "caminho" — o processo de raciocínio estequiométrico, a dedução de mecanismos de reação, a análise de variáveis experimentais — é a

própria essência do aprendizado. Se a automação entrega o produto final sem o processo, ocorre o que Pea (1985) chamaria de descarga cognitiva improdutiva. O aluno não está usando a ferramenta para pensar com ela, mas para pensar por ele. Isso confirma, também, a teoria de Carr (2011) sobre a atrofia do pensamento crítico.

Diante disso, P1 adota uma postura de resistência, expressa em UR49-P1 PIA: *“Eu, esse ano mesmo, peguei alunos do técnico e falei que poderiam utilizar. Só que eu não quero resposta da Inteligência Artificial, quero que você trabalhe em cima do resultado.”* Esta intervenção tenta deslocar o uso da IAG da óptica da automação para a de aprimoramento, forçando o aluno a exercer uma crítica sobre o dado gerado. No entanto, ele admite que é um “trabalho muito árduo”, especialmente com adolescentes (UR52-P1 PIA), indicando que a tendência natural (ou a lei do menor esforço) favorece o uso da tecnologia para a automação acrítica. O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P1 com a escola de pensamento da automação.

Quadro 9 - P1 e a escola da automação

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Tecnologia como prótese cognitiva	“É complicado por parte do professor em 50 minutos tentar direcionar, orientar sobre quais serão as consequências pros alunos, principalmente, de depender da existências das IAs”; “Ele só tá dando resposta e não dá o caminho”	P1 identifica que seus alunos são adeptos à escola da automação, apropriando-se dela da pior forma: terceirizando o raciocínio. Ele luta contra isso exigindo que “trabalhem em cima do resultado”, tentando forçar a cognição onde a IA tenta suprimi-la
Racionalidade técnica e questões burocráticas	“Decisões burocráticas de pessoas que não tem tanto contato aqui com o “chão da escola” acaba prejudicando muito”; “tá muito engessado a parte de avaliação, de conteúdos e de projetos extracurriculares”; “dificuldade de fazer a organização por causa do engessamento de datas que a direção impôs”	P1 sente na pele a racionalidade técnica: o sistema impõe um calendário e ferramentas (SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), plataformas) que ignoram a zona pantanosa (a realidade dos alunos, a necessidade de projetos de viagem). A automação aqui é do processo de trabalho docente

Comercialização da educação e falta de evidências	“eu tô vendo movimento... das empresas terem contratos com plataformas. Os políticos vão lá, fazem contrato com essa plataforma e depois a gente vê o que que é o resultado”	P1 atua como um resistente crítico. Ele recusa a adoção ingênua da tecnologia vendida como solucionismo tecnológico, exigindo evidências de que ela melhora o ensino-aprendizagem antes de ser implementada em massa.
Riscos éticos e defasagem cognitiva	“Como evitar que um estudante pegue uma fake news, por exemplo, e a IA conseguir identificar que aquilo realmente é verídico ou não? Tem muito conteúdo que é falso e ainda não existe nenhuma regulação”; “acredito que por enquanto é utópico acreditar que vai ter uma melhoras com relação a isso”; “regulação das redes sociais”	Ele reconhece que a automação da informação sem curadoria humana leva à desinformação. Sua preocupação valida a necessidade de regulação discutida na fundamentação.

Fonte: autoria própria

4.2.1.3. P1 a escola do aprimoramento

Neste eixo, agrupamos as percepções do professor P1 vinculadas à categoria Aprimoramento, que, no contexto desta pesquisa, refere-se à utilização das tecnologias de IA para expandir as capacidades humanas, servindo como suporte para a reflexão, a criatividade e como amplificador de ideias. No discurso de P1, a operacionalização dessa categoria cristaliza-se em um termo: "refino".

A palavra "refino" aparece múltiplas vezes na fala do entrevistado: *“Lógico, a gente faz uma parte de refino, né? Mas é possível fazer mais fácil assim um roteiro, por exemplo, de uma aula prática”* (UR21-P1 PIA), *“a gente não tem ainda uma cultura de realizar prompts para ter o que a gente quer. A gente precisa refinar bastante”* (UR23-P1 PIA), *“essa parte de refino ainda falta”* (UR32-P1 PIA), *“O desafio é só essa parte de refino”* (UR54-P1 PIA), *“se você pede para gerar algum exercício, você tem que fazer seu próprio refino”* (UR60-P1 PIA), *“você como professor, tem que chegar*

lá e ver se realmente é isso que você quer e depois você refina" (UR62-P1 PIA). Este conceito nativo de "refino" pode ser interpretado, sob o olhar da teoria de Schön (2000), como a manifestação prática da reflexão-na-ação. P1 não consome o produto da IAG passivamente. Ele o trata como um material a ser analisado pelo usuário, um subproduto inicial sobre o qual ele deve aplicar seus saberes docentes para transformá-lo em um objeto didático válido.

Entendemos que o processo de "refino" envolve três etapas: a verificação epistemológica, referindo-se à checagem da precisão científica dos dados (evitando alucinações fornecidas nas respostas), a adaptação contextual, vinculada ao ajuste da linguagem e a complexidade à realidade de seus alunos do ensino técnico (considerando as especificidades locais e de infraestrutura) e a inserção curricular, que seria conectar o conteúdo gerado aos objetivos pedagógicos da disciplina.

Quando P1 aponta que *"às vezes, você tá sem ideia de fazer alguma atividade e ele ajuda a ter esse tipo de ideia e depois você só refina"* (UR63-P1 PIA), ele posiciona as IAGs como possíveis parceiras de *brainstorming*. Uma ferramenta que amplia o repertório do professor (função *Codesigner* e Gerador de Possibilidades do *framework* proposto pela UNESCO), mas que não usurpa sua autoridade final de decisão. O aprimoramento reside na capacidade do professor de curar, editar e melhorar as respostas fornecidas pelas ferramentas.

Entendemos que, P1 se excede perante aos demais no quesito familiaridade com a escola do aprimoramento por suas experiências passadas com programação (UR27-P1, UR29-P1), como citado no Tópico 4.2.1.1. Este capital cultural técnico confere ao entrevistado um entendimento diferenciado sobre o funcionamento das IAGs. Essa competência permite que P1 realize uma engenharia de *prompts* intuitiva, porém sofisticada. Ele diagnostica que uma das barreiras nesta articulação (IAGs no ensino) para a comunidade docente não é a tecnologia em si, mas a falta de letramento algorítmico: *"a gente não tem ainda uma cultura de realizar prompts para ter o que a gente quer. A gente precisa refinar bastante"* (UR23-P1 PIA). Para P1, a escola do aprimoramento passa necessariamente pela busca por melhorias do usuário ao formular perguntas e instruções precisas. Ele entende que a qualidade da saída das respostas é diretamente proporcional à qualidade da entrada delas, e que "refinar" o *prompt* é parte essencial do trabalho docente na era digital.

P1 identifica na UR33-P1 PIA que as IAGs, por vezes, falha em fazer conexões profundas relacionadas à dificuldade de lidar com a abstração no ensino de Química,

oferecendo respostas superficiais ou fragmentadas ("*Essa ligação às vezes falta. Você, estando ciente, acaba procurando por conta depois por fora*"). No entanto, é justamente na falha da máquina que P1 encontra espaço para aprimorar sua prática. Ao identificar que as IAGs não conseguem explicar a relação entre a estrutura de um sólido e a condutividade em semicondutores (exemplo citado na entrevista), o entrevistado é compelido a mobilizar seus saberes disciplinares para preencher essa lacuna. Ele busca "artigos que às vezes você só consegue acessar dentro da faculdade" (UR59-P1 PIA) , atuando como uma ponte entre o conhecimento acadêmico de ponta e o ensino técnico. Neste sentido, as IAGs não resolvem o problema da transposição didática para P1, mas o problematiza, exigindo que ele atue de forma ativa e investigativa. A tecnologia serve como um disparador para que o professor busque fontes mais confiáveis para elaborar explicações para seus alunos, aprimorando, em última instância, a qualidade da aula oferecida.

P1 utiliza também as IAGs para superar barreiras materiais vinculadas ao ensino da disciplina. Ele menciona situações em que "você não tem o reagente porque ele é controlado pela Polícia Federal" (UR59-P1 PIA) — um problema frequente no ensino de Química no Brasil. Neste cenário, ele recorre às IAGs e à sua própria pesquisa para encontrar alternativas metodológicas viáveis. Sua afirmação sugere que, neste contexto, as IAGs atuam na função de *Codesigner* (UNESCO, 2023), auxiliando o professor a redesenhar experiências de aprendizagem diante de restrições logísticas. O aprimoramento manifesta-se na capacidade de manter o rigor e a relevância da aula prática, mesmo na ausência dos recursos ideais para a execução dos procedimentos, utilizando a tecnologia para encontrar rotas alternativas.

O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P1 com a escola de pensamento do aprimoramento.

Quadro 10 - P1 e a escola do aprimoramento

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
IAGs como <i>Codesigners</i> /Guias Complementares	"Ela facilita o trabalho, agiliza. Eu uso como uma ferramenta, mas não como um norteador"; "você tá sem ideia de fazer alguma atividade e ele ajuda a ter esse tipo de ideia e depois você só	Correlação com algumas das funções apresentadas no <i>framework</i> proposto pela UNESCO, em 2023. Adoção das ferramentas como parceira intelectual (Mollick, 2023), mantendo

	refina”	a agência humana e a intenção pedagógica
Necessidade de refino (Reflexão-na-ação)	“Lógico, a gente faz uma parte de refino, né? Mas é possível fazer mais fácil assim um roteiro, por exemplo, de uma aula prática”; “a gente não tem ainda uma cultura de realizar <i>prompts</i> para ter o que a gente quer. A gente precisa refinar bastante”; “essa parte de refino ainda falta”; “O desafio é só essa parte de refino”; “se você pede para gerar algum exercício, você tem que fazer seu próprio refino”; “você como professor, tem que chegar lá e ver se realmente é isso que você quer e depois você refina”	Postura do professor reflexivo (Schön, 2000), que dialoga com a ferramenta e ajusta as respostas fornecidas à sua realidade de sala de aula
Literacia digital	“viés de entender... como se dá o pensamento por trás”; “Como evitar que um estudante pegue uma fake news, por exemplo, e a IA conseguir identificar que aquilo realmente é verídico ou não? Tem muito conteúdo que é falso e ainda não existe nenhuma regulação”	Capacidade de usar a IA como espelho cognitivo (Tomisu <i>et al.</i> , 2025). Necessidade de capacitação para identificar falhas na máquina para aprimorando as respostas fornecidas
Limitações das máquinas	“políticas públicas... são necessárias para regular” “Ter alguém humano por trás”	Valorização dos saberes experienciais e disciplinares (Tardif, 2012) que a IA não consegue replicar na zona pantanosa da prática

Fonte: autoria própria

4.2.1.4. Síntese do entrevistado P1

A análise das percepções de P1 estaria incompleta sem abordar sua visão sobre as implicações éticas e políticas das IAGs. Sua bagagem e maturidade profissional conferem-lhe uma visão crítica sobre a prontidão do sistema educacional. Quando questionado se a comunidade docente está preparada para implementar soluções de IAG, a resposta de P1 é taxativa e pessimista: “Não.”; “No máximo 5 (cinco) por cento” (UR75-P1 PIA e UR76-P1 PIA).

Compreendemos que, esta fala sugere que a grande massa de professores, desprovida do *background* tecnológico que o entrevistado possui (programação e vivência internacional), encontra-se vulnerável. Eles correm o risco de cair na armadilha da automação cega, tornando-se meros operadores de plataformas, ou de rejeitar as novas tecnologias devido à incapacidade de obter resultados úteis. Será que, para P1, o aprimoramento só é acessível a uma elite cognitiva e técnica dentro do magistério? Isso apontaria para uma falha estrutural na formação continuada de professores.

P1 mostra-se cético quanto à capacidade de autorregulação do mercado de IAs (“dinheiro envolvido no mundo capitalista”, UR72-P1 PIA). Ele defende a necessidade de políticas públicas e regulação estatal para combater a desinformação e garantir a qualidade do conteúdo educacional. O entrevistado identifica a validação humana como o critério final de confiabilidade: “Ter alguém humano por trás” (UR71-P1 PIA). Esta fala reafirma a centralidade do professor no processo educativo. Por mais avançadas que as IAGs podem vir a se tornar, elas carecem de responsabilidade ética e de compromisso com a verdade (por enquanto), atributos que são intrinsecamente humanos. Salientamos que, para o ensino de Química, onde a desinformação pode levar a acidentes ou a concepções fundamentalmente erradas sobre a natureza da matéria, a presença desse “humano por trás” (o professor reflexivo) é inegociável.

A análise intracaso do professor P1 permitiu concluirmos que sua interação com as IAGs é definida pela “pedagogia do refino”. Este conceito, nativo de seu discurso, encapsula a tensão entre automação e aprimoramento. O refino é o ato de resistência contra a mediocridade da resposta automática. É o momento em que o professor reafirma sua expertise e sua responsabilidade profissional.

Com base na análise de suas percepções, é possível afirmar que o posicionamento do professor P1 tende à escola do aprimoramento, embora utilize

aspectos da automação para eficiência logística. O quadro abaixo traz uma síntese do estudo.

Quadro 11 - Síntese das percepções do professor P1

Dimensão analítica	Automação	Aprimoramento
Planejamento	Geração de roteiros burocráticos e relatórios acríticos	Uso como brainstorming para novas ideias; "refino" constante dos <i>outputs</i> para adequação curricular
Relação com a Tecnologia	Uso passivo de plataformas estaduais (comercialização) e a resistência da aceitação de respostas prontas	Engenharia de <i>prompts</i> baseada em lógica de programação e compreensão dos limites algorítmicos.
Visão do Aluno	Aluno que usa IA como muleta (prótese cognitiva); atrofia do pensamento crítico e regressão de habilidades	Tentativa de ensinar o aluno a trabalhar "em cima do resultado" e uso da IA como ponto de partida para investigação, não chegada
Identidade Docente	Professor como aplicador de sistemas (racionalidade técnica) e executor de currículos engessados	Professor como curador, validador e participante ativo da dupla <i>Codesigner</i> (IAG), sendo o "humano por trás" que garante a ética e a veracidade

Fonte: autoria própria

O caso de P1 evidencia que a integração eficaz das IAGs no ensino de Química depende menos da sofisticação do software e mais da solidez da formação do professor. É o repertório constituinte do saber plural do entrevistado — que vai da programação em C-sharp à vivência em contextos industriais japoneses — que lhe permite domar a IAG, transformando-a de uma ameaça à docência em um instrumento de aprimoramento controlado. Sem esse capital cultural prévio, a tendência, como ele mesmo diagnostica nos "95% (noventa e cinco por cento)" restantes, é que a tecnologia sirva apenas à precarização e à automação do ensino.

4.2.2. Análise Intra-caso do Professor P2

A análise a seguir se dará pela mesma divisão seguida na primeira: a identidade profissional (P2), a escola da automação e a escola do aprimoramento. Ao final do processo analítico, apresentaremos uma síntese das percepções vinculadas ao

posicionamento do entrevistado frente à participação das IAGs no ensino de Química.

4.2.2.1. Identidade profissional de P2

O entrevistado apresenta uma trajetória acadêmica de uma pesquisadora acadêmica (doutora em Bioquímica) recém-inserida no contexto da educação básica pública. Essa transição de identidade — de cientista de bancada para professora de "chão de escola" — atua como a lente através da qual ela avalia as IAGs. Sua crítica não é tecnológica, mas epistemológica e metodológica: ela avalia a IA pela régua do rigor científico e da profundidade conceitual, atributos que ela sente falta no ensino médio atual. Sua identidade profissional é marcada por uma tensão entre sua formação de alta especialização e a realidade da escola pública. Segundo Tardif (2012), P2 detém de um grau refinado de saberes disciplinares, mas seus saberes experienciais no contexto escolar ainda estão em construção (2 anos de docência). Ou seja, o entrevistado domina a "ciência de referência". Contudo, sua experiência docente na educação básica é incipiente, contabilizando apenas dois anos de atuação como professora contratada via Processo Seletivo Simplificado (PSS) na rede estadual do Paraná, como descrito nas falas abaixo:

“dois anos que eu sou docente no PSS”

UR3-P2

“Olha, minha experiência de docência é bem recente, né? São dois anos e eu tenho 34 anos. [...] Sou bacharel em Química, mas tenho Mestrado e Doutorado em Bioquímica.”

UR14-P2

Esta dualidade é fundamental para interpretar suas respostas. As falas de P2 revelam, em diversos momentos, um conflito entre o rigor científico exigido pela sua formação acadêmica e a realidade vivida em ambiente escolar, envolvendo fatores materiais e sociais da sala de aula na escola pública. Quando perguntada sobre suas dificuldades como professor de Química, o entrevistado menciona, na UR7-P2, que a dificuldade "começa quando você chega na sala e fala que é professor de Química" expressando o choque entre o valor intrínseco que ele, como cientista, atribui à Química, e a percepção estigmatizada e aversiva que os alunos possuem da disciplina (*"ah é muito difícil, não entendo nada"*).

Sua formação doutoral parece fornecer-lhe uma lente aguçada que o torna sensível a imprecisões conceituais. Isso molda uma relação com as IAGs baseada na

desconfiança técnica. Diferente de um professor que talvez dominasse menos o conteúdo e pudesse ser seduzido pela fluidez retórica das respostas fornecidas pelas IAGs, P2 possui o capital cultural necessário para auditar as ferramentas, identificando o que ela classifica como "delírios" ou "ilusões" (as alucinações de Beiguelman).

Da análise de suas falas, emergem categorias analíticas que transitam entre o ceticismo ético ("limbo", UR42-P2 PIA, UR50-P2 PIA), a resistência à automação cognitiva ("muleta", UR114-P2 PIA), a valorização da autenticidade ("caderno de 2013" UR85-P2 PIA, UR91-P2) e a busca pragmática por inclusão e adaptação curricular. Sua visão das IAGs baseia-se em três pilares identificados durante a análise: a identidade da cientista na escola, a valorização do conhecimento "sólido" e a percepção da "fadiga tecnológica".

Para o primeiro, destacamos que P2 se define primeiro por seus títulos (*"tenho Mestrado e Doutorado em Bioquímica"*, UR2-P2) e vê a escola como um ambiente de escassez comparado à academia (*"se eu estivesse no laboratório, na universidade, na academia e tal, aonde tem um pouco mais recurso do que no numa escola de ensino médio pública, eu teria mais condições. Então, a gente tem que adaptar algumas coisas para a realidade dos alunos"*, UR62-P2 PIA). Isso gera uma frustração com a falta de estrutura para aulas práticas, que P2 tenta compensar com adaptações.

No que se refere à valorização do conhecimento "sólido", P2 demonstra um apego quando o saber é validado e tangível. O episódio do "caderno de 2013" simboliza esta característica de sua personalidade. Ao usar suas anotações da faculdade, ela ganhou o respeito dos alunos, que contrastaram aquilo com a superficialidade do ChatGPT (*"nossa professor, você tirou essa atividade do livro?"*, UR83-P2 PIA). Isso revela sua crença de que a autoridade docente vem do domínio do conteúdo, não da mediação tecnológica.

Já para o terceiro pilar, diferentemente do que a crença presente no senso comum prega de que jovens amam tecnologia, P2, como observadora participante, nota o oposto: *"que eu percebo é que às vezes eles estão cansados de tecnologia"* (UR25-P2 PIA), *"eles estão cansados"* (UR27-P2 PIA), *"a gente tá numa coisa assim que acho que até eles estão meio cansados"* (UR86-P2 PIA). Sua identidade profissional, portanto, constrói-se na resistência à plataformização excessiva proposta pelo Estado, buscando resgatar a interação física e humana (*"Eu gosto muito ainda de fazer as coisas. Às vezes eu uso eles (alunos) como coeficiente estequiométrico, faço eles levantarem"*, UR24-P2 PIA).

O quadro abaixo apresenta o mapeamento da identidade profissional do professor P2.

Quadro 12 - Mapeamento da identidade profissional do professor P2

Dimensão da identidade profissional	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Formação vs. atuação	<i>“bacharel em Química”; “Mestrado e Doutorado em Bioquímica”; “dois anos que eu sou docente no PSS”; “atuo nas escolas públicas dando aula de ciências no ensino fundamental”</i>	A transição da cultura acadêmica (rigor) para a cultura escolar (precariedade) molda uma postura exigente em relação às ferramentas digitais. Ela espera que as IAs tenham o rigor de um "artigo revisado por pares"
Saberes experienciais em construção	<i>“dois anos que eu sou docente no PSS”; “minha experiência de docência é bem recente; dois anos”; “não sabia o que era o aluno laudado. Ninguém nunca me falou. Eu tive que aprender ali na hora”</i>	P2 está na fase de sobrevivência e descoberta da zona pantanosa de Schön. A IA atua aqui para auxiliar na sobrevivência (adaptação)
Visão sobre a tecnologia	<i>“não uso muito Inteligência Artificial”; “não sou uma pessoa que usa muito em sala”; “confesso que eu deveria usar mais. Eu uso menos”</i>	P2 valoriza o fazer concreto em detrimento do digital, alinhando-se a críticas sobre a desmaterialização do ensino de ciências. Suas falas reconhecem o potencial das ferramentas ao P2 afirmarem que poderia apropriar-se melhor delas
Autoridade epistêmica	<i>“fui pegar meu caderno de 2013, cheguei na sala e quando eles viram que eu tava que eu tava baseando no meu caderno na faculdade de 2013...”; “essa história do caderno de 2013 aconteceu”</i>	Para P2, a IAG, neste caso o ChatGPT, sofre de uma crise de credibilidade. O papel velho (caderno) tem mais aura de conhecimento legítimo para os alunos do que a tecnologia de ponta.

	<i>recentemente, meses atrás. Nossa, você tinha que ver quando eles viram”; “o impacto de eu chegar lá com o livro ou com uma lista do ENEM ou com meu caderno da faculdade de 2013 e passar o mesmo exercício que eu fiz lá em 2013 é diferente do que eu falar que tirei do ChatGPT”</i>	
--	---	--

Fonte: autoria própria

4.2.2.2. P2 e a escola da automação

Neste eixo, agrupamos as percepções do professor P2 vinculadas à categoria Automação. A dicotomia apresentada na seção teórica da pesquisa entre a escola da automação e a escola do aprimoramento materializa-se no discurso de P2 pela identificação dos perigos da automação cognitiva, utilizando a metáfora da "muleta" para descrever a relação dos alunos com a tecnologia. Para o entrevistado, a escola da automação parece ser sinônimo de fraude intelectual e precarização do trabalho docente. Ela observa a automação sob uma ótica ética e comportamental, identificando como a ferramenta, quando usada como prótese cognitiva (Pea, 1985), corrói o processo educativo de ambos os lados (alunos e professores).

Pea define a prótese cognitiva como o uso da tecnologia para substituir o pensamento, em oposição à ferramenta cognitiva que o estende. P2 diagnostica que, para seus alunos, o ChatGPT atua como essa prótese/muleta: *“Fazer com que os alunos parem de usar isso daí como muleta e queiram aprender realmente. Usem como auxílio e não como componente principal do estudo”* (UR114-P2 PIA). P2 percebe que a ferramenta eliminou o esforço da tarefa de casa (*“Então, se eu vou fazer uma atividade, uma lista de pH, titulação, cálculo de pH, enfim, todas essas coisas, eu monto, entrego na sala, fazemos juntos, eles colocam o nome, eu recolho e no outro dia eu entrego de novo, porque eles não fazem (em casa). Eles não fazem, é só ChatGPT”*, UR46-P2 PIA), forçando-a a mudar sua metodologia para atividades presenciais (papel e caneta em sala). Neste contexto, a automação forçou um retrocesso para garantir a aprendizagem. Ela descreve a extinção das atividades de

casa como uma medida de sobrevivência pedagógica:

Esta decisão é uma evidência do impacto disruptivo da IA na ecologia das salas de aula. A ferramenta rompeu o "contrato didático" implícito nas tarefas de casa. P2, agindo como uma profissional reflexiva (Schön, 2000), diagnosticou que a estratégia tradicional (lição de casa) tornou-se obsoleta e ineficaz. Sua resposta foi trazer o processo de produção para dentro da sala de aula, sob sua supervisão direta, forçando um retorno ao analógico e ao presencial como garantia de autenticidade cognitiva. Ela valoriza o processo de construção do conhecimento ("fazemos juntos") em detrimento do produto final (a resposta da lista), pois sabe que o produto pode ser gerado em segundos pelas ferramentas, mas o processo cognitivo é insubstituível.

Na UR52-P2 PIA, P2 expressa uma preocupação com o desenvolvimento de habilidades básicas, não apenas em Química, mas em letramentos fundamentais: *"A gente tem que ter o mínimo de conhecimento. E os alunos é uma coisa incriminada. Hoje em dia eu fico imaginando um professor de redação. Sabe, na Química, a gente ainda tem um pouco mais de cálculo, é um pouquinho mais difícil deles (alunos) conseguirem jogar aquilo no ChatGPT. Mas imagina um professor de português, por exemplo"*. Ela reconhece que a Química, por envolver linguagens simbólicas e (níveis de Johnstone e componentes do ensino de Pozo e Gómez Crespo, por exemplo), ainda oferece alguma resistência à automação total, mas percebe que a tendência geral é de uma "coisa incriminada" onde o aluno deixa de pensar. Essa visão alinha-se aos alertas de Carr (2011) sobre a dependência tecnológica levar à atrofia do pensamento crítico.

A análise das percepções de P2 revela um cenário de tensão ética, incerteza normativa e preocupação pedagógica. Ao ser questionada sobre o tema, sua reação inicial é emblemática: *"Nossa, meu Deus (risos). Aí a gente tá em um limbo assim, que, meu Deus."* (UR42-P2 PIA). O limbo, teologicamente, é um lugar de incerteza, de suspensão, onde as almas não estão nem no céu nem no inferno. Pedagogicamente, P2 descreve um estado de anomia (ausência de normas claras), onde as fronteiras entre o uso ético e o plágio, entre o auxílio e a substituição, entre o aprimoramento e a fraude, ainda não foram demarcadas nem pelas instituições nem pela comunidade docente.

Na tentativa de ilustrar esse "limbo", P2 narra um incidente envolvendo uma colega de profissão, um relato que serve como um estudo de caso dentro do estudo de caso: *"Mas tem o outro lado (professores), porque esse ano mesmo eu estava em*

uma escola onde os alunos foram denunciar a professora porque eles tiraram foto, filmaram a professora dando aula através do ChatGPT, a professora copiando do ChatGPT diretamente no quadro. Então, tem os dois lados. Tá meio que um limbo." (UR47-P2 PIA, UR48-P2 PIA, UR49-P2 PIA e UR50-P2 PIA).

A IAG, neste contexto, não atua como ferramenta de suporte no planejamento, mas invade o palco da sala de aula como a real detentora do saber. A professora que copia do ChatGPT para o quadro sem mediação crítica está, na visão implícita de P2, abdicando de sua função intelectual. Ela se reduz a uma operadora de transferência de dados não verificados, o que corrói a autoridade docente.

Na estrutura escolar disciplinar, é o professor que vigia o aluno para evitar o uso de recursos não autorizados (tentativas de "cola"). Neste caso, houve uma inversão completa: foram os alunos, munidos de seus celulares, que fiscalizaram, documentaram e denunciaram a docente por sua dependência tecnológica. P2 utiliza este exemplo para argumentar que a falta de discernimento afeta ambos os lados. Se o aluno usa a IA para não pensar, e o professor usa a IA para não preparar a aula, o processo educacional colapsa: *"Essa questão mesmo dessa colega foi uma coisa complicada, porque abre um precedente afetando a todos nós professores."* (UR58-P2). P2 percebe que o mau uso da tecnologia por parte dos docentes coloca em xeque a legitimidade da classe profissional, alimentando discursos que questionam a necessidade do professor humano frente à eficiência da máquina.

A formação doutoral de P2 em Bioquímica manifesta-se em sua intolerância com imprecisões científicas. Ela aborda o fenômeno das alucinações das IAGs (Beiguelman, 2023) utilizando termos como "delírio" e "ilusão". Na fala constituída pelas UR70-P2 PIA, UR71-P2 PIA, UR72-P2 PIA, UR73-P2 PIA e UR74-P2 PIA, fica evidente que P2 já tomou consciência deste fenômeno: *"Então, o ChatGPT tem aquele rolê lá, né? Que você excedeu lá, não sei o quê... E aí ele começa assim meio que um delírio assim, né? Ele começa a delirar. [...] de repente começa a ter umas ilusões ali, umas coisas erradas."* O entrevistado critica também, a estrutura "genérica" (UR97-P2 PIA) e "em tópicos" (UR99-P2 PIA) das respostas fornecidas pelo ChatGPT. Para ele, a automação da resposta gera um conteúdo sem a densidade necessária para a ciência.

P2 relata também experiências onde a ferramenta pode falhar em estruturar conceitos de Química ("teorias ácido-base", UR80-P2 PIA) ou propôr práticas experimentais com erros ("determinação de açúcar", UR76-P2 PIA). Aqui, P2 invoca,

sem citar nominalmente, o conceito de vigilância epistemológica de Bachelard. Para ela, o uso das IAGs no ensino de Química pode ser perigoso se o usuário não possuir o "mínimo de conhecimento" (UR52-P2 PIA, UR73-P2 PIA e UR76-P2 PIA) prévio para combater as alucinações (Beiguelman, 2023). A ferramenta não é uma fonte da verdade, mas um gerador de texto probabilístico que, por vezes, erra em conteúdos técnicos específicos.

O entrevistado destaca ainda a limitação das IAGs em acessar bases de dados científicas rigorosas (*“se você quer falar de uma coisa mais científica, por exemplo, artigos científicos, periódicos mesmo revisado por pares, ele não é tão eficiente, mas ele procura sites de internet”*, UR103-P2 PIA e *“as outras eu realmente não uso. Mas ele demora para buscar. E não acessa artigos”*, UR111-P2 PIA), dependendo de informações genéricas da internet. Isso reforça sua tese de que a mediação humana qualificada é insubstituível para garantir a integridade do conhecimento científico ensinado. Isso se torna evidente na passagem abaixo:

“Para que eu avalie, eu ainda acho que hoje é a prova [...] Porque se o aluno estiver estudando baseado em respostas que não são confiáveis do ChatGPT, cabe ao professor daí avaliar qual o conhecimento que o aluno teve.”

UR141-P2 e UR142-P2 PIA

A avaliação presencial torna-se, neste contexto, não apenas um instrumento de verificação de autoria, mas um mecanismo de controle de qualidade e curadoria contra as alucinações presentes nas respostas fornecidas pela máquina.

O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P2 com a escola de pensamento da automação.

Quadro 13 - P2 e a escola da automação

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Descarga cognitiva	<i>“Eles pararem de usar o ChatGPT e começaram a pensar no que que eles tem que fazer”;</i> <i>“A gente tem que ter o mínimo de conhecimento. E os alunos é uma coisa incriminada. Hoje em dia eu fico imaginando um professor de redação. Sabe, na Química, a</i>	P2 identifica a IA como um obstáculo ao pensamento crítico. Sua resposta prática é eliminar a oportunidade de uso em casa (atividades só em sala), uma reação de contenção contra a automação do raciocínio

	<i>gente ainda tem um pouco mais de cálculo, é um pouquinho mais difícil deles (alunos) conseguirem jogar aquilo no ChatGPT. Mas imagina um professor de português, por exemplo”</i>	
Desprofissionalização docente	<i>“Mas tem o outro lado (professores), porque esse ano mesmo eu estava em uma escola onde os alunos foram denunciar a professora porque eles tiraram foto, filmaram a professora dando aula através do ChatGPT, a professora copiando do ChatGPT diretamente no quadro. Então, tem os dois lados. Tá meio que um limbo.”</i>	O medo de que a IA tente impôr fragilidade ao saber docente. Se o professor automatiza sua aula, ele se torna dispensável ou desrespeitado. P2 vê isso como uma ameaça à classe
Falta de rigor científico	<i>“essas IAs buscam qualquer coisa que tá na internet?”; “qualquer um pode escrever qualquer coisa na internet”; “posso escrever uma teoria aqui falando que dois mais dois é seis”</i>	Crítica à base de dados da IA (Internet aberta). Como cientista, P2 rejeita a automação da pesquisa escolar porque a fonte não tem controle de qualidade
Fadiga tecnológica	<i>“que eu percebo é que às vezes eles estão cansados de tecnologia”; “eles estão cansados”; “a gente tá numa coisa assim que acho que até eles estão meio cansados”</i>	Uma visão contrária ao determinismo tecnológico. A automação imposta pela implementação de plataformas obrigatórias gerou repulsa nos alunos, dificultando a integração das IAGs

Fonte: autoria própria

4.2.2.3. P2 e a escola do aprimoramento

Neste eixo, agrupamos as percepções do professor P2 vinculadas à categoria Aprimoramento, que, no contexto desta pesquisa, refere-se à utilização das

tecnologias de IA para expandir as capacidades humanas, servindo como suporte para a reflexão, a criatividade e como amplificador de ideias. Apesar de seu ceticismo quanto ao uso pelos alunos e sua crítica à automação cega, P2 não rejeita a tecnologia por completo, demonstrando um uso pragmático das IAGs para o planejamento de suas aulas, alinhando-se à função que a UNESCO define em seu *framework* como *Codesigner*. Aqui, as IAs atuam como uma ferramenta preenchedora da lacuna existente entre sua formação acadêmica e a diversidade da zona pantanosa da sala de aula.

O entrevistado atribui às IAGs o papel de ferramenta auxiliadora à educação inclusiva. P2 relata a dificuldade de lidar com alunos atípicos (TEA, TDAH, TOD) em um sistema público que promove a inclusão mas falha em oferecer formação continuada adequada para tal.

"Essa é uma questão que ultimamente tem sido muito discutida, principalmente porque tem cada vez mais alunos atípicos nas escolas [...] Eu entrei ano passado na minha primeira turma de um ensino médio e eu não sabia o que era o aluno laudado.

Ninguém nunca me falou. Eu tive que aprender ali na hora."

UR121-P2 PIA, UR131-P2

Neste vácuo, as IAGs emergem como Guias Complementares, um tutor para o professor. P2 utiliza a ferramenta para adaptar avaliações e atividades, personalizando o ensino para necessidades cognitivas específicas que fogem ao padrão neurotípico: *"nessa questão de auxiliar, de dúvidas, adaptação de trabalhos, de atividades, porque você não pode dar uma prova de um aluno sem laudo para um aluno que tem um laudo de TDAH, de TOD, é totalmente diferente."* (UR133-P2 PIA).

Neste contexto, as IAGs tornam exequível ao P2 exercer a diferenciação pedagógica inerente à educação inclusiva, algo que seria humanamente exaustivo fazer manualmente para cada caso específico. A tecnologia atua como um amplificador da capacidade do professor de atender à diversidade, preenchendo lacunas de conhecimento pedagógico especializado que a formação inicial ou continuada não supriu. Este é a materialização da escola do aprimoramento: a IA não substitui a professora, mas a capacita a ser inclusiva e a auxilia no atendimento de uma demanda que sozinha teria dificuldade.

A segunda tendência ao aprimoramento identificada na análise, refere-se à superação da precariedade material das escolas públicas. Diante da falta de laboratórios físicos, ela utiliza a IA e simuladores para adaptar aulas práticas: *"se eu*

estivesse no laboratório, na universidade, na academia e tal, aonde tem um pouco mais recurso do que no numa escola de ensino médio pública, eu teria mais condições. Então, a gente tem que adaptar algumas coisas para a realidade dos alunos. Às vezes eu uso bastante para isso: adaptar umas metodologias, principalmente, coisas práticas” (UR62-P2 PIA e UR63-P2 PIA).

Quando convidado a imaginar a ferramenta ideal, P2 descreve um sistema que não apenas simula o fenômeno visualmente (nível macroscópico), mas que o integra com a explicação teórica (níveis submicroscópico e simbólico). A fala que une as UR30-P2 PIA, UR35-P2, UR40-P2 PIA e UR41-P2 PIA explicita a sofisticação pedagógica de P2 e sua visão das IAGs como ferramentas integradas: *“Eu acho que uma plataforma, tipo um laboratório online para a simulação de práticas. [...] Mas eu acho que teria que ser linkado à um conteúdo teórico [...] O que acontece na padronização do NaOH com biftalato? Faz lá a reação [...] Para validar o conhecimento, não só a parte prática, eu acho que me preocuparia nisso de ter um embasamento teórico.”*. O entrevistado entende que a visualização isolada (o "jogo" de misturar cores) é insuficiente para o ensino de Química se não houver articulação com a teoria que explica o fenômeno. P2 vislumbra uma IA que atue como um tutor inteligente, fazendo a ponte entre a prática e a teoria na tentativa de mitigar a abstração inerente à disciplina.

P2 aponta que a IA é melhor utilizada "se o professor tiver um conhecimento daquilo que ele tá querendo propor" (UR115-P2 PIA). P2 vê o conhecimento prévio do professor como pré-requisito obrigatório para o uso seguro da ferramenta em contextos educacionais.

P2 menciona o uso das IAGs para "corrigir para você o que você colocou errado" (UR119-P2 PIA) ou "estruturar textos" (UR118-P2 PIA). Aqui, a IA atua como parceiro de revisão, permitindo que o professor refine sua produção antes de levá-la aos alunos.

O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P2 com a escola de pensamento do aprimoramento.

Quadro 14 - P2 e a escola do aprimoramento

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Adaptação e personalização (<i>Codesigner</i>)	“nessa questão de auxiliar, de dúvidas, adaptação de trabalhos, de atividades, porque você não pode dar uma prova de um aluno sem laudo para um aluno que tem um laudo de TDAH, de TOD, é totalmente diferente”; “consegui adaptar algumas coisas para que ele pudesse participar”	Uso sofisticado das IAGs. Elas são recursos adaptativos para personalizar o ensino, superando limitações de tempo e formação do professor em relação à educação especial
Transposição didática	“preparar algumas aulas, principalmente práticas adaptadas”; “uso bastante para adaptação”; “às vezes eu uso bastante para isso: adaptar umas metodologias, principalmente, coisas práticas”; “hoje o que eu mais uso para isso: adaptação de aula”;	P2 usa as IAGs para ajudar na transposição do saber acadêmico (que ela tem de sobra) para o saber escolar (que ela está construindo), adequando a linguagem e os recursos
Visualização microscópica	“plataforma, tipo um laboratório online para a simulação de práticas”; “Então tem uma parte prática que é meio visual, mas também tem uma parte teórica”; “mas também o passo a passo”; “eu acho que me preocuparia nisso de ter um embasamento teórico e ter algo conciso para que eles possam linkar aquela parte prática aos conteúdos. Para não ser só uma coisa ali jogada”	Anseio para usar a tecnologia para transitar entre os níveis de Johnstone. P2 quer a tecnologia para explicar o fenômeno, não só para ilustrá-lo.

Validação científica	“No caso de nós professores, consultas de bases científicas”; “se você quer falar de uma coisa mais científica, por exemplo, artigos científicos, periódicos mesmo revisado por pares, ele não é tão eficiente, mas ele procura sites de internet”; “você não vai poder usar aquilo ali como uma referência”	P2 clama que a ferramenta de aprimoramento tenha base científica. Ela rejeita o senso comum da Internet. P2 vislumbra uma IA que atue como assistente de pesquisa acadêmica.
----------------------	---	---

Fonte: autoria própria

4.2.2.4. Síntese do entrevistado P2

A análise das percepções do professor P2 permitiu categorizarmos sua postura frente às IAGs como um "ceticismo pragmático". O entrevistado foca na validade epistêmica do conteúdo gerado pelas ferramentas. Sua resistência à IA vem de sua formação científica, desconfiando de informações que não tenham "base científica" (UR102-P2 PIA) ou "revisão por pares" (UR103-P2 PIA). Ela parece estar ciente e apropriada do fenômeno das alucinações (Beiguelman, 2023) acerca das IAGs

P2 desconfia da capacidade da IA de promover aprendizado autônomo nos alunos no estado atual desta articulação (IAGs em contextos educacionais). Ela vê a ferramenta agindo predominantemente como próteses cognitivas (Pea, 1985) que pode atrofiar habilidades e exige uma vigilância contra "delírios" factuais nas respostas fornecidas pelas IAGs. Sua narrativa sobre o "caderno de 2013" reforça a crença de que a tecnologia não substitui a legitimidade construída pelo trabalho humano e pelo tempo dedicado ao estudo.

O entrevistado vislumbra a automação como possível destruidora da ética de trabalho (alunos que não estudam) e da imagem profissional (professores que não planejam). Apesar das reservas éticas e epistemológicas, P2 não adota uma postura de rejeição total. Ela incorpora as IAGs onde a ferramenta resolve problemas reais de sua prática docente: a adaptação de conteúdos para escolas sem laboratório e a inclusão de alunos neurodivergentes.

P2 representa a voz de um docente altamente qualificado que, ao colidir com a realidade escolar, percebe que a tecnologia não é uma solução milagrosa. Pelo

contrário, ela introduz uma nova camada de complexidade (o "limbo") que exige do professor uma reinvenção de suas metodologias de controle, avaliação e ensino. Uma remodelação em seus saberes profissionais.

Sua conclusão de que a comunidade docente "jamais" (UR149-P2 PIA) está preparada para essa implementação sem mudanças sistêmicas soa como um alerta. Para P2, a integração bem-sucedida das IAGs no ensino de Química não depende da sofisticação dos algoritmos, mas da capacidade dos professores de manterem a integridade epistemológica da disciplina (combatendo alucinações) e a autenticidade das relações humanas (combatendo a impessoalidade), garantindo que a tecnologia sirva à inclusão e não à substituição do pensamento crítico. As alucinações da máquina só podem ser corrigidas pela "lucidez" do professor, e a "muleta" da automação só pode ser descartada se o ensino valorizar o processo de caminhar acima da chegada.

Com base na análise de suas percepções, é possível afirmar que o posicionamento do professor P2 tende à escola do aprimoramento. O quadro abaixo traz uma síntese do estudo.

Quadro 15 - Síntese das percepções do professor P2

Dimensão analítica	Automação	Aprimoramento
Avaliação e metodologia	A tarefa de casa tornou-se obsoleta pois virou sinônimo de cópia automática	Valorização do "fazer junto" em sala de aula; aprimoramento do processo de aprendizagem através da mediação humana direta e vigiada
Relação com o conteúdo químico	Combate às alucinações. A IA falha em propor roteiros experimentais viáveis	Uso da expertise para filtrar erros. Desejo de uma ferramenta que integre simulação visual (laboratório online) com embasamento teórico
Identidade e autoridade docente	O uso visível da IA pelo professor gera desconfiança nos alunos	O uso do "caderno de 2013" e livros físicos restaura a autoridade e cria conexão emocional; aprimoramento da relação via historicidade e esforço pessoal

Visão do aluno	O aluno usa a IA para evitar o esforço cognitivo. Fenômeno da fadiga tecnológica devido ao excesso de plataformas impostas pelo Estado	O aluno como sujeito que precisa de discernimento. Tentativa de deslocar a IA de substituto para auxiliar, embora com ceticismo sobre a viabilidade atual
----------------	--	---

Fonte: autoria própria

Portanto, concluímos que P2 representa o docente que, apesar de nativo digital por idade (34 anos), tornou-se cético devido à banalização da tecnologia no ambiente escolar. Ele descobriu que a "inovação", por vezes, é apenas uma distração. No entanto, o entrevistado encontrou nas IAGs um nicho de utilidade: a personalização do ensino para seus alunos.

4.2.3. Análise Intra-caso do Professor P3

A análise a seguir se dará pela mesma divisão seguida nas anteriores: a identidade profissional (P3), a escola da automação e a escola do aprimoramento. Ao final do processo analítico, apresentaremos uma síntese das percepções vinculadas ao posicionamento do entrevistado frente à participação das IAGs no ensino de Química.

4.2.3.1. Identidade profissional de P3

A identidade profissional de P3 é alicerçada em uma trajetória de formação contínua concomitante à sala de aula. Segundo Tardif (2012), ele mobiliza saberes pedagógicos sofisticados, consolidados ao longo de 18 anos de carreira (início em 2007) e uma trajetória acadêmica que culminou no Doutorado pelo Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática (PECEM) em 2023.

O ponto focal da identidade de P3 é sua tese de Doutorado sobre "perguntas" (UR35-P3). Isso molda sua interação com as IAGs: ele não vê o *prompt* como um comando técnico, mas como um exercício pedagógico de formulação de questionamentos ("*Você saber fazer uma pergunta correta é o primeiro passo.*"). Este dado biográfico atua como chave hermenêutica de seu discurso.

Esta formação específica confere a P3 uma vantagem epistemológica na era das IAs baseadas em *prompts*. Para ele, interagir com os *chatbots* não é uma habilidade de informática, mas uma competência linguística e cognitiva de formulação de problemas. Ele interpreta a engenharia de *prompts* como uma extensão da

pedagogia da pergunta. P3 vê a estrutura da linguagem, levando-o a diagnosticar que a principal barreira dos alunos não é tecnológica, mas interpretativa: *“os, alunos, até no Google, têm uma dificuldade tão grande de criar uma pergunta.”* (UR36-P3).

Sua bagagem teórica também lhe fornece ferramentas para evitar o pânico moral vinculado às IAs. Ele recorre à história da tecnologia educacional para contextualizar as ferramentas, comparando-as à introdução da calculadora (UR60-P3 PIA e UR61-P3 PIA) e da tabela de logaritmos (UR60-P3 PIA). Ao evocar a memória de um professor da universidade teceu críticas à relação dos alunos com as calculadoras, P3 demonstra compreender que a resistência a novas tecnologias é cíclica. Essa postura indica uma identidade profissional segura, que não se sente ameaçada pela máquina, mas desafiada a ressignificar sua função, transitando-a de fornecedora de respostas para uma mediadora de perguntas. Essa perspectiva histórica (saber experiencial) o impede de demonizar a ferramenta, posicionando-o como um adaptador consciente.

P3 atua em uma realidade de "compactação do conteúdo" (UR9-P3 e UR12-P3). Sua identidade profissional é marcada pela necessidade de escolhas estratégicas (*“Ou você dá uma superficialidade no conteúdo ou você o explica”*, UR13-P3). Isso explica sua abertura ao uso da IA como ferramenta de otimização de tempo, não por negligência, mas por sobrevivência curricular.

O quadro abaixo apresenta o mapeamento da identidade profissional do professor P3.

Quadro 16 - Mapeamento da identidade profissional do professor P3

Dimensão da identidade profissional	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Qualificação pedagógica elevada	“Em 2015, eu comecei meu Mestrado”; “Em 2019, entrei no Doutorado”; “PECEM (ambos)”	Sua formação focada em ensino (não apenas em Química pura) permite que ele analise a IA sob a ótica da aprendizagem (metacognição), e não apenas do conteúdo
Linha de pesquisa	“no meu Doutorado, trabalhei sobre perguntas. Você saber fazer uma pergunta correta é o primeiro passo”; “os, alunos, até no	P3 naturaliza a cultura dos <i>prompts</i> porque ela coincide com seu objeto de estudo acadêmico: a arte de perguntar. Para ele, interagir com a IA é

	Google, têm uma dificuldade tão grande de criar uma pergunta”; “esse comandinho tão simples, eles têm essa dificuldade”; “tem que ensinar eles a fazer a pergunta correta ou reformular a pergunta, ou então, deixar mais criteriosa pergunta”	um exercício intelectual.
Gestor de tempo e currículo	“compactação do conteúdo de Química”; “você precisa, em pouco tempo, dar o conteúdo necessário”; “Daí, você compacta o conteúdo de Química em 2(dois) anos, e os conteúdos são os mesmos, só diminui o tempo. Antes, os alunos já reclamavam que não aprendiam direito. Agora você diminui esse tempo e mantém os conteúdos.”; “Ou você dá uma superficialidade no conteúdo ou você o explica”; “acaba tendo que deixar um conteúdo ou outro” “o tempo, acho que para expôr o conteúdo acaba sendo bem limitado”; “Você precisa avaliar o aluno em um mês e um conteúdo que antes dava em dois meses”; “Ou você simplifica bastante, bastante e dá a nota para o aluno ali, ou você explica realmente o que a Química te pede para explicar”	P3 vive a pressão da eficiência. Ele vê a tecnologia como uma aliada necessária para lidar com a "escassez de tempo" imposta pelo sistema educacional
Visão histórico-evolutiva	“minha bagagem veio antes da IA”; “Naquela época, nem	Ao comparar a IA com a calculadora e a tabela de log, P3 desmistifica o

	aquelas contas de cálculo que a gente sofreu tanto para fazer agora ela faz de graça”; “Lembrei até de uma situação quando o professor lá da UEL falava assim, quando entrei em 2000/2002, que tinha aquela tabelinha de log quando ele estudou e agora, nós já tínhamos a calculadora que fazia tudo pronto. Ele falava que a gente tinha vida boa. Assim, acho que é a mesma coisa”; “uma pessoa que uma vez comentou comigo que você tinha que aprender fazer matemática, fazer cálculos. Depois, outra pessoa respondeu questionando “para que saber fazer isso? Basta ter um aparelho no bolso que ele faz essas contas para você. Antigamente, achavam que era impossível. Hoje eu tenho calculadora, tenho celular. Então, é uma nova forma de pensar”	medo da substituição, enquadrando a IA como apenas mais uma evolução instrumental na história da ciência
--	--	---

Fonte: autoria própria

4.2.3.2. P3 e a escola da automação

Para P3, a escola da automação representa um perigo imediato: a atrofia cognitiva. Embora aceite a automatização de tarefas burocráticas (slides, organização), ele alerta contra a automação do processo criativo, que mina a capacidade criativa do indivíduo. Sua análise se alinha ao conceito de prótese cognitiva Pea (1985), onde a ferramenta substitui o raciocínio em vez de auxiliá-lo. Logo, P3 é um adepto da automação. Ele valoriza a economia de tempo, um recurso escasso na zona pantanosa da escola pública: *“a questão de você fazer uma apresentação em PowerPoint. Antes, você ficava fazendo um tempão, hoje você já*

coloca lá e ela (IA) faz muito rápido, fica pronta em dois minutos, demorava duas horas para fazer.” (UR80-P3 PIA)

Ele cita o uso da IA para criar apresentações de slides, organizar esquemas de aula e estruturar revisões. Aqui, as IAGs atuam como próteses funcionais que ampliam a produtividade docente sem comprometer a qualidade. Para P3, “ganhar tempo” (UR96-P3 PIA e UR100-P3 PIA) no preparo de materiais significa liberar tempo para pensar nas estratégias pedagógicas a serem adotadas. Ele não vê virtude no sofrimento do trabalho braçal de formatação; se a máquina pode fazer, que faça. P3 reconhece a tentação da automação: *“O aluno tem essa mesma coisa, pra que eu vou ficar pensando aqui em uma aula se, em 15 minutos, eu posso só copiar uma ideia já pronta, vai fazer ele tirar nota, vai fazer ele passar com menos esforço. Se ele perguntar para você, ele vai ter que pensar, ele vai ter que construir uma frase, se ele tem dificuldade em português, ele vai trabalhar um pouquinho mais”* (UR81-P3 PIA). Ele valida a eficiência da automação logística, mas teme que ela contamine a criatividade pedagógica.

Ele observa que a automação pode gerar superficialidade e homogeneidade. P3 aponta que os alunos pegam a primeira resposta fornecida pelas IAGs (o caso da eletrólise de bicarbonato, UR106-P3 PIA) e a replicam-na sem um processo de curadoria. Isso exemplifica a “passividade” denunciada na fundamentação teórica, onde a IA atua como Oráculo e o aluno como transcritor. Este fenômeno ilustra a “lei do menor esforço”, potencializada pela presença das IAGs. Quando a ferramenta oferece uma resposta que o usuário julgue satisfatória de imediato, ele (neste caso, o aluno) aborta o processo de investigação. A automação, neste caso, mata a diversidade de soluções e a riqueza de respostas em uma sala de aula, transformando 30 alunos em 30 replicantes do *output* padrão do algoritmo.

Quando a automação invade a esfera do raciocínio, P3 acende o sinal de alerta, articulando sua teoria sobre como as IAGs, caso utilizadas de forma descomedida, podem ser deletérias para o processo cognitivo, dialogando com a hipótese de Carr em *“The Shallows”* sobre como a internet molda nosso cérebro: *“se você se habituar, você perde a leitura você perde essa capacidade, habilidade de resumo. É um preço que você paga pela sua facilidade. Uma defasagem nas habilidades cognitivas.”* (UR85-P3 PIA).

P3 percebe que a cognição humana opera sob o princípio do “use ou perca”. Se a IAG resume o texto, o aluno (e o professor também) perde sua capacidade de

síntese. Se a IAG tem a ideia criativa, a mente humana atrofia sua criatividade.

"Será que antes de eu ter uma ideia, eu já quero perguntar para o ChatGPT? Eu acho que é meio complicado, porque daí mina minha criatividade e com o tempo eu vou perdendo a minha criatividade, porque eu dependo muito de uma ferramenta"

UR42-P3 PIA e UR43-P3 PIA

Esta reflexão denota uma vigilância constante sobre sua própria prática. Ele teme a dependência. Para ele, a escola da automação é uma rota conveniente, mas perigosa, pois pode transformar o sujeito pensante em um mero operador passivo de *prompts*.

O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P3 com a escola de pensamento da automação.

Quadro 17 - P3 e a escola da automação

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Tecnologia como prótese cognitiva	"se você se habituar, você perde a leitura, você perde essa capacidade, habilidade de resumo. É um preço que você paga pela sua facilidade. Uma defasagem nas habilidades cognitivas";	P3 oferece uma definição precisa do risco da automação: a troca da competência pela conveniência. Ele vê a IA como uma ferramenta que, se usada sem freios, "atrofia" o cérebro
Passividade e homogeneização	"lembro que eu dei uma aula sobre eletrólise semana passada, onde uma turma parecia que pegava aquilo que o ChatGPT dava de cara que era a eletrólise de bicarbonato. Eu vi que a sala inteira fez a mesma coisa, eles não tiveram criatividade de mudar, só pegou a primeira e fez."; "Teve uma vez onde o grupo tinha que fazer uma prática com o ChatGPT mesmo, no curso de formadores. A gente percebeu que, geralmente, o primeiro	A automação gera padronização não intencional. A IA, treinada em padrões estatísticos, fornece a resposta mais provável, e o aluno passivo aceita, resultando em uma massa homogênea de trabalhos (quase) idênticos

	que vinha era o mesmo. Cada professor fez o mesmo comando em lugares diferentes. O comando era o mesmo para todos e no fim vieram muito próximos os experimentos. Era o mesmo experimento. Então, quer dizer que ela reproduz as mesmas ideias, não tem tanto assim. A menos que você especifique outros comandos para ela, talvez, mostrar de uma forma um pouco diferente”	
Desvalorização do esforço	“O aluno tem essa mesma coisa, pra que eu vou ficar pensando aqui em uma aula se, em 15 minutos, eu posso só copiar uma ideia já pronta, vai fazer ele tirar nota, vai fazer ele passar com menos esforço. Se ele perguntar para você, ele vai ter que pensar, ele vai ter que construir uma frase, se ele tem dificuldade em português, ele vai trabalhar um pouquinho mais”	A automação rompe o contrato pedagógico do "esforço = aprendizado". P3 nota que a IA permite o sucesso (nota) sem o processo (aprender), esvaziando a função do professor
Facilidade logística	“a questão de você fazer uma apresentação em PowerPoint. Antes, você ficava fazendo um tempão, hoje você já coloca lá e ela (IA) faz muito rápido, fica pronta em dois minutos, demorava duas horas para fazer.”	Ele aceita a automação quando o objetivo é puramente operacional (fazer slides, organizar cronogramas), liberando tempo para tomada de decisões estratégicas

Fonte: autoria própria

4.2.3.3. P3 e a escola do aprimoramento

Neste eixo, agrupamos as percepções do professor P3 vinculadas à categoria Aprimoramento, que, no contexto desta pesquisa, refere-se à utilização das tecnologias de IA para expandir as capacidades humanas, servindo como suporte para a reflexão, a criatividade e como amplificador de ideias. É na escola do aprimoramento que P3 encontra o equilíbrio, onde sua prática demonstra como as IAGs podem ser usadas para qualificar o ensino, focando na personalização dos *prompts* e na expansão do repertório didático.

P3 descreve um processo de reestruturação constante: *"perguntas que eu tô fazendo durante as práticas experimentais, eu coloquei os comandos e ela deu bem certinho aquele que eu queria. Quando não era, eu reformulava a pergunta e ficava perfeito."* (UR71-P3 PIA e UR72-P3 PIA) Isso é a essência da reflexão-na-ação de Schön, na qual ele dialoga com a situação (a resposta fornecida pela IAG), reflete sobre o erro e ajusta sua ação (o *prompt*).

Uma das aplicações para as IAGs identificadas nas falas de P3 é o uso da IA para auxiliar na transposição didática, ou seja, a transformação do saber científico em saber ensinável:

"Ela ajuda bastante no sentido da linguagem. Quais termos técnicos eu posso estar utilizando para cada ano, seja primeiro, segundo ou terceiro. O jeito de cobrar o exercício, a IA ajuda bastante nisso, porque se você pedir uma adaptação para uma turma de nono ano, ela dá uma linguagem muito fácil. Ele até coloca o nível: fácil, moderado ou difícil. Aí eu acho que isso aí ajuda bastante. Pois para você desenvolver uma pergunta assim dá trabalho. Para você mudar vocabulário, e, nesse sentido, para o planejamento e a elaboração de perguntas, eu acho que ajuda muito. para você dar a mesma atividade só que em níveis diferentes. Adaptação."

UR111-P3 PIA

Neste contexto, a IAG atua como *Codesigner* (UNESCO, 2023), ajudando o professor a modular a complexidade da linguagem Química para diferentes públicos. P3 reconhece que "desenvolver uma pergunta assim dá trabalho" e "mudar vocabulário" é cognitivamente custoso. Ao usar a IA para criar versões graduadas de uma mesma atividade, ele realiza uma diferenciação pedagógica que seria de difícil articulação caso desejasse realizá-la manualmente, priorizando a acessibilidade do conteúdo para alunos com diferentes níveis de letramento. Isso demonstra um uso da

tecnologia para refinar a comunicação pedagógica, algo que exige conhecimento do professor para validar se a adaptação foi realizada adequadamente.

P3 utiliza também a IA para "ampliar o seu léxico" (UR99-P3 PIA) e trazer ideias que ele "não teria pensado" (UR98-P3 PIA). Aqui, a IA não substitui o professor, mas atua como um parceiro de ideias (Gerador de Possibilidades, UNESCO), enriquecendo o repertório docente. O entrevistado cita o exemplo de uma aula sobre desmatamento que integrava Química, Física e Geografia:

“Uma aula que fizemos lá era sobre desmatamento, aí você tinha que abordar o tema trabalhando conteúdos de Química, Física e Geografia. Aí na hora que dávamos o comando lá para o ChatGPT era muito interessante. Você pedia uma sequência de aulas com duas horas aulas correspondendo às disciplinas de Química, Física e Geografia, ele dava certinho, organizado quais eram os conteúdos que eu queria abordar.”

UR101-P3 PIA

Aqui, a ferramenta auxilia na promoção da interdisciplinaridade. O professor, especialista em Química, usa a IA para encontrar pontos de contato com outras disciplinas que não tem o mesmo domínio, visando a contextualização do ensino. A IAG funciona como um amplificador de ideias, sugerindo conexões que o professor submete ao processo de “controle de qualidade”, validando-as e implementando-as.

Ele menciona o uso de IAs que buscam referências e resumem artigos, comparando isso ao papel do pesquisador: *“uma vez, fiz uma pergunta, daí ela veio com a resposta e com as referências junto, de cada parte que ela pegou. Achei bem interessante. Nesse caso, pelo menos ficaria mais confiável. Parece até o nosso papel como pesquisador, pegar lá vários recortes de vários autores e colocar. Nesse caso, veio para ajudar.”* (UR114-P3 PIA e UR115-P3 PIA). Ele vê a IA aprimorando o processo de revisão bibliográfica, desde que o usuário tenha a "bagagem" para discernir o real das alucinações (Beiguelman, 2023) (*“quando você tem uma bagagem maior você consegue falar “isso aqui é real e isso aqui não é real”*, UR52-P3 PIA).

Para P3, o aprimoramento final reside na capacidade de fazer perguntas. Ele vê a interação com a IA como uma oportunidade para ensinar os alunos a serem mais precisos e criteriosos em sua investigação. Sua proposta é deslocar o foco do ensino da "resposta certa" para a "pergunta bem formulada". Em um mundo de respostas automáticas, a inteligência reside na capacidade de interrogar a base de dados. Isso representa uma mudança paradigmática no ensino de Química: menos memorização

de fórmulas, mais capacidade de inquirir sobre propriedades e fenômenos.

O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P3 com a escola de pensamento do aprimoramento.

Quadro 18 - P3 e a escola do aprimoramento

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Iteração e refinamento	“quanto mais específico é o comando, melhor é a resposta”; “tem que ensinar eles a fazer a pergunta correta ou reformular a pergunta, ou então, deixar mais criteriosa pergunta”; “Quando não era, eu reformulava a pergunta e ficava perfeito”	O ato de “<i>promptar</i>”, avaliar a qualidade da saída fornecida e “<i>repromptar</i>” é o ciclo reflexivo aplicado à tecnologia. P3 não aceita a resposta passivamente; ele a molda progressivamente
IAG como <i>Codesigner</i> e interdisciplinaridade	““Uma aula que fizemos lá era sobre desmatamento, aí você tinha que abordar o tema trabalhando conteúdos de Química, Física e Geografia. Aí na hora que dávamos o comando lá para o ChatGPT era muito interessante. Você pedia uma sequência de aulas com duas horas aulas correspondendo às disciplinas de Química, Física e Geografia, ele dava certinho, organizado quais eram os conteúdos que eu queria abordar.”	P3 usa a IA para articular saberes interdisciplinares, função que exige uma certa carga cognitiva e que a IA facilita
Transposição didática	“Ela ajuda bastante no sentido da linguagem. Quais termos técnicos eu posso estar utilizando para cada ano, seja primeiro, segundo ou terceiro. O jeito de cobrar o exercício, a IA ajuda bastante nisso, porque se você pedir uma	Uso da IA para ajustar os níveis de personalização de um conteúdo. A IA ajuda a traduzir o saber químico para a linguagem do aluno

	adaptação para uma turma de nono ano, ela dá uma linguagem muito fácil. Ele até coloca o nível: fácil, moderado ou difícil. Aí eu acho que isso aí ajuda bastante. Pois para você desenvolver uma pergunta assim dá trabalho. Para você mudar vocabulário, e, nesse sentido, para o planejamento e a elaboração de perguntas, eu acho que ajuda muito. para você dar a mesma atividade só que em níveis diferentes. Adaptação.”	
Metacognição e criatividade	“Será que antes eu ter uma ideia, eu já quero perguntar para o ChatGPT?”; “mina minha criatividade e com com o tempo eu vou perdendo a minha criatividade, porque eu dependo muito de uma ferramenta”; “se eu tenho uma ideia e ela me ajuda a melhorar, desenvolver essa ideia, aí é outra coisa, é bastante interessante”	A IA atua para expandir a ideia original do humano, não para criá-la do zero. A agência permanece com P3, que usa a IA para ir além de seus limites criativos

Fonte: autoria própria

4.2.3.4. Síntese do entrevistado P3

A análise intracaso do professor P3 permitiu categorizarmos-no como um estrategista reflexivo. Sua prática é mediada por sua bagagem teórica. Ele não usa a IA ingenuamente, mas sim utiliza-a ponderando os riscos cognitivos ("atrofia") contra os benefícios logísticos ("tempo"). Ele adota as IAGs de forma tática para resolver problemas pontuais da profissão: a falta de tempo, a necessidade de diferenciar o ensino para alunos diversos e a demanda por interdisciplinaridade. Apesar da popensão tecnológica, ele mantém a defesa da insubstituibilidade do fator humano

("feedback pessoal" e "incentivo", UR128-P3 PIA).

Seu posicionamento é de um equilíbrio vigiado onde ele reconhece a automação, aceitando-a para tarefas logísticas e de síntese (PowerPoint, cronogramas), mas combate a "automação cognitiva" nos alunos e em si mesmo. P3, concomitantemente, domina o aprimoramento, elevando o uso da IA ao nível de parceiro intelectual. Ele usa a ferramenta para qualificar sua prática (melhorar vocabulário, adaptar linguagem, estruturar interdisciplinaridade), aplicando a mediação humana crítica.

O caso de P3 demonstra que a formação avançada em ensino (não apenas na disciplina específica) é um fator de proteção contra o uso descomedido da tecnologia. Ele consegue domar a ferramenta porque possui uma teoria pedagógica que antecede a tecnologia. Ele usa a IA para realizar melhor o que ele já sabe que é necessário fazer (transposição, contextualização, avaliação), sem que a tecnologia lhe diga o que fazer. Simultaneamente, P3 instrumentaliza a IA a favor da pedagogia. Para ele, a IA é uma máquina de responder, e a qualidade da resposta é diretamente proporcional ao nível de competência humana em perguntar. Ele representa o ideal do professor reflexivo que integrou a tecnologia à sua ação docente sem perder a essência humanista da educação.

Com base na análise de suas percepções, é possível afirmar que o posicionamento do professor P3 tende ao equilíbrio entre as duas escolas de pensamento, apesar de sua prática exceder-se na escola do aprimoramento. O quadro abaixo traz uma síntese do estudo.

Quadro 19 - Síntese das percepções do professor P3

Dimensão analítica	Automação	Aprimoramento
Planejamento	Uso para "ganhar tempo" (slides, esquemas) como eficiência logística	Uso para interdisciplinaridade e expansão do "léxico" pedagógico; brainstorming de novas ideias
Cognição	Medo da atrofia cognitiva e consequente defasagem nas habilidades. Perda da capacidade de resumo e criatividade	Engenharia de <i>prompt</i> . Foco no ensino da "pergunta correta"; aprimoramento da capacidade de formular problemas.

Identidade docente	Percepção de desvalorização se o professor for visto apenas como repassador de conteúdo	Professor como mediador da pergunta. IA como espelho cognitivo para autoformação e <i>feedback</i> .
Visão do Aluno	Aluno que usa a IA para "passar com menos esforço" e não pergunta ao professor	Tentativa de engajar o estudante na validação e na busca por alucinações nas respostas fornecidas, aperfeiçoando-as. Aluno como o editor da informação

Fonte: autoria própria

Em suma, P3 representa o potencial da integração curricular crítica. Ele não rejeita a calculadora (IA, nesta analogia), mas insiste que o aluno saiba a tabuada (o conceito). Seu perfil sugere que o caminho para uma adoção saudável das IAs em contextos educacionais passa pelo fortalecimento da competência pedagógica dos professores, capacitando-os a usar a tecnologia para aprimorar a arquitetura da aprendizagem, e não apenas para automatizar a entrega de conteúdo.

4.2.4. Análise Intra-caso do Professor P4

A análise a seguir se dará pela mesma divisão seguida nas anteriores: a identidade profissional (P4), a escola da automação e a escola do aprimoramento. Ao final do processo analítico, apresentaremos uma síntese das percepções vinculadas ao posicionamento do entrevistado frente à participação das IAGs no ensino de Química.

4.2.4.1. Identidade profissional de P4

A identidade de P4 se insere na interseção entre a pesquisa de ponta e a precarização do trabalho docente. Com formação em Química pela UEL, Mestrado e Doutorado em Biotecnologia com ênfase em "síntese de partículas de prata" (UR4-P4), o entrevistado parece deter de um olhar treinado para o nível submicroscópico da matéria. Sua trajetória docente é recente (início em 2019, regularidade desde 2022), o que o coloca em uma posição de adaptação constante.

A UR15-P4 PIA define o contexto de sua prática: "É uma demanda, realmente, de uma luta contra o tempo". P4 descreve o planejamento de aulas como uma corrida contra a escassez de "horas-atividade" (UR16-P4 PIA). Essa pressão é agravada pela

implementação do NEM, que, segundo ele, "diminuiu a carga horária" (UR6-P4 e UR13-P4), tornando "mais difícil tratar de Química em si" (UR6-P4). Essa identidade moldada na base da pressão delinea sua relação com a tecnologia: ele busca ferramentas que ofereçam eficiência. P4 as vê como uma necessidade de sobrevivência logística.

Em suas falas, P4 identifica uma das barreiras existentes no ensino de Química: sua linguagem própria e a necessidade de abstração ("você não consegue trazer um objeto para eles enxergarem", UR9-P4). Sua identidade docente é focada em traduzir o submicroscópico para o aluno, o que explica sua frustração com a falha das IAs em gerar imagens moleculares precisas. Sua formação em Biotecnologia o faz avaliar a IA com rigor científico. Ele não aceita as alucinações (Beiguelman, 2023), exigindo que a ferramenta tenha "embasamento teórico com eficiência" (UR20-P4 PIA) e referências confiáveis.

O quadro abaixo apresenta o mapeamento da identidade profissional do professor P4.

Quadro 20 - Mapeamento da identidade profissional do professor P4

Dimensão da identidade profissional	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Formação científica sólida	“formado em Química pela UEL”; “Mestrado em Biotecnologia e enquanto eu tava finalizando, prestei a prova do PSS para o estado”; “durante meu Doutorado, voltado para Química Orgânica referente à síntese de partículas de prata. eu fiz novamente a prova e eu novamente fui dar aulas nos anos de 2022 e 2023”	P4 possui domínio do conteúdo, o que lhe permite identificar erros, mesmo que sutis, da IA ("região atômica incorretamente representada").
Contexto de atuação	“no Novo Ensino Médio, tem ficado mais difícil tratar de Química em si porque houve uma diminuição da carga horária”; “gente precisa adaptar	P4 usa a tecnologia para lidar com a precarização do trabalho docente. A IA é vista como uma ferramenta para otimizar o tempo escasso, atuando como uma

	essa linguagem para o aluno conseguir fazer uma abstração”; “de um tempo para cá, tem ficado um pouco mais difícil, justamente por causa dessa pouca carga horária”	resposta à pressão sistêmica.
Foco na linguagem química	“alguns temas que precisam de mais mais tempo e maturidade para desenvolver, porque a Química, assim como a Física e a Matemática, essa área de exatas, tem a sua própria linguagem”; “gente precisa adaptar essa linguagem para o aluno conseguir fazer uma abstração”; “você não consegue trazer um objeto para eles enxergarem aquilo e tocarem, eles têm que imaginar”; “uma nova linguagem que eles têm que aprender o significado”	P4 luta para transitar entre o macro e o submicroscópico. Ele busca na IA uma ferramenta de visualização para superar o "obstáculo substancialista" (Bachelard) da falta de concretude.
Adoção pragmática da tecnologia	“a tecnologia eu sempre uso, sou um adepto da tecnologia para facilitar essa construção de aula”; “para adaptar algo que já tá certinho, bonitinho, ela consegue fazer isso bem, consegue entender quando dá para tirar etapas e colocar mais algumas etapas no processo de resolução”	Ele integra a tecnologia não por deslumbramento, mas por necessidade funcional. A tecnologia reorganiza seu tempo de trabalho.

Fonte: autoria própria

4.2.4.2. P4 e a escola da automação

P4 demonstra uma compreensão dos perigos advindos da escola da automação. Em suas falas, ele distingue os efeitos da automação do professor

(positiva para eficiência burocrática) da automação do aluno ou do ensino (negativa para a aprendizagem). Nesta vertente, P4 adota uma postura utilitária frente às IAGs. As ferramentas são bem-vindas quando funcionam como aceleradoras de tarefas rotineiras, mas são criticadas quando falham em entregar qualidade, especialmente nas versões gratuitas.

P4 critica movimentos do Estado (plataformas digitais) que parecem tentar "substituir uma falta de professores" (UR43-P4 PIA). Ele vê a automação do ensino via plataformas como limitada porque a máquina "não consegue fazer a correção do pensamento lógico do aluno" (UR41-P4 PIA), apenas verifica o resultado (certo/errado). Isso refuta a visão tecnicista de que o ensino é um sistema de *delivery* de informações.

Por outro lado, ele abraça a automação para si mesmo na busca de referências e resumos. Aqui, a automação é vista como liberação de tempo, não de cognição. No cenário contexto de "poucas horas-atividades" discutido no tópico anterior, a IAG surge como uma ferramenta de eficiência burocrática. A UR14-P4 PIA relata: *"toda vez que eu vou preparar uma aula eu sempre utilizo dessas tecnologias para agilizar o processo"*. Para P4, a tecnologia é mobilizada para automatizar tarefas de baixo nível cognitivo, mas alto custo temporal, como a "busca por imagens" (UR18-P4 PIA) e a elaboração de "resumos de algum conceito" (UR18-P4 PIA). Novamente recorremos à definição de Pea (1985) para a "prótese cognitiva" como o uso da tecnologia para substituir o pensamento. No entanto, no caso de P4, observamos o uso da IAG como uma "prótese operacional". Ele não está terceirizando o pensamento pedagógico, mas sim sua execução logística.

A automação aqui serve para proteger o tempo livre do docente, uma fronteira cada vez menos estável na profissão. "Acredito que ninguém gostaria de ficar preparando aula fora do trabalho" (UR16-P4 PIA), desabafa P4. A IAG, portanto, atua como um mecanismo de compensação para a precariedade estrutural. Se o sistema não oferece tempo suficiente para a curadoria manual de materiais didáticos em livros e bibliotecas, a IAG oferece um atalho. O professor utiliza a ferramenta para "poupar tempo de você ter que num PDF, no livro buscar ali o texto exatamente onde está" (UR35-P4 PIA).

Porém tal eficiência vem com um preço. A dependência da automação para a busca de conceitos rápidos pode levar a uma superficialidade involuntária. Ao confiar na síntese gerada pela máquina, corre-se o risco de perder as nuances que uma

pesquisa bibliográfica revelaria. P4 parece ciente disso, mas o imperativo do tempo prevalece. A escola da automação, para o professor da educação básica, é por vezes, a tendência em primeira instância diante das restrições materiais.

Se a automação pessoal é vista por P4 como uma necessidade, a automação institucional é vista como uma ameaça. O professor demonstra lucidez ao analisar como o sistema educacional do Paraná tem incorporado as ferramentas de IA em contextos educacionais. Ele identifica um movimento de "substituição" que caracteriza uma perigosa consequência da escola da automação em contextos de ensino-aprendizagem: a tentativa de remover o elemento humano da equação pedagógica.

"Eu tenho notado que essas plataformas digitais têm sido um experimento para poder tentar substituir uma falta de professores"

UR43-P4 PIA

Esta observação vai além das críticas sobre a dependência tecnológica que atrofia as capacidades humanas, apontando para uma política de substituição. Para P4, a automação falha quando tenta substituir a observação pedagógica. *"Acho que a tendência é querer, realmente, tirar esse papel do professor de observação e passar para uma IA e que provavelmente vai ser um erro grande"* (UR45-P4 PIA). Nesta fala, o entrevistado argumenta que a aprendizagem não é sobre a absorção de dados, mas um processo que exige contato humano, diálogo. A IAG, na visão da automação institucional, atua como um oráculo (Tomisu *et al.*, 2025) que fornece a resposta certa ou errada, mas é incapaz de diagnosticar por que o aluno errou. P4 defende que o "diálogo é a ferramenta mais rápida pra você conseguir ver se um aluno está aprendendo". A automação do *feedback* via plataformas de IA remove essa camada diagnóstica humana. Ao automatizar a interação, o sistema educacional corre o risco de transformar o ensino em uma linha de montagem fordista de entrega de conteúdos, ignorando a complexidade da zona pantanosa da sala de aula (Schön, 2000). P4 posiciona-se, portanto, como um resistente à escola da automação quando esta ameaça a integridade da relação professor-aluno, alertando que "unificar tudo em uma IA seria problemático agora" (UR77-P4 PIA).

O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P4 com a escola de pensamento da automação.

Quadro 21 - P4 e a escola da automação

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Tecnologia como prótese cognitiva	“Se você quiser resolver algum tipo de exercício e você utilizá-la eu não acho que essa seria a melhor maneira de se utilizar uma IA, porque o processo de resolução demanda um tempo para você aprender o passo a passo lógico, e aí você na medida do processo em que você vai errando, você vai construindo essa etapa aqui, depois vou pra essa... Eu vou construindo isso. Se você for direto aplicar ela (IA), já pegando uma resposta pronta, aí você já tá usando de forma errada, porque daí é ela que tá fazendo as coisas por você. E o que você quer, nesse contexto de aprendizagem, é você aprender pois ela já sabe”	P4 identifica a essência da escola da automação: a transferência da agência intelectual. Se a IA faz, o aluno não aprende. Ele defende que o aprendizado reside no processo e no passo a passo lógico, que a automação suprime
Risco de substituição docente	“tenho notado que essas plataformas digitais tem sido um experimento para poder tentar substituir uma falta de professores”; “existem essas plataformas com vídeos, mas eu ainda não tive contato com alguma que fique ali ensinando um aluno sem um professor humano observando”; “acho que a tendência é querer, realmente, tirar esse papel do professor de observação e passar para uma IA e que provavelmente vai ser um erro grande,. porque você	Crítica à "plataformização" como política pública. P4 argumenta que a observação humana e o diálogo são insubstituíveis para diagnosticar a aprendizagem, algo que a IA não alcança

	precisa de uma observação, precisa do contato humano com o aluno. E a palavra, o diálogo... O texto conta muito, mas o diálogo, acho que é a ferramenta mais mais rápida pra você conseguir ver se um aluno está aprendendo”	
Foco errado	“ela é limitada, ela não consegue fazer a correção do pensamento lógico do aluno”; “você só quer marcar um X ali, um verdadeiro ou falso e não tem uma explicação”	A automação avaliativa das plataformas foca no produto (nota), não no processo. P4 vê isso como um empobrecimento pedagógico, pois ignora as razões do erro do aluno
Limitações e alucinações em temas complexos	ela é limitada, ela não consegue fazer a correção do pensamento lógico do aluno”; “ela é limitada, então toda vez que for aplicá-la é necessário fazer uma revisão” “se você precisar deixar o seu trabalho mais eficiente, aí você consegue utilizá-la, mas tem que estar entendido, ciente de que ela é limitada e de que você precisa fazer uma leitura. Ter este entendimento de suas limitações.” “outra dificuldade seria um entendimento com o tratamento de temas mais complexos. Elas (IAs), às vezes, ficam meio perdidas, tem que ir de pouquinho em pouquinho para produzir algo mais complexo”	A automação falha na complexidade. P4 nota que a IA funciona para o básico padronizado, mas "tropeça" quando exigida em níveis mais altos de abstração química (estruturas complexas)

Fonte: autoria própria

4.2.4.3. P4 e a escola do aprimoramento

Apesar das restrições contextuais, o entrevistado demonstra uma inclinação natural para esta escola de pensamento. Sua prática revela um uso da IAG que visa superar obstáculos epistemológicos clássicos do ensino de Química e promover uma aprendizagem mais profunda e visual. P4 é um usuário ativo desta escola, utilizando a IA para funções de *Codesigner* (adaptação para diferentes níveis) e *Exploratorium* (busca de exemplos), sob a supervisão de seu conhecimento disciplinar.

O entrevistado parece estar ciente que o ensino de Química enfrenta um desafio estrutural: a necessidade de transitar entre os três níveis do Triângulo de Johnstone. P4 demonstra ter consciência desta dificuldade, causada pela abstração inerente à disciplina: *"você não consegue trazer um objeto para eles enxergarem aquilo e tocarem, eles têm que imaginar"* (UR9-P4). Ele tenta usar a IA para criar imagens moleculares (aprimoramento visual), mas se frustra com a qualidade ("bagunça tudo", UR53-P4 PIA e UR57-P4 PIA). Isso revela uma demanda latente em prol da integração das IAGs na Química: ferramentas que ajudem a visualizar o abstrato corretamente.

É neste ponto que P4 mobiliza as IAGs como ferramentas de aprimoramento cognitivo. Ele não busca imagens apenas para ilustrar slides pela estética, mas para materializar o conceito abstrato (função epistêmica): *"Busca de imagens porque a Química precisa muito disso. Para você construir esse conhecimento abstrato, você precisa conseguir visualizar o que você tá produzindo, a reação que está acontecendo, você precisa de bastante imagem, só texto fica muito maçante. As imagens contribuem bastante."* (UR23-P4 PIA). Ao ser solicitado a imaginar a ferramenta ideal, P4 descreve um sistema que "mostre a interação da matéria, ou por forma de estruturas e fórmulas moleculares" (UR22-P4 PIA). Ele está buscando na tecnologia uma forma de tornar visível o invisível, de dar forma concreta ao nível submicroscópico que é inacessível aos sentidos humanos. Aqui, a IAG, atua como uma ponte entre a intuição do aluno e a formalização científica.

Este uso permite ao professor realizar uma transposição didática mais eficaz. A tecnologia não está fazendo o trabalho do profissional; ela está fornecendo representações que o professor não conseguiria produzir manualmente (ou demoraria horas para desenhar no quadro), permitindo que a aula atinja um nível de profundidade conceitual superior. A IAG funciona como um Guia Complementar

(UNESCO, 2023), auxiliando na navegação entre os espaços físicos e conceituais da Química.

Diferentemente de um usuário passivo da escola da automação, P4 descreve um processo de design em conjunto com as IAGs frente à solicitação para alterar a complexidade de atividades: *“já usei alguns prompts depois de um exercício já montado... Prompts como: “deixe essa atividade com grau mais complexo, mais difícil, uma interpretação de texto mais complexo” e ela conseguiu desenvolver um texto para poder trazer um grau de dificuldade maior para um certo tema”* (UR62-P4 PIA). Isso demonstra o uso da IA para a personalização do ensino que revela um nível avançado de intencionalidade pedagógica. P4 utiliza a IAG para modular a Zona de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky) dos seus alunos, ajustando o nível de desafio das atividades sem ter que reescrevê-las do zero.

Ele relata que a ferramenta “consegue entender quando dá para tirar etapas e colocar mais algumas etapas no processo de resolução” (UR63-P4 PIA).. Ele sabe que, para certos alunos ou turmas, o exercício precisa de mais “degraus”, enquanto para outros, a complexidade textual deve ser maior. A IAG atua como um motor de variação e adaptação, permitindo uma personalização do ensino que seria trabalhosa manualmente. Este processo de refino de *prompts* transforma o “local” onde utiliza-se a IAG em um laboratório de criação pedagógica. O professor não aceita o primeiro resultado; ele dialoga com a máquina, refina, pede alterações: *“ela (IA) auxilia com a eficiência, se você conseguir traçar os objetivos certos, você consegue deixar um trabalho mais eficiente”* (UR46-P4 PIA). Aqui, a eficiência da automação encontra a eficácia do aprimoramento. O tempo ganho na geração do texto base é reinvestido no refinamento pedagógico desse texto, resultando em um material didático adequado e de qualidade.

P4 rejeita a ideia da IA como detentora da verdade. Sua prática é marcada pela presença de seu ceticismo científico, essencial para execução de ideias da escola do aprimoramento. Ele entende que a utilidade da ferramenta depende da capacidade do usuário de validar suas saídas: *“No final das contas, vai também recair sobre o profissional. O professor que está utilizando-a, conseguir fazer a leitura e observar se tem alguma inconsistência ou erro na produção.”* (UR68-P4 PIA e UR69-P4 PIA).

P4 vê a IAG como um assistente de pesquisa sobre-humano, capaz de “buscar várias coisas ao mesmo tempo e trazer já um compilado” (UR70-P4 PIA), mas cuja inteligência é sintática, não semântica. Esta competência— o julgamento sobre a

validade científica e a adequação pedagógica — permanece exclusiva à expertise humana, e P4 sabe disso. O entrevistado repete a necessidade de validação: “*Tem que passar por uma apuração humana*” (UR72-P4 PIA). Ele atua como um editor do conteúdo gerado pela IA, verificando se a metodologia prática proposta é coerente, coesa e segura. Para ele, a IA gera o rascunho, mas o professor dá a validade científica.

Ou seja, compreendemos que P4 possui os saberes disciplinares (Tardif, 2012) necessários para auditar a máquina. Quando ele identifica que a IA erra em temas complexos ou “dá uma bugadinha” (UR33-P4 PIA), ele está exercendo sua autoridade científica. Isso sugere que a escola do aprimoramento é, de certa forma, um privilégio da competência: apenas quem domina o conteúdo pode usar a IA para aprimorar sua ação docente com segurança; quem não domina, corre o risco de ser enganado pelas alucinações (Beiguelman, 2023) da máquina.

O quadro abaixo elenca alguns fatores da relação de P4 com a escola de pensamento do aprimoramento.

Quadro 22 - P4 e a escola do aprimoramento

Categoria analítica emergente	Unidades de Registro (URs)	Correlações teóricas
Adaptação e personalização (<i>Codesigner</i>)	“já usei alguns <i>prompts</i> depois de um exercício já montado... <i>Prompts</i> como: “deixe essa atividade com grau mais complexo, mais difícil, uma interpretação de texto mais complexo” e ela conseguiu desenvolver um texto para poder trazer um grau de dificuldade maior para um certo tema”; “para adaptar algo que já tá certinho, bonitinho, ela consegue fazer isso bem, consegue entender quando dá para tirar etapas e colocar mais algumas etapas no processo de resolução”	P4 usa a IA para escalar a dificuldade pedagógica. A IA atua refinando o material base para atender diferentes níveis de proficiência
Curadoria e síntese	“Antigamente, a gente	A IA amplia a capacidade

	usava bastante o Google para fazer buscas de um tema agora a gente já utiliza a IA. Ela busca várias coisas ao mesmo tempo e traz já um compilado daquilo em forma de texto. Ela faz uma busca, pela Internet, acho que com mais eficiência do que uma pessoa, um humano, pois ela busca várias coisas ao mesmo tempo e faz esse compilado”	de processamento de informação do docente. O aprimoramento está na velocidade e abrangência da busca, permitindo que o professor foque na análise da qualidade do material
Validação epistêmica	“vai do profissional também depois observar esse compilado e ver se está fazendo sentido aquela produção para ele aplicar ou fazer alguma atividade como exemplo”; “Tem que passar por uma apuração humana”	A premissa do aprimoramento é a competência do usuário. P4 reforça que a IA funciona melhor se o professor tiver o saber disciplinar para identificar os erros. O professor valida a ciência; a IA fornece o texto
Limitações nas representações	“a produção de estruturas moleculares elas falham, as IAs acaba bagunçando tudo. Talvez com a experiência que eu tenho, não esteja usando o <i>prompt</i> correto, fica sempre uma imagem muito poluída com a região atômica incorretamente representada”	P4 identifica uma falha crítica das IAGs atuais no ensino de Química: a precisão visual. Ele deseja usar a IA para superar a abstração, mas a ferramenta ainda não entrega o rigor necessário nas representações submicroscópicas.

Fonte: autoria própria

4.2.4.4. Síntese do entrevistado P4

A análise das percepções do entrevistado permitiu categorizarmos-no como um curador crítico que personifica o conceito de humano-com-mídias (Borba, 2012). Sua abordagem é definida pela eficiência controlada. Sua adesão à escola da automação é circunstancial e defensiva, motivada pelas pressões de tempo e carga horária do

Novo Ensino Médio. É uma estratégia de sobrevivência. P4 a utiliza como uma ferramenta de trabalho para lidar com a sobrecarga da profissão, utilizando-a estrategicamente para seus processos (pesquisa, slides), mas a rejeita pedagogicamente para os alunos (cópia sem raciocínio) e politicamente (substituição do professor).

P4 utiliza a automação para "comprar tempo" que, idealmente, seria realocado para o aprimoramento pedagógico. No entanto, ele reconhece que o sistema (plataformas estaduais) muitas vezes empurra para a automação substitutiva, o que ele combate. Suas falas sugerem que as IAGs têm um potencial transformador para o ensino de Química — especialmente na visualização do abstrato e na personalização do ensino — mas que só é desbloqueado quando a ferramenta é mediada por um professor com letramento digital e conhecimento disciplinar. Sem estes requisitos, a IAG corre o risco de ser apenas mais uma engrenagem na máquina de automação do ensino, produzindo eficiência sem compreensão.

Ele pratica o aprimoramento através da adaptação curricular (ajuste de complexidade) e da curadoria de conteúdo. Seu diferencial é o rigor: ele confia na IA para achar e formatar, mas nunca para validar o conceito químico. Logo, apontamos que P4 representa o professor que já naturalizou a IA como ferramenta de produtividade (*"toda vez que eu vou preparar uma aula eu sempre utilizo dessas tecnologias para agilizar o processo"*, UR14-P4 PIA) porém mantém uma barreira de segurança intelectual: a validação científica. Para o entrevistado, as IAs são estagiários rápidos e esforçados, mas que comete erros conceituais em temas químicos complexos e, portanto, nunca deve trabalhar sem supervisão.

A visão de P4 sobre o futuro e a preparação da classe docente frente à implementação das IAGs em contextos educacionais é marcada por uma preocupação socioeconômica e estrutural. Ele não vê a barreira apenas no conhecimento técnico, mas no acesso e na regulamentação. O entrevistado levanta um ponto pouco explorado:

"Eu acho que a primeira dificuldade é a disponibilidade delas. Você tem que pagar para ficar utilizando e nem sempre ela produz ali o resultado que você quer. Não conheço nenhuma ferramenta que consiga fazer tudo ao mesmo tempo, que é produção de imagens, fazer cálculo, fazer exercícios com ilustrações e coisas do tipo e que não seja paga. Tem que pagar para utilizar ela e geralmente tem que buscar outras no meio do caminho e que também são pagas. A primeira limitação é essa, a

do capital. Tem que pagar."

UR49-P4 PIA

Ele alerta que o aprimoramento real (versões pagas, com menos alucinações, com imagens melhores) é um privilégio. Isso cria uma rachadura no terreno de qualidade do trabalho docente baseada no poder de compra.

Quando questionado sobre a prontidão da comunidade docente frente à implementação de soluções provenientes de IAGs, P4 afirma categoricamente: "Se considerar toda a cadeia educacional, não tá preparada" (UR74-P4 PIA). Ele prevê que a eventual e gradual imposição obrigatória da IA (*"As pessoas que não já não produzem nada com IA, se a partir de um momento, for vinculado ao processo educacional, ela vai ter uma certa dificuldade e vai atrapalhar o trabalho dela, fica mais como uma dificuldade e atrapalharia se fosse uma obrigação utilizar IA. Sei lá, a partir de agora não tem mais biblioteca, você vai ter que falar com as IAs, que ela vai trazer os livros para você"*, UR76-P4 PIA) seria problemático para quem não tem fluência digital. O quadro abaixo traz uma síntese do estudo.

Quadro 23 - Síntese das percepções do professor P4

Dimensão analítica	Automação	Aprimoramento
Foco principal	Economia de tempo (falta de horas-atividade)	Qualidade da transposição didática
Uso da IAG	Gerador de slides, listas e resumos rápidos.	<i>Codesigner</i> na adaptação de atividades; visualizador de modelos atômicos.
Papel do erro	Obstáculo à eficiência (perda de tempo corrigindo)	Oportunidade de validação da expertise docente (curadoria)
Visão do aluno	Passivo: Recebe o conteúdo e copia as respostas da IA	Ativo: Deve construir o raciocínio lógico questionando as respostas fornecidas

Fonte: autoria própria

Por fim, P4 sugere uma solução institucional: o Estado poderia prover acesso a ferramentas de IA de qualidade ("profissionais da educação tivessem acesso irrestrito", UR79-P4 PIA), similar ao acesso a periódicos na universidade. Ele vê a regulamentação como garantia de qualidade e acesso equitativo. O quadro abaixo

traz uma síntese do estudo.

4.3. SEGUNDO MOVIMENTO: ANÁLISE INTER-CASO

Após o estudo das percepções dos docentes (P1, P2, P3 e P4) na Análise Intra-caso, este segundo movimento analítico dedicar-se-á à leitura transversal dos dados. Abandonamos aqui o isolamento das URs para operar na lógica da agregação e diferenciação, buscando responder à inquietação central da pesquisa: como a introdução das IAGs reconfigura a práxis do professor de Química sob a ótica das duas escolas de pensamento?

A transição analítica do exame individualizado dos sujeitos para uma perspectiva comparativa exige um movimento de abstração que transcende a justaposição dos relatos dos 4 (quatro) professores entrevistados. Neste segundo movimento da investigação, nosso objetivo é cartografar a teia de tensões, convergências e divergências que emerge quando a ação docente no ensino de Química é confrontada pela introdução das IAGs. Trata-se de compreender como a identidade profissional destes docentes, forjada em saberes disciplinares, experiências e trajetórias de vida distintas, reagirá e remodelará o uso da ferramenta em um cenário educacional marcado pela escassez de tempo, por imposições burocráticas e pela necessidade premente de mediação do conhecimento científico perante à introdução de uma nova tecnologia na educação.

A síntese cruzada revelou que, embora os participantes possuam perfis relativamente heterogêneos, emergem padrões de consenso sobre os riscos da automação acrítica e divergências sobre como operacionalizar o aprimoramento, estas últimas influenciadas pelos saberes de formação e experienciais (Tardif, 2012) de cada sujeito. A Análise Inter-caso será estruturada em cinco eixos temáticos que emergem do cruzamento dos dados empíricos com o referencial teórico: (1) Automação: A linha tênue entre a eficiência e a plataformização; (2) Automação: A IAG como prótese cognitiva dos alunos; (3) Aprimoramento: A imunidade epistemológica como arma contra as alucinações; (4) Aprimoramento: Da pedagogia do refino à transposição didática e (5) Prontidão da comunidade docente e barreira socioeconômica.

A análise comparativa permitiu traçar perfis distintos de apropriação das IAGs, revelando como a identidade docente modula a interação com a tecnologia. A dicotomia "Automação vs. Aprimoramento" é vivida simultaneamente: a automação é

usada para sobreviver às dificuldades da profissão, liberando tempo para que o aprimoramento pedagógico possa ocorrer via criticismo e refino. O Quadro 24, baseado na Análise Inter-caso à seguir, consolida os perfis dos quatro professores entrevistados.

Quadro 24 - Perfis dos entrevistados nas interações com as IAGs no ensino de Química

Entrevistado	Perfil	Dinâmica principal	Ponto de vigilância	Relação com a tecnologia
P1	O pedagogo do refino tecnológico	A automação tática vs. o aprimoramento via refino. Usa a IA para vencer a burocracia, mas utiliza-a aplicando um processo de refino técnico e pedagógico	Falhas lógicas e limitações de raciocínio	Ferramenta controlada. Resiste à plataformização imposta
P2	A cientista adaptadora do "limbo"	A automação para sobrevivência vs. o aprimoramento contextual. Usa a IA para adaptar a ciência ideal à realidade da escola pública	"Delírios" conceituais e viabilidade prática experimental	Combate a IAG como prótese discente (fim do dever de casa). Valoriza o artefato humano
P3	O engenheiro de perguntas (<i>prompts</i>)	A automação para <i>brainstorm</i> vs. O aprimoramento via Interrogação. Foca na construção de perguntas (<i>prompts</i>) para expandir e reestruturar ideias	Foco na habilidade de elaborar perguntas e adequação de linguagem	Teme a atrofia cognitiva (prótese) e busca o equilíbrio reflexivo no uso

P4	O pragmático eficiente	A automação da ferramenta como substituta do professor / O aprimoramento para resoluções pontuais. Usa para busca rápida (luta contra o tempo), mas rejeita a IA como substituta do professor	As alucinações Visuais e erros em problemas complexos	Vê a IA como ferramenta de eficiência, mas alerta para o risco de substituição da mediação humana
----	------------------------	---	---	---

Fonte: autoria própria

4.3.1. Automação: A Linha Tênu e Entre a Eficiência e a Plataformização

A primeira convergência observada entre os quatro casos estudados refere-se à visão das IAGs como ferramentas ligada à gestão do tempo e à sobrevivência dentro de um sistema educacional que opera sob a lógica da produtividade. Donald Schön (2000), ao criticar a racionalidade técnica, descreve um modelo onde a prática profissional é reduzida à resolução instrumental de problemas mediante a aplicação de teorias e técnicas científicas padronizadas, ignorando a complexidade e a instabilidade da zona pantanosa da prática em salas. Os dados revelam que os os quatro entrevistados estão inseridos em um contexto onde essa racionalidade é imposta externamente, levando-os a adotar a IAG, muitas vezes, sob a ótica da automação defensiva.

Os quatro participantes admitiram utilizar ferramentas digitais e/ou IAGs para lidar com a escassez de tempo, fatores vinculados à infraestrutura dos colégios, e/ou decisões burocráticas da equipe pedagógica. P1 utiliza para "agilizar" a elaboração de roteiros (UR20-P1 PIA), P2, para lidar com decisões da "parte administrativa e pedagógica da escola" (UR12-P2) e contextos onde "não tem disponibilidade de laboratório" (UR34-P2), P3 as utiliza no auxílio de ideias mediante cronogramas apertados ("compactação do conteúdo de Química", UR9-P3 e UR12-P3) e P4 define o uso das ferramentas como uma arma na "luta contra o tempo" devido às poucas horas-atividade (UR16-P4 PIA).

A variável "tempo" — ou a sua escassez — atua como um catalisador para a adoção da escola da automação. Compreendemos a descrição oferecida por P4 sobre este cenário significativa ao referir-se à sua rotina de planejamento como uma "luta contra o tempo". Para ele, a IAG não é apenas uma inovação pedagógica desejável, mas uma necessidade logística imposta pela estrutura da carreira docente, onde há "poucas horas-atividade" para a preparação de aulas complexas de Química. Neste contexto, a eficiência da ferramenta em "poupar tempo" na busca por referências em PDFs ou livros físicos, que antes demandava horas de leituras e sínteses, é valorizada não pelo seu potencial de aprendizado, mas pela sua capacidade de viabilizar a execução do trabalho docente frente à compactação no ensino de Química imposta pelo NEM. (P3)

Essa percepção é compartilhada por P3, que traça um paralelo histórico entre a IAG e ferramentas anteriores de otimização, como a calculadora e a tabela de logaritmos. Ele destaca a "vantagem de ganhar muito tempo" (UR96-P3 PIA e UR100-P3 PIA) como o principal benefício da tecnologia, ilustrando como tarefas que "demoravam duas horas agora são realizadas em minutos". P1, o veterano com viés tecnológico, corrobora essa visão pragmática ao afirmar que a ferramenta "facilita o trabalho, agiliza" a elaboração de roteiros e relatórios burocráticos.

Observamos, então, uma manifestação unânime da automação servindo à sobrevivência. A "compactação do conteúdo de Química" (P3) — onde o currículo de três anos foi comprimido em dois, exigindo uma aceleração do ensino — em consonância com a redução de carga horária no NEM citada por P4, fez com que os professores de Química recorressem às IAGs para automatizar os processos burocráticos a fim de preservar tempo para os processos pedagógicos. A automação, neste sentido, não é uma rendição à máquina, mas um mecanismo de defesa contra a precarização da profissão.

Se a automação escolhida pelo professor é vista como aliada, a automação imposta pelo Estado na forma da implementação obrigatória de ferramentas digitais (fenômeno da plataformização) é recebida com desconfiança e resistência pelos entrevistados. A análise dos dados de P1 e P4 revela uma crítica à forma como as tecnologias digitais têm sido inseridas nas escolas públicas do Paraná, caracterizando o que Schön (2000) definiria como a aplicação cega da racionalidade técnica sobre a prática docente.

P1 define o estado do Paraná como um "exemplo de plataformização" (UR37-

P1 PIA), citando ferramentas como Matific, Quizizz e Khan Academy, *softwares* dos quais já possuem IA embarcada. Sua crítica reside na verticalidade dessas implementações: “*Decisões burocráticas de pessoas que não tem tanto contato aqui com o “chão da escola” acaba prejudicando muito.*” (UR17-P1). Ele enxerga por trás dos bastidores dessa imposição, identificando uma lógica comercial (“*dinheiro envolvido no mundo capitalista*”, UR72-P1 PIA) e política, onde a tecnologia serve mais aos indicadores de gestão e aos contratos corporativos do que à qualidade do ensino. Na visão de P1, essa automação imposta pode gerar adoecimento e retirar a autonomia do professor sobre a escolha de conteúdos e métodos, engessando o método avaliativo.

P4 aprofunda essa crítica ao apontar de que as plataformas digitais estaduais estão sendo utilizadas como um “experimento para tentar substituir uma falta de professores” (UR43-P4 PIA). Ele identifica uma tendência perigosa de transferir a função de observação e mediação — competências vinculadas à expertise humana — para a IA, o que ele classifica como um “erro grande” (UR45-P4 PIA). Segundo P4, as plataformas atuais são limitadas e incapazes de corrigir o “pensamento lógico” do aluno (UR41-P4 PIA), oferecendo apenas *feedback* binário (certo/errado) sem a explicação necessária para a construção do conhecimento químico.

P2, embora menos política em sua crítica, relata a fadiga dos estudantes diante desse excesso de plataformas: “*o que eu percebo é que às vezes eles estão cansados de tecnologia, tudo é plataforma digital.*” (UR25-P2 PIA e UR26-P2 PIA). Essa saturação digital, ou como denominamos, fadiga tecnológica, é um efeito colateral da tentativa de automatizar o processo de ensino, gerando uma resistência discente que o professor precisa gerir.

O Quadro 25 à seguir sintetiza como cada professor se posiciona frente à tensão entre a necessidade de eficiência (automação escolhida) e a imposição sistêmica (automação imposta).

Quadro 25 - Comparativo das percepções vinculadas à automação: eficiência vs. plataformização

Entrevistado	Eficiência (automação escolhida)	Eficiência (automação imposta)	Correlação teórica
P1	Usa para agilizar burocracia e roteiros, vendo como "ferramenta" e não "norteador"	Vê como imposição vertical, comercial e geradora de adoecimento. Critica a falta de contato com o a realidade escolar	Rejeita a racionalidade técnica quando esta ameaça sua autonomia (saberes disciplinares), mas a utiliza taticamente para "sobreviver" à burocracia
P2	Usa para compensar a falta de recursos e tempo, focando na adaptação de práticas	Nota a fadiga tecnológica dos alunos com o excesso de plataformas impostas	A automação é um meio para viabilizar a transposição didática em um contexto de escassez material
P3	Valoriza o ganho de velocidade (apresentações, planejamento) frente à compactação curricular	Utiliza algumas (Quizizz) mas ignora outras, preferindo suas próprias adaptações	A racionalidade técnica é aceita como "auxiliar" de produtividade, mas a bagagem docente filtra o uso das plataformas
P4	O uso é uma demanda imperativa da falta de horas-atividade	Teme que as plataformas sejam um experimento para substituir a mediação humana e a correção lógica	Identifica o risco da tecnologia ser usada para mascarar déficits estruturais (falta de professores), defendendo a insubstituibilidade da expertise humana

Fonte: autoria própria

Concluimos neste eixo, portanto, que a automação não é um fim em si mesmo para estes docentes, mas uma resposta adaptativa às pressões de tempo e infraestrutura. A imposição estatal de plataformas gera resistência, pois é percebida

como uma tentativa de padronização que ignora o saber plural do professor e a realidade da zona pantanosa da sala de aula.

4.3.2. Automação: A IAG como Prótese Cognitiva dos Alunos

O segundo eixo de análise, embora vincula-se à um fator associado à aprendizagem (e não ao ensino, um dos dois pilares teóricos desta pesquisa), desloca o foco do professor para o aluno, explorando como os docentes percebem o uso das IAGs pelos estudantes. Aqui, o conceito de prótese cognitiva (Pea, 1985) — uma tecnologia que substitui o pensamento cujo uso não deixa “resíduo cognitivo” quando removida — mostra-se como um “olhar clínico” pertinente para a interpretação dos dados. Há um consenso entre os quatro professores: para o aluno, a IAG está atuando predominantemente como uma muleta que atrofia o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais.

P1 alerta que as IAGs ainda encontram-se num estado onde “só tá dando resposta e não dá o caminho” (UR51-P1 PIA), fazendo com que os estudantes recorram à primeira resposta fornecida pela máquina, evidenciando a perda do processo cognitivo vinculado à construção do conhecimento científico. Já P2 utiliza a metáfora da “muleta” (UR114-P2 PIA), apontando que os alunos deixaram de fazer tarefas de casa (UR45-P2 PIA e UR 46-P2 PIA). P3 diagnostica uma “defasagem nas habilidades cognitivas” e perda da capacidade de resumo (UR85-P3 PIA). Por fim, P4 argumenta que “você não vai aprender só copiando” (UR28-P4 PIA).

Entendemos que o relato de P2 sobre o impacto da IAG na rotina escolar merece destaque novamente. Ela descreve uma mudança em sua metodologia: a abolição das tarefas de casa. *“Hoje, eu não passo mais atividade para fazer em casa, porque eu sei que não eles não vão fazer... é só ChatGPT, não tem jeito”* (UR45-P2 PIA e UR 46-P2 PIA). Esta decisão pedagógica é um reconhecimento tácito de que a tecnologia, quando não mediada presencialmente, atua como uma prótese total, substituindo o esforço do aluno. A IAG não está auxiliando na construção do conhecimento; ela está realizando a tarefa, eliminando o processo de aprendizagem.

P1 compartilha dessa visão e a expande para um diagnóstico geracional. Citando dados de uma pesquisa do Banco Mundial e sua própria observação, ele alerta para uma regressão cognitiva na formação dos jovens: *“indícios de pesquisas, por exemplo, que o Banco Mundial divulgou que pela primeira vez na história, as novas gerações estão saindo menos capacitados do que as anteriores”* (UR39-P1) devido à

dependência tecnológica. Para P1, um dos problemas é que a IA entrega “a resposta e não dá o caminho” (UR51-P1 PIA). Na Química, disciplina onde o processo lógico-dedutivo é fundamental, suprimir o “caminho” é suprimir o próprio aprendizado. Ele tenta combater isso exigindo que os alunos “trabalhem em cima do resultado” (UR49-P1 PIA), tentando transformar a prótese em ferramenta, mas admite que é um *“é um trabalho muito árduo e difícil, principalmente voltado para os adolescentes”* (UR52-P1 PIA).

P3 introduz o conceito de atrofia na discussão, associando o uso desmedido da IAG à perda de habilidades cognitivas básicas, como leitura, resumo e a capacidade criativa. Ele questiona: *“Será que antes eu ter uma ideia, eu já quero perguntar para o ChatGPT?”* (UR42-P3 PIA) e logo em seguida se responde: *“Daí mina minha criatividade e com o tempo eu vou perdendo a minha criatividade, porque eu dependo muito de uma ferramenta.”* (UR43-P3 PIA). Ele vê a dependência da ferramenta como uma ameaça à identidade intelectual do sujeito (*“O risco é a pessoa depender demais desse recurso, chega um momento que não é ele mesmo mais.”*, UR46-P3 PIA). A facilidade da resposta pronta cobra um preço alto: a incapacidade de pensar autonomamente.

P4 reforça a preocupação com o pensamento lógico. Ele argumenta que *“Você não vai aprender só copiando, você precisa ter um processo cognitivo para fazer a resolução, criar o pensamento lógico, as etapas.”* (UR28-P4 PIA). Para P4, a IAG falha onde o ensino de Química é mais necessário: na correção e no desenvolvimento da lógica sequencial do aluno. Se o aluno usa a IA para resolver um problema de estequiometria, ele obtém o número final, mas não desenvolve as conexões vinculadas ao tema químico necessárias para entender a Lei da Conservação das Massas de Lavoisier ou a definição de *mol*, por exemplo.

Por fim, fenômeno digno de menção emerge da narrativa de P2 como reação à onipresença da automação digital: o processo de reafirmação do artefato humano e material. Ela relata o episódio do “caderno de 2013” (UR85-P2, UR91-P2, UR95-P2 PIA), onde os alunos ficaram fascinados ao vê-la usar suas anotações manuscritas da época da graduação. Em um ambiente saturado de conteúdo sintético gerado em segundos por IAs, o caderno físico, com a caligrafia e o esforço humano palpável, ganha uma aura de autenticidade e autoridade (*“eles amam, eles adoram”*, UR88-P2).

O estudo dos dados sugere que, enquanto a IAG avança como prótese cognitiva, cria-se um vácuo humanitário que os alunos, paradoxalmente, parecem

ansiar. P4 também toca neste ponto ao afirmar que o “diálogo” humano é insubstituível para aferir a aprendizagem real, algo que a plataforma não consegue emular. A análise revela, portanto, um paradoxo pedagógico: os professores reivindicam o direito à automação para si (mecanismo de defesa contra as imposições burocráticas), mas temem a automação para o aluno (para não comprometer o processo de aprendizagem). Isso sugere que a distinção entre “ferramenta” e “prótese” não reside na tecnologia em si, mas na intencionalidade e na maturidade epistêmica do usuário, neste caso, dos atores envolvidos no processo de ensino-aprendizagem. Buscamos, através da elaboração do Quadro 26 abaixo, organizar as percepções dos entrevistados vinculadas ao impacto da integração das IAGs em contextos educacionais na visão dos alunos.

Quadro 26 - Percepções organizadas frente ao impacto discente associado à integração das IAGs

Professor	Fenômeno observado	Impacto cognitivo	Medida pedagógica
P1	Busca pela resposta pronta sem o processo	Regressão cognitiva e perda da capacidade de raciocínio processual	Exigir análise crítica do resultado da IA ("trabalhar em cima")
P2	Cópia irrestrita em tarefas para casa	Substituição total do esforço	Abolição do dever de casa; realização de atividades apenas presenciais e manuais
P3	Uso da IA antes do nascimento da própria ideia	Perda da criatividade e capacidade de síntese	Orientação para uso apenas para consulta e reestruturação
P4	Resolução automática de exercícios	Falta de desenvolvimento do pensamento lógico e etapas de resolução	Ênfase na observação humana e no diálogo para verificação de aprendizagem

Fonte: autoria própria

Conclui-se neste eixo que na visão dos docentes, a escola da automação já foi adotada pelos alunos, mas de forma deletéria. O desafio pedagógico passa a ser,

então, como converter essa “prótese” em “ferramenta”, ou como criar espaços de desconexão onde o pensamento humano seja forçado a acontecer.

4.3.3. Aprimoramento: A Imunidade Epistemológica como Arma Contra as Alucinações

O terceiro eixo analítico do segundo movimento foca na capacidade dos professores de interagir com a IAG sem sucumbir às garras das alucinações (Beiguelman, 2023). Aqui, mobilizamos o conceito e a necessidade de vigilância epistemológica de Bachelard. Na fase atual do raciocínio da IAs (Holmes, 2023), as respostas fornecidas pelos *chatbots*, por operarem com modelos probabilísticos, estão sujeitas à presença das alucinações. A análise revela que a segurança dos docentes no uso da ferramenta é diretamente proporcional ao seu nível de imunidade epistemológica, conferida pelos saberes docentes descritos por Tardif.

P3 captura a essência deste eixo com a metáfora da “bagagem”. Ele afirma: “quando você tem uma bagagem maior você consegue falar “isso aqui é real e isso aqui não é real.” (UR52-P3 PIA). Esta “bagagem” corresponde aos saberes disciplinares (o conhecimento profundo da Química) e experienciais (a vivência de sala de aula). Para P3, é essa acumulação prévia de conhecimento que permite ao professor filtrar as “ideias meio viajadas” (UR63-P3 PIA) das IAGs. Sem a bagagem, a vigilância falha e o erro é incorporado no processo de ensino-aprendizagem.

P2 reforça essa ideia utilizando o termo “mínimo de conhecimento” (UR52-P2 PIA, UR73-P2 PIA e UR76-P2 PIA). Ela alerta que, sem esse conhecimento prévio, o professor corre o risco de aceitar os “delírios” (UR71-P2 PIA) da máquina. O termo “delírio” descreve bem as alucinações de LLMs. P2, com sua formação de Doutorado em Bioquímica, possui um alto nível de imunidade epistemológica em sua área, o que lhe permite detectar quando a IAG comete um erro conceitual ou propõe uma prática experimental inviável e/ou perigosa (como na determinação de açúcar redutor, UR76-P2 PIA).

P4 traz uma contribuição significativa para a discussão: as alucinações visuais. Ele relata que as IAGs “tropeçam muito na produção de imagens” (UR56-P4 PIA) e “bagunçam todos os átomos” (UR57-P4 PIA) ao tentar representar estruturas moleculares complexas. Para a Química, uma ciência cujo ensino depende da representação visual correta (nível submicroscópico), esse erro é grave. Uma molécula desenhada errada ensina um conceito errado. A vigilância epistemológica

de P4 se manifesta na sua capacidade de identificar que a imagem está “poluída” e “incorretamente representada” (UR53-P4 PIA), algo que um professor menos capacitado ou um aluno poderia não perceber.

Além das falhas visuais, P4 e P1 (e P2 com os “delírios”) apontam falhas no raciocínio lógico em temas complexos. P1 relata ter conseguido “bugar a IA” (UR24-P1 PIA) ao forçá-la a realizar tarefas sequenciais que exigiam uma coerência lógica que o modelo não conseguiu sustentar. P4 nota que em exercícios que exigem a articulação de múltiplos conceitos, a IA “anda em círculos” (UR61-P4 PIA).

É unânime entre os entrevistados a necessidade da apuração humana. P4 reforça: *“tem que passar por uma apuração humana. Não dá pra deixar a pessoa só copiar e colar”* (UR72-P4 PIA e UR73-P4 PIA). P1 defende que é necessário “ter alguém humano por trás” (UR71-P1 PIA) para validar as informações, especialmente em um cenário de *fake news* e desinformação científica. Essa postura reflete a ativação dos saberes disciplinares de Tardif como um escudo. O professor de Química não usa a IA para aprender Química, mas para processar Química, sob supervisão. A autoridade do conhecimento reside na expertise humana, não na máquina.

O Quadro 27 correlaciona os tipos de erros detectados com os saberes mobilizados e as ações de vigilância necessárias para neutralizá-los.

Quadro 27 - Os fenômenos levantados e suas respectivas medidas de contenção

Professor	Tipo de Erro	Saber mobilizado	Ação de vigilância
P1	Falha em raciocínios lógicos sequenciais e falta de profundidade em temas complexos	Saberes disciplinares (Lógicas de Programação/Química) e saberes experienciais	Testar os limites da ferramenta e rejeitar respostas superficiais
P2	"Delírios". Informações tecnicamente incorretas e sugestão de práticas com erros	Saberes disciplinares (Doutorado em Bioquímica)	Rejeitar a resposta inicial da máquina e validar a viabilidade técnica e segurança das práticas sugeridas
P3	Ideias "viajadas" ou desconexas da realidade de sala de aula	Saberes experienciais e saberes pedagógicos	Discernir o "real" do "não real"; filtrar sugestões inaplicáveis

P4	As alucinações visuais. Estruturas moleculares erradas, átomos bagunçados.	Saberes disciplinares (Química Estrutural/Orgânica)	Revisão visual criteriosa e rejeição de imagens geradas a priori

Fonte: autoria própria

A análise indica que a imunidade epistemológica não é um dado técnico da ferramenta, mas uma competência do sujeito. Quanto maior a formação e a experiência do professor (todos os entrevistados têm pós-graduações), maior sua capacidade de usar a IAG sem ser induzido ao erro. Isso levanta uma questão crítica para a formação de novos professores com menos “bagagem”: estariam eles vulneráveis às alucinações da máquina?

4.3.4. Aprimoramento: Da Pedagogia do Refino à Transposição Didática

O quarto e último eixo de análise também foca na categoria “Aprimoramento”. Apesar das críticas e riscos, os professores encontram caminhos para usar a IAG como uma ferramenta que potencializa sua ação. O mecanismo central para essa transformação é a reflexão-na-ação de Schön (2000): o professor dialoga com as respostas das IAGs, critica-as e as modifica para atender a fins pedagógicos específicos. Do discurso de P1, nasce o conceito de “pedagogia do refino”.

P1 introduz o conceito de “refino” como bússola do aprimoramento. Para P1, a resposta da IA é apenas um esboço, uma matéria-prima a ser trabalhada. O aprimoramento ocorre no processo iterativo de moldar esse material. Ele vê a IA como um parceiro de *brainstorming* para momentos de bloqueio criativo, mas salienta que a autoria final é garantida pelo refino humano. P3 compartilha dessa prática, descrevendo-a como um processo de reestruturação. Ele destaca a importância da formulação de perguntas precisas (no caso, *prompts*), relacionando isso à sua tese de Doutorado sobre a arte de perguntar. Para P3, a IAG atua como uma ferramenta reflexiva que obriga o professor a clarear seus próprios objetivos pedagógicos para obter um resultado útil. A qualidade da resposta da máquina depende da qualidade da pergunta do docente, o que reafirma que o posicionamento da cognição humana é no centro do processo.

P2 e P3 utilizam a IAG para resolver problemas de transposição didática e contextualização. P2 foca na adaptação material: ela usa a IA para converter práticas

laboratoriais em atividades exequíveis na realidade da escola pública, onde reagentes e equipamentos são escassos (em caso de existência de um laboratório no ambiente escolar). Neste caso, a IAG atua como um *Codesigner* (esta categoria emergente foi identificada nos quatro entrevistados) que auxilia o professor a superar as limitações infraestruturais, garantindo que a prática experimental aconteça, mesmo que de forma adaptada.

P3 foca na adaptação de linguagem e níveis de complexidade. Ele relata usar a IA para ajustar o nível de dificuldade de questões ou traduzir termos técnicos para uma linguagem acessível a diferentes anos escolares, ou para gerar conexões interdisciplinares (a aula sobre desmatamento envolvendo Química, Física e Geografia). Aqui, a IAG potencializa a capacidade do professor de diferenciar o ensino e atender a diferentes necessidades, tendendo a balança para a escola do aprimoramento, embora P2 não cite explicitamente o uso para alunos neurodivergentes, mas sim para a “realidade dos alunos”.

Por fim, P4, embora crítico, reconhece o aprimoramento na eficiência da pesquisa. A capacidade da IA de “buscar várias coisas ao mesmo tempo e trazer um compilado” (UR70-P4 PIA) supera a capacidade humana de varredura bibliográfica. Isso permite que o professor acesse um repertório vasto de exemplos, referências e contextos em menos tempo, possivelmente enriquecendo o conteúdo da aula. O aprimoramento aqui não é na didática direta, mas na eficiência do material de apoio que o professor consegue reunir.

Logo, afirmamos que o aprimoramento se manifesta quando a ferramenta é subordinada à intencionalidade pedagógica. A análise das falas dos entrevistados tornou exequível a identificação de que, para os professores participantes, ele ocorre: 1) no planejamento: Como brainstorming e estruturação inicial (P1 e P3). (2) na metodologia: como adaptador de práticas para contextos reais (P2) e (3) no conteúdo: como buscador eficiente de referências e exemplos complexos (P4). A tecnologia não substitui o professor (automação), mas amplia sua capacidade de agir (aprimoramento) diante das restrições e limitações das ferramentas, justificadas pela fase do raciocínio (Holmes, 2023) vivida por elas.

O Quadro 28 abaixo isola o processo cognitivo que os professores realizam para transformar a resposta bruta da IA em material pedagógico contextualizado, conforme discutido neste eixo (Tópico 4.3.4).

Quadro 28 - Matriz de práticas reflexivas e construção do aprimoramento

Professor	Situação-problema	Ação reflexiva	Construção do aprimoramento
P1	Bloqueio criativo ou respostas genéricas da IA que não atendem à profundidade técnica necessária	Refino iterativo: Dialoga com a máquina, rejeita a primeira resposta e insere novos comandos baseados em seus saberes docentes	Precisão conceitual: Transforma um esboço superficial em um roteiro ajustado ao currículo do ensino técnico
P2	Escassez de infraestrutura e necessidade de inclusão	Personalização do ensino: Solicita à IA alternativas viáveis para experimentos e ajustes para necessidades especiais	Viabilidade e inclusão: Converte a "Química ideal" em "Química possível", garantindo a experiência prática e o acesso a todos
P3	Necessidade de explicar conceitos complexos para diferentes níveis cognitivos	Engenharia de perguntas: Utiliza a competência de formular <i>prompts</i> específicos para modular a linguagem e o tom da resposta	Transposição didática: Cria múltiplas versões do mesmo conteúdo (fácil/médio/difícil), personalizando a acessibilidade do saber
P4	Sobrecarga de informação e necessidade de atualização bibliográfica rápida para temas complexos	Curadoria/apuração: Utiliza a IA como motor de busca avançado, mas submete o "compilado" à verificação humana	Expansão do repertório: Aumenta a densidade teórica da aula com referências atuais que não teria tempo de reunir manualmente

Fonte: autoria própria

4.3.5. Prontidão da Comunidade Docente e Barreira Socioeconômica

O último eixo analítico da Análise Inter-caso norteia-se em volta das percepções dos docentes quanto à maturidade do ecossistema educacional para absorver as IAGs. Quando confrontados com a pergunta "Você acredita que a

comunidade docente está preparada?", a resposta foi uma unanimidade negativa, variando apenas na intensidade e na justificativa causal. Não houve, entre os quatro participantes, resposta positiva. Nem ao mesmo notas de otimismo, pelo contrário, houve um diagnóstico das falhas estruturais do sistema.

Comparemos falas para ilustrar este cenário. A primeira comparação será entre falas de P1 e P2. Esta articulação revela duas faces da resistência. P1 diagnostica a falta de preparo como uma deficiência de competência individual da classe: ele estima que apenas uma elite de "5%" possui o necessário lidar bem com as implementações de IAG em contextos educacionais. Sua visão alinha-se à exigência de uma nova literacia algorítmica. Em contraste, P2 não culpa o professor, mas o sistema. Sua resposta: "Jamais." vem carregado de uma exaustão com a racionalidade técnica imposta pelo Estado (plataformização). Ela argumenta que os estudantes estão saturados com um "monte de plataforma que são obrigados a usar". Para P2, a comunidade não está pronta não porque não sabe usar, mas porque não aguenta mais uma imposição tecnológica sem sentido pedagógico claro. A falta de prontidão aqui é um ato de resistência à plataformização.

A segunda comparação será entre falas de P3 e P4. Enquanto P3 foca nas implicações humanas e éticas, temendo que a falta de preparo leve à substituição de professores por IAs (citando o caso do ensino de línguas), P4 introduz a variável capitalista desta análise: o dinheiro. P4 é o único a explicitar que a escola do aprimoramento pode ser segregadora. Ao afirmar que "A primeira limitação é essa, a do capital. Tem que pagar", ele argumenta que as ferramentas gratuitas (acessíveis à massa docente despreparada) são limitadas e alucinatórias, enquanto as ferramentas que realmente funcionam (que fazem tudo ao mesmo tempo) são pagas. Isso traz à tona a desigualdade socioeconômica no acesso ao aprimoramento, esta, que neste contexto, cria um abismo na escola do aprimoramento: professores com recursos podem usar versões mais eficientes e menos propensas às alucinações, enquanto professores sem recursos (ou escolas sem verba) ficam restritos à IAs gratuitas, com LLM limitados quando comparados aos das versões pagas, tendendo a balança para a automação.

A síntese dessas quatro visões permite concluir que a prontidão da comunidade docente não é só uma questão de oferecer cursos de formação (proposta por P1). Para P2, a prontidão exige uma reforma administrativa que reduza a burocracia digital. Para P3, faz-se necessária uma discussão ética sobre o papel insubstituível da

expertise humana. Já para P4, exige investimento público. A sugestão de P4 de que o Estado deveria prover acesso irrestrito às IAs munidas com embasamento teórico para professores, assim como provê acesso a periódicos (Portal CAPES, por exemplo), surge como a proposta mais concreta para democratizar a escola do aprimoramento. Sem esta discussão, a integração das IAGs tende a criar um contexto pedagógico segregado: professores ricos (ou instituições privadas) usando IAs de ponta para aprimorar o ensino, e professores pobres (ou redes públicas subfinanciadas) usando versões gratuitas para automatizar a precariedade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação abordou um fenômeno emergente na educação: a chegada das IAGs à realidade das salas de aulas, investigando como docentes de Química percebem e interagem com essas tecnologias. Ao longo da trajetória investigativa, partimos da premissa de que a integração tecnológica em contextos educacionais é mediada pela identidade profissional, pelos saberes docentes e pelas condições materiais de trabalho. O estudo permitiu responder à questão central da pesquisa: as percepções dos docentes de Química sobre as IAGs oscilam em uma tensão dialética entre as duas escolas de pensamento — a da automação e a do aprimoramento.

Conclui-se que, sob a ótica da escola da automação, as IAGs são percebidas como mecanismos de sobrevivência logística. Em um cenário educacional marcado pela escassez de tempo, pela redução de carga horária imposta pelo Novo Ensino Médio e pela burocratização da docência, os professores recorrem às ferramentas para agilizar tarefas operacionais (planejamentos, slides, buscas de referência). No entanto, houve uma rejeição unânime à "automação imposta" verticalmente pelo sistema (plataformização), percebida como vigilância e, no caso de P4, como tentativa de substituição da mediação humana. Simultaneamente, identificou-se que a visão dos professores vinculada ao uso das IAGs pelos alunos é vista com preocupação. Os docentes diagnosticam que, para os alunos, a IAG atua como uma prótese cognitiva, substituindo o esforço do raciocínio lógico essencial para a aprendizagem da Química. Esse fenômeno tem forçado uma regressão metodológica, como a extinção das tarefas de casa e a retomada de práticas analógicas supervisionadas, evidenciando que a tecnologia revalorizou o artefato humano e a interação presencial.

Analogamente, a vertente do aprimoramento revelou-se viável, porém condicional. A pesquisa demonstrou que o uso qualificado das IAGs é diretamente proporcional aos níveis de imunidade epistemológica do professor. Docentes com saberes disciplinares e pedagógicos consolidados conseguem utilizar a ferramenta para aprimorar sua ação docente através da crítica das respostas fornecidas pelas máquinas, aplicando o que denominamos neste estudo de "pedagogia do refino" (P1).

Portanto, uma das máximas que emerge deste estudo é a de que as IAGs não substituem os saberes docentes, elas os tornam pré-requisitos para o uso eficiente delas. Para que a ferramenta não induza o usuário ao erro, é necessário que o humano

por trás detenha o conhecimento químico e a expertise humana para validá-la. A eficiência da máquina depende, em última instância, da competência humana em formular perguntas (*prompts*) e curar respostas.

Evidencia-se que as hipóteses de pesquisa apontadas na seção introdutória do trabalho foram integralmente confirmadas. Corroborou-se a primeira hipótese ao demonstrar que, frente à precarização do tempo e do trabalho, a apropriação inicial das IAGs pelos docentes ocorre de fato como uma tática de automação, carregando consigo uma rejeição à plataformização institucional. A segunda hipótese confirmou-se pela percepção taxativa dos professores quanto ao despreparo da comunidade escolar para uma implementação institucional das IAGs, sustentada pela fase atual das IAs (Raciocínio) e pela observação de que o uso da tecnologia como "muleta" pelos estudantes atrofia o raciocínio lógico, este, indispensável mediante a aprendizagem das abstrações químicas.

Quanto à prontidão da comunidade docente, os resultados apontam para um cenário de despreparo estrutural que compromete também a aplicação das atuais diretrizes normativas da educação. A consonância entre a falta de letramento algorítmico e a proeminência das barreiras socioeconômicas cria o risco de exacerbar a já existente segregação educacional, inviabilizando na prática o cumprimento da Competência Geral 5 da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Embora esta meta estipule o desenvolvimento de uma cultura digital crítica, reflexiva e ética, a ausência de condições estruturais faz com que a tecnologia seja constantemente reduzida a uma muleta cognitiva, distanciando os alunos do protagonismo intelectual pretendido. Sem políticas públicas efetivas que garantam um acesso equitativo e promovam a formação necessária, a tendência é que a escola do aprimoramento permaneça restrita a uma elite acadêmica. Consequentemente, a grande massa docente e discente ficará refém de ferramentas com modelos de linguagem limitados quando comparadas às utilizadas pelos usuários das versões pagas e mais avançadas.

É importante apontar e reconhecer as limitações inerentes ao delineamento investigativo desta pesquisa. Embora os resultados revelem com riqueza de detalhes as tensões dialéticas vivenciadas por este grupo de professores de Química, os achados refletem uma realidade situada, não devendo ser universalmente generalizados sem a devida consideração das assimetrias infraestruturais e culturais de outros cenários educacionais. Destacamos também como limitação o recorte analítico centrado exclusivamente nas percepções docentes, não contemplando a

perspectiva discente neste escopo. A inserção das IAGs afeta radicalmente como os alunos interagem com o conhecimento e constroem sua aprendizagem. A ausência da voz dos estudantes restringe uma visão holística de todo o ecossistema da sala de aula frente a participação dessas tecnologias, configurando-se como uma lacuna (embora julguemos suficiente para uma produção acadêmica à nível de uma dissertação de Mestrado) a ser explorada e preenchida por investigações futuras.

Reconhecendo o caráter embrionário e dinâmico da relação entre IAGs e contextos educacionais, este estudo busca inaugurar novos caminhos investigativos. Diante do cenário delineado, emergem novas questões que demandam futuras pesquisas: Como a "pedagogia do refino" e a necessidade de imunidade epistemológica podem ser sistematizadas e transpostas para os currículos de formação inicial e continuada de professores de Química? Quais serão os impactos longitudinais do uso das IAGs como "próteses cognitivas" no desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes da Educação Básica? E, de forma mais ampla, quais políticas públicas o Estado deve adotar para evitar que a barreira financeira dos modelos avançados de IA aprofunde as desigualdades educacionais? O enfrentamento dessas indagações é o próximo passo para assegurar que as IAs atuem, de fato, como um instrumento de emancipação, e não de alienação intelectual.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU SHAWAR, B.; ATWELL, E. **Chatbots: are they really useful?** LDV-Forum, Regensburg, v. 22, n. 1, p. 29-49, jun. 2007.
- AGGARWAL, A.; MITTAL, M.; BATTINENI, G. **Generative adversarial network: An overview of theory and applications.** International Journal of Information Management Data Insights, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 100004, 2021.
- ALVES, L.. **Inteligência Artificial e Educação: Refletindo sobre os desafios contemporâneos.** 1. ed. Salvador/Feira de Santana: EDUFBA/UEFS Editora, 2023.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa.** 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999.
- ARAÚJO, J. P. de. **“O Robô Ed é MEU AMIGO”: apropriação de tecnologia à luz da Teoria da Atividade.** 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** São Paulo: Edições 70, 2011.
- BARTHES, R. **Elements of semiology.** New York: Hill and Wang, The Noonday Press [Tradução original do francês, 1964], 1967.
- BAUER, M. **Análise de conteúdo clássica: uma revisão.** In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático. 2ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.
- BAUER, M. W.; AARTS, B. **A construção do corpus: um princípio para a coleta de dados qualitativos.** In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs). Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático. 7ª ed. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 39-63.
- BEIGUELMAN, G. **Máquinas companheiras.** Morel, São Paulo, n. 7, p. 76-86, 2023.
- BIBER, D. **Representativeness in corpus design.** Literary and Linguistic Computing, v. 8, n. 4, p. 243-257, 1993.
- BIBER, D.; CONRAD, S.; REPPEN, R. **Corpus linguistics: investigating language structure and use.** Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- BORBA, M. C. **Humanos-com-mídias: a produção de conhecimento e a pesquisa em educação matemática.** Acta Scientiae, v. 14, n. 2, p. 290-307, mai./ago. 2012.
- BRASIL. **Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014.** Estabelece princípios, garantias,

direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 abr. 2014.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.** Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 ago. 2018.

BRITO, A. da S.; LOPES, E. T.; LIMA, M. B. **Identidade docente: reflexões de professores de Química sobre a trajetória acadêmica e profissional.** Revista de Educação Pública, v. 26, n. 63, p. 1045-1064, set./dez. 2017.

CARR, N. **O que a internet está fazendo com nossos cérebros: a geração superficial.** Rio de Janeiro: Agir, 2011.

CGI.BR. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras:** TIC Educação 2023. São Paulo: CGI.br, 2024. Acesso em: 10 nov. 2025.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado.** Buenos Aires: Aique, 1991.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto.** Trad. de Magda Lopes. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FARAZOULI, A. *et al.* **Hello GPT! Goodbye home examination? An exploratory study of AI chatbots impact on university teachers' assessment practices.** Assessment & Evaluation in Higher Education, v. 49, n. 6, p. 925-937, 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido.** 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GAUTHIER, C. *et al.* **Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente.** Ijuí: Ed. Unijuí, 1998.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos e pesquisa.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GIL-PÉREZ, D.; VALDÉS, P. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo.** Enseñanza de las Ciencias, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GIROTTTO JUNIOR, G.; NASCIMENTO JUNIOR, W. J. D.; MORAIS, C. **Avaliação de Tecnologias de Inteligência Artificial Generativa na produção de elementos textuais e imagéticos sobre conceitos de química.** In: CHALLENGES 2024: Espaços e Caminhos OnLife, 13., 2024, Braga. Anais [...]. Braga: Universidade do Minho, 2024. p. 299-311.

GOTT, R.; DUGGAN, S. **Investigative work in the science curriculum.** Buckingham: Open University Press, 1995.

HODSON, D. **Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias,** v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial intelligence in education: promise and implications for teaching and learning**. Boston: The Center for Curriculum Redesign, 2023.

HU, Y. **ChatGPT's dizzying launch tops 100 million users**. The Guardian, Londres, 3 fev. 2023.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; SANMARTÍ, N. **Qué ciencia enseñar: ¿Para qué y para quién?** Enseñanza de las Ciencias, Barcelona, v. 15, n. 1, p. 5-16, 1997.

JOHNSTONE, A. H. **Macro- and micro-chemistry**. School Science Review, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOVANOVIĆ, M.; CAMPBELL, M. **Generative Artificial Intelligence: Trends and Prospects**. Computer, [s. l.], v. 55, n. 10, p. 111, 2022.

KAUFMAN, D. **Desmistificando a inteligência artificial**. Belo Horizonte: Autêntica, 2022.

KING, M. R. **The future of AI in medicine: A perspective from a chatbot**. Annals of Biomedical Engineering, v. 51, n. 2, p. 291-295, fev. 2023.

LEITE, B. S. **Análise da inteligência artificial ChatGPT na proposição de planos de aulas para o ensino da química**. 2024. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2024.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, C. B.; SERRANO, A. **Inteligência Artificial Generativa e ChatGPT: uma investigação sobre seu potencial na Educação**. Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara, v. 18, n. esp. 3, p. 2351-2373, 2023.

MARCHI, C. F. **O cérebro eletrônico que me dá socorro: os impactos da Inteligência Artificial Generativa e os usos do ChatGPT na Educação**. 2023. 210 f. Tese (Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2023.

McCARTHY, J. *et al.* **A proposal for the Dartmouth Summer research project on artificial intelligence**. Hanover: Dartmouth College, 1955.

MELLO, S. C. B.; SÁ, M. G. **Tecendo uma virtuosa “colcha de retalhos”: a constituição e interpretação de um corpus lingüístico num estudo sobre reflexividade e articulação empreendedora**. Revista de Administração Pública, v. 40, n. 3, p. 385-410, 2006.

MOLLICK, E. **Co-Intelligence: Living and Working with AI**. New York: Wharton School Press, 2024.

MOLLICK, E.; MOLLICK, L. **Using AI to Implement Effective Teaching Strategies in Classrooms: Five Strategies, Including Prompts**. SSRN Electronic Journal, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4475185>. Acesso em: 5 nov. 2025.

MORTIMER, E. F. **Concepções atomistas dos estudantes**. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 1, p. 23-26, maio 1995.

NÓVOA, A. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

PAPERT, S. **Logo: computadores e educação**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

PEA, R. D. **Beyond amplification: Using the computer to reorganize mental functioning**. Educational Psychologist, v. 20, n. 4, p. 167-182, 1985.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRENSKY, M. **Digital natives, digital immigrants**. On the Horizon, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Ed. Unijuí, 1997.

SCHNETZLER, R. P. **A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas**. Química Nova, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SHULMAN, L. S. **Those who understand: Knowledge growth in teaching**. Educational Researcher, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. **Análise de Conteúdo: Exemplo de Aplicação da Técnica para Análise de Dados Qualitativos**. In: ENCONTRO DE ENSINO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE - ENEPO, 4., 2013, Brasília. Anais [...]. Brasília – DF, 03 a 05 de 2013. Disponível em: http://www.anpad.org.br/diversos/trabalhos/EnEPQ/enepq_2013/2013_EnEPQ129.pdf.

SILVA, T. D. L.; SILVA, E. M. **Mas o que é mesmo Corpus? – Alguns Apontamentos sobre a Construção de Corpo de Pesquisa nos Estudos em Administração**. In: ENANPAD, 22., 2013, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro, 7 a 11, setembro, 2013.

STAKE, R. E. **The Art of Case Study Research**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1995.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

TOMISU, K. *et al.* **The cognitive mirror: a framework for AI-powered metacognition and self-regulated learning**. Frontiers in Education, v. 10, p. 1697554, 2025.

TURING, A. M. **Computing Machinery and Intelligence**. Mind, Oxford, v. 59, n. 236, p. 433-460, out. 1950.

UNESCO. **A. ChatGPT e inteligência artificial na educação superior: guia de início rápido**. Brasília, DF: 2023.

VALENTE, José Armando. **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1993.

VICARI, R. M. **Influências das tecnologias da inteligência artificial no ensino**. In: FELIÑSKI, I. C. B. (org.). Formação de professores: saberes e práticas docentes. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, p. 159-170, 2021.

WALLACE, R.S. **The Anatomy of ALICE**. In: EPSTEIN, R. *et al.* (Eds.) Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer. Springer, 2009.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. **Cotidiano e contextualização no ensino de Química**. Química Nova na Escola, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

WIGGINS, G.; MCTIGHE, J. **Planejamento para a compreensão: alinhando currículo, avaliação e ensino**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2015.

7. APÊNDICES

Apêndice A – Questionário aplicado nas entrevistas semiestruturadas

- 1. Poderia compartilhar um pouco sobre sua trajetória como docente de Química?**
- 2. Quais são suas principais dificuldades como professor de Química?**
- 3. Como você descreveria sua relação com tecnologias e/ou ferramentas digitais voltadas para contextos educacionais? Com que frequência as utiliza?**
- 4. Se pudesse imaginar uma ferramenta digital capaz de criar conteúdos educacionais (resumos, questões, atividades práticas, etc.) a partir de seus comandos, como ela funcionaria? Quais seriam suas principais preocupações?**
- 5. Como professor, o que pensa a respeito da participação das tecnologias de IA em contextos educacionais?**
- 6. Você já utilizou/tem utilizado IA generativa (como o ChatGPT, Copilot) para auxiliar no planejamento de suas aulas? Caso sim, para que usou e como foi a experiência? Caso não, por quais motivos?**
- 7. Você acredita que o uso de tecnologias de IA em contextos educacionais pode impactar a relação professor-aluno? Caso sim, de que forma? Caso não, por que acredita nisso?**
- 8. Para você, quais as principais dificuldades em incluir IA generativas no planejamento de suas aulas? O que poderia facilitar este processo?**
- 9. Quais são os principais benefícios e desafios que você vê na participação de IA generativas no ensino de Química?**
- 10. Como você avalia a participação de IA generativas no desenvolvimento de atividades gerais de química? Algum aspecto lhe gera dúvidas ou preocupações? E em relação às atividades experimentais?**
- 11. Em sua percepção, como as IA generativas podem ser utilizadas em seus planejamentos de aulas como recurso adaptativo para atender diferentes necessidades e níveis de aprendizagem dos estudantes?**
- 12. Qual(is) critério(s) você considera essencial(is) para garantir que o conteúdo criado com a ajuda das IAGs seja confiável e adequado para os estudantes?**
- 13. Você acredita que a comunidade docente está preparada para implementar soluções de IA generativa?**

Apêndice B – Transcrição completa da entrevista com o professor P1

Entrevistador

Primeiramente, boa noite. Professor, gostaria que você falasse, por favor, o seu nome e contasse um pouco da sua trajetória como docente de química.

P1

Meu nome é P1. Eu tenho 41 anos, eu atuo como um professor de química desde 2007, quando eu comecei como professor voluntário em um curso comunitário para vestibular de uma ONG chamada Confraria dos Pensadores onde tinha cursinhos de pré-vestibular voltado para os alunos tanto da região norte quanto os da Zona Sul. Na época não tinha cotas então era voltado mais para alunos que queriam entrar na UEL que não tinha condições de pagar cursinho. Então, esse foi meu primeiro contato como professor de química. Em 2009, eu consegui uma bolsa de estudos para o Japão, nada a ver com educação, voltado para tratamento de... Na verdade, não tratamento, o projeto era para tratamento de resíduos industriais, mas, no fim acabei fazendo observação de como que o Japão faz monitoramento e o controle de qualidade de alimentos, solo, etc. Tudo que envolve a cotidiano do japonês. Isso foi em 2009 e em 2010 eu voltei analisando o que poderia fazer. Acabei voltando para a docência, aí eu atuei como PSS desde 2010 como professor de matemática, professor de física, professor de química. Dentro da química, no caso, desde 2015 eu atuo como professor do técnico aqui no (colégio estudado) com várias disciplinas: processos industriais, química analítica, química orgânica química aplicada ao meio ambiente. E eu sou concursado pelo Estado desde 2017 e lotado aqui no (colégio estudado) mesmo depois de ter passado um concurso desde 2023.

Entrevistador

Professor, nessa sua trajetória, quais você diria que são as suas principais dificuldades como professor de química?

P1

Eu vejo uma grande dificuldade em relação aos últimos três, quatro anos com relação a autonomia do professor em relação a escolha de conteúdos. Uma constante cobrança em relação com o que a gente deve fazer em termos de conteúdo, em termos de liberdade dentro da avaliação. Na verdade, isso começou junto com a pandemia, né? Mas logo depois da pandemia a gente veio forçado por um sistema onde a gente tinha que considerar as dificuldades que foram criadas com a pandemia e isso acabou alterando a forma de avaliação. E hoje eu acredito que tá muito engessado a parte de avaliação, de conteúdos e de projetos extracurriculares. Eu tenho o costume de organizar projetos pedagógicos, por exemplo, para fora do estado inclusive. Agora por exemplo, eu tava organizando fazer uma viagem com os alunos agora no começo de novembro para o estado de São Paulo. Então, esse ano em particular eu tive muita dificuldade de fazer a organização por causa do engessamento de datas que a direção impôs. Eu entendo que não é só por causa da direção, deve ter tido alguma ordem superior por causa da prova SAEB. Em outubro, por exemplo, minha intenção inicial era levar eles (alunos) para Curitiba e tive que mudar todo o projeto por causa da prova SAEB que vai acontecer agora em outubro. Decisões

burocráticas de pessoas que não tem tanto contato aqui com o “chão da escola” acaba prejudicando muito.

Entrevistador

Professor, como você descreveria, agora funilando um pouco mais o questionário para o nosso tema, a sua relação com tecnologias e/ou ou essas ferramentas digitais voltadas para contextos educacionais? Com que frequência você as utiliza? Isso, se utilizar.

P1

Utilizo bastante os aplicativos. Por exemplo, na química analítica, a gente acabou utilizando os aplicativos de calculadoras gráficas, que acaba ajudando bastante na hora de ensinar a fazer calibração de uma curva na hora de ir pro espectrofotômetro acaba ajudando bastante. Na parte de elaboração de roteiro de aula, às vezes, ajuda bastante também. É uma coisa que eu tô experimentando recentemente. Lógico, a gente faz uma parte de refino, né? Mas é possível fazer mais fácil assim um roteiro, por exemplo, de uma aula prática com a utilização das ferramentas que tem atualmente.

Entrevistador

IA né?

P1

É.

Entrevistador

Então, com que frequência você diria que as utiliza, professor?

P1

Não tem uma frequência assim definida. Eu faço conforme a necessidade.

Entrevistador

Perfeito. Tentando exercer um pouco mais agora a sua criatividade nesse sentido das ferramentas digitais. Se o senhor pudesse imaginar uma ferramenta dessas, capaz de criar conteúdos educacionais mesmo, para facilitar na organização, como o senhor comentou, a partir dos seus comandos. Como ela funcionaria? Com o que você se preocuparia primeiro?

P1

Com relação ao detalhamento dessas informações, normalmente, a gente não tem ainda uma cultura de realizar *prompts* para ter o que a gente quer. A gente precisa refinar bastante. Não era nada a ver com relação a química, mas eu tava fazendo um exercício outro dia e eu consegui bugar a IA e ela não conseguiu ir para frente. Começou a dar erros porque eu tava querendo forçar demais ela. Então, daqui para

frente é melhor eu não fazer que isso vai dar errado.

Entrevistador

Ela tem um limite hoje em dia ainda, né?

P1

Bastante. Mas, assim, não sei se isso vai influenciar na sua pesquisa. Eu tenho um pé muito grande na parte de tecnologia. Durante a graduação, acabei fazendo parte de um programa chamado *Student's Business* da Microsoft, onde, durante 15 dias, eu tive que morar em Maringá para participar de um programa de capacitação e programação em C-sharp voltado para programação web. Era dividida em três partes e a terceira parte não consegui participar porque eu tinha exame aqui na UEL, aí eu tive que voltar aqui para Londrina, mas a princípio tava indo bem e eu poderia ter ido para essa área de programação, né? Esse programa, inclusive, era gratuito e caso fosse até a terceira fase, você era escolhido para fazer parte como programador júnior de qualquer empresa da região de Maringá. Então, tinha essa oportunidade, mas o curso não permitiu.

Entrevistador

Legal você comentar isso, professor.

P1

Eu tenho esse viés de entender, como que deve ser feito na programação de como que o pensamento por trás do programador para dar resposta que a gente quer. E do que eu já testei até agora as ferramentas, não que são limitadas, elas são programadas para dar uma resposta mais breve possível dentro do que você tá pedindo. E, às vezes, essa parte de refino ainda falta. Vamos pegar um exemplo de Físico-química, se você tiver trabalhando com semicondutores em termos de conteúdo, e aí você precisa fazer mais a fundo ali a engenharia de materiais para explorá-la. Como que a estrutura, por exemplo, de um sólido pode influenciar naquele semicondutor. Essa ligação às vezes falta. Você, estando ciente, acaba procurando por conta depois por fora, né? Acho que falta de acesso a esses artigos que às vezes você só consegue acessar dentro da faculdade.

Entrevistador

Eu senti que o senhor falou muito sobre o refino. Então, suas preocupações seriam mais voltadas para esse refino das respostas?

P1

Sim.

Entrevistador

Professor, afunilando um pouco mais, agora não só falando de ferramentas digitais e softwares também. Como professor, o que você pensa a respeito da participação das IAs em contexto educacionais?

P1

Em termos de contexto educacional, infelizmente a gente cai na parte de políticas públicas aí sempre vai ter alguma pessoa que, às vezes, não necessariamente foi a gente que escolheu que vai definir, né? Por exemplo, o Paraná é um exemplo de plataforma onde você tem Matific Quizizz, Khan Academy, todas essas plataformas tem IA embarcada, mas a gente ainda não tem todos os conclusivos de como que a presença dessa IA influencia no processo de ensino-aprendizagem. E como que esses discentes agora que já são nativos digitais, qual vai ser a formação. A gente tem já, indícios de pesquisas, por exemplo, que o Banco Mundial divulgou que pela primeira vez na história, as novas gerações estão saindo menos capacitados do que as anteriores. Sempre tinha uma evolução e começou a ter uma regressão por causa da alta exposição à tecnologia. E eu vejo assim uma comercialização, principalmente aqui no Paraná e São Paulo. Agora a gente exportou nosso Secretário da Educação para São Paulo. Então eu tô vendo também um movimento em São Paulo. Tive uma conversa em julho uma professora de técnico de informática lá de Ourinhos que eu acabei conhecendo por coincidência e eu tô vendo movimento, pelo menos que eu tive contato diretamente nesses dois estados. Das empresas terem contratos com plataformas. Os políticos vão lá fazem contrato com essa plataforma e depois a gente vê o que que é o resultado. Vamos implementar, fazer uma avaliação e ver se realmente é benéfico ou não. Esse ano já teve professores, por causa dessas plataformas que vieram a falecer em contexto escolar por alta cobrança por parte dos dirigentes.

Entrevistador

É como o senhor comentou agora pouco, né? São pessoas que não estão envolvidas na sala de aula tomando essas decisões então falta também os atores envolvidos na sala de aula participarem dessas decisões também.

P1

Não é de agora, né? Eu participei em 2012, acho, não lembro o ano, da primeira fase da nova BNCC onde primeiro era uma fase municipal de todos os professores de química do município se reuniram e tinham que fazer a discussão sobre o que era que o MEC tava querendo implementar. Depois eu fui para regional onde foi o Núcleo (NRE) de Londrina e eu tinha sido escolhido para participar da fase estadual e iria para Curitiba para representar o núcleo de Londrina na discussão estadual. Só que essa discussão Estadual nunca aconteceu. Acabou acontecendo o golpe da Dilma na época, né? Acabou entrando o governo do Temer e aí foi aquele de cima para baixo mudando todo o sistema do Ensino Médio e estamos recebendo as mudanças ainda. Tanto que vai ter mudança no Ensino Médio no ano que vem baseado nessas mudanças anteriores que não deram certo, então vamos mudar. Só remendando pneu furado esperando furar de novo.

Entrevistador

É uma relação muito vertical, né? Mas então, professor, voltando a falar das IAs generativas em si, né? ChatGPT, Copilot, Gemini. O senhor comentou que tem utilizado elas para auxiliar no desenvolvimento das aulas. Como tem sido essa experiência?

P1

Ela facilita o trabalho, agiliza. Eu uso como uma ferramenta, mas não como um norteador.

Entrevistador

Você acredita que o uso dessas tecnologias em contexto educacionais, as de IAs, no caso, pode impactar na relação professor-aluno?

P1

É complicado por parte do professor em 50 minutos tentar direcionar, orientar sobre quais serão as consequências pros alunos, principalmente, de depender da existências das IAs para resolver, por exemplo, pesquisas, fazer relatórios. Eu, esse ano mesmo, peguei alunos do técnico e falei que poderiam utilizar. Só que eu não quero resposta da Inteligência Artificial, quero que você trabalhe em cima do resultado. Não adianta você me dar a resposta que não é isso que eu quero. Ele só tá dando resposta e não dá o caminho. Eu tô fazendo isso, mas é um trabalho muito árduo e difícil, principalmente voltado para os adolescentes. À noite eu consigo direcionar mais, mas de manhã é mais complicado.

Entrevistador

Quais são as principais dificuldades incluir as IAs generativas no planejamento das suas aulas? E o que você acha que poderia facilitar esse processo, que sabemos que não é fácil?

P1

Eu não sinto dificuldade. Só voltando ao que eu tinha falado antes, né? Que se eu tenho um projeto de visita pedagógica ou visita técnica e tiver empecilhos que vem lá de cima, isso acaba dificultando todo o resto. Você não consegue fazer nada.

Entrevistador

Quais são os principais benefícios e desafios que você vê na participação das IAs generativas no ensino de Química?

P1

O benefício é essa parte de auxiliar no planejamento de aulas, de fazer relatórios. O desafio é só essa parte de refino mesmo. Às vezes você precisa de algo mais específico e não gera. São essas as dificuldades. Talvez na falta de algum material, acesso à algum tipo de informação tipo, por exemplo, você vai fazer algum alguma técnica envolvendo química orgânica e você não tem o reagente porque ele é controlado pela Polícia Federal e às vezes você precisa de uma alternativa e você tem que buscar dentro da Universidade porque a IA não tem acesso àquele artigo em específico.

Entrevistador

Professor, como você avalia a participação dessas IAs generativas no desenvolvimento de atividades gerais? Algum aspecto lhe gera dúvida ou preocupação? Isso também vale para as atividades experimentais.

P1

Como falei no começo, se você pede para gerar algum exercício, você tem que fazer seu próprio refino para você gerar o exercício do jeito que você quer, usando só como uma ferramenta de auxílio. Por exemplo, quero que elabore um exercício sobre isomeria. Ele vai buscar no banco de dados disponível e vai dar alguma alteração, e você como professor, tem que chegar lá e ver se realmente é isso que você quer e depois você refina. Às vezes, você tá sem ideia de fazer alguma atividade e ele ajuda a ter esse tipo de ideia e depois você só refina da forma como que você quer.

Entrevistador

Isso é válido para os dois? Tanto atividades gerais quanto experimentais?

P1

Sim.

Entrevistador

Na sua percepção, como que as IAs generativas podem ser utilizadas ao planejar as suas aulas como recurso adaptativo para atender diferentes necessidades e níveis de aprendizagens dos estudantes?

P1

Esse aí não dá. Eu prefiro fazer manualmente porque normalmente você precisa do professor de apoio que vai te dar o direcionamento mais correto para fazer uma avaliação adaptativa.

Entrevistador

Quais critérios o senhor considera essenciais para garantir que o conteúdo criado com as IAs generativas seja confiável e adequado para os estudantes?

P1

Nunca parei para pensar nisso. Por mais que eu critique as políticas públicas da forma vertical que estão sendo as coisas, infelizmente, elas são necessárias para regular isso. Como evitar que um estudante pegue uma fake news, por exemplo, e a IA conseguir identificar que aquilo realmente é verídico ou não? Tem muito conteúdo que é falso e ainda não existe nenhuma regulação.

Entrevistador

Então o critério seria a validação dessas informações?

P1

Sim. Ter alguém humano por trás para fazer isso, só que, a gente sabe que tem muito o dinheiro envolvido no mundo capitalista. Então, eu acredito que por enquanto é utópico acreditar que vai ter uma melhoria com relação a isso, mesmo tendo movimento da União Europeia de regulação das redes sociais, dessas Big Techs, por exemplo.

Entrevistador

Professor, para finalizar, você acredita que a comunidade docente, não apenas professores de química, está preparada para implementar soluções de IA generativa?

P1

Não. No máximo 5(cinco) por cento.

Apêndice C – Transcrição completa da entrevista com o professor P2

Entrevistador

Primeiramente, muito boa tarde, professora, queria começar pedindo para a senhora, por favor, compartilhar um pouco da sua trajetória como docente de química

P2

Boa tarde. Bom, meu nome é P2, sou bacharel em química, mas tenho Mestrado e Doutorado em Bioquímica. E faz dois anos que eu sou docente no PSS pelo Estado do Paraná. E atuo nas escolas públicas dando aula de ciências no ensino fundamental e depois é química a partir do nono ano até o ensino médio. E de vez em quando umas aulas de matemática. (risos)

Entrevistador

Naturalmente, né?

P2

Isso, mais ou menos isso.

Entrevistador

Professora, quais são as suas principais dificuldades como professora de química?

P2

Ah, nossa... Acho que a dificuldade já começa quando você chega na sala e fala que é professor de química, todo mundo já tem aquele, né, “ah é muito difícil, não entendo nada”... E aí vamos falar no ensino médio né, pois no fundamental a gente fala de ciências, um pouco de biologia, um pouco de química, é um pouco diferente. Então, no ensino médio, é trazer pra realidade deles. Fazer com que eles entendam que (a química) é uma coisa que está presente o tempo inteiro em tudo que eles estão fazendo, desde o mecanismo de respirar até dormir. Fazer com que eles consigam linkar esses conceitos, né? Mas, eu acho que também a estrutura de muitas escolas não tendo, por exemplo, não possibilitando uma parte prática, nem que seja uma coisa bem simples, às vezes, até metodologias ativas que envolvam coisas que os alunos tragam para a sala. Às vezes, você não tem essa abertura, essa recepção da parte administrativa e pedagógica da escola, que possibilite isso daí e então te ajude a fazer esse esse link, deixar a coisa mais dinâmica assim, mais ou menos.

Entrevistador

Professora, como você descreveria agora funilando um pouco mais né? Como você descreveria a sua relação com tecnologias e/ou ferramentas digitais voltadas para contextos educacionais? Com que frequência você as utiliza?

P2

Olha, minha experiência de docência é bem recente, né? São dois anos e eu tenho

34 anos. Mas eu sou uma pessoa que eu não uso muito Inteligência Artificial. Às vezes, para preparar algumas aulas, principalmente práticas adaptadas. É aquilo que eu falei, possíveis de trabalhar com os alunos. Mas eu não sou uma pessoa que usa muito em sala, eu sei que tem muitos outros professores que fazem o uso dessas tecnologias. Até nos sistemas disponibilizados para a gente, por exemplo, às vezes tablet, às vezes o Educatron que é aquele mecanismo daquela televisão, né, mas eu não sou muito essa pessoa que usa nas aulas assim.

Entrevistador

Nesse caso, professora, a pergunta também é voltada para ferramentas que não são de Inteligência Artificial, por exemplo, aqueles simuladores que a gente encontra em sites.

P2

Ah, usei alguns algumas vezes, já usei. Eu já usei sim.

Entrevistador

Ajuda bastante, né?

P2

Ajuda. Por exemplo, tem um que é bem legal, quando você está trabalhando com pH. Ele mostra lá, se você misturar, tem desde de vômito à sangue e não sei o que. Não sei se você já viu, é um que despeja assim, eu não lembro o nome. Mas eu confesso que eu deveria usar mais. Eu uso menos. Eu gosto muito ainda de fazer as coisas. Às vezes eu uso eles (alunos) como coeficiente estequiométrico, faço eles levantarem. Não sei dizer exatamente assim, mas o que eu percebo é que às vezes eles estão cansados de tecnologia muito de tecnologia. Porque hoje no ensino justamente aqui onde a gente está tudo é plataforma digital, então, às vezes, eles estão cansados. Então eu acho que uma coisa que poderia ser boa, tem sido usado de uma forma tão discriminada que eles já estão com um pé atrás com isso, não sei se me entende. Eles falam que odeiam e que não querem fazer, né? Enfim.

Entrevistador

Professora então agora exercendo um pouco mais a criatividade se a senhora conseguisse imaginar uma ferramenta digital capaz de criar conteúdos educacionais, resumos questões atividades práticas a partir de comandos seus como que ela funcionaria e qual que seriam suas principais preocupações ao fazê-la?

P2

Nossa... Eu acho que uma plataforma, tipo um laboratório online para a simulação de práticas. Você não teria uma preocupação com a segurança física, a integridade do aluno. Claro que também não substituiria né? Você tá ali na prática, mas é algo que daria para suprir um pouco, principalmente pensando em escolas públicas onde a gente não tem disponibilidade de laboratório prático na maioria da realidade das escolas.

Entrevistador

Interessante. E uma preocupação que seria pertinente nesse caso?

P2

Eu acho que teria que ser linkado à um conteúdo teórico então, por exemplo. Ah, se eu tiver falando de uma titulação ácido-base, aí eu vou lá então, o que que você precisa? Ah, padronizar uma solução de NaOH. O que acontece na padronização do NaOH com biftalato? Faz lá a reação, como é que é a titulação? Como que é a parte prática? O mecanismo de você soltar a bureta? Calcula concentração, etc.. Então tem uma parte prática que é meio visual, mas também tem uma parte teórica.

Entrevistador

Um referencial teórico para se basear nos experimentos, então?

P2

Isso. Como é que faz esse cálculo? Como se fosse uma coisa prática e misturasse uma resolução de Khan Academy, uma coisa assim, sabe? Aí depois falava: Ah então agora vamos titular um HCl, um ácido forte. Aí coloca tanto no Erlen (Erlenmeyer), vai lá e coloca. Coloca tanto na bureta, etc. O que tá acontecendo aqui no primeiro momento antes de começar a titulação?

Entrevistador

Nossa, eu imaginei um simulador 3D. Legal.

P2

Tipo assim, só que não só ali mostrando você controlando a bureta. Tipo, tô aqui com o mouse (controlando a bureta) e depois, com a outra mão no teclado agitando o Erlen, mas também o passo a passo. Tipo, o que acontece? Tem mais ácido? Tem mais base? Tem mais íon hidrônio? Para validar o conhecimento, não só a parte prática, eu acho que me preocuparia nisso de ter um embasamento teórico e ter algo consiso para que eles possam linkar aquela parte prática aos conteúdos. Para não ser só uma coisa ali jogada. O que acontece, né?

Entrevistador

Exatamente, professora. Agora falando de IA, o que você pensa, como professora, da participação dessas tecnologias em contextos educacionais?

P2

Nossa, meu Deus (risos). Aí a gente tá em um limbo assim, que, meu Deus. Olha eu vou te falar uma coisa, é igual eu falei né? Eu estou há pouquíssimos anos na docência. Mas cada vez mais é uma loucura maior de ambas as partes. Dos alunos porque, vou ser bem sincera, hoje, eu não passo mais atividade para fazer em casa, porque eu sei que não eles não vão fazer. Então, se eu vou fazer uma atividade, uma lista de pH, titulação, cálculo de pH, enfim, todas essas coisas, eu monto, entrego na

sala, fazemos juntos, eles colocam o nome, eu recolho e no outro dia eu entrego de novo, porque eles não fazem (em casa). Eles não fazem, é só ChatGPT, não tem jeito. Mas tem o outro lado (professores), porque esse ano mesmo eu estava em uma escola onde os alunos foram denunciar a professora porque eles tiraram foto, filmaram a professora dando aula através do ChatGPT, a professora copiando do ChatGPT diretamente no quadro. Então, tem os dois lados. Tá meio que um limbo. Acho que tem que ter um pouco de discernimento das duas partes, né? Claro, a gente tem uma dúvida, você vai lá joga, dá uma estruturada no texto, mas não dá, né? A gente tem que ter o mínimo de conhecimento. E os alunos é uma coisa incriminada. Hoje em dia eu fico imaginando um professor de redação. Sabe, na química, a gente ainda tem um pouco mais de cálculo, é um pouquinho mais difícil deles (alunos) conseguirem jogar aquilo no ChatGPT. Mas imagina um professor de português, por exemplo.

Entrevistador

Hoje deve estar difícil para eles.

P2

Então, eu sinceramente não consigo pensar numa forma que alinhe isso para a educação. Assim, como não substituir? Eles pararem de usar o ChatGPT e começaram a pensar no que que eles tem que fazer, entendeu? Eu sinceramente juro para você, não consigo pensar agora numa solução que, ah, a gente poderia fazer isso.

Entrevistador

Tá difícil mesmo. Essa é uma das nossas justificativas para essa pesquisa para tentar entender como essa comunidade docente de vocês (professores de química) estão percebendo essas tecnologias. Justamente para tentar colocar pingos nos i's. Se a gente conseguir um pingo no i já tá bom.

P2

Nossa, com certeza. E é isso que eu falei: é de ambos os lados, sabe? Essa questão mesmo dessa colega foi uma coisa complicada, porque abre um precedente afetando a todos nós professores. Vamos torcer para que as coisas melhorem.

Entrevistador

Professora, você já comentou um pouco, mas, você já utilizou ou tem utilizado IA generativa para auxiliar no planejamento das suas aulas? Caso sim, para que você usou e como é que foi a sua experiência e caso não por que você não usou?

P2

Então, eu uso bastante para adaptação. É uma coisa que eu gosto bastante de fazer. Por exemplo, essa semana mesmo eu estou preparando umas aulas de quantificação de açúcar redutor. Então, se eu estivesse no laboratório, na universidade, na academia e tal, aonde tem um pouco mais recurso do que no numa escola de ensino médio pública, eu teria mais condições. Então, a gente tem que adaptar algumas coisas para a realidade dos alunos, pedir para eles trazerem alguma coisa de casa,

sei lá, entendeu? Então, às vezes eu uso bastante para isso: adaptar umas metodologias, principalmente, coisas práticas. E é claro que eu sou privilegiada quanto a isso porque hoje eu leciono numa escola onde tem dois laboratórios de química. A gente não tem tudo, mas comparado a outras escolas é maravilhoso. E então eu acho que hoje o que eu mais uso para isso: adaptação de aula. Às vezes, umas ideias de atividades, porque às vezes a gente não tá mais (apto). Já usou todos os nossos recursos ali didáticos e pedagógicos. E aí, você quer fazer uma atividade diferente, sem ser em duplas, sem ser pergunta-resposta. Então acho que hoje o que eu mais uso é nisso daí.

Entrevistador

E tem sido uma experiência positiva ou negativa?

P2

Vou te falar que, mais ou menos, tá? Assim, o que eu mais uso é ChatGPT. Esse novo do Google é o Gemini, né? Eu quase não usei não então não tenho uma experiência assim, não posso te falar. Então, o ChatGPT tem aquele rolê lá, né? Que você excedeu lá, não sei o quê... E aí ele começa assim meio que um delírio assim, né? Ele começa a delirar. E aí volta naquela questão dos alunos, você tem que ter o mínimo de conhecimento do que está pedindo para ele fazer porque de repente se você não prestar atenção no que está escrito de repente começa a ter umas ilusões ali, umas coisas erradas. Então eu acho que tem que ter um limite e a pessoa tem que ter um conhecimento. Por exemplo, eu quero propor uma prática para determinação de açúcar. Aí ele fala para mim uma coisa não tem nada a ver se eu sou uma pessoa que não tem o mínimo de conhecimento e eu não consigo ver que aquilo lá não vai dar certo... Então, é meio que isso. (As IAGs) tem boas ideias, mas também tem uma hora que acho que ele chega no limite. Assim, não sei explicar exatamente, mas acontece. Às vezes ele começa a ficar umas coisas repetitivas. Um outro exemplo, quando você pede para ele estruturar, eu quero falar de um assunto, teorias ácido-base e aí ele começa a linkar em pontos e quando você pede para ele reestruturar ele já linka outros pontos e daí fica confuso. Então acho que tem prós e contras.

Entrevistador

Professora, você acredita que o uso dessas tecnologias de IA, no caso, em contextos educacionais, tem a capacidade, pode impactar a relação professor-aluno?

P2

Será? Nossa, tô pensando... Ai, não sei nossa difícil essa pergunta, hein? Se tipo melhoraria a minha relação com os alunos de alguma maneira? Ou não? Assim ó, voltando ao exemplo dessa colega de trabalho que teve esse problema. Eu escuto muitas vezes na sala quando eu chego com um livro, por exemplo. E eles falam assim, nossa professora, você tirou essa atividade do livro? Ou quando você escreve assim uns exercícios que são tirados de vestibulares ou de concurso? Eles ficam nossa professora, você tirou de onde? Uai, foi do livro. Tem uma coisa que aconteceu também, uma vez eu tava dando aula de fisicoquímica, eu não tinha tanta experiência, eu tenho mais experiência em aulas de analítica, que é o que eu sou boa mesmo lecionando assim, mas tava dando aula de física e assim tinha algumas coisas que eu

tinha estudado na faculdade, e já não lembrava mais assim, sabe? E eu fui pegar meu caderno de 2013, cheguei na sala e quando eles viram que eu tava que eu tava baseando no meu caderno na faculdade de 2013... Então é o que eu falei, a gente tá numa coisa assim que acho que até eles estão meio cansados. Então eu não sei se é possível da forma que a gente utiliza hoje impactar de uma maneira positiva porque o que eu vejo que eu pelo menos tenho recebido de feedback é o contrário. Quando a gente fala de livro, quando a gente fala, por exemplo, de uma coisa que era minha antiga, eles amam, eles adoram. Entendeu?

Entrevistador

Sim, faz muito sentido.

P2

Aí eles perguntam, nossa, professora, você tirou do ChatGPT? Então, eu não sei... talvez se existisse uma outra forma, um outro modelo, né? Por exemplo, esses sites, não sei se são considerados IAs, que eles gostam e tal... Mas assim, essa história do caderno de 2013 aconteceu recentemente, meses atrás. Nossa, você tinha que ver quando eles viram. Eles não acreditaram. Nossa, professora, não acredito tá? Falei gente, eu também estudei... Então, não sei... Eu acho que hoje na minha visão a resposta seria não. Eu não acredito que talvez melhore, no modelo que a gente tem hoje.

Entrevistador

Então, sim, pode impactar, mas impacta negativamente?

P2

Negativamente. Eu acho que sim. Porque o impacto de eu chegar lá com o livro ou com uma lista do ENEM ou com meu caderno da faculdade de 2013 e passar o mesmo exercício que eu fiz lá em 2013 é diferente do que eu falar que tirei do ChatGPT. Assim, essa é a minha experiência, né?

Entrevistador

E para você, professora... Quais são as principais dificuldades em incluir as IAGs no planejamento das suas aulas? E o que poderia facilitar esse processo? Você sente alguma dificuldade?

P2

Eu acho que é essa que eu falei que de repente fica umas coisas genéricas. Acho que a principal seria essa. E essa distribuição sempre em tópicos, o ChatGPT é muito assim, né? Fica aqueles tópicozinhos.

Entrevistador

E o que poderia facilitar esse processo?

P2

Nossa, não faço a mínima. (risos)

Entrevistador

Talvez melhorar a qualidade das respostas?

P2

É um banco de dados, né? Eles tiram isso daí do banco de dados da Internet, sei lá. Talvez... A estrutura de onde virá a resposta... No caso de nós professores, consultas de base de científicas mesmo, porque às vezes por exemplo se você quer falar de uma coisa mais científica, por exemplo, artigo científicos, periódicos mesmo revisado por pares, ele não é tão eficiente, mas ele procura sites de internet, só que você, por exemplo, você não vai poder usar aquilo ali como uma referência. Então na parte acadêmica é um pouquinho mais difícil você, por exemplo, justamente se você não paga, né? Eu nunca paguei por exemplo. Não sei como é que funciona daí se é diferente, mas falando quando é gratuito. Essa parte é bem difícil. Você ter dados que você consiga linkar é mais difícil. Ele demora para buscar, isso o chatGPT, tá? Porque as outras eu realmente não uso. Mas ele demora para buscar. E não acesso artigos, entendeu? Então isso é mais difícil.

Entrevistador

Beleza, professora. Continuando nessa pegada das IAGs no ensino de Química, qual/quais você vê como os principais benefícios e desafios na participação delas no desenvolvimento de suas aulas de Química?

P2

Acho que o benefício assim, ó, inclusive comigo isso acontece com certeza, ninguém sabe tudo. Às vezes a gente esquece e você dá uma consultada ali na hora, né? Às vezes não tem jeito, a gente esquece. Ah você quer saber o peso molecular de uma molécula, a densidade de não sei o quê e de repente precisa, realmente. Então a facilidade às vezes disso daí. Qual era a outra pergunta? Ah, os desafios, né?

Entrevistador

Isso, os desafios também.

P2

Fazer com que os alunos parem de usar isso daí como muleta e queiram aprender realmente. Usem como auxílio e não como componente principal do estudo, entendeu?

Entrevistador

Como você avalia a participação das IAGs no desenvolvimento de atividades gerais de química? Algum aspecto gera dúvida preocupação? Isso também vale para as atividades experimentais.

P2

Acho que é aquilo que eu falei, se o professor tiver um conhecimento daquilo que ele tá querendo propor para os alunos e utilizar a IA como um auxílio também, principalmente de ideias, eu acho muito legal. Eu vejo professores de outras áreas também na escola, não só da química, que desenvolvem coisas bem legais e utilizam essas ferramentas de auxílio. Acho que não é de todo mal, sabe? Se usadas bem... Para estruturar textos para os professores, uma coisa que você vai propor para os seus alunos, alguns resumos, sei lá, trabalho suplementar, correção, né? Você joga ali ele corrige para você o que você colocou errado. Entendeu? Então, acho que nessa parte é muito bom.

Entrevistador

E em sua percepção, professora, como que as IAGs podem ser utilizadas nos seus planejamentos de aulas como recurso adaptativo para atender diferentes necessidades e níveis de aprendizagem dos estudantes?

P2

Essa é uma questão que ultimamente tem sido muito discutida, principalmente porque tem cada vez mais alunos atípicos nas escolas e agora com essa questão de acabar com as escolas ILES e colocar na escola regular, tem sido complicado. Ah, eu acho que pode ser que seja mais ou menos da mesma maneira de auxiliar assim na hora, né? Por exemplo, mas aqui não era na Química, eu tava lecionando Matemática para o sexto ano, ano passado e eu tinha um aluno com um grau de autismo severo e entre outras coisas. Ele tinha uma professora de apoio fixa, né? Porque muitos alunos têm professores de apoio que são ficam entre vários outros alunos. Então, eu consegui adaptar algumas coisas para que ele pudesse participar, né? Então eu acho que da mesma maneira assim, mas eu acho que é mais difícil. Eu acho que é bem mais difícil. E assim, bom, mas para o bem para o mal, né? Digamos... Primeiro que acho que a escola pública em si em geral, ela não está preparada para receber esses alunos. Os professores não são preparados o suficiente, os professores de apoio são insuficientes para a quantidade dos alunos. Mas, tem exemplos muito bons. Assim, eu mesma dou aula esse ano numa turma de Biotecnologia, dou aula de química analítica, mas eles fazem um ensino médio integrado com curso técnico de Biotecnologia, aí eu leciono analítica para eles. Tem uma aluna superdotada, altas habilidades, ela é ótima. Mas, ela é totalmente... Como eu poderia dizer? É difícil, de difícil interação, principalmente relações interpessoais com os colegas da sala. Mas é, tem muito assim. Enfim, acho que nessa questão do auxílio também, ideias, porque foi como eu disse, por exemplo, eu entrei ano passado na minha primeira turma de um ensino médio e eu não sabia o que que era o aluno laudado. Ninguém nunca me falou. Eu tive que aprender ali na hora, entendeu? Então você vai aprendendo com a vivência. Então, eu acho que é nisso nessa questão de auxiliar, de dúvidas, adaptação de trabalhos, de atividades, porque você não pode dar uma prova de um aluno sem laudo para um aluno que tem um laudo de TDAH, de TOD, é totalmente diferente. Mas é uma pergunta muito boa para a gente pensar.

Entrevistador

E professora, quais critérios, ou qual critério, você considera essenciais para garantir

que o conteúdo criado com a ajuda dessas IAs seja confiável e adequado para os estudantes em sala de aula?

P2

Nossa. Me faz pensar. Porque da onde que vem essas respostas, né? Nossa, essa é uma pergunta muito difícil. Porque assim ó, eu não sei como é que funciona. Se essas IAs buscam qualquer coisa que tá na internet? Porque assim, qualquer um pode escrever qualquer coisa na internet, né? Eu posso escrever uma teoria aqui falando que dois mais dois é seis, por exemplo. Então ,eu não sei exatamente. Agora, para que eu avalie, eu ainda acho que hoje é a prova. Talvez não prova, uma atividade avaliativa. Não exatamente daquela questão de prova. Sei lá, um Quizizz ali, perguntas e respostas, umas outras coisas diferentes. Não exatamente aquela prova que a pessoa senta e faz ali. Porque se o aluno estiver estudando baseado em respostas que não são confiáveis do ChatGPT, cabe ao professor daí avaliar qual o conhecimento que o aluno teve, né? Mas eu não sei como seria possível, porque sei lá... regulamentando as coisas que as pessoas colocam na internet, talvez? (risos). Talvez regulamentando qual é a base de dados, eu não sei se é possível, eu não sei nem se isso existe, né? Porque é bem fora da minha realidade, entendeu? Algo nesse sentido. Mas eu ainda acho que hoje, cabe ao professor avaliar o conhecimento do aluno.

Entrevistador

E para finalizar, você acredita que a comunidade docente, e isso não só de química, num geral, está preparada para implementar soluções de IAs generativas?

P2

Jamais (risos). Desculpa. Não. Acho que não. Mas essa resposta é muito mais complexa do que só jamais. Assim, eu acho que depende, ó. Eu tenho também contato com ensino superior, né? Então assim é um pouco diferente. Agora, se eu tiver falando de ensino estadual, médio, escola pública, primeiro, segundo e terceiro ano, a história é muito diferente. Essa resposta é muito mais ampla. Eu acho que seria uma boa ferramenta, mas o sistema de ensino teria que ser mudado. Hoje, com esse monte de plataforma que os professores são obrigados a usar, eu não sei na verdade os professores estariam dispostos a gastar mais energia implementando algo assim, entendeu? Então eu acho é eu acho que eles veriam isso daí. Tipo, puts, mais uma coisa que a gente é obrigado a usar os alunos não vão querer fazer. Eu acho que teria que mudar o jeito do sistema de ensino.

Apêndice D – Transcrição completa da entrevista com o professor P3

Entrevistador

Primeiramente, boa tarde. Professor, eu queria, por favor, que o senhor começasse me falando seu nome e compartilhando um pouco da sua trajetória como docente de química, por favor.

P3

Meu nome é P3. Eu comecei dando aula já em 2007. Quando completei um ano de formação. Daí, já entrei com PSS, já faz um tempinho. Em 2012, eu entrei como QPM com 40 horas também, mas daí já como concursado né? Daí eu fiz também uma especialização, e depois eu fiz uma nova especialização em psicopedagogia e continuei dando aula também, normal. Em 2015, eu comecei meu Mestrado e concluí em 2017, aí fiquei dando aula mais um ano. Em 2019, entrei no Doutorado e concluí em 2023 e também, continuei dando aulas de química, 40 horas normal e aí estamos aí, né? No empenho de cada dia. A parte profissional acho que é isso aí no sentido da formação acadêmica.

Entrevistador

O Mestrado e o Doutorado foram em química?

P3

Ensino de ciências e educação matemática. No PECEM.

Entrevistador

Beleza, professor. E como docente de química, quais são as principais dificuldades que você sente?

P3

Hoje em dia, eu acho que mais a disciplina dos alunos é o que eu acho eu tenho achado mais difícil ultimamente. E agora também a compactação do conteúdo de Química. Antes eram 3 (três) anos agora são só 2(dois). E daí você precisa, em pouco tempo, dar o conteúdo necessário. A gente sabe que o tempo de aprendizagem do aluno não é “daquele jeito”, né? Você supõe que um aluno estude em casa, você supõe que ele faz a atividade na sala, você supões que ele esteja prestando atenção na sua explicação, você supões tudo isso. Daí, você compacta o conteúdo de Química em 2(dois) anos, e os conteúdos são os mesmos, só diminui o tempo. Antes, os alunos já reclamavam que não aprendiam direito. Agora você diminui esse tempo e mantém os conteúdos. Então, eu acho que é bem complicado. Ou você dá uma superficialidade no conteúdo ou você o explica, né? Então é bem difícil, no caso dessas escolhas. Você acaba tendo que deixar um conteúdo ou outro, e a disciplina dos alunos a gente sabe que não é tão simples assim. Acho que é isso que acaba sendo mais difícil, embora o RCO tenha aulas prontas, algumas ruins outras, muito boas... Mas, o tempo, acho que para expôr o conteúdo acaba sendo bem limitado. E daí você acaba tendo essa dificuldade, né? Você precisa avaliar o aluno em um mês e um conteúdo que

antes dava em dois meses. Então você sabe que acaba tendo uma dificuldade: Ou você simplifica bastante, bastante e dá a nota para o aluno ali, ou você explica realmente o que a Química te pede para explicar. Basicamente, acho que essas são umas das dificuldades que sinto hoje em dia. E a questão do comprometimento também.

Entrevistador

Perfeito. Professor, afunilando um pouco mais para nossa pesquisa, como o senhor descreveria a sua relação com tecnologias e/ou ferramentas digitais voltadas para contextos educacionais? Não falando só de IA, por exemplo, aqueles simuladores de balanceamento e de pH. Com que frequência o senhor diria que vocês as utiliza?

P3

Recursos tecnológicos a gente utiliza em toda aula. Usa Educatron, usa celular, usa Internet. Agora, as plataformas às vezes a gente acaba usando um pouco menos. Tem o Quizizz, que a gente acaba usando de forma constante. Tem os vídeos também que, esporadicamente, a gente acaba utilizando também. No RCO tem essas aulas também com os vídeos. Agora, outras plataformas, a gente não tem muito o costume de usar não, para falar a verdade. Para fazer aqueles Perguntas e Respostas a gente usa, também. Basicamente isso. Agora, para elaborar provas ou alguma coisa que a gente utiliza Inteligência Artificial, seja para organizar uma aula diferente ou outra. Mais ou menos assim, né? Só que como já que vem muita coisa pronta, você acaba às vezes até não trazendo tanta coisa adicional porque já tem bastante coisa, né? Você acaba só sintetizando um pouco mais aquilo que vem.

Entrevistador

Professor, agora, exercendo um pouco mais a criatividade do senhor, se pudesse imaginar uma ferramenta digital capaz de criar conteúdos educacionais, como por exemplo, resumos, questões, atividades práticas, a partir dos seus comandos. Como que como que ela funcionaria e quais seriam as suas principais preocupações?

P3

Ela te dá facilidade e isso não tem nem como negar. Você coloca lá os *prompts*, os comandos, e quanto mais específico é o comando, melhor é a resposta, né? Aí você especifica mais aquilo que você quer. Por um lado ajuda, o aluno a fazer perguntas... Porque, no meu Doutorado, trabalhei sobre perguntas. Você saber fazer uma pergunta correta é o primeiro passo, né? E os, alunos, até no Google, têm uma dificuldade tão grande de criar uma pergunta. Por exemplo, você quer saber a fórmula da acetona. Às vezes, têm alunos que tem a dificuldade de colocar a pergunta: qual é a fórmula química da acetona? Bem específico. Daí você vai lá em imagens e você vai ver as fórmulas. Pronto. Às vezes, esse comandinho tão simples, eles têm essa dificuldade, né? É você tem que ensinar eles a fazer a pergunta correta ou reformular a pergunta, ou então, deixar mais criteriosa pergunta. Eu sou professor de tal, eu quero fazer uma pergunta para tal ou eu sou aluno do primeiro ano, tal, etc...

Entrevistador

Muito legal o senhor tocar nesse ponto do detalhamento dos *prompts*.

P3

É porque nós fizemos um curso no ano passado lá do PDE e daí tava na última versão o ChatGPT de lá. Aí o rapaz que deu a palestra pra nós fazia perguntas em português e a IA já ia traduzindo para ele em inglês. Ia conversando em tempo real. Ele fez um videozinho e mostrou pra gente como que tudo avançou. A preocupação minha, que você havia perguntado, eu até falo para os alunos. A recomendação que dou á eles, nesse sentido: não é que seja ruim usar; é legal. Mas desde que você faça o caminho correto, né? Será que antes eu ter uma ideia, eu já quero perguntar para o ChatGPT? Eu acho que é meio complicado, porque daí mina minha criatividade e com o tempo eu vou perdendo a minha criatividade. Porque eu dependo muito de uma ferramenta. Agora, se eu tenho uma ideia e ela me ajuda a melhorar, desenvolver essa ideia, aí é outra coisa, né? Acho que é bastante interessante. Ou então, para corrigir algo que você fez. O risco é a pessoa depender demais desse recurso, chega um momento que não é ele mesmo mais.

Entrevistador

É o que a gente luta contra nessa linha de pesquisa.

P3

Exatamente. Então, você tá no caminho certo no sentido de educar de como usar.

Entrevistador

Não é sobre automatizar e sim aprimorar, isso mesmo. Professor, o senhor como professor de Química, o que pensa a respeito da participação das tecnologias de IA em contextos educacionais?

P3

Acho que é bem válido. Porque eu tô fazendo até em inglês as IAs. Parece que você fica muito mais livre. Você faz a pergunta, ela corrige, ela corrige você mesmo para o inglês. Eu tava usando uma plataforma, ela é bem eficiente. Ela te dá exatamente aquilo que você precisa. Outro dia eu fui pesquisar uma organização de aula onde eu havia pensado mais ou menos em um esquema, pedi para ela (IA) assim: me vê uma revisão de tais conteúdos e ela veio certinha, alinhada com aquilo que tinha pensado no sentido de estações. Era mais ou menos aquilo mesmo. É claro que quando você tem uma bagagem maior você consegue falar “isso aqui é real e isso aqui não é real”, né? Isso dá para aplicar, isso não dá. Mas nessa que eu consegui colocar umas especificações melhores, ela foi adaptando, aí dei um novo comando e ela conseguiu especificar mais naquilo que eu queria. Então, eu acho que vem para ajudar. Não adianta você querer ir contra e falar que não, ela (tecnologia de IA) vem para ajudar bastante no sentido de você fazer as perguntas corretas e utilizar. (risos)

Entrevistador

Legal demais ouvir isso, professor. O senhor já comentou um pouco. Você já usou, ou tem utilizado as IAs generativas para auxiliar no planejamento das suas aulas? Caso sim, para o que usou e como foi a experiência? Caso não, por que não usou?

P3

Para fala a verdade, eu não tenho muito o costume de usar não. Até para provas, como eu já tenho tantas prontas, eu acabo só readaptando elas e as reutilizando.

Entrevistador

A bagagem do senhor vem pré-IA, né?

P3

Então já veio antes. Naquela época, nem aquelas contas de cálculo que a gente sofreu tanto para fazer agora ela faz de graça, né? (risos). Lembrei até de uma situação quando o professor lá da UEL falava assim, quando entrei em 2000/2002, que tinha aquela tabelinha de log quando ele estudou e agora, nós já tínhamos a calculadora que fazia tudo pronto. Ele falava que a gente tinha vida boa. Assim, acho que é a mesma coisa. Teve até uma pessoa que uma vez comentou comigo que você tinha que aprender fazer matemática, fazer cálculos. Depois, outra pessoa respondeu questionando “para que saber fazer isso? Basta ter um aparelho no bolso que ele faz essas contas para você. Antigamente, achavam que era impossível. Hoje eu tenho calculadora, tenho celular. Então, é uma nova forma de pensar. Mas eu usei em alguns planejamentos curtos. Tipo, eu quero para duas aulas, o que eu posso fazer? Para dar algumas ideias e eu acabei pegando. Só que tem ideias que ele dava meio viajadas e eu acabava nem pegando. Mas eu peguei algumas sugestões que eu achei interessante. Não é tão comum eu utilizar, mas agora eu tô fazendo uns testes. Hoje mesmo, eu fiz e deu certo. No sentido de dar um experimento, ele tinha que fazer um relatório, só que eu coloquei aquilo que eu queria. Então, até para os alunos buscarem cada parte que eu queria, eles foram buscando no celular no ChatGPT. quando eles usavam o celular era tudo pelo ChatGPT. E nada era na busca geral, então, eu ia direcionando eles: eu quero assim, assim e assim. A gente percebe que, tendo o ChatGPT, quando você dá um comando para eles, no caso, os alunos, eles terem que fazer de acordo como que eu quero, eles têm dificuldade em jogar a informação no ChatGPT ou jogar no Google ali e pegar aquilo que realmente eu quero, sabe? Eu acho que é uma construção. Agora, para elaborar perguntas, eu achei legal. Algumas perguntas que eu tô fazendo durante as práticas experimentais, eu coloquei os comandos e ela deu bem certinho aquele que eu queria. Quando não era, eu reformulava a pergunta e ficava perfeito.

Entrevistador

Professor, você acredita que o uso dessas tecnologias de IA Em contexto educacionais pode impactar a relação professor-aluno? Caso sim, de que forma? Caso não, porque que você acredita nisso?

P3

Ah, com certeza sim impacta. Acredito que deva influenciar porque o aluno sabe que ali no celular ele tem as informações que ele acha que precisa, e às vezes na hora que você passa um conteúdo novo, pode ser que ele ache que não é importante aprender porque quando ele quiser pesquisar ele vai ter o celular e o ChatGPT. Eu acho que essa é uma dificuldade um pouco maior, pois se aluno tem um celular na

mão, eu percebi, você faz qualquer pergunta, às vezes alguns vem com uma resposta muito rápida. Ou seja, ele fez uma pesquisa e acaba não recorrendo a você para tirar dúvidas, só copiando. Agora, nas turmas em que os alunos não têm acesso fácil ao celular, a gente percebe que ele depende mais de você, ele acaba perguntando e às vezes a gente sai “sugado” da aula, sabe? Os alunos perguntam, perguntam, perguntam... Agora, se tem o ChatGPT ele acaba indo só lá. Na verdade, ele nem te pergunta nada, pelo que eu percebi.

Entrevistador

Você sente que tem uma desvalorização do trabalho do professor nesse processo?

P3

Com certeza vai ter desvalorização. Mas, na sala eu acho que é mais pela facilidade. porque a gente sabe que, por exemplo, até a questão de você fazer uma apresentação em PowerPoint. Antes, você ficava fazendo um tempão, né? Hoje você já coloca lá e ela (IA) faz muito rápido. É uma coisa que fica pronta em dois minutos, demorava duas horas para fazer. O aluno tem essa mesma coisa. Pra que eu vou ficar pensando aqui em uma aula se, em 15 minutos, eu posso só copiar uma ideia já pronta, sabe? Vai fazer ele tirar nota, vai fazer ele passar com menos esforço. Então, acho que o caminho que ele segue é mais ou menos por aí. Porque se ele perguntar para você, ele vai ter que pensar, ele vai ter que construir uma frase, se ele tem dificuldade em português, ele vai trabalhar um pouquinho mais. Daí a relação com o professor, eu acho que ele acaba diminuindo mesmo, se ele tem esse acesso mais rápido, eu acho que acaba diminuindo.

Entrevistador

Impacta negativamente então?

P3

Sim. Agora, se for bem orientado... Eu não lembro quem falou isso uma vez, se você permitir utilizar em momentos de consulta, eu acho bem válido. Só que não todo o tempo consultando. Por exemplo, numa atividade. Lá no grupo, a gente colocou lá em uma das IAs que não me recordo o nome. Tipo, permite você inserir três artigos aí ela já te faz um podcast com resumo. Muito prático isso, só que ao mesmo tempo se você se habituar, você perde a leitura você perde essa capacidade, habilidade de resumo. É um preço que você paga pela sua facilidade. Uma defasagem nas habilidades cognitivas.

Entrevistador

Professor, dentro dessa perspectiva, estamos também interessados em saber quais são as principais dificuldades para o senhor incluir essas IAs generativas no planejamento das suas aulas. O senhor sente alguma dificuldade em usá-las? Se sente, o que acha que poderia facilitar esse processo?

P3

Eu acho que comigo, é mais questão de hábito mesmo no planejamento. Mas, ajuda

bastante no plano planejamento. Eu lembro que até numa reunião de formadores a gente acabou utilizando, e a aula era assim mesmo.

Entrevistador

Mas você acha difícil usar ou é tranquilo?

P3

Não acho difícil, é até fácil, para falar a verdade. É que eu fico com um certo receio de ficar muito dependente (risos). A gente sabe que é fácil, então é bem conveniente, né? Ao mesmo tempo, eu ainda acabo fazendo normal. Às vezes, eu só pesquiso para dar uma orientação, às vezes eu copio e aí eu vou reestruturando a resposta fornecida, sabe? uu tô utilizando, só que eu acho que eu poderia estar usado um pouco mais.

Entrevistador

Interessante ouvir isso. E para você, professor, quais são os principais benefícios e desafios que você vê nessa participação das IAs generativas no ensino de química?

P3

O desafio é você utilizá-la de forma moderada para você também não perder o seu aspecto cognitivo. Se você utilizar demais, a tendência é você ir perdendo a criatividade e muitas outras habilidades. E a vantagem é que você ganha muito tempo. E para você elaborar uma boa aula, tem ideias muito interessantes. Eu já fiz umas perguntas até de vida mesmo, ele te dá um passo a passo perfeito, fico “Olha como ele acaba organizando as ideias!”. No sentido do que é planejar, ele te dá vários pontos. Ou então você vai uma palestra ele te dá vários aspectos que, às vezes, você não teria pensado. Eu acho que também é legal isso né? Você tem umas ideias, mas você tem muitas ideias novas que ampliam o seu léxico e a sua forma de abordar um conteúdo. Não sei há quanto tempo está dando aula, mas até para quem está iniciando eu acho que facilita muito, você ganha muito tempo e tem muita ideias novas. Uma aula que fizemos lá era sobre desmatamento, aí você tinha que abordar o tema trabalhando conteúdos de Química, Física e Geografia. Aí na hora que dávamos o comando lá para o ChatGPT era muito interessante. Você pedia uma sequência de aulas com duas horas aulas correspondendo às disciplinas de Química, Física e Geografia, ele dava certinho, organizado quais eram os conteúdos que eu queria abordar. Agora, o desafio é você trabalhar isso com os alunos. Fazer com que o aluno mantenha o protagonismo e aprenda alguma coisa utilizando esses recursos, né? Eu acho que esse que é o grande desafio para nós.

Entrevistador

Professor, afunilando um pouco mais agora. Como o senhor avalia a participação das IAs generativas no desenvolvimento de atividades gerais de química? Tem algum aspecto que te gera dúvida ou preocupação? E isso também é válido para as atividades experimentais?

P3

De atividade, a única preocupação é quando ela te dá informação errada para você conferir. Acho que essa é uma coisa bem complicada, porque você recebe uma informação e você já Joga lá na sua questão. Será que aquela informação é verdadeira? Eu acho que essa é a preocupação maior. A parte prática acho que é a mesma coisa. Eu lembro que eu dei uma aula sobre eletrólise semana passada, onde uma turma parecia que pegava aquilo que o ChatGPT dava de cara que era a eletrólise de bicarbonato. Eu vi que a sala inteira fez a mesma coisa (risos). Eles não tiveram criatividade de mudar, só pegou a primeira e fez. Mas teve outra turma que teve quatro tipos de eletrólise. Então eles não pegaram a primeira que apareceu, era uma turma mais participativa. Então vai do grau de engajamento que você queira. Se você quer utilizá-la como uma ferramenta exploradora, ela vai te ajudar muito, então, você pega uma ou outra ideia e você vai escolher qual a ideia você quer. Eu acho que é ótimo isso. Agora, quando você tá mais preguiçoso, você só vai e pega a primeira que vem e nem pensa a respeito. Acho que tanto na parte teórica e na prática, eu acho que aproxima-se muito. Teve uma vez onde o grupo tinha que fazer uma prática com o ChatGPT mesmo, no curso de form adores. A gente percebeu que, geralmente, o primeiro que vinha era o mesmo. Cada professor fez o mesmo comando em lugares diferentes. O comando era o mesmo para todos e no fim vieram muito próximos os experimentos. Era o mesmo experimento. Então, quer dizer que ela reproduz as mesmas ideias, não tem tanto assim... A menos que você especifique outros comandos para ela, talvez, mostrar de uma forma um pouco diferente.

Entrevistador

Em sua percepção, como as IAs generativas podem ser utilizadas nos planejamentos das suas aulas como recurso adaptativo para atender diferentes necessidades e níveis de aprendizagem dos estudantes?

P3

Ela ajuda bastante no sentido da linguagem. Quais termos técnicos eu posso estar utilizando para cada ano, seja primeiro, segundo ou terceiro. O jeito de cobrar o exercício, a IA ajuda bastante nisso, porque se você pedir uma adaptação para uma turma de nono ano, ela dá uma linguagem muito fácil. Ele até coloca o nível: fácil, moderado ou difícil. Aí eu acho que isso aí ajuda bastante. Pois para você desenvolver uma pergunta assim dá trabalho. Para você mudar vocabulário, e, nesse sentido, para o planejamento e a elaboração de perguntas, eu acho que ajuda muito. para você dar a mesma atividade só que em níveis diferentes. Adaptação.

Entrevistador

Legal. Professor, quais critérios você considera essenciais para garantir que o conteúdo criado com a ajuda das IAs generativas seja confiável e adequado para os estudantes?

P3

Tinha que ver os referenciais que cada uma utiliza. Eu vi uma vez, uma que até referenciava. Eu não lembro se é opcional ou como é que faz.

Entrevistador

Depende da IA e também se estamos utilizando a versão gratuita ou paga.

P3

É, eu lembro que uma vez, fiz uma pergunta, daí ela veio com a resposta e com as referências junto, de cada parte que ela pegou. Achei bem interessante. Nesse caso, pelo menos ficaria mais confiável. Parece até o nosso papel como pesquisador, pegar lá vários recortes de vários autores e colocar. Nesse caso, veio para ajudar. Igual eu mesmo. Quando eu passei pelo processo de transcrição de entrevistas, eu tinha que ir lá ficar ouvindo 3, 4 vezes. Você vai, escuta, daí vai digitando. Com as IAs isso já fica estudado e depois é só você formalizar. Esse é o caminho do ChatGPT que, às vezes, quando você pega pronto, você perde. Porque é uma construção para você firmar o conhecimento em si, aquilo que você tá aprendendo.

Entrevistador

Professor, para finalizar, última pergunta. Você acredita que a comunidade docente, e isso não só de Química, está preparada para implementar soluções de IAs generativas?

P3

Acho que ainda não. Mas tá tendo bastante experiências novas nisso aí. Vai ser uma aprendizagem para ambos. Acho que deve ter vários níveis, mas eu vejo que não tá muito preparada ainda não. A forma como a gente vai lidar com os alunos que acho que é um desafio grande. Tanto para nós, enquanto professor, como estamos utilizamos, e como nós permitiremos que os alunos utilizem de forma apropriada. Para nós, ajuda bastante no sentido de preparo. Mas, agora acho que é ainda mais desafios, né? Cada dia a gente vai aprendendo coisas novas, e as IAs, na questão de número de professores eu acho que deve diminuir porque até por causa da questão do inglês que eu tinha comentado, né? Ao invés de um professor eles colocam uma IA (risos). Pelo menos para linguagem. Eu acho que já tá atrapalhando. Só que, de todo jeito, você quer ter um feedback pessoal de alguém que consiga perceber a sua dificuldade, e eu acho que nisso o papel do professor ainda se afirma. No sentido de conhecer realmente a sua dificuldade, ter esse lado pessoal. Isso é só o professor mesmo, dar um incentivo para o aluno.

Entrevistador

A população está com medo. A expertise humana não vai ser substituída. Ela só vai sofrer uma adaptação. É complicado, a gente tá numa fase que a gente não entende direito como que o modelo empregatício vai se alterar por causa das IAs.

P3

E já está se alterando, né? Porque você viu aquele caso, que pela ética foi proibido. Não lembro qual o ator que já havia falecido, eles colocaram a imagem dele atuando como se fosse uma propaganda nova. Eu pensei “Olha, até depois de morto, querem utilizar ainda a imagem da pessoa...”. A IA faz isso, né? Depois até pararam de colocar, ou seja, não pode. E os direitos envolvidos?

Apêndice E – Transcrição completa da entrevista com o professor P4

Entrevistador

Primeiramente, boa tarde. Eu gostaria que você começasse, por favor, falando seu nome primeiro e compartilhando um pouco da sua trajetória como docente de química.

P4

Oi, eu me chamo P4. Sou formado em Química pela UEL, fiz Mestrado em Biotecnologia e enquanto eu tava finalizando, prestei a prova do PSS para o estado, né? Aí eu consegui, então, me qualificar para assumir algumas aulas. Inicialmente de Química, depois de Física e Matemática. Isso foi no ano de 2019. Depois, mais pra frente, durante o Doutorado eu fiz novamente a prova e eu novamente fui dar aulas nos anos de 2022 e 2023, aí com mais regularidade. Então, dá para se dizer que desde 2022 que eu tô dando aulas regulares de Química, Física e Matemática. No (colégio estudado), tem sido uma escola que eu dou aula assim com uma certa recorrência desde então.

Entrevistador

Tanto seu Mestrado quanto o Doutorado são em Biotecnologia?

P4

São. Biotecnologia. E a minha área de trabalho foi voltada para Química Orgânica referente à síntese de partículas de prata.

Entrevistador

Legal, professor. Quais você sente que são as suas principais dificuldades como professor de Química?

P4

como nós estamos vivendo um processo que foi implementado, o Novo Ensino Médio, tem ficado mais difícil tratar de Química em si porque houve uma diminuição da carga horária. E aí, alguns temas que precisam de mais tempo e maturidade para desenvolver, porque a Química, assim como a Física e a Matemática, essa área de exatas, tem a sua própria linguagem, né? Então a gente precisa adaptar essa linguagem para o aluno conseguir fazer uma abstração do que tá acontecendo. Muitas vezes, você não consegue trazer um objeto para eles enxergarem aquilo e tocarem. Então, muitas vezes, eles têm que imaginar. Essa parte de trazer imagens com a linguagem técnica é mais difícil, então demanda tempo. É uma nova linguagem que eles têm que aprender o significado. A partir disso a gente consegue construir uma base para poder tratar de temas mais complexos. Aí eles têm uma certa dificuldade quando aparece uma coisa nova. Tratar com o novo... Acho que a maioria das pessoas têm uma certa dificuldade, tem medo. Mas de um tempo para cá, tem ficado um pouco mais difícil, justamente por causa dessa pouca carga horária para você trabalhar com eles.

Entrevistador

Perfeito, professor. Afunilando um pouco mais para nossa linha de pesquisa, como o senhor descreveria a sua relação com tecnologias e/ou ferramentas digitais, aqui não falando só de IA, por exemplo, aqueles simuladores de balanceamento ou de pH que auxiliam a gente no ensino? Com que frequência você diria que as utiliza?

P4

Cara, toda vez que eu vou preparar uma aula eu sempre utilizo dessas tecnologias para agilizar o processo. É uma demanda, realmente, de uma luta contra o tempo. Como há poucas horas-atividades para você preparar uma aula, e acredito que ninguém gostaria de ficar preparando aula fora do trabalho, então aquela hora-atividade, aquele horário de trabalho ali que é para preparar uma aula, você acaba precisando de ferramentas, né? Então a tecnologia tá aí pra ser utilizada. Então, eu geralmente uso a busca por imagens, um resumo de algum conceito para poder produzir um slide assim com mais eficiência, trazer essa busca por imagens melhoradas, fórmulas... Então, a tecnologia eu sempre uso, sou um adepto da tecnologia para facilitar essa construção de aula. ela apresentar o armazenamento teórico com deficiência, né ela buscar ela tem

Entrevistador

Professor, agora exercendo um pouco mais a sua criatividade. Pensando na base dessas tecnologias, se você pudesse imaginar uma ferramenta digital que seja capaz de criar conteúdos educacionais, resumos, questões, atividades práticas, etc., a partir dos seus comandos, como que ela funcionaria e quais que seriam as suas principais preocupações?

P4

Minha principal preocupação seria ela apresentar o embasamento teórico com eficiência. Ela buscar e ter essas referências, ali, fáceis. E os meus comandos seriam a partir do conceito tal, busque exemplos de uma aplicação e mostre a interação da matéria, ou por forma de estruturas e fórmulas moleculares, e dando também exercícios já com a solução pronta. Coisas desse tipo, e sempre com imagens. Busca de imagens porque a química precisa muito disso. Para você construir esse conhecimento abstrato, você precisa conseguir visualizar o que você tá produzindo, a reação que está acontecendo, você precisa de bastante imagem, só texto fica muito maçante. As imagens contribuem bastante. Então, a ferramenta ideal seria uma ferramenta que trouxesse esse embasamento teórico-científico, apresentando-o e tendo também esse desenvolvimento, imagens, construção da linha de raciocínio e exercícios como exemplo para poder trabalhar.

Entrevistador

Muito bom, professor, vejo que conseguiu interpretar direitinho a pergunta. Professor, a respeito dessas tecnologias de IA, o que o senhor pensa, como professor, a respeito de sua participação em contextos educacionais?

P4

Como eu disse, elas auxiliam bastante em questão de ser eficiente. Mas como qualquer. Computador, tecnologia você precisa saber aplicar elas. Então, depende do que você precisa fazer. Se você quiser resolver algum tipo de exercício e você utilizá-la eu não acho que essa seria a melhor maneira de se utilizar uma IA, porque o processo de resolução demanda um tempo para você aprender o passo a passo lógico, e aí você na medida do processo em que você vai errando, você vai construindo essa etapa aqui, depois vou pra essa... Eu vou construindo isso. Se você for direto aplicar ela (IA), já pegando uma resposta pronta, aí você já tá usando de forma errada, porque daí é ela que tá fazendo as coisas por você. E o que você quer, nesse contexto de aprendizagem, é você aprender pois ela já sabe, né? Você não vai aprender só copiando, você precisa ter um processo cognitivo para fazer a resolução, criar o pensamento lógico, as etapas. Mas, se você souber usar ela... Pô, quero produzir uma imagem que me traga isso ou pedir que me explique como acontece tal fenômeno, me dê referências novas, coisas que eu posso buscar aí, eu acho que pra isso, é uma boa ferramenta. Ela tem diversas maneiras de ser utilizada, o que falta eu, acho, que é uma educação e talvez um controle também para poder direcionar: tem que fazer desse jeito, não dá para você utilizar toda hora, entendeu?

Entrevistador

Professor, você já utilizou ou tem utilizado IAs generativas ultimamente para auxiliar no planejamento das suas aulas? Caso sim, para que você usou e como foi a sua experiência? Caso não, por que você não usou?

P4

Eu uso, na maioria das vezes, para buscar alguma coisa, algum conceito rápido. Algum exemplo na vida real, coisas do tipo assim: “Crie um exemplo para produção de exercício”, mas nem sempre dá certo. Se for um tema muito complexo e você quiser criar coisas, até na resolução de exercícios ela erra. Justamente nessa área de Química, dependendo do assunto, quanto mais profundo mais fácil ela erra porque trata de diversos conceitos ao mesmo tempo, aí ela, às vezes, dá uma bugadinha. Aí você precisa, realmente, fazer essa revisão e observar se ela fez corretamente. Ela basicamente poupa tempo de você ter que num PDF, no livro buscar ali o texto exatamente onde está e buscar ali o tema. Então, você precisa saber já sobre o conteúdo, ver se aquela descrição faz sentido, aí você pode usar aquele conceito na hora ou não. Mas você precisa interpretar e saber se aquilo tá certo, não dá para só seguir ela. Ela vai tomar, às vezes, rumos estranhos.

Entrevistador

Ela chega no limite. Professor, você acredita que o uso dessas tecnologias de IA em contexto educacionais pode impactar a relação professor-aluno? Caso sim, de que forma? Caso não, por que você acredita nisso?

P4

Ele (uso) impacta, como eu disse, se a gente não souber qual que é o limite dela e como que vai ser utilizada. Já são várias as plataformas atuais que eu tenho contato

da Educação no Paraná, que já utiliza as plataformas com exercícios, tem bastante IA. Só que ela é limitada, ela não consegue fazer a correção do pensamento lógico do aluno. Às vezes, você só quer marcar um X ali, um verdadeiro ou falso e não tem uma explicação. Então, eu tenho notado que essas plataformas digitais tem sido um experimento para poder tentar substituir uma falta de professores. Já existem essas plataformas com vídeos, mas eu ainda não tive contato com alguma que fique ali ensinando um aluno sem um professor humano observando. Então, eu acho que a tendência é querer, realmente, tirar esse papel do professor de observação e passar para uma IA e que provavelmente vai ser um erro grande, porque você precisa de uma observação, precisa do contato humano com o aluno. E a palavra, o diálogo... O texto conta muito, mas o diálogo, acho que é a ferramenta mais mais rápida pra você conseguir ver se um aluno está aprendendo. Mas ela (IA) auxilia com a eficiência dela. Se você conseguir traçar os objetivos certos, você consegue deixar um trabalho mais eficiente. Só que ela é limitada, então toda vez que for aplicá-la é necessário fazer uma revisão para ver se ela está tendendo àquilo que você imagina, o que você tá objetivando.

Entrevistador

Então, o senhor acredita que pode impactar, só que negativamente, caso mal usada?

P4

Isso. Como já tem acontecido no Brasil ultimamente. Tá ficando complicado.

Entrevistador

Para você, quais são as principais dificuldades em incluir essas IAs generativas no planejamento das suas aulas? Isso se você sente. O que você acha que poderia facilitar esse processo?

P4

Eu acho que a primeira dificuldade é a disponibilidade delas. Você tem que pagar para ficar utilizando e nem sempre ela produz ali o resultado que você quer. Não conheço nenhuma ferramenta que consiga fazer tudo ao mesmo tempo, que é produção de imagens, fazer cálculo, fazer exercícios com ilustrações e coisas do tipo e que não seja paga. Tem que pagar para utilizar ela e geralmente tem que buscar outras no meio do caminho e que também são pagas. A primeira limitação é essa, a do capital. Tem que pagar. Uma outra dificuldade seria um entendimento com o tratamento de temas mais complexos, elas (IAs), às vezes, ficam meio perdidas. Então, você tem que ir de pouquinho em pouquinho para produzir algo mais complexo. Seriam essas duas dificuldades.

Entrevistador

Ainda falando das IAs e de sua participação no ensino de química, quais, para você, são os principais benefícios e os desafios envolvidos no processo?

P4

A busca por referências tá legal, é um benefício bom, pois elas têm buscado

referências atuais. Um dos desafios é que quando ela trata com um volume alto de referências para buscar coisas novas, elas dão uma tropeçada e buscam referência que não têm nada a ver. Também, a produção de estruturas moleculares elas falham. Moléculas são “coisas” bem difíceis de se produzir pois elas podem tomar conformações complexas e na produção da imagem, as IAs acaba bagunçando tudo. Talvez com a experiência que eu tenho, não esteja usando o *prompt* correto... Mas fica sempre uma imagem muito poluída com a região atômica incorretamente representada. Mas, quando a gente busca rapidinho uma referência, um conceito sobre um tema bem específico, ela consegue trazer isso com eficiência. Então, o benefício é esse, buscar uma resposta rápida sobre um tema específico e complexo, ela produz rapidamente. E como desafio, ela tropeça muito na produção de imagens. Coisas que parecem meio banais para gente (professores de Química), por exemplo, desenhar uma molécula de celulose, às vezes, ela não consegue e bagunça todos os átomos. Não faz uma diferenciação tão clara. Às vezes, ela não entende certo o que está sendo pedido.

Entrevistador

Perfeito, professor. Como o senhor avalia a participação das IAs generativas no desenvolvimento de atividades gerais de Química? Tem algum aspecto que te gera dúvida ou preocupação? Isso também é válido para as atividades experimentais?

P4

Ora, as práticas, se a gente for falar do Ensino Médio, que eu tenho mais contato com as IAs, quando a gente vai tratar de temas básicos, se for fazer em laboratório, se já existe uma metodologia para aquilo, ela consegue buscar rapidamente a metodologia e desenvolver uma atividade coerente, com a metodologia bem certinha com os cálculos estequiométricos, de volume, massa que tem que ser feitos, corretamente. Ela faz isso com uma certa tranquilidade e, na maioria das vezes, acerta. No preparo de aulas práticas não há muita dificuldade pois é tudo padronizado. Então, quando há uma padronização, ela consegue desempenhar bem. Agora, na hora de criar algo novo, aí ela fica meio capenga.

Entrevistador

Isso para atividades gerais também, não só práticas?

P4

Isso. Nas atividades gerais, você tem que ficar explicando algo mais difícil, ela não consegue alcançar e fica andando em círculos.

Entrevistador

Professor, na sua percepção, como as IAs generativas podem ser utilizadas na hora de desenvolver as nossas aulas, enquanto professores de Química, como recurso adaptativo para atender diferentes necessidades e níveis de aprendizagem dos estudantes em sala de aula?

P4

Eu já usei alguns *prompts* depois de um exercício já montado... *Prompts* como: “deixe essa atividade com grau mais complexo, mais difícil, uma interpretação de texto mais complexo, e ela conseguiu desenvolver um texto para poder trazer um grau de dificuldade maior para um certo tema. Então, para adaptar algo que já tá certinho, bonitinho, ela consegue fazer isso bem. Ela consegue entender quando dá para tirar etapas e colocar mais algumas etapas no processo de resolução. Isso, ela consegue trabalhar bem. Se você tiver alguma atividade e quiser adaptá-la para outro nível de complexidade, ela consegue.. Agora, se ela vai dar uma resolução certa, aí é outra história, mas ela consegue desenvolver um texto para deixá-lo mais complexo.

Entrevistador

Professor, quais critérios você considera essenciais para garantir que o conteúdo criado com a ajuda IAGs seja confiável e adequado para os estudantes?

P4

A gente precisa da referência ali, até mesmo livros. E, no final das contas, vai também recair sobre o profissional. O professor que está utilizando-a, conseguir fazer a leitura e observar se tem alguma inconsistência ou erro na produção. No final das contas, a IA, realmente... Antigamente, a gente usava bastante o Google para fazer buscas de um tema agora a gente já utiliza a IA. Ela busca várias coisas ao mesmo tempo e traz já um compilado daquilo em forma de texto. Então, afinal de contas, ela faz uma busca, pela Internet, acho que com mais eficiência do que uma pessoa, um humano, pois ela busca várias coisas ao mesmo tempo e faz esse compilado. E aí, vai do profissional também depois observar esse compilado e ver se está fazendo sentido aquela produção, o texto, para ele aplicar ou fazer alguma atividade como exemplo. Tem que passar por uma apuração humana. Não dá pra deixar a pessoa só copiar e colar.

Entrevistador

Professor, para finalizar, você acredita que a comunidade docente, e aqui falamos no geral, não só de Química, está preparada para implementar soluções de IA generativa?

P4

Se considerar toda a cadeia educacional, não tá preparada. Até porque eu acredito nem todo mundo vai utilizá-las. As pessoas que não já não produzem nada com IA, se a partir de um momento, for vinculado ao processo educacional, ela vai ter uma certa dificuldade e vai atrapalhar o trabalho dela. Então de mane,ira geral, fica mais como uma dificuldade e atrapalharia se fosse uma obrigação utilizar IA.. Sei lá, a partir de agora não tem mais biblioteca, você vai ter que falar com as IAs, que ela vai trazer os livros para você. Essas coisas específicas, unificar tudo em uma IA seria problemático agora. Agora, se deixar ela como uma forma de fácil acesso, realmente, para ter essa busca por referências, uma coisa mais padronizada, seria bom. Por exemplo, na UEL temos acesso à diversos periódicos... Se fosse algo do tipo e os profissionais da educação tivessem acesso irrestrito para IAs, seria muito legal. Seria uma coisa boa a se fazer e não teria que ficar pagando. É isso, de maneira geral, a

comunidade não está pronta. Acho que ninguém está pronto até a regulamentação. Não vai ter essa prontidão, as pessoas não vão estar preparadas para utilizar. Então, para poder fazer funcionar, é necessário fazer uma regulamentação das IAs. Agora, vez ou outra, se você precisar deixar o seu trabalho mais eficiente, aí você consegue utilizá-la, mas tem que estar entendido, ciente de que ela é limitada e de que você precisa fazer uma leitura. Ter este entendimento de suas limitações.