



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA
PEDAGÓGICA NO ENSINO DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS DOS
ELEMENTOS QUÍMICOS NO ENSINO MÉDIO: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

FRANCISCO VICTOR DE OLIVEIRA DANTAS

SOUSA
2026

FRANCISCO VICTOR DE OLIVEIRA DANTAS

USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NO ENSINO DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS NO ENSINO MÉDIO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à Coordenação do Curso Superior de Licenciatura em Química do Instituto Federal da Paraíba – Campus Sousa, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof^a Valmiza da Costa Rodrigues
Durand

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Milena Beatriz Lira Dias da Silva – Bibliotecária CRB 15/964

D192u	<p>Dantas, Francisco Victor de Oliveira. Uso da inteligência artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos no ensino médio: uma revisão de literatura / Francisco Victor de Oliveira Dantas, 2026.</p> <p>103 p.:il.</p> <p>Orientadora: Profa. Ma. Valmiza da Costa Rodrigues Durand. TCC (Licenciatura em Química) - IFPB, 2026.</p> <p>1. Inteligência artificial. 2. Química. 3. Ensino de propriedades periódicas. 4. Ensino médio. I. Título. II. Durand, Valmiza da Costa Rodrigues.</p>
IFPB Sousa / BC	CDU 54:37



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS SOUSA

ATA 15/2026 - CPROEJA/DEP/DDE/DG/SS/REITORIA/IFPB

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Uso da inteligência artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos no ensino médio: uma revisão de literatura.

Autor(a): Francisco Victor de Oliveira Dantas.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 29/01/2026.

Ma. Valmiza da Costa Rodrigues Durand

IFPB – Campus Sousa / Professor(a) Orientador(a)

Téc. Me. Samuel Guedes Bitu

IFPB – Campus Sousa / Examinador(a) 1

Dr. Thiago Gonçalves das Neves

IFPB – Campus Sousa / Examinador(a) 2

Documento assinado eletronicamente por:

- Valmiza da Costa Rodrigues Durand, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 29/01/2026 18:29:21.
- Samuel Guedes Bitu, TÉCNICO DE LABORATORIO AREA, em 29/01/2026 19:17:29.
- Thiago Gonçalves das Neves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 30/01/2026 11:11:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/01/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código: 826669
Verificador: 0461fb2b27
Código de Autenticação:



RESUMO

Infelizmente o ensino de Química é visto como um fardo e reforçamos essa ideia à medida que mecanizamos os processos de ensino e aprendizagem com aulas prontas sem participação efetiva do estudante. Sendo assim, essa pesquisa tem como pergunta norteadora: que benefícios e desafios são apontados pela literatura pelo uso da Inteligência Artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos no Ensino Médio? Essa pesquisa apresenta como objetivo geral para responder essa indagação: analisar o uso da Inteligência Artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas no Ensino Médio, identificando suas contribuições, potencialidades e desafios no processo de ensino-aprendizagem da Química. O presente estudo se caracteriza como uma revisão integrativa da literatura. A escolha pela revisão integrativa se justifica pela necessidade de reunir e analisar criticamente estudos que abordam uso da inteligência artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos no ensino médio. Considera-se, após esse estudo, que a inteligência artificial é uma grande aliada no ensino da química, podendo transformá-la, já que se trata de um sistema capaz de efetuar as tarefas que exigem inteligência humana, como aprendizado, raciocínio e resolução de problemas.

Palavras-chave: Inteligência artificial. Química. Ensino de propriedades periódicas. Ensino médio.

ABSTRACT

It's striking how the teaching of Chemistry is seen as a burden, and we reinforce this idea as we mechanize teaching and learning processes with pre-prepared lessons lacking effective student participation. Therefore, this research is guided by the question: what benefits and challenges are highlighted in the literature regarding the use of Artificial Intelligence as a pedagogical tool in teaching the periodic properties of chemical elements in high school? The general objective of this research to answer this question is to analyze the use of Artificial Intelligence as a pedagogical tool in teaching periodic properties in high school, identifying its contributions, potential, and challenges in the teaching-learning process of Chemistry. This study is characterized as an integrative literature review. The choice of an integrative review is justified by the need to gather and critically analyze studies that address the use of artificial intelligence as a pedagogical tool in teaching the periodic properties of chemical elements in high school. This study concludes that artificial intelligence is a great ally of education, capable of transforming it, since it is a system capable of performing tasks that require human intelligence, such as learning, reasoning, and problem-solving.

Keywords: Artificial intelligence. Chemistry. Teaching periodic properties. Secondary education.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aplicativos e Aplicabilidade no Ensino de Química	27
Quadro 2 - Objetivos de alguns aplicativos disponíveis na Google play	28
Quadro 3 - Autores abordados na pesquisa	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Propriedades e Tendências	14
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tabela Periódica de Mendeleev	16
Figura 2 - Grupos e Períodos da Tabela Periódica	17
Figura 3 – Símbolos atômicos de Dalton – 1803	19
Figura 4 – Diferentes tipos de dispositivos móveis	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.2 JUSTIFICATIVA	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 O ENSINO DE QUÍMICA E O DESAFIO DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS	12
2.1.1 O ensino de Química	12
2.1.2 Conceitos fundamentais das propriedades periódicas	13
2.1.3 A organização da Tabela Periódica e seus princípios científicos	15
2.1.4 A relação entre estrutura atômica e comportamento periódico	18
2.1.5 Tabelas Periódicas e a Inteligência Artificial	20
2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E EDUCAÇÃO	22
2.2.1 Definição e Breve Histórico da Inteligência Artificial	22
2.2.2 Inteligência Artificial como Ferramenta Pedagógica no Ensino de Química	24
2.2.3 Exemplos de Aplicativos usados no Ensino e Aprendizagem de Química	26
3 METODOLOGIA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	42
ANEXOS	48

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico mundial a educação precisou se adequar a esse novo ambiente com o uso das ferramentas tecnológicas em suas práticas pedagógicas, sendo necessário investir, avaliar e adequar essa tecnologia às questões de ensino, um desses avanços é a inteligência artificial.

Embora o termo ‘inteligência artificial’ pareça contemporâneo, estudos sobre o assunto remontam ao século passado, numa época em que a tecnologia ainda não era amplamente presente no cotidiano da maioria das pessoas (Ertel, 2017). Assim, aos poucos a inteligência artificial vem ganhando notoriedade em seu uso em pesquisas educacionais apoiando os educadores.

Muito se tem comentado sobre o uso indevido da inteligência artificial (IA) na propagação de “fakes”, golpes e “memes”, causando danos enormes aquelas pessoas que não percebem que estão sendo enganadas, mas é preciso se discutir mais sobre a possibilidade de aprendizagem que ela pode provocar quando utilizada com planejamento e propósito educativo. Em relação ao ensino de Química a IA pode ser uma excelente aliada. Por isso, optou-se por esse tema, na perspectiva de se estudar e conhecer de forma mais crítica sobre as possibilidades e impactos que ela pode provocar no ensino de conteúdos específicos de Química na Educação Básica.

Segundo Souza (2023), essa ferramenta de inteligência artificial pode servir como uma fonte ágil de pesquisa, apoiando educadores na busca por informações pertinentes em várias disciplinas e tópicos. Ela contribui para o planejamento de aulas e atividades, permitindo que os professores obtenham ideias, exemplos e sugestões de dinâmicas e materiais didáticos que possam ser utilizados em suas práticas pedagógicas.

Dessa forma, a escola precisa investir em tecnologia e na capacitação dos professores, para que a escola tenha maior ênfase na utilização dessa ferramenta e que será primordial para o crescimento da educação. Segundo Kenski (2003, apud Loureiro 2021), toda essa grandeza tecnológica faz com que os professores e a escola se renovem, uma vez que trazem inúmeros aos profissionais da educação, fazendo-se necessário a atualização destes profissionais neste contexto tecnológico.

A literatura afirma que utilização da Inteligência Artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos nas aulas de Química do ensino médio poderá favorecer o engajamento dos estudantes, colaborando para compreensão dos conteúdos e aprendizagem contextualizada e efetiva. Sendo assim, a pergunta norteadora da pes

quiza foi: que benefícios e desafios são apontados pela literatura pelo uso da Inteligência Artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos no Ensino Médio?

A partir disso, buscou-se um aporte teórico para discussão do tema, os quais são apresentados no decorrer desse estudo e, mais especificamente, nos resultados e discussões da referida pesquisa.

Nesse contexto, acredita-se que a inteligência artificial pode ser vista como uma ferramenta didática em Química, capaz de oferecer estratégias inovadoras que possam facilitar a visualização de conceitos abstratos e estimular o pensamento crítico, permitindo por exemplo, o uso de assistentes virtuais, simuladores, plataformas adaptativas e sistemas inteligentes de recomendação de conteúdo, buscando auxiliar na superação de dificuldades específicas dos estudantes.

Além disso, o ensino de Química pode ser mais curioso e menos exaustivo por colocar o estudante no processo de aprendizagem de forma mais ativa, podendo despertar nele o interesse e maior participação nas aulas.

Portanto, espera-se que esse estudo inicial possa contribuir para futuras pesquisas acerca da temática, quanto ao aspecto social, também se pode almejar uma formação estudantil mais consciente, crítica e voltada para transformação de uma sociedade capaz de perceber que a tecnologia também pode existir a nosso favor

Diante do exposto, a escolha do tema da pesquisa ressalta o poder preditivo da Inteligência Artificial para obter uma abrangência mais intensa e quantitativa dos princípios fundamentais codificados na Tabela Periódica.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo geral:

Analisar o uso da Inteligência Artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas no Ensino Médio, identificando suas contribuições, potencialidades e desafios no processo de ensino-aprendizagem da Química.

Objetivos específicos:

Averiguar, a partir da revisão de literatura, o panorama atual do uso da Inteligência Artificial no contexto educacional, com ênfase no ensino de Química;

Identificar as principais ferramentas de IA aplicadas ao ensino das propriedades periódicas no Ensino Médio;

Avaliar as contribuições da IA para o engajamento, a compreensão e o desempenho dos estudantes no aprendizado das propriedades periódicas;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENSINO DE QUÍMICA E O DESAFIO DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS

2.1.1 O ensino de Química

Ensinar química na atualidade é um desafio, significando mudar a visão de que a Química é apenas uma disciplina de memorização de fórmulas e conceitos abstratos. Sendo basilar contextualizar o conteúdo, relacionando-o com o cotidiano do aluno, com temas de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente.

O ensino de Ciências Naturais foi inserido no currículo escolar na década de 50, com o objetivo de formar investigadores científicos, acarretando o avanço da ciência e tecnologia do qual o país era dependente, devido ao intenso processo de industrialização que ocorria na época. Com o passar dos anos, esses objetivos foram sendo modificados e readequados às novas necessidades do país (Krasilchik, 2000, p.10).

Segundo Fernandes e Gregório (2023), a Química é um componente curricular obrigatório integrante do Ensino Médio, é neste nível de ensino que os estudantes começam a ter seu primeiro contato formal com esta área de conhecimento. Assim, passam a estudar a disciplina de Química por ser obrigatória em sua estrutura curricular.

Medeiros (2013) apud Lodi (2019) afirmam que o ato de ensinar e aprender Química requer processos de teorização, construção e reconstrução de modelos que possibilitem a interpretação e explicação dos resultados pelos estudantes, dessa forma evitaremos a simples memorização dos conceitos.

O estudo da Química possibilita ao homem utilizar o conhecimento em prol de si mesmo, desenvolvendo uma visão crítica do mundo e sendo capaz de melhorar sua qualidade de vida prevenindo ou resolvendo situações problemáticas. Então sugere-se que a memorização de fórmulas e de conteúdos devam ser evitadas, pois com o passar do tempo, por este método eles serão esquecidos. A aprendizagem significativa por sua vez, é mais eficaz para a interiorização do conhecimento e irá auxiliar verdadeiramente nas circunstâncias do dia a dia dos alunos (Cardoso; Colinvaux, 2000, p.26).

As discussões que permeiam o contexto do ensino de Química no Brasil surgem também das possibilidades e das dificuldades que emergem das opções teórico-metodológicas da pesquisa na área em que estão ligadas ao recente processo de consolidação da comunidade de pesquisadores do ensino de Química (Catarino et al, 2018). Salienta-se a importância da formação dos professores de Química, como explica Almeida e Biajone (2007), os quais afirmam a necessidade urgente de refletirmos sobre esses processos formativos, para que não

focados apenas nos conteúdos científicos, mas também numa sólida formação didático-pedagógica que possibilite planejar e prevê as dificuldades que possam surgir no contexto de ensino-aprendizagem.

Diante disso, os professores precisam atender as demandas dos alunos relacionando-as dificuldades na aprendizagem. Como explica Chassot (1995), ao ressaltar que grande parte dos alunos apresentam dificuldades na aprendizagem de Química, por não entenderem o motivo de terem que estudar a disciplina, devido a um ensino desconectado da realidade e de difícil compreensão, ocasionando falhas no processo de aprendizagem.

As principais dificuldades que impedem o processo de aprendizagem se referem à abstração de conceitos, compreensão de modelos científicos e com o surgimento das concepções alternativas. Esses estudos realizados com alunos mostram que há um baixo rendimento e aproveitamento escolar no que se refere à disciplina de Química e pode ser comprovado por meio de avaliações elaboradas pelos próprios professores e nas avaliações realizadas pelo Ministério da Educação (MEC, 2022, p.1)

Dessa forma, deve-se analisar qual a falha do professor na comunicação do conteúdo, avaliando os métodos pedagógicos utilizados, pois, complementando Amorim et al (2002), os estudos têm mostrado que, o ensino de Química em muitas escolas no nível de Ensino Médio, se resume à memorização de fórmulas, equações e informações que dificultam o processo de aprendizagem, pois não possuem sentido e acabam desmotivando os estudantes a estudar Química. Acrescentando Santos et al (2013), alega que uma das formas de se superar essa desmotivação pode ser a criação e utilização de materiais didáticos, atividades lúdicas e jogos que facilitem o processo de ensino e aprendizagem, tornando a significativa.

2.1.2 Conceitos fundamentais das propriedades periódicas

Segundo Filgueiras (1990), no período colonial o Brasil praticava uma Química de produtos Naturais, que trabalhava com substâncias de origem orgânica e mineral. Dentre estes processos havia basicamente a extração do corante do pau-brasil, árvore da qual origina o nome do nosso país.

Com a Tabela Periódica, a Química chegou à maioridade. Como os axiomas da Geometria, da Física newtoniana e da Biologia darwiniana, a Química tinha agora uma ideia central sobre a qual todo um novo corpo de ciência podia ser construído. Mendeleev classificara os tijolos do universo (Strathern, 2002, p. 251).

Os elementos químicos da Tabela Periódica (TP), constituídos por partículas fundamentais, formam a matéria luminosa (matéria bariônica), ou seja, a matéria prima de tudo o que conseguimos medir e observar no Universo, que representa apenas 5% do mesmo (Brito; Slovinski, 2024).

Complementando Vargas (2023), os elementos químicos encontram-se harmonicamente organizados no que conhecemos como a tabela periódica dos elementos. Sendo assim, vemos o termo periódico, indicando a potencial “repetição espacial” de algumas das propriedades nos elementos químicos.

De tal modo, as Propriedades Periódicas são atributos dos elementos que se reproduzem em espaços regulares (em função do número atômico) ao longo da Tabela Periódica, consentindo antecipar o comportamento químico.

Como apresentada na tabela a seguir:

Tabela 1 - Principais Propriedades e Tendências

Propriedade	Definição	Tendências de crescimento na Tabela Periódica
Raio Atômico (RA)	Metade da distância entre os núcleos de dois átomos vizinhos (iguais).	Cresce: da direita para a esquerda no período (linha) e de cima para baixo no grupo (coluna)
Energia/Potencial de Ionização (EI)	Energia mínima necessária para remover um elétron de um átomo isolado no estado gasoso.	Cresce: de baixo para cima no grupo e da esquerda para a direita no período.
Afinidade Eletrônica (AE)	Variação de energia que ocorre quando um átomo isolado no estado gasoso recebe um elétron.	Cresce: de baixo para cima no grupo e da esquerda para a direita no período (excluindo Gases Nobres).
Eletronegatividade (EMN)	Tendência de um átomo de atrair elétrons para si em uma ligação química.	Cresce: de baixo para cima no grupo e da esquerda para a direita no período (o Flúor é o mais eletronegativo).
	Tendência de um	Cresce: da direita para a esquerda no período e de cima para baixo no grupo (o Frâncio é o mais

Eletropositividade (EP)	átomo de ceder/perder elétrons em uma ligação química (oposto à eletronegatividade).	eletropositivo).
-------------------------	--	------------------

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

2.1.3 A organização da Tabela Periódica e seus princípios científicos

A tabela periódica é um padrão no adiantamento da capacidade humana em procurar conseguir de maneira arranjada, sistematizada, crítica, prática e precisa as informações estimadas imperativas ao entendimento de fatos, fenômenos ou eventos. Como enfatiza Melo Filho e Faria (1990) a descoberta da lei periódica e a organização da tabela é um marco sem precedentes para o desenvolvimento da ciência, sobretudo da Química.

A necessidade de ordenação das substâncias elementares surgiu no século XVIII, pois já era conhecido dos cientistas algumas substâncias e suas respectivas propriedades, restava a eles então tentar organizar estes elementos e o desafio então era além de organizar esses elementos, fazê-lo de maneira a tornar essa ordenação funcional, haja vista que havia na época um impulso classificatório, uma tendência bastante forte de estabelecer uma sistemática no estudo das matérias de cada campo específico (Oliveira Et Al, 2015,p.15).

Dessa forma, desde o século XVIII existia a necessidade de organizar as substâncias elementares em uma tabela periódica. Como complementa Fernandes (2011), afirmando que a tabela periódica que se tem acesso atualmente nem sempre foi assim, ela foi construída por vários cientistas de nacionalidades distintas ao longo de séculos.

Figura 1 – Tabela Periódica de Mendeleev

ordenamento dos elementos, pelo chamado número atômico, que viria a ser identificado com o número de prótons do núcleo atômico do elemento.

Em uma análise desenvolvida por Kaji (2003), ele frisa que os primeiros estudos de Mendeleev, quando ingressou no Instituto Pedagógico Principal de São Petersburgo (Main Pedagogical Institute of St. Petersburg), em 1850, já apontavam algumas habilidades e conhecimentos que viriam a ser úteis posteriormente na construção da tabela periódica. Suas primeiras publicações que tratam de análises químicas de minerais e sua primeira 'tese' sobre isomorfismo, podem indicar que Mendeleev já estava em contato com as similaridades das propriedades químicas dos componentes com os quais trabalhava (Kaji, 2003, p.24)

Dessa forma, a tabela periódica foi um grande marco para o ensino de Química, como salienta César, Reis, Allane (2014), a tabela periódica é um instrumento de trabalho valioso no ensino de Química e, segundo os autores, sua abordagem em sala de aula remete ao estudo dos modelos atômicos, por consequência, o sucesso da tabela remete ao conceito de átomo.

Leite e Porto (2015) relatam que a construção da tabela periódica consumiu anos de esforços intelectuais de Mendeleev e seu trabalho foi apoiado pela recém-criada Sociedade Russa de Química, que tinha entre seus objetivos difundir o ensino dessa ciência e, para tanto, incentivava a criação de materiais didáticos próprios.

Além disso, é importante destacar que a Tabela Periódica não teve seu formato estagnado com a versão de Mendeleev, ela é um instrumento de pesquisa e estudo em constante revisão. O próprio Mendeleev realizou modificações ao longo dos anos. Uma delas se refere a criação de um oitavo grupo para o que ele chamava de elementos de transição; a necessidade da criação desse grupo veio com uma quebra na periodicidade das propriedades dos elementos, a partir do elemento ferro, quando organizados a partir do seu peso atômico (Scerri, 2011). De tal modo, a tabela periódica é organizada em linhas horizontais chamadas períodos e colunas verticais chamadas grupos, como mostra a figura a seguir:

Figura 2 – Grupos e Períodos da Tabela Periódica

1	H	2											13	B	14	C	15	N	16	O	17	F	18	He		
2	Li	Be											13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar		
3	Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	13	Ga	14	Ge	15	As	16	Se	17	Br	18	Kr		
5	Período																									
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	13	Tl	14	Pb	15	Bi	16	Po	17	At	18	Rn		
7	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	13	Nh	14	Fl	15	Mc	16	Lv	17	Ts	18	Og		

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Fonte: <https://fq.pt/tabela-periodica/grupos-e-periodos> (2025).

Diante disso, a tabela periódica possui 18 grupos e 7 períodos, sendo que os elementos do grupo 1 apresentam um elétron de valência e os do grupo 18 apresentam gases raros ou nobres completamente preenchidos por elétrons. Já, com relação ao período, cada linha significa o número de níveis que possuem. Segundo José (2022), os princípios de distribuição eletrônica são baseados na teoria de Bohr, depois de efectuada a distribuição eletrônica de um átomo: O número de elétrons que aparecem na última camada, corresponde ao grupo em que se localiza o elemento na Tabela Periódica e o número de camadas (ou quantidade total de níveis de energia), indica o período em que se localiza o elemento na Tabela Periódica.

2.1.4 A relação entre estrutura atômica e comportamento periódico

A descoberta da lei periódica é considerada um marco sem precedentes no desenvolvimento da Química, tendo a mesma importância da descoberta das partículas fundamentais e da teoria moderna da estrutura atômica (Eichler; Pino, 2000)

Segundo Oliveira e Fernandes (2006), é importante compreender o que provoca os fenômenos químicos no nível dos átomos, pois estas unidades são as determinantes de tais fenômenos. É analisando as características específicas de cada átomo que se pode compreender as propriedades dos elementos e das substâncias por eles formadas. Uma análise dessa natureza mostra que as propriedades químicas têm uma dependência direta da configuração eletrônica no nível de valência dos átomos, embora os níveis eletrônicos mais internos também influenciem em tais propriedades.

Só em 1808 um cientista inglês, John Dalton, formulou uma teoria precisa acerca dos átomos. As suas hipóteses foram as seguintes: Os elementos são constituídos por partículas extremamente pequenas, chamados átomos. Todos os átomos de um dado elemento são idênticos, têm o mesmo tamanho, massa e propriedades químicas. Os átomos de um elemento são diferentes dos átomos de outro elemento qualquer. Os compostos são constituídos por átomos de mais do que um elemento. Em qualquer composto a razão entre o número de átomos de qualquer dos elementos é um número inteiro, ou uma fração simples. Uma reação química envolve apenas separação, combinação ou rearranjo dos átomos. Não resulta na sua criação ou destruição (Nunes, 2013, p.26)

Uma das primeiras teorias atômicas foi proposta por John Dalton entre 1803 e 1808, na qual Dalton descreve que a matéria é constituída por átomos, e que os átomos são como esferas simples, como bolas de bilhar - maciças, esféricas e indivisíveis (Atkins, 2018). Assim, o pioneiro das teorias atômicas foi John Dalton, abordando que a matéria é formada por átomos.

Figura 3 – Símbolos atômicos de Dalton – 1803



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/teoria-atmica-dalton.htm>.(2025).

Conforme destaca Muller (2022) os átomos são essenciais no estudo dos fenômenos químicos, por isso conseguir obter informações a respeito da sua estrutura e composição podem revelar informações bastante relevantes, contudo é preciso estar familiarizado com a evolução dos modelos atômicos. Assim, o estudo dos átomos é de extrema importância na conjuntura dos fenômenos químicos.

2.1.5 Tabelas Periódicas e a Inteligência Artificial

O uso das tecnologias nas escolas requer um bom planejamento pedagógico, sendo necessário avaliar como será a junção da teoria com a prática. Segundo Souza et al (2005), no ensino da química o professor dispõe de recursos digitais que podem auxiliar na compreensão dos alunos acerca dos conteúdos ministrados em sala de aula. O uso da informática, associado às simulações virtuais e jogos, oferece estratégias de interação aos usuários, tornando o ensino interessante, lúdico e compreensível.

Destaca Loureiro (2021), que existem Tecnologias Digitais no Ensino da Tabela Periódica, 2 (dois) softwares educativos:

1. Ptable.com – Um site gratuito que disponibiliza a Tabela Periódica dos Elementos Químicos on-line e de forma atualizada, com diversas informações referentes aos elementos: Utilizando-se o site <https://ptable.com> dentro da sala de aula, é possível a apresentação em

tempo real ao aluno, possibilitando o acesso com informações atualizadas sobre qualquer um dos elementos químicos da tabela periódica, bem como, informações de suas propriedades, como número atômico, símbolo, solubilidade, ponto de ebulição, ponto de fusão, eletronegatividade, ainda, os níveis de energia nos orbitais atômicos.

2. Tabela Periódica Educalabs – É um aplicativo para smartphone que possibilita a utilização da Tabela Periódica, com uma interface atual e de maneira interativa. Utilizando esse aplicativo, é possível visualizar de maneira tridimensional, a observação do comportamento de cada propriedade periódica no decorrer de períodos e famílias.

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E EDUCAÇÃO

2.2.1 Definição e Breve Histórico da Inteligência Artificial

Desde a explosão tecnológica, não surgiam novidades na área e atualmente o tema Inteligência Artificial é bastante debatido no meio acadêmico e social, podendo ser utilizada como ferramenta pedagógica para auxiliar o professor.

Segundo Ertel (2017), embora o termo ‘inteligência artificial’ pareça contemporâneo, estudos sobre o assunto remontam ao século passado, numa época em que a tecnologia ainda não era amplamente presente no cotidiano da maioria das pessoas. Como explana Vargas et al (2018) a inteligência artificial pode ser entendida como a capacidade de auxiliar indivíduos a tomar decisões.

Para Ribas (2020), embora a expressão Inteligência Artificial tenha surgido no final da década de 1950, discutia-se sobre a inteligência das máquinas desde a década de 1900, quando pioneiros, como Norbert Wiener (1894-1964), propunham que a inteligência podia ser simulada por máquinas.

As primeiras ideias relacionadas a inteligência artificial surgiram durante a Segunda Guerra Mundial, momento em que o desenvolvimento de armamentos bélicos estava em foco. O movimento teve como um dos pioneiros Alan Turing, que em 1950 publicou um estudo focado exclusivamente em inteligência artificial, depois de desenvolver uma máquina capaz de decifrar as estratégias nazistas. O pai da computação queria saber se seria possível uma máquina se passar por um ser humano em uma conversa por escrito. Sendo assim, criou o teste de Turing, um marco na história da IA e conhecido mundialmente (Ramos; Farias, 2025, p.5)

Assim, a inovação tecnológica existia desde o século passado mesmo sem expressa proporção na vida das pessoas. Porém Ertel (2017) afirma que foi só durante a conferência organizada por McCarthy em 1956, no Dartmouth College, que o termo ‘Artificial Intelligence’ foi cunhado pela primeira vez, representando um marco significativo na história dessa área de pesquisa.

No âmbito global, algumas das principais empresas que oferecem soluções educacionais, que utilizam tecnologias da IA de alguma forma, são: IBM (EUA), Microsoft (EUA), Bridge-U (UK), DreamBox Learning (EUA), Fishtree (EUA), Jellynote (França), Google (EUA), AWS (EUA), Carnegie Learning (EUA), Century-Tech (UK), Liulishuo (China), Nuance Communications (EUA), Pearson (UK), Third Space Learning (UK) e Quantum Adaptive Learning (EUA). Nessa lista podemos observar a predominância dos Estados Unidos nessa área. Os principais produtos comercializados por essas empresas são Facilitadores Digitais, LMS, STI,

sistemas de distribuição de conteúdo, e sistemas de detecção de riscos educacionais (evasão) e de fraudes (plágio) (Vacari, 2021, p.12).

Nessa mesma direção, Dey et al. (2019) afirmam que a inteligência artificial (IA) se refere a um programa de computador capaz de realizar atividades associadas à inteligência humana, como resolver problemas, compreender linguagem, reconhecer padrões, objetos e sons”. Assim, a inteligência artificial realiza tarefas associadas a inteligência humana através de um programa de computador se destacando em diversos setores.

Desde seu surgimento oficial, em 1956, a IA tem passado por períodos que vão do entusiasmo exacerbado e acelerado progresso (AI Boom), seguidos por fases de desilusão e redução de investimentos, denotando esses períodos de invernos⁸ da IA (AI Bust). Evidencia-se, portanto, que a trajetória da IA é marcada por fases distintas de otimismo, desafios e avanços paradigmáticos (Haigh, 2024; Russell; Norvig, 2004, p.26).

Salienta Barbosa e Bezerra (2020), a IA é uma área da ciência da computação em constante evolução e, à medida que as tecnologias continuam a avançar, é importante considerar cuidadosamente os benefícios e desafios da IA, além de garantir que ela seja usada de forma responsável. Alves e Silva (2022), afirmam que a Inteligência Artificial é a forma de tornar os computadores mais úteis em tarefas não muito comuns aos humanos, nas quais também é possível que tais máquinas possam adquirir conhecimento artificialmente, evoluindo através das suas funções atribuídas.

A inserção da Inteligência Artificial (IA) na educação tem sido um tema de grande relevância nos últimos anos. A IA promete revolucionar a forma como os docentes ensinam e os estudantes aprendem, proporcionando uma experiência educacional mais personalizada e eficaz. No entanto, essa transição não vem sem desafios e questões a serem enfrentadas (Santos, 2025, p.3).

Na educação, destaca Wang et al. (2020), a aplicação da IA pode contribuir para a criação de ambientes virtuais de aprendizagem mais dinâmicos e interativos, ampliando as possibilidades de engajamento dos alunos. Assim, a IA aprimora os ambientes virtuais com tecnologia avançada contribuindo na interação dos alunos de maneira rápida e eficaz.

No jornal Folha de São Paulo, provenientes de um estudo conduzido pela Google em parceria com a Educa Insights, observa-se que 70% dos estudantes brasileiros têm conhecimento sobre IA, e três em cada dez já a utilizaram. Além disso, destaca que 86% dos jovens reconhecem a eficácia da IA na

resolução de dúvidas e problemas. A análise continua ao apontar que, de acordo com o mesmo levantamento, 73% dos participantes consideram importante que as instituições de ensino dediquem tempo e recursos financeiros para incorporar novas tecnologias, incluindo a inteligência artificial, no ambiente educacional (Franco, 2023, p.5)

Dessa forma, a IA contribui de maneira dinâmica e interativa nos ambientes virtuais de ensino permitindo engajamento entre os participantes. Como complementa Frizon et al (2015), que o uso das tecnologias digitais, no contexto escolar, passa a ser uma possibilidade de integrar, de contextualizar os conteúdos escolares, de modo que o aluno perceba as ligações, as relações, as conexões existentes entre um conteúdo e outro, incidindo na produção do conhecimento.

Costa et al (2023), dizem que a IA não dispensa a necessidade do professor, que deve atuar como curador do processo de aprendizagem, identificando vieses, avaliando a veracidade e a aplicabilidade das informações e contextualizando o material gerado pelos chatbots. Assim, o uso da IA é para complementar, auxiliar o professor que deverá estar apto a fazer uso moderado e com responsabilidade. Como enfatiza Leal (2009), que a Química é uma disciplina de extrema relevância para compreensão de diferentes aspectos da vida, contudo, as demandas exigidas pela nova geração tecnológica fomentam aos professores necessidades formativas específicas para que consigam atender tal demanda.

2.2.2 Inteligência Artificial como Ferramenta Pedagógica no Ensino de Química

Diante das inovações tecnológicas utilizadas como ferramentas pedagógicas, atualmente é bastante expansiva o uso da Inteligência Artificial. Como enfatiza Marcom e Porto (2023), que a inteligência artificial (IA), como um dos recursos das tecnologias digitais, tem emergido como uma ferramenta pedagógica inovadora, promovendo uma mudança importante no cenário educacional. Ainda nessa linha de raciocínio, Luckin (2018) explora e enfatiza a importância da inteligência artificial (IA) como ferramenta pedagógica inovadora.

Diante disso, de acordo Nicheler e Schlemmer (2014), o uso de dispositivos móveis, como tablets, e o desenvolvimento de aplicativos educacionais têm influenciado a forma de ensino e aprendizagem em várias áreas do conhecimento, entre elas, a área de Química.

Figura 4 – Diferentes tipos de dispositivos móveis.



Fonte: Leite (2020).

Sobre o potencial dessa IA, aborda Costa e Moraes (2024), que o potencial da Inteligência Artificial Generativa (IAG) no ensino de Química, especialmente no Ensino Médio, podendo auxiliar na criação e adaptação de materiais pedagógicos e metodologias de ensino. Assim, a utilização da IA auxiliar na criação de materiais pedagógicos que serão utilizados em sala de aula.

Já com relação ao uso da tecnologia aplicada aos dispositivos e aplicativos, Nicheler e Schlemmer (2014) abordam que o uso de dispositivos móveis e aplicativos no ensino de Química proporcionam oportunidades significativas para vencer desafios no ensino, como a correlação de fenômenos macroscópicos com dimensões submicroscópicas. Como os aplicativos sugeridos por Nicheler e Schlemmer (2014), a seguir:

1. Tabela Periódica Educalabs: Tabela periódica interativa 3D com personalização da disposição dos elementos, visualização do átomo e suas características gerais.
2. Xenubi – Tabela Periódica: Jogo educativo que desafia o usuário a relacionar a posição de elementos com suas propriedades periódicas.
3. Tabela Periódica Quiz: Jogo que relaciona nomes de elementos a seus símbolos.
4. Merck PTE HD, goREACT e Elements – Periodic Table: Aplicativos em inglês que fornecem tabelas periódicas para consulta de dados.

Dessa forma, os aplicativos proporcionam maior interação dos alunos e permite que o professor tenha um auxílio significativo em sua metodologia de ensino. Como enfatiza Leite

(2023), que nos últimos anos as tecnologias digitais têm se destacado significativamente na educação, impactando diretamente a forma como o conhecimento é construído e difundido.

Nichele e Schlemmer (2014) afirmam que o uso de aplicativos como estratégia para o ensino de Química pode proporcionar melhores simulações e modelos, permitindo a visualização e manipulação digital virtual da representação de estruturas químicas por meio de telas *touch-screen*, o acesso de tabelas de dados químicos, entre outras possibilidades.

Segundo Kloeckner et al (2023) existem vários desafios e limitações ao uso da IA no ensino, com destaque neste trabalho, ao ensino superior. Alguns deles são:

Infraestrutura Tecnológica: A implementação eficaz da IA no ensino superior requer uma infraestrutura tecnológica robusta, o que pode ser um desafio em instituições com recursos limitados. É necessário investir em hardware e software adequados, além de capacitar os profissionais para utilizarem essas ferramentas.

Privacidade e Segurança: O uso de dados dos alunos para personalizar o aprendizado levanta preocupações significativas sobre privacidade e segurança. É essencial garantir que os dados sejam utilizados de maneira ética e que as informações pessoais dos estudantes sejam protegidas contra acessos não autorizados.

Capacitação dos Educadores: Para que a IA seja integrada com sucesso no ensino superior, é fundamental que os educadores sejam devidamente capacitados para utilizar essas tecnologias. Isso inclui treinamento em habilidades técnicas e pedagógicas, permitindo que os professores aproveitem ao máximo as ferramentas de IA para melhorar a qualidade do ensino.

Dessa forma, os aplicativos auxiliam o professor em sala de aula, como salienta Segundo Giordan (2008), que a incorporação de aplicativos móveis voltados ao ensino de Química pode oportunizar aos estudantes a aprendizagem de um fenômeno a partir de sua dimensão macroscópica com dimensões submicroscópica e simbólicas.

2.2.3 Exemplos de Aplicativos usados no Ensino e Aprendizagem de Química

Nos últimos anos aumentou o número de pesquisas que apontam o uso de tecnologias digitais para o ensino de Química com o objetivo de minimizar o ensino tradicional e preparar o aluno para a vida em sociedade, bem como avançar em sua vida escolar. As Diretrizes Curriculares da Educação Básica do estado do Paraná relatam que a utilização das TDIC é uma tentativa para melhorar o processo de ensino e aprendizagem de Química, sendo imprescindível a implementação de tais práticas dentro e fora da sala de aula (Paraná, 2008).

A seguir serão apresentados os aplicativos que podem ser utilizados gratuitamente para o ensino de Química, segundo Delamuta et al (2021):

Quadro 1 – Aplicativos e Aplicabilidade no Ensino De Química

APLICATIVOS	APLICABILIDADE
Xenubi – Tabela Periódica:	O usuário é desafiado a relacionar e comparar a posição de elementos com suas propriedades periódicas. Conforme o jogador for acertando as propriedades periódicas dos elementos, ele vai avançando de fases, nas quais as dificuldades vão aumentando. É relevante comentar que na primeira fase o jogador visualiza as duas cartas e escolhe uma das propriedades periódicas do seu elemento (cor azul) para desafiar o outro jogador. Já nas outras fases, ele perde o acesso a algumas informações do outro jogador.
GoReact	Neste aplicativo é possível verificar quais reações químicas ocorrem com a mistura de elementos da tabela periódica. Quando o aluno clicar nos elementos, o próprio aplicativo dará a descrição de cada um deles. Depois, o aluno pode arrastar os elementos para a área de reação e, conseqüentemente, o aplicativo mostra o que acontece. É possível observar em torno de 300 reações químicas através deste aplicativo.
Funções Orgânicas	Esse aplicativo apresenta diferentes atividades, como de múltipla escolha, dissertativas, entre outros, com diferentes níveis de dificuldades. Além disso, o aplicativo apresenta o resumo das funções orgânicas existentes. Aplicativo interessante, pois aborda desde a teoria até os exercícios.
Quiz - Tabela Periódica	Esse aplicativo é dividido em 29 níveis de dificuldade. No primeiro nível, o jogador precisa associar os elementos químicos com seus respectivos símbolos. Depois, aparecem conceitos como período, grupo, entre outros. Além disso, o aplicativo disponibiliza algumas categorias como nome-símbolo; números

	atômicos; grupos; períodos; blocos, no qual o jogador escolhe qual categoria quer jogar.
Molecules	Destinado para a visualização de moléculas. É possível observar a molécula girando, parar o movimento e rotacioná-la. Também é possível encontrar informações como o nome da molécula, os dados de quem criou o modelo, descrição formal, entre outros.

Fonte: Delamuta et al (2021).

Diante da tabela acima, cada aplicativo terá sua aplicabilidade no ensino de Química contribuindo efetivamente para uma aula mais dinâmica com o intuito de engajar e despertar o interesse dos alunos. É uma forma do professor utilizar uma ferramenta pedagógica digital que acarrete ganhos ao sistema de ensino.

Para Giordan (2008), a incorporação de aplicativos móveis voltados ao ensino de Química pode oportunizar aos estudantes a aprendizagem de um fenômeno a partir de sua dimensão macroscópica com dimensões submicroscópica e simbólicas

Delamuta et al (2021), discutem que a presença de ferramentas e dispositivos digitais já ocorrem no ambiente escolar, seja por meio de programas do governo ou inserida informalmente por professores e estudantes, fato que ocasiona um aspecto positivo na inserção de tais tecnologias na prática pedagógica de forma intencionalmente planejada e estruturada para qualquer campo do conhecimento.

Também, acrescenta Leite (2015), que ao fazer o uso de dispositivos móveis com tecnologias específicas, o estudante alcança benefícios em sua aprendizagem, pois pode acessar uma gama de conteúdo, informações, atividades e materiais didáticos com recursos avançados, de forma interativa com objetivo específico de aprendizagem, seja dentro ou fora da sala de aula, com práticas além da sua habilidade cotidiana com o aparelho.

Para Wartha, Silva e Bejarano (2013), é preciso contextualizar o ensino dos conteúdos químicos aos conhecimentos diversos, de forma transversal com áreas da política, cultura, social, histórica, econômica e outras. Assim, ocorre a dinâmica do ensinar e aprender, saber que a contextualização, o uso de tecnologias faz parte do dia a dia da escola e da vida de maneira geral dos alunos e da sociedade.

Assim, existem outros aplicativos que também são utilizados no ensino de Química, e futuramente outros surgirão no decorrer dos anos posteriores, segundo Leite (2020), eles são/serão de grande utilidade para auxiliar o professor na sua metodologia de ensino, interação

e dinamismo, deixando as aulas mais atrativas. Porém, Coelho e Altoé (2011) dão indícios de que o uso das TDIC não tem sido fácil, sobretudo pela má formação de professores e ausência de equipamentos.

Dessa forma, alguns desses aplicativos serão apresentados na tabela abaixo:

Quadro 2: Objetivos de alguns aplicativos disponíveis na *Google play*

Tipo de aplicativo	Objetivo geral dos aplicativos	<i>Apps</i> nº de downloads
Tabela periódica	Fornecer dados e informações sobre os elementos químicos	Tabela Periódica 2020 – Química +5.000.000
Cálculos químicos	Resolução de questões envolvendo soluções, relação entre fórmulas químicas	<i>Chemistry Calculator</i> +100.000
Quiz de química	Disponibilizar quiz com perguntas, simulados e provas envolvendo conceitos químicos	Quiz Tabela Periódica +1.000.000
Jogos	Jogos envolvendo conteúdos de Química	Atomas +5.000.000
Dicionários químicos	Descrição de termos químicos e definições	Dicionário de Química Offline +100.000
Nomenclatura	Apresentar as nomenclaturas dos compostos químicos	<i>IUPAC Nomenclature For Class 12 Chemistry</i> +100.000
Fórmulas químicas	Apresentar as fórmulas dos compostos químicos	<i>Chemistry Formula</i> +500.000
Reações químicas	Simulação e descrição de reações químicas	Reações químicas +50.000

Laboratório Químico	Conhecer os materiais utilizados no laboratório, por exemplo, vidrarias e reagentes	<i>BEAKER - Mix Chemicals</i> +1.000.000
Estruturas Químicas	Apresentar estruturas químicas de diferentes compostos	Aminoácidos - As estruturas químicas e abreviações +100.000
Inorgânica	Fórmulas, nomenclatura, equações e resoluções de conceitos envolvendo a inorgânica	Ácidos, íons e sais inorgânicos - Quiz de química +100.000
Físico-química	Fórmulas, simulações e resoluções de conceitos envolvendo a físico-química	Química-Física +100.000
Orgânica	Aplicativos que simulam estruturas e reações orgânicas, nomenclatura e funções	Funções orgânicas em química orgânica - O teste +500.000

Fonte: Leite (2020).

3 METODOLOGIA

O presente estudo se caracteriza como uma revisão integrativa da literatura, método que possibilita a síntese do conhecimento produzido em pesquisas anteriores, permitindo identificar lacunas, tendências e contribuições científicas sobre o tema (Souza; Silva; Carvalho, 2010). A escolha pela revisão integrativa se justifica pela necessidade de reunir e analisar criticamente estudos que abordam uso da inteligência artificial como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos no ensino médio: uma revisão da literatura considerando diferentes contextos educacionais.

Seguindo as etapas propostas por Souza, Silva e Carvalho (2010):

Identificação do tema e formulação da questão norteadora:

Questão: Como a Inteligência Artificial pode ser usada como ferramenta pedagógica no ensino das propriedades periódicas dos elementos químicos no Ensino Médio, que benefícios e desafios são apontados pela literatura científica?

CrITÉRIOS de inclusão e exclusão:

Inclusão: artigos publicados entre 2000 e 2025, disponíveis em português com acesso integral.

Exclusão: estudos duplicados, revisões de literatura não integrativas e todos os demais trabalhos que não estejam relacionados ao objeto de estudo.

Definição das bases de dados: As buscas foram realizadas nas bases: SCIELO (Scientific Electronic Library Online), e Periódicos CAPES Qualis.

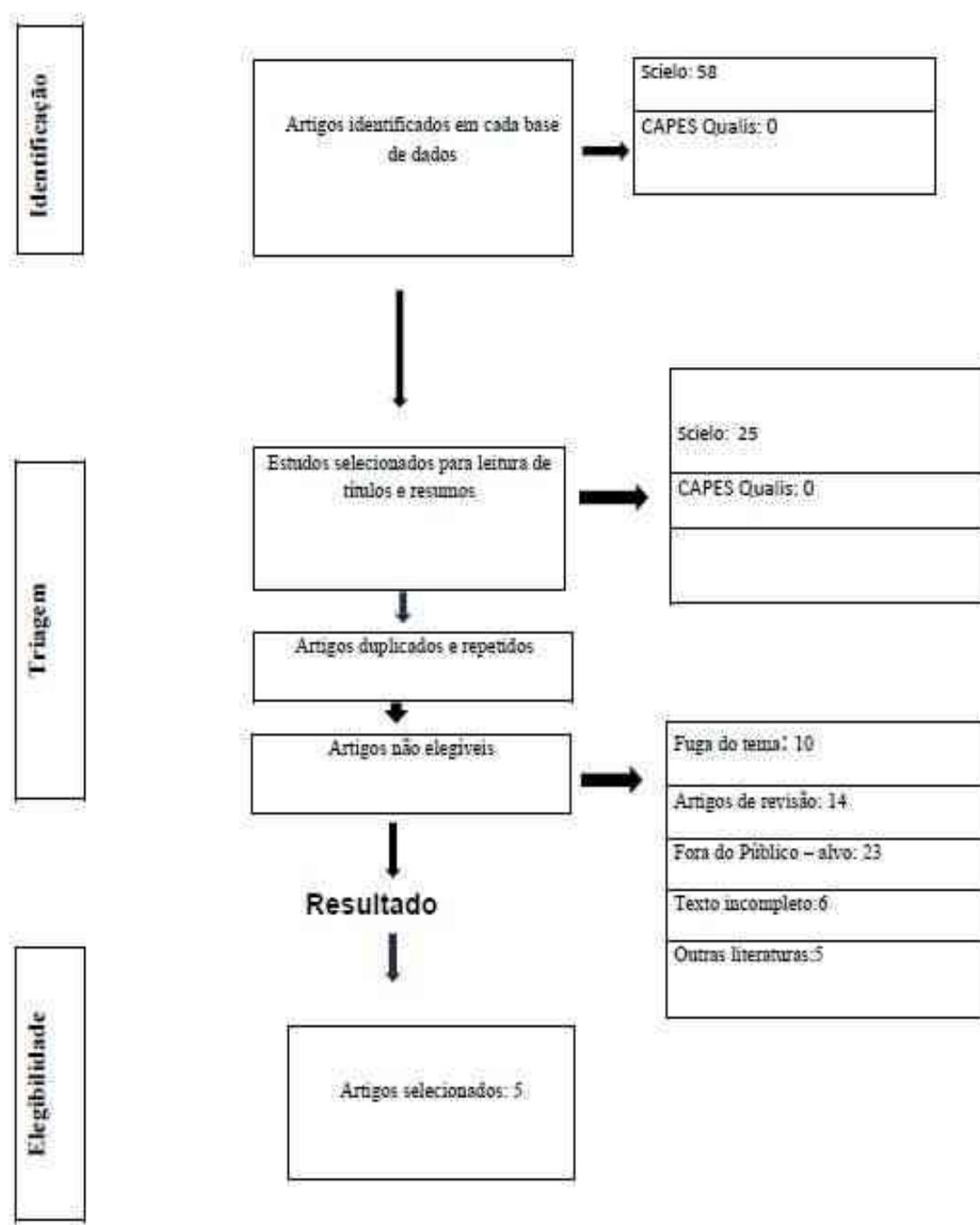
Coleta de dados: Os artigos selecionados foram organizados em planilhas, contendo autor, ano de publicação, objetivos, metodologias e conclusões.

Análise e interpretação dos resultados: foi feita análise crítica dos achados, procurando identificar tendências, contribuições e lacunas na literatura.

Apresentação da revisão: os resultados foram resumidos em quadros e discutidos em consonância com os objetivos do estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante das buscas apresentadas na metodologia, elaborou-se o seguinte fluxograma sobre os artigos que serão trabalhados nesta pesquisa. Foram consultados 58 artigos que passaram pela triagem, resultando 5 artigos que atendem a proposta para elaboração dessa pesquisa.



A seguir, quadro referente aos autores que foram abordados nesta pesquisa:

Quadro 3 – Autores abordados na pesquisa

Título	Autor	Ano	Objetivos	Metodologia	Conclusões
Automação na educação: caminhos da discussão sobre a inteligência artificial	LIMA, Giselle de Moraes; FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; CARVALHO, Jaciara de Sá	2024	O presente artigo discute se, no caso da IA em contextos educacionais, estariam os velhos discursos – fundamentados na naturalização da tecnologia – sendo reproduzidos.	O levantamento de literatura que sustentou a discussão foi conduzido no escopo de um projeto mais amplo em andamento, com o objetivo de analisar como as publicações mais recentes da área têm abordado a presença da IA na educação. As buscas foram conduzidas entre agosto e setembro de 2022 utilizando as seguintes bases de indexação: a Pesquisa Integrada da Divisão de Bibliotecas e Documentação da PUC-Rio (DBD PUC-RIO), que é integrada à EBSCO Information Service e fornece resultados indexados nas principais bases de dados acadêmicos do mundo; a ERIC, que	Parece-nos promissor que a discussão sobre a IA na educação possa vir a extrapolar, com mais frequência, as qualificações dicotômicas da tecnologia como boa ou má - amiúde baseadas simplesmente em juízos de valor - que vêm caracterizando a produção acadêmica em torno da tecnologia educacional já há algum tempo. Conforme defendido por Selwyn (2017, p. 88), precisamos de “um posicionamento inerentemente cético, ainda que resistente à tentação de incorrer-se em um cinismo absoluto”. Nesse sentido, é necessário desconstruir a usual naturalização da tecnologia de forma construtiva e, assim, potencialmente transformativa. Esse é o primeiro passo em um caminho que vislumbramos para uma academia que não reproduza os discursos solucionistas da indústria.

				aglutina artigos exclusivamente da área de Educação; e a SCOPUS, uma das maiores bases de artigos científicos do mundo e fonte de indicadores de produtividade utilizados em avaliações de pesquisa em diversos países. Além disso, consultamos também a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).	
Novos desafios para a educação na Era da Inteligência Artificial	AZAMBUJA, Celso Candido de ; SILVA, Gabriel Ferreira da.	2024	Compreender o lugar e as transformações que as tecnologias de IA como ChatGPT estão trazendo para o contexto educacional e universitário.	Revisão Bibliográfica.	A nosso ver, trata-se, de agora em diante, em certo sentido, de um retorno criativo e atualizado à formação clássica proposta pelo ideal grego do desenvolvimento intelectual, crítico e criativo, com foco na educação moral e estética da juventude, a famosa kalokagathia, uma vez que grande parte dos processos produtivos – e, também decisórios – e educativos estarão cada vez mais, por assim dizer, nas mãos dos sistemas de IA. Deveríamos, portanto, estar mais preocupados em como potencializar os sistemas de IA na sala de aula e fora dela, e não nos concentrarmos simplesmente em como coibir a utilização dessas ferramentas de IA.

Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino	VICARI, Rosa Maria.	2021	O presente artigo apresenta uma visão dessas mudanças, em particular para a IA aplicada a sistemas educacionais.	A pesquisa tem bases de patentes e a revisão de literatura têm permitido apontar as mudanças de paradigmas e vislumbrar como serão as aplicações futuras da IA e de outras tecnologias da computação e da comunicação, na educação.	Observar a área traz uma visão das tendências do momento e de um futuro próximo para a ciência e a tecnologia. No entanto, quando se trata de tecnologia, a quebra de paradigmas e a disrupção podem mudar a tendência a qualquer momento. Quando as mudanças acontecem, as pessoas precisam estar preparadas para, de forma autônoma, assumir a necessidade da aprendizagem ao longo da vida, para se manterem produtivas.
Inteligência Artificial e Ensino de Química: uma análise propedêutica do chatgpt na definição de conceitos químicos.	LEITE, Bruno S.	2023	Analisar as contribuições da IA ChatGPT na definição de conceitos químicos.	A pesquisa foi conduzida no ambiente virtual do chatbot e realizada em quatro etapas. Os resultados mostram que o ChatGPT pode ser utilizado no ensino de Química como um auxílio ao processo de ensino e aprendizagem.	É preciso entender o avanço que as tecnologias causam na educação, em especial no ensino de Química, pois elas ampliam as oportunidades de aprendizagem centrada no estudante, conforme o modelo da Aprendizagem Tecnológica Ativa, 1,48 promovendo um processo educacional multidisciplinar, ao mesmo tempo em que busca soluções para o mundo real. As tecnologias emergentes oportunizam no contexto educacional um ambiente de aprendizagem ativa e significativa, provocando importantes reflexões sobre o que se espera da educação do século XXI. Os educadores devem considerar as implicações de plataformas de IA, como o ChatGPT, para o processo de ensino e aprendizagem, desde a utilização pelos próprios professores até como os estudantes podem usar essas ferramentas para construir conhecimento.
					Utilizando informações conhecidas na época de

A Tabela Periódica dos Elementos Químicos prevista por Redes Neurais Artificiais de Kohonen	LEMES, Maurício Ruv; JÚNIOR PINO, Arnaldo Dal.	2008	A proposta central deste trabalho foi investigar a capacidade de um sistema artificial inteligente classificar os elementos químicos.	Para atingir nosso objetivo, alimentamos um mapa auto-organizável (SOM) com informações disponíveis na época de Mendeleev.	Mendeleev testamos um sistema artificial inteligente e classificamos elementos químicos. Mostramos que as RK's ao mapear os elementos químicos foram capazes de organizá-los em várias propriedades treinadas e também não treinadas. As RK's organizaram metais alcalinos, metais de transição e até mesmo propriedades que não estavam presentes no treinamento como, por exemplo, a eletronegatividade. Utilizando a arquitetura 8x8 o sistema se mostrou eficiente e conseguiu mapear vários aspectos diferentes dos elementos. No mapeamento podemos notar que alguns elementos químicos ocuparam a mesma célula, por se tratarem de elementos muito parecidos em relação às suas propriedades gerais. O fato de alguns elementos terem compartilhado a mesma célula sugere que outras arquiteturas sejam testadas, procedimento que está em desenvolvimento e será publicado em trabalho futuro.
---	--	------	---	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

De acordo com os autores utilizados nessa pesquisa, pode-se perceber a dinâmica com a qual a inteligência artificial é descrita e sua integração no sistema educacional. A seguir será apresentado os resultados obtidos por meio dos seus artigos:

O uso da inteligência artificial no sistema de ensino gera discussões acerca do posicionamento do professor, como enfatiza Lima; Ferreira e Carvalho (2024), “a literatura mostra haver bastante preocupação com a figura do docente: a questão é como o professor é posicionado. Há certa ambivalência na visão que se tem da agência dos educadores na implantação de IA em contextos educacionais”. Assim, percebe-se a preocupação em capacitar os professores para o uso da inteligência artificial em sala de aula, devendo ser utilizada como auxílio pedagógico, para evitar a superficialidade e a reprodução de definições imprecisas.

Os supracitados autores também enfatizam sobre a preocupação da tecnologia substituir o professor: “Por um lado, parece haver grande entusiasmo com a IA e suas promessas; por outro, destacam-se preocupações com a profissão docente – em um extremo, com a substituição do professor pela máquina, um temor que também não é novo”. Pois, esse dilema de substituição é ponto de discussão desde o surgimento das tecnologias que deverá ser utilizada como meio e não fim.

Vicari (2021), ressalta que a educação precisa usar a curiosidade, que é um fator motivador para os alunos. A curiosidade leva à descoberta, ao novo, e ativa áreas do cérebro responsáveis pela aprendizagem. Esse processo convoca a imaginação, a criatividade, a capacidade de investigar e analisar para se obter respostas ou novas perguntas que alimentam o ciclo. Esse circuito é essencial para um estudante se mobilizar e ganhar uma motivação própria ao longo dos estudos. Assim, o autor destaca a importância do uso da inteligência artificial como uma ferramenta que deverá ser utilizada de maneira dinâmica em sala de aula para que a curiosidade e a interação dos alunos sejam aguçadas.

Para Leite (2023), o conhecimento deve ser sempre construído, ou reconstruído no processo de ensino e aprendizagem, com inovações que emergem do conhecimento estabelecido anteriormente.

Como destaca Azambuja e Silva (2024), a nossa compreensão é de que, ao contrário, a IA é naturalmente humana, simplesmente porque é uma criação humana com a finalidade de emular e reproduzir os processos e resultados que encontramos em nossas próprias faculdades. Pois, tudo que é criação humana é, evidentemente, humano.

Para Vicari (2021), a interação humana é muito mais complexa do que a IA consegue dar conta atualmente. A IA, como visto, tem fornecido resultados aceitáveis para apoiar o ensino personalizado.

Os discursos em torno das tecnologias na educação, também na academia, têm sido predominantemente otimistas, em uma aposta de que tecnologias educacionais, agora digitais, resolveriam problemas antigos da educação ou, ao menos, serviriam para melhorar as práticas pedagógicas, tornando-as mais eficientes (Selwyn, 2011; Carvalho; Rosado; Ferreira, 2019 apud Lima; Ferreira e Carvalho, 2024).

Como, destaca Vacari (2021), que cabe ressaltar que um ambiente educacional é mais do que uma interface que facilita seu uso – por um lado – e que obtém informações sobre os estudantes, por outro. Ele precisa motivar os alunos e mantê-los interessados no processo educacional.

Já que Azambuja e Silva (2024), destacam, as salas de aula de hoje continuam praticamente iguais àquelas de cem anos atrás, tornando o ensino uma tarefa complexa e difícil para os professores e a aprendizagem um processo bastante despersonalizado, seriado e muitas vezes inconsistente para os alunos.

Porém, as autoras descrevem um cenário inadequado e incabível em uma era tecnológica e que utiliza a inteligência artificial em diversas disciplinas do sistema educacional atuando em duas frentes principais: auxiliando o professor na gestão e criação de conteúdo e proporcionando ao aluno uma jornada de aprendizagem personalizada.

Além disso, ainda enfatiza Azambuja e Silva (2024), que na medida em que a IA avança no processamento de linguagem natural, inúmeras possibilidades para a educação se colocam no horizonte. Já Leite (2023), destaca que as ferramentas de inteligência artificial como o ChatGPT (tema deste artigo) e o Dall-E-2 (vêm ganhando espaço e tem chamado a atenção de diversos educadores).

Destacando Vacari (2021), que essas informações apontam para ecossistemas educacionais que vão incluir tecnologias da IA, da computação, da comunicação e da robótica resultando em sistemas com interoperabilidade proporcionada pelo protocolo IoT, para ligar objetos às aplicações (como visto, muitas tecnologias para interfaces inteligentes já estão disponíveis, falta a sua integração, em larga escala, com propósitos educacionais).

Dessa forma, Ambujar e Silva (2024), destacam que vivemos, assim, uma época em que os próprios educadores, outrora plenamente alfabetizados, precisam estar permanentemente em processo de “alfabetização”. Na medida em que as tecnologias da inteligência e da cultura se desenvolvem em uma velocidade cada vez maiores, é preciso que os educadores estejam constantemente se atualizando do ponto de vista do domínio das novas tecnologias intelectuais e culturais. Processo que poderíamos chamar de “technotização”.

Assim, a autora faz um levantamento de um ponto importante no contexto educacional que é a preparação contínua dos professores para a modernização do ensino escolar, que estar em constante mudança e precisa se adequar a sociedade em que está inserida, pois, a tecnologia é para ser utilizada como ferramenta de inclusão. Como complementa Leite (2023), que a inteligência artificial tem atraído muitas atenções, pois seu impacto é significativo na vida cotidiana da educação.

Salientando Leite (2023), os conteúdos da Química em sala de aula requerem do professor uma formação adequada que vá para além de saber Química, mas que saiba como e

por que ensiná-la. Assim, o professor deve utilizar os diferentes recursos que estão à sua disposição (livro, quadro, laboratório, caderno, computador, smartphone, internet etc.).

Com relação ao uso da inteligência artificial no ensino das tabelas periódicas, Lemes e Pino Júnior (2008), enfatizam em seu artigo a dinâmica do uso dessa inteligência na organização da tabela periódica, como um campo fértil para a investigação da capacidade de sistemas artificiais inteligentes produzirem classificações semelhantes. As redes de Kohonen e outras técnicas de inteligência artificial vêm sendo muito utilizadas em trabalhos de classificação. Por exemplo, em problemas de espectrometria, modelamento, problemas de otimização, aglomerados de silício, problemas químicos e outros. Pois, nesses casos os algoritmos de IA, como redes neurais ou regressão, são treinados com grandes bases de dados de compostos químicos e suas propriedades (ponto de fusão, solubilidade, toxicidade, condutividade etc.) reduzindo o tempo e o custo de experimentos, substituindo a demorada abordagem de "tentativa e erro" por uma busca mais direcionada.

Dessa forma, a o uso da IA ajuda a identificar combinações de elementos da Tabela Periódica que provavelmente formarão materiais com características específicas e desejadas, como baterias mais eficientes (ex: na busca por eletrólitos sólidos) ou novos semicondutores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a expansão da tecnologia e o surgimento da inteligência artificial, todos os setores de serviços foram atingidos especialmente o setor da educação. Pois, o processo educacional precisa estar alinhado as novas ferramentas tecnológicas que poderão trazer benefícios ao método de ensino. Mesmo que sejam levantadas diversas indagações sobre sua utilização, impactos, benefícios e malefícios, pois, a educação precisa estar apta a utilizar tecnologias avançadas.

A integração da Inteligência Artificial (IA) no ambiente educacional brasileiro não é apenas uma tendência tecnológica, mas uma ferramenta poderosa para materializar as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O uso de IAs generativas permite que o estudante deixe de ser apenas um consumidor de conteúdo e passe a ser um curador e criador. Ao aprender a formular prompts eficazes, o aluno desenvolve a fluência digital necessária para o século XXI.

Como definida por diversos autores nesta pesquisa a IA é uma nova ferramenta tecnológica que pode ser utilizada em sala de aula, sendo elaborado primeiramente um plano pedagógico que a inclua no método de ensino. Para que as aulas não fiquem desatualizadas diante da expansão de seu uso por toda sociedade.

Salientado a importância de capacitar todo corpo docente para que repassem ao alunado o uso adequado de tais ferramentas durante as atividades escolares. Pois, a inteligência artificial não vai substituir o professor. Mas, será um auxílio dinâmico para que a turma participe ativamente das aulas quebrando aquele cenário passivo e cansativo da escola do século passado.

Em relação ao ensino de química pode-se dizer que sua utilização é de grande utilidade para novas descobertas e como auxílio dinâmico ao professor durante as aulas. Porém, a adoção da IA como ferramenta pedagógica depende crucialmente da formação adequada de professores para que possam integrar essas tecnologias de forma ética e eficiente em suas práticas.

As ferramentas de IA, como tutores virtuais, plataformas adaptativas e até mesmo a criação de materiais interativos (como a Tabela Periódica Inteligente), demonstram um grande potencial para personalizar o aprendizado e aumentar o engajamento dos estudantes. Elas conseguem apresentar o conteúdo abstrato das propriedades periódicas de forma mais visual, imersiva e interativa (como a variação de raio atômico através de LEDs), o que auxilia na superação da mera memorização.

A IA pode funcionar como um facilitador para que os alunos elaborem e compreendam conceitos complexos, como as tendências da eletronegatividade ou energia de ionização, que tradicionalmente apresentam alta dificuldade no currículo do Ensino Médio.

E nesse caso, a IA seria um grande auxílio ao professor para tentar minimizar essas dificuldades. Como por exemplo: Assim como a Tabela Periódica original organiza elementos com base em suas propriedades e ajuda a prever a existência de novos elementos, a Tabela Periódica da IA agrupa algoritmos com base em seus princípios matemáticos, conectividade de dados de entrada e saída.

No entanto, a Inteligência Artificial, quando empregada como ferramenta de apoio e não como substituta do professor, tem o poder de revolucionar o ensino das Propriedades Periódicas, tornando-o mais dinâmico e significativo, transformando a maneira como o ensino e o aprendizado são conduzidos.

Portanto, a BNCC enfatiza a necessidade de analisar criticamente as informações. Como a IA pode apresentar "alucinações" (informações incorretas), o aluno é forçado a:

- Checar fontes.
- Comparar respostas da IA com livros e artigos acadêmicos.
- Questionar a neutralidade da tecnologia.

Contudo, o sucesso dessa integração está intrinsecamente ligado ao planejamento pedagógico estratégico, à formação continuada dos professores e à garantia de acesso equitativo à tecnologia, para que os benefícios da inteligência artificial atinjam todos os alunos do Ensino Médio. Pois, serve como uma ferramenta poderosa para aprimorar o processo educacional e otimizar a gestão escolar.

Ao interagir com a IA na escola, o aluno desenvolve o pensamento crítico necessário para questionar resultados, identificar vieses e usar a tecnologia para resolver problemas reais.

Dessa forma, ao unir a Cultura Digital (o "como" usar) ao Pensamento Científico (o "porquê" e "para quê" usar), formamos cidadãos capazes de navegar em uma realidade cada vez mais automatizada e complexa. Sempre com cautela e responsabilidade, pois, é preciso lembrar que a IA não substitui o professor, mas é de grande utilidade para que o professor inove suas aulas, alterando a dinâmica entre professor, aluno e conhecimento.

REFERÊNCIAS

Almeida, P. C. A.; Biajone, J. Saberes docentes e formação inicial de professores: implicações e desafios para as propostas de formação. *Educação e Pesquisa*, 33(2), 281-295. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v33n2/a07v33n2.pdf>. Acesso em 27 out 2025.

Alves, Achilles de Oliveira; Silva, Yara Fonseca de Oliveira e. Mediação pedagógica e tecnológica :conceitos e reflexões sobre o ensino na cultura digital. *Revista Educação em Questão*, v. 60, n.64,2022.

Amorim, M. C. V., Maria, L. C. S.; Marques, M. R. P. A.; Mendonça, Z. A. S.; Salgado, P. C. B. G; Balthazar, R. G. Petróleo: Um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, 15:1, 19 - 23, 2002.

Atkins, Peter; Jones, Loretta; Laverman, Leroy. *Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente*. 7ª edição. Bookman Editora. 2018.

Azambuja, Celso Candido de ; SILVA, Gabriel Ferreira da. Novos desafios para a educação na Era da Inteligência Artificial. Disponível em: www.scielo.br/j/fun/a/jWKkyjpRzxjm6c85yCKv4MN. Acesso em 05 dez 2025.

Barbosa, X. ; Bezzera R. Breve Introdução à história da Inteligência artificial. *Jamaxi*, v. 4, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/jamaxi/article/view/4730/2695%3E.%20>. Acesso em: 15 abr 2025.

Brasil Escola. Modelos dos átomos de Dalton. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/teoria-atomica-dalton.htm>. Acesso em 27 out 2025.

Brito, A.A.; Slovinski, L. Produção de elementos químicos no universo. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/G3khcGXvJwWGMpFfwmsKtbv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 20 set 2025.

Cardoso, S. P., Colinvaux, D. Explorando a Motivação para estudar Química. *Química Nova*, nº 23, p. 401-404. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/p5RBxxgngzWRBhkvXL7jFQP/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 27 out 2025..

Catarino, G.F. de G.; Victor, E. das F.;
PERSPECTIVAS ATUAIS EM ENSINO DE QUÍMICA: OBSTÁCULOS E POSSIBILIDADES. Pdf. Disponível em: publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/. Acesso em 27 out 2025.

César, E.T., Reis, R. de C., Allane, C.S.de M. Tabela Periódica Interativa. Disponível em: https://www2.ufjf.br/centrodeciencias/wp-content/uploads/sites/98/2023/03/2015_08-C%C3%89SAR-REIS-ALIANE-Tabela-Peri%C3%B3dica-Interativa.pdf. Acesso em 25 out 2025.

Chassot, Attico. Alfabetização Científica: questões e desafios para educação. Ijuí: Ed. Unijuí, 2001.

Coelho Neto, J.; Altoé, A. Construcionismo e a formação de professores: um estudo com alunos do curso de pedagogia da UENP CP. IN: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO - EDUCERE. I SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, SUBJETIVIDADE E EDUCAÇÃO. 10., 2011. Curitiba. Anais... Curitiba: Pontifícia Universidade Católica, p. 2315-2325, 2011

Costa, J. F. Júnior ; Lima, U. F.; Leme, M. D.; Moraes, L. S.; Costa, J. B.; Barros, D. M.; Sousa, M. A. M. A.; Oliveira, L. C. F. 2023. A inteligência artificial como ferramenta de apoio no ensino superior. Revena - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem , [S. l.], 6: p. 246-269. Disponível em: <https://revena.emnuvens.com.br/revista/article/view/111> Acesso em: 12 nov. 2025.

Delamuta, B.H.; Neto Coelho, J.; Junior Sanchez.S.L.; Assai, N.D. de S. O uso de aplicativos para o ensino de Química: uma revisão sistemática de literatura. Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, v.7, 145621, 2021.Disponível: sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/.Acesso em 12 nov 2025.

Dey Damini ; Slomka, Piotr J ; Leeson, Paul ; Comaniciu, Dorin ; Shrestha, Sirish; Sengupta Partho P.; Marwick, Thomas H . Artificial intelligence in cardiovascular imaging: JACC state-of-the-art review. Journal of the American College of Cardiology, v. 73, n. 11, p. 1317-1335, 2019. Disponível em: <https://www.jacc.org/doi/full/10.1016/j.jacc.2018.12.054>. Acessado em: 13 abr 2025.

Eichler, M.; Pino, J.C.D. Computadores em Educação Química: estrutura atômica e tabela periódica. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/wZRgTxg6Mbwhmcm4YmPgdsS/?format=html&lang=pt>. Acesso em 26 out 2025.

Ertel, W. Introduction to Artificial Intelligence. 2. ed. Ravensburg: Springer, 2017.

Franco, Marcella. Três em cada dez alunos já usaram inteligência artificial, diz pesquisa do Goglee. Folha de São Paulo. São Paulo. 21, jul. 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folhateen/2023/07/tres-em-cada-dez-alunos-ja-usaram-inteligencia-artificial-diz-pesquisa-do-google.shtml>. Acesso em: 10 nov 2025.

Fernandes, R.da S.; Gregório, J. R. O Ensino e Aprendizagem em Química:um panorama das dificuldades enfrentadas por educadores e estudantes. Disponível em: <https://edeq.com.br/submissao2/index.php/edeq/article/view/392/286>. Acesso em 10 set 2025.

Fernandes, M. A. M. A abordagem da tabela periódica na formação inicial de professores de química. 2011. 170 f. Dissertação (Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.Diponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/a68f145c-5fc9-4966-a64b-67e5a7b9438c>. Acesso em: 22 out 2025.

Filgueras, C. A. L., Origens da ciência no Brasil. Química Nova. (13) (3) (1990).

Fogaça, J.R.V. Organização da Tabela Periódica. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/organizacao-tabela-periodica.htm>. Acesso em 24 out 2025.

Frizon, Vanessa; LAZZARI, Marcia De Bona; SCHWABENLAND, Flavia Peruzzo; TIBOLLA, Flavia Rosane Camillo. A formação de professores e as tecnologias digitais. In: Congresso Nacional de Educação (EDUCERE), 12, 2015, Curitiba - PR. Anais... Curitiba: PUCPR, 2015. Disponível em: http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/22806_11114.pdf. Acesso em: 14 abr 2025.

Kaji, M. (2003). Mendeleev's discovery of the periodic law: the origin and the reception. *Foundations of Chemistry*, 5 (1), 189-214.

Kloeckner, F. L. et al. Inteligência Artificial nos processos de ensino-aprendizagem no ensino superior: uma revisão narrativa. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*. Curitiba, v. 16, n. 9, p. 15533–15550. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.9-104>. Acesso em 15out 2025.

Krasilchik, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das Ciências. São Paulo em perspectiva, jan./mar. 2000, vol.14, no.1, p.85-93.

Giordan, M. Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Editora Unijuí, 2008.

Haigh, Thomas. *How the AI boom went bust*. *Communications of the ACM*, v. 67, n. 2, p. 22-26, 2024.

IUPAC. The International Year of the Periodic Table: A Common Language for Science. Disponível em: <https://www.iypt2019.org/>. Acesso em: 27 out 2025.

José, Fausto. Relação entre estrutura atômica e Tabela Periódica. Disponível em: <https://www.escolamz.com/2022/03/relacao-entre-estrutura-atomica-e-tabela-periodica.html>. Acesso em 26 out 2025.

Leal, M. C. Didática da Química: fundamentos e práticas para o ensino médio. Belo Horizonte: Dimensão, 2009.

Leite, H.S.A.; Porto, P.A. ANÁLISE DA ABORDAGEM HISTÓRICA PARA A TABELA PERIÓDICA EM LIVROS DE QUÍMICA GERAL PARA O ENSINO SUPERIOR USADOS NO BRASIL NO SÉCULO XX. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/WcY7ZCDQW6998MG696DGs7D/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 26 out 2025.

Leite, B. S. (2019). O Ano Internacional da Tabela Periódica e o Ensino de Química: das cartas ao digital. *Química Nova*, 42 (6), 702-710. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335798110_O_ANO_INTERNACIONAL_DA_TABELA_PERIODICA. Acesso em 27 out 2025.

Leite, B. S. (2023) Inteligência Artificial e Ensino de Química: Uma Análise Propedêutica do CHATGPT na Definição de Conceitos Químicos. *Química Nova*, São Paulo, v. 46, n. 9, p. 915-923, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20230059>. Acesso em: 05 out 2025.

Leite, B. S. (2020). APLICATIVOS PARA APRENDIZAGEM MÓVEL NO ENSINO DE QUÍMICA. RCEF: Rev. Cien. Foco Unicamp, Campinas, SP, v. 13, e020013, 1-21, 2020. Disponível em: [econtents.sbu.unicamp.br/inpec/index.php/cef/...](https://econtents.sbu.unicamp.br/inpec/index.php/cef/) Acesso em: 13 Nov 2025.

Leite, B. S. *Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente*. 1 ed. Curitiba: Appris, 2015.

Lemes, Maurício Ruv; JÚNIOR PINO, Arnaldo Dal. A TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS PREVISTA POR REDES NEURAIS ARTIFICIAIS DE KOHONEN. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/KTJZLFwJ3HWnw6KTfpQDBjJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 06 dez 2025.

Lima, G. DE M.; FERREIRA, G. M. DOS S.; CARVALHO, J. DE SÁ. Automação na educação: caminhos da discussão sobre a inteligência artificial. *Educ. Pesqui.*, São Paulo, v. 50, e273857, 2024. Disponível em: *SciELO Brasil - Automação na educação: caminhos da discussão sobre a inteligência artificial* Automação na educação: caminhos da discussão sobre a inteligência artificial. Acesso em 04 dez 2025.

Lodi, A; P; da S.C. O ENSINO DE PROPRIEDADES PERIÓDICAS: CONSTRUINDO SIGNIFICADOS COM O USO DE ANALOGIAS E ABORDAGEM DA NATUREZA DA CIÊNCIA. Disponível em <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/8d00cdce-620c-4057-b270-692867d62621/content>. Acesso em 20 out 2025.

Loureiro L. *Tecnologias Digitais no Ensino de Química: o uso de recurso digital como instrumento facilitador no processo de aprendizagem*. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/bitstream/handle/1/794/LEANDRO%20DE%20ARAUJO%20LOUREIRO.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 abr 2025.

Luckin, Rosemary. *Machine Learning and Human Intelligence: the future of education in the 21 st century*. Londres: Institute of Education, 2018.

Marcom; J.L.R.; PORTO, A.P.T. O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO COM ÊNFASE À FORMAÇÃO DOCENTE. Disponível em: <https://revistas.fw.uri.br/revistadech/article/view/4584>. Acesso em: 29 out 2025.

MEC. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/>. Acesso em 28 out 2025.

Melo Filho, J.; Faria, R. B. 120 anos da construção periódica dos elementos. *Química Nova*, v. 13, n. 1, p. 53-58, jan. 1990.

Minayo, Maria Cecília de Souza. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 7. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

Muller, T.S. ESTRUTURA DA MATÉRIA E A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE AS ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DA QUÍMICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/237745>. Acesso em 27 out 2025.

Nichele, A. G., & Schlemmer, E. Aplicativos para o ensino e aprendizagem de Química. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 12, n. 2, 2014. DOI: 10.22456/1679-1916.53497. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/53497>. Acesso em: 29 out 2025.

Nunes, V.M.B. Estrutura Atômica e Tabela Periódica. Disponível em: http://www.docentes.ipt.pt/valentim/ensino/eatp_13.pdf. Acesso em 26 out 2025.

Oliveira, V.B. de.; Boralho, P.O.; Júnior, R. N. F.A.; Mascarenhas, M.A.; Costa, D. TABELA PERIÓDICA: UMA TECNOLOGIA EDUCACIONAL HISTÓRICA. Disponível em: <https://repositorio.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/695/2/TABELA%20PERIÓDICA.pdf>. Acesso em 18 out 2025.

Oliveira, Ótom Anselmo de, Fernandes, Joana D'arc Gomes, ARQUITETURA ATÔMICA E MOLECULAR, – Natal (RN): EDUFRN – Editora da UFRN, 2006.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. Inteligência artificial: uma abordagem moderna. 1. ed. São Paulo: Campus, 2004.

Paraná. Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Química. 2008. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_quim.pdf. Acesso em 13 nov 2025.

Ribas, Marcos. Aprendizagem e Inteligência na obra “Cibernética e Sociedade”, de Norbert Wiener. Linguagens, Tecnologias e pós-humanismo/ humanidades, Unicamp, 2020. Disponível em: <https://www2.iel.unicamp.br/litpos/2020/06/12/aprendizagem-e-inteligencia-na-obra-cibernetica-esociedade-de-norbert-wiener>. Acesso em: 2 nov 2025.

Sampieri, Roberto Hernandez; Collado, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. Metodologia de pesquisa. 3. ed. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

Santos A. O.; R. P. Silva R. P.; Andrade D.; Lima J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química), p.1, 2013.

Scerri, E. R. (2011). A review of research on the history and philosophy of the periodic table. Journal of Science Education, 12 (1), 4-7.

Sousa, R. P.; Miota F. M. C. S. C.; Carvalho, A. B. G. (Orgs.). Tecnologias digitais na educação [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2011. p.19-50. Disponível em <https://repositorio.unip.br/scitis-revista-cientifica/sousa-robson-pequeno-de-moita-filomena-m-c-da-s-c-carvalho-ana-beatriz-gomes-orgs-tecnolog>. Acesso em: 15 abr 2025.

Souza, R. ChatGPT para Professores e Profissionais da Educação: Utilizando inteligência artificial na prática pedagógica - guia para professores e profissionais da educação. 2023. Disponível em: <https://encurtador.com.br/elAG0>. Acesso em: 03 ago 2025.

Souza, Marcela Tavares de; Silva, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. Einstein (São Paulo), São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, mar. 2010.

Strathern, P. O sonho de Mendeleev: A verdadeira história da química. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2002. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/docs/strathern-p-o-sonho-de-mendeleiev-a-verdadeira-historia-da-quimica/4843194/>. Acesso em: 20 out 2025.

Tolentino, M.; Rocha-Filho, R. C.; Chagas, A. P. Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. Química Nova, v. 20, n. 1, p. 103-117, 1997.

Tretini, M.; Paim, L. Pesquisa em Enfermagem. Uma modalidade convergente-assistencial. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

Tumelero N. Pesquisa Básica. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/pesquisa-basica/>. Acesso em: 10 abr 2025.

Vargas, J.A.C. Propriedades periódicas dos elementos químicos e suas breves implicações em sistemas biológicos e nas ciências agrárias. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/6148/11791>. Acesso em 18 out 2025.

Vargas, Dalton L.; Granatyr, Jones; Knop, Jeferson; De Almeida, Cleber. Product Recommendation Using Classification Algorithms. In: ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E COMPUTACIONAL (ENIAC), 15, 2018, São Paulo. Anais do XV Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, oct. 2018. p. 728-73.

Vicari, ROSA MARIA. Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/VqyZbNzYfnCJ8s8Psft4jZf/?lang=pt>. Acesso em: 05 dez 2025.

Wartha, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

Wang, F.; HANNAFIN, M. J.; BLANCHARD, Jr .J O. (2020). An Integrated Research Framework for AI Implementation in Higher Education: Theoretical Foundations and Practical Implications. Computers & Education, 147.

ANEXOS

ARTIGOS

Automação na educação: caminhos da discussão sobre a inteligência artificial

Giselle de Moraes Lima¹

ORCID: 0009-0008-4770-7114

Giselle Martins dos Santos Ferreira¹

ORCID: 0000-0002-8496-5390

Jaciara de Sá Carvalho²

ORCID: 0000-0003-1497-3830

Resumo

Os discursos em torno da tecnologia têm sido marcados por juízos de valor dicotômicos, ainda que predominantemente otimistas, sobre o lugar desses artefatos em contextos educacionais. Na própria academia, parece apostar-se, com frequência, em artefatos digitais como solução de problemas da educação que são, de fato, complexos e historicamente enraizados. Este artigo parte de um questionamento acerca dos discursos em torno das tecnologias baseadas em Inteligência Artificial (IA): estariam os velhos discursos – fundamentados na naturalização da tecnologia – sendo reproduzidos? Com base em uma revisão de literatura acadêmica sobre a IA na educação, realizada no escopo de um projeto mais amplo em andamento, o texto apresenta um panorama dos principais pontos de discussão levantados nos últimos cinco anos na área da educação. Por um lado, parece haver grande entusiasmo com a IA e suas promessas; por outro, destacam-se preocupações com a profissão docente – em um extremo, com a substituição do professor pela máquina, um temor que também não é novo. Contudo, nosso recorte sugere que, para além de um otimismo ou pessimismo exacerbados, estão em pauta importantes considerações, fundamentadas em teorização aprofundada e estudos com empiria de campo sólida, que podem abrir caminhos outros que o desenvolvimento e acatamento de tecnologias em perspectivas meramente solucionistas.

Palavras-chave

Tecnologia educacional – Automação na educação – Inteligência Artificial na educação – Estudos críticos da educação e tecnologia.

¹ Professora Universidade Católica do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Contatos: giselle@ucbrj.com, gisellimoraes@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Contato: jaciara@ufrrj.br



<https://doi.org/10.1590/S1518-4634202450273857per>
This content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0



Automation in education: trending issues concerning Artificial Intelligence*

Abstract

Discourses on technology have been marked by dichotomic, albeit predominantly optimistic, value judgments on the place of artifacts in educational contexts. In academia itself, digital artifacts are often advocated as solutions to educational problems that are, in fact, complex and historically rooted. This article tackles a question on the discourses that surround technologies based on Artificial Intelligence (AI): are old discourses – that hinge on the naturalization of technology – being reproduced? Based upon a review of academic literature on AI in education, conducted within the scope of a broader ongoing research project, the text presents an overview of key discussion points raised in the last five years in the field of Education. On the one hand, there seems to be great enthusiasm for AI and its promises; on the other, concerns are highlighted regarding teaching as a profession – in the extreme, worries with the replacement of the teacher by the machine, a fear that is also not new. However, our review suggests that, beyond unrestrained optimism or pessimism, discussion agendas address important points considered with basis on in-depth theorization and solid empirical data, which can open paths other than the development and acceptance of technologies in purely solutionist perspectives.

Keywords

Educational technology – Automation in education – Artificial Intelligence in education – Critical studies of education and technology.

Introdução

Há muito a área da educação flerta com tecnologias que automatizam diferentes aspectos dos processos de ensino e aprendizagem sob o discurso de personalização, da liberação do professor de atividades que não sejam em sala de aula e de sua atenção individualizada ao aluno. Embora essa discussão tenha ganhado força na última década com o crescente investimento de empresas de tecnologia, o uso de dispositivos automatizados para o ensino – ou as máquinas de ensinar – já vem sendo projetado e tentativamente concretizado há mais de cem anos. Desde a década de 1920, quando a primeira dessas máquinas foi inventada pelo psicólogo da educação Sidney Pressey, as “ideias sobre instrução programada tornaram-se ‘codificadas’ em todos os tipos de tecnologias educacionais e práticas pedagógicas” (Watters, 2021, p. 15).

As máquinas de ensinar de Pressey e, mais tarde, Skinner, não obtiveram sucesso no século passado, e ainda hoje há incertezas de que sistemas automatizados poderão, um dia, ser inteligentes e comparáveis a um professor em seu ofício de ensinar. Mesmo



um dos primeiros inventores da chamada Inteligência Artificial (IA), que criou o *chatbot* conhecido como ELIZA, não acreditava que sistemas de processamento de informações poderiam ser equiparados aos seres humanos. Contudo, conforme sugere Crawford (2021, p. 5, tradução nossa), “a crença de que a inteligência humana pode ser formalizada e reproduzida por máquinas é axiomática desde meados do século XX”.

Recentemente, a crença no potencial da automação de salvaguardar o humano do trabalho pesado ou tedioso se renovou na educação, campo próspero para o consumo de artefatos baseados em IA, um conjunto de técnicas vistas atualmente como a forma mais promissora de aumentar eficiências. Tais sistemas vêm sendo disponibilizados, implantados e usados de forma cada vez mais corriqueira por alunos, professores e instituições educacionais em diversas partes do mundo, suscitando muitos questionamentos e originando novos focos de investigação. Afinal, trata-se de um novo elemento no processo educacional que envolve, a partir de sua potencialização com o uso de *Big Data* (grandes conjuntos de dados), uma série de preocupações de cunho ético, considerando o papel dos dados na reprodução de desigualdades por meio de problemas tais como privacidade, representatividade e uma multiplicidade de outros possíveis vieses promovidos por sistemas que os utilizam (O'Neill, 2016).

Chassagnol *et al.* (2018), em estudo sobre o impacto da IA no campo educacional, afirmam que o cenário educativo vem sendo modificado e remodelado pela IA, que já atua no desenvolvimento de conteúdos, métodos de ensino, avaliações dos alunos e na comunicação entre educadores e estudantes. Além disso, ainda segundo os autores, sistemas baseados em IA têm aberto muitos oportu­nidades para a difusão de cursos online abertos e “massivos” (MOOC) e possibilitam a medição do progresso de aprendizagens com eficácia e rapidez impossíveis para humanos (Chassagnol *et al.*, 2018).

Apesar de estar cada vez mais difundida em diversas áreas, encontrar consenso sobre o conceito de IA não é uma tarefa fácil. Wang, D. *et al.* (2015) definem a IA como uma atividade dedicada a tornar as máquinas inteligentes, sendo a inteligência a qualidade que possibilita a uma entidade funcionar adequadamente, com visão do seu ambiente. Já Ma *et al.* (2014) entendem a IA como um campo da ciência da computação voltado para a solução de problemas normalmente associados à cognição humana, como a aprendizagem, a resolução de problemas e o reconhecimento de padrões, daí o desenvolvimento de máquinas capazes de executar tarefas que envolvem percepção visual, reconhecimento de fala, tomada de decisões e tradução de idiomas, antes restritas à inteligência humana. Kite Crawford (2021), por sua vez, rechaça definições meramente técnicas para a IA, afirmando que esta não é nem inteligência, nem artificial:

Em vez disso, a Inteligência Artificial é incorporada e material, feita de recursos naturais, combustível, trabalho humano, infraestrutura, logística, histórias e classificações. Os sistemas de IA não são autônomos, racionais ou capazes de discernir qualquer coisa sem treinamento extensivo e computacionalmente intensivo com grandes conjuntos de dados ou regras e recompensas predefinidas. Na verdade, a inteligência artificial como a conhecemos depende inteiramente de um conjunto muito mais amplo de estruturas políticas e sociais. E, devido ao capital necessário para construir a IA em escala e as formas de ver que ela otimiza, os sistemas de



IA são projetados para atender aos interesses dominantes existentes. Nesse sentido, a inteligência artificial é um registro de poder (Crawford, 2011, p. 8, tradução nossa).

Nesse sentido, a IA pode ser entendida como um terreno de disputas econômicas e políticas, como não são as tecnologias de modo geral (Winner, 2017). Referindo-se especificamente a tecnologias na educação, Selwyn (2014) argumenta que qualquer tecnologia educacional é produto de conflitos entre pautas diferentes e promove ideologias próprias, sobretudo valores e concepções específicas acerca da própria educação. Os discursos em torno das tecnologias na educação, também na academia, têm sido predominantemente otimistas, em uma aposta de que tecnologias educacionais, agora digitais, resolveriam problemas antigos da educação ou, ao menos, serviriam para melhorar as práticas pedagógicas, tornando-as mais eficientes (Selwyn, 2011; Carvalho; Rosado; Ferreira, 2019). Nesta perspectiva, as emergentes tecnologias com IA poderão vir a somar-se a uma longa lista de artefatos propostos como panacéia para as mazelas de uma educação carente de inovação de diversas formas. Assim, cabe questionar se teria mudado, em relação à IA, a “[...] possível cumplicidade dos acadêmicos na reprodução de preconceitos e desigualdades por meio da aceitação natural das tecnologias educacionais” (Gallagher; Breines, 2021, p. 58, tradução nossa). Seguindo essa linha de questionamento, o presente artigo discute se, no caso da IA em contextos educacionais, estariam os velhos discursos – fundamentados na naturalização da tecnologia – sendo reproduzidos. O texto explora um recorte de achados da revisão de literatura conduzida no escopo de um projeto de pesquisa em andamento, que aborda os discursos sobre a IA na educação em uma perspectiva crítica.

Procedimentos metodológicos

O levantamento de literatura que sustenta nossa discussão foi conduzido no escopo de um projeto mais amplo em andamento, com o objetivo de analisar como as publicações mais recentes da área têm abordado a presença da IA na educação. As buscas foram conduzidas entre agosto e setembro de 2022 utilizando as seguintes bases de indexação: a Pesquisa Integrada da Divisão de Bibliotecas e Documentação da PUC-Rio (DBD PUC-RIO), que é integrada à *ERSCO Information Service* e fornece resultados indexados nas principais bases de dados acadêmicos do mundo; a *ERIC*, que aglutina artigos exclusivamente da área de Educação; e a *SCOPUS*, uma das maiores bases de artigos científicos do mundo e fonte de indicadores de produtividade utilizados em avaliações de pesquisa em diversos países. Além disso, consultamos também a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Priorizamos trabalhos publicados nos últimos cinco anos, revisados por pares e com texto completo disponível, restringindo a busca por trabalhos indexados na área da educação. Após a seleção, o corpus ficou composto de 20 trabalhos, sendo 19 artigos revisados por pares e uma dissertação, conforme mostrado no Quadro 1.



Quadro 1- Síntese da busca

Base de dados	Descritores	Filtros	Primeiro levantamento		Seleção final	
			Artigos acadêmicos	Dissertações e teses	Artigos acadêmicos	Dissertações e teses
ERIC	"Artificial Intelligence in Education"	Since 2017 / Peer reviewed only / Full text available in ERIC	20	1	10	1
Scopus	"Educational Technology AND Ethics"	2017-2022 / All query sources / Article / Final	16	1	4	1
BDI PUC-RIO	"Inteligência artificial AND educação"	Texto completo / 2017-2022 / Atualizado por especialistas	40	1	5	1
BDTD	"Inteligência artificial AND educação AND tecnologia educacional"		1	40	1	1
Total			77	43	20	4

Fonte: Elaboração própria.

Chama atenção a busca realizada na BDTD. Usando um grupo de palavras-chave relacionadas ao tema (conforme Quadro 1), e sem qualquer filtro, obtivemos 42 resultados, mas apenas uma dissertação atendeu aos critérios postos para o levantamento e foi mantida para a revisão. Muitos desses trabalhos são do final da década de 1990 e início dos anos 2000, época em que a IA começou a se recuperar do chamado *inverno* que sucedeu uma onda de duras críticas, sobretudo de filósofos (Nússon, 2010).

A seleção foi feita a partir da leitura dos resumos, que mostrou inicialmente um número de trabalhos apenas indiretamente relevantes ao questionamento posto. Como resumido no Quadro 2, a seguir, o corpus de artigos selecionados contém somente aqueles que trazem dados de campo e/ou reflexões mais ou menos aprofundadas sobre os processos de ensino e aprendizagem, bem como sobre como essas tecnologias afetam os sujeitos envolvidos nos processos e suas relações, incluindo alguns estudos de caso de implantação de uso de tecnologias em contextos educacionais.

Quadro 2- Critérios de inclusão e exclusão

	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Primeiro Levantamento	Trabalhos técnicos sobre desenvolvimento de IA e o funcionamento de máquinas, textos específicos de áreas como linguagens, computação, matemática, entre outros, sem muita relação com a formação humana numa perspectiva mais ampla.	Trabalhos que abordam questões educacionais relacionadas a tecnologias com IA.
Seleção final	Trabalhos que são sobre fluxos de dados computacionais ou análise de conteúdos ou processos em situações específicas, também sem relação direta com a formação humana ou questões educacionais mais amplas.	Trabalhos com dados de campo sobre testes técnicos que refletem sobre os processos de ensino e aprendizagem, bem como sobre como as tecnologias com IA afetam os sujeitos envolvidos nos processos e suas relações.

Fonte: Elaboração própria.



O *corpus* de literatura selecionado foi submetido a uma análise de conteúdo temática que seguiu, principalmente, as recomendações de Bardin (1977), resumidas por Claudinei Campos (2004), obedecendo às seguintes fases:

- Pré-exploração do *corpus*, quando fizemos leituras flutuantes do material com o objetivo de tirar as primeiras impressões dos textos, apreendendo as suas ideias gerais, ainda sem compromisso de sistematização;

- Seleção das unidades de análise, quando identificamos os principais recortes temáticos que emergiram da literatura, dentro do universo da IA na educação. Nessa etapa, também optamos por nos concentrar nas seguintes dimensões dos textos selecionados: objetivos da pesquisa, referencial teórico, procedimentos metodológicos e achados;

- Classificação dos recortes temáticos identificados na etapa anterior. Nesse momento, organizamos os textos selecionados de acordo com as temáticas identificadas nas leituras anteriores e procedemos com a análise dos sentidos dos textos, tendo como norte o objetivo e a questão da pesquisa proposta para o trabalho.

A discussão a seguir apresenta um recorte dos achados da análise.

Achados: o que nos mostra a literatura?

A discussão a seguir apresenta inicialmente, uma caracterização geral da literatura incluída no *corpus* de análise, para, subseqüentemente, passarmos a aspectos mais diretamente relacionados às temáticas em discussão.

Caracterização geral do *corpus* analisado

No recorte selecionado, predominam os estudos oriundos do Brasil e do Reino Unido; outros países aparecem com produção menos numerosa, e há produções de pesquisadores de diferentes lugares de origem, conforme mostrado no Quadro 3. Seis trabalhos produzidos por pesquisadores brasileiros também foram selecionados, incluindo a dissertação de mestrado.

Quadro 3 - Origem dos estudos levantados

País de origem	Quantidade de trabalhos extra
Reino Unido	4
Brasil	6
Mais de um país	3
Armênia, Arábia Saudita, China	2
Índia, Turquia	1

Fonte: Elaboração própria.



Prevalecem estudos qualitativos na forma de pesquisa bibliográfica e documental e revisões de literatura, e há alguns estudos de caso, cujos instrumentos de produção de dados são questionários, entrevistas e levantamento documental. As revisões de literatura encontradas nos ajudam a ter um panorama prévio de recortes da produção sobre o tema em tela.

A revisão bibliométrica de Talan (2021) informa que o interesse em estudos de IA na educação tem aumentado, com os Estados Unidos liderando o número de publicações. O trabalho de Hinojo-Lucena *et al.* (2019) explora a produção científica sobre IA no ensino superior (ES) indexada nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus* durante o período de 2007 a 2017, e observa que, embora a IA já seja uma realidade e haja interesse mundial pelo tema, a produção científica sobre a sua aplicação no ES é incipiente, conclusão consistente com Gatti (2019). Já a revisão sistemática de Vicari (2021) aponta que, após décadas de existência como aplicação na educação, a IA finalmente vem sendo convocada a fornecer respostas a algumas perguntas fundamentais: se a tendência da tecnologia educacional será personalização da educação, assertividade com os usuários ou fornecer interação social com resultados educativos; em que consistirá a disrupção da educação; como os sistemas educacionais vão desenvolver as pessoas em um mundo em que a IA e a robótica substituem postos de trabalho.

Uma característica importante da literatura é a caracterização da IA como “ferramenta”, apontada também por Gatti (2019), bem como um achado consistente com revisões de literatura internacionais (Zawacki-Richter *et al.*, 2019; Zhu *et al.*, 2021; Flores *et al.*, 2022): a maioria das pesquisas produzidas são oriundas das áreas de Ciência da Computação ou Engenharia. E mais: “a pesquisa voltada para a IA está baseada na construção de ferramentas de ensino e distante das discussões sobre ‘O que é?’, ‘Para que serve?’, ‘De que forma é feita?’, ‘Quais os riscos, os potenciais?’” (Gatti, 2019, p. 85). Em outras palavras, a abordagem à IA é frequentemente instrumental e otimista, com a IA apresentada predominantemente como facilitadora do processo educacional.

Em linhas muito gerais, o foco dos trabalhos se divide nos seguintes aspectos: estudos sobre educação à distância baseada ou facilitada por tecnologias de IA (Seren; Özcan, 2021); trabalhos sobre uso dessas tecnologias durante o ensino remoto emergencial (ERE) adotado em virtude da pandemia de Covid-19 (Nagro, 2021); estudos de caso e análises da percepção do uso das tecnologias pelos sujeitos atuantes na educação (Pierroira; Lehmann; Oliveira, 2021); o desenvolvimento de tecnologias para contextos educativos (Luckin; Cukurova, 2019); e estudos com viés crítico sobre tecnologias educacionais (Gray, 2020; Davies; Eynon; Salveson, 2021), apresentando diversos tipos de preocupações que serão expostas adiante.

No que se refere aos contextos dos quais foram recrutados os sujeitos de pesquisa, vários estão focalizados no ensino superior (Williamson, 2019; Aldosari, 2020); e em questões referentes aos professores (Wang, S. *et al.*, 2020). No caso da China, Yang (2019) justifica a ênfase de estudos no nível do ES com base em uma realidade na qual esse é o contexto onde a implementação de IA está mais avançada no país, juntamente com a educação cívica. Apenas um estudo incluído no corpus aborda exclusivamente a educação básica (Gatti, 2019) e três tratam da educação como um todo, sem foco em uma única etapa (Yang, 2019; Renz; Hilbig, 2020; Santos; Freitas-Jorge; Winkler, 2021). Artigos de



cunho mais crítico tomam como objeto a própria indústria de tecnologia educacional, conforme discutido a seguir.

O professor no centro das discussões

Tendo o ERE como contexto, alguns dos trabalhos analisados refletem sobre o papel dos professores frente ao uso de tecnologias educacionais. Nagro (2021), por exemplo, questiona o papel das técnicas de *e-learning* e da IA na melhoria do comportamento e das práticas de docentes do ES em circunstâncias imprevisíveis, nas quais a educação presencial não é possível. Por meio de estudo empírico baseado na aplicação de questionário com 406 professores de universidades sauditas, o autor afirma que os profissionais consideram que o *e-learning* e a IA influenciaram positivamente suas práticas educativas durante a pandemia, com a automação tornando mais eficientes etapas desafiadoras tais como a avaliação. O autor sugere a abertura de novas portas para a educação on-line, mesmo após a Covid-19, tendo uma visão bastante positiva da aplicação de IA em contextos educacionais.

O tom otimista, porém, encontra um contraponto em uma preocupação legítima: que, para além da emergência instaurada pela Covid-19, sistemas alternativos à educação presencial estejam sendo propostos inclusive em contextos em que a ampla digitalização ainda é mais publicidade que fato. Nesse contexto, as partes interessadas podem ser induzidas a se acostumarem com os desenvolvimentos tecnológicos e se entusiasmarem com seus benefícios de modo pouco crítico, o que coloca diante de nós a realidade de que a educação pode ser confiada aos computadores sem uma discussão séria e aprofundada em todos os campos, especialmente na filosofia (Seren; Ozcan, 2021).

De fato, a literatura mostra haver bastante preocupação com a figura do docente: a questão é como o professor é posicionado. Há certa ambivalência na visão que se tem da agência dos educadores na implantação de IA em contextos educacionais. Em alguns trabalhos, os professores são apresentados como profissionais cuja opinião e práticas devem ser influenciadas por meio de treinamentos específicos para que aceitem e trabalhem eficientemente com a IA, por exemplo, com maior disposição para usar sistemas de tutores inteligentes (Wang, S. *et al.*, 2020), partindo da premissa de que professores tendem a ser avessos a essas tecnologias em virtude de falta de conhecimento ou preconceito (Nazaretsky *et al.*, 2022).

Olhando para a realidade da educação à distância no Brasil, Santos, Freitas Jorge e Winkler (2021) alegam que, no que se refere à inovação nas relações de ensino e aprendizagem por meio da incorporação de IA e virtualização nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), os alunos estão, hoje, muito mais ativos e cognitivamente capazes que em outros tempos, enquanto os professores se encontram em fase de adaptação didática. Para os autores, a incorporação dessas tecnologias implica a abertura de novos desafios e a criação de novas rotas, com a relação entre os envolvidos nos processos tornando-se mais estreita, dinâmica e interativa. Tomados em justaposição, estes trabalhos sugerem que os mesmos discursos que ouvimos há décadas, sobre professores resistentes ou desinteressados na tecnologia educacional, mostram-se agora reproduzidos, também, nos argumentos de defesa do uso de IA.



Por outro lado, em Parreira, Lehmann e Oliveira (2021) há uma escuta dos professores no sentido de entender como eles percebem possíveis modificações no futuro de suas profissões motivadas pelo que chamam de “tecnologias de segunda geração” (os sistemas de IA). Apesar das dificuldades em diferenciar os impactos das diferentes gerações de tecnologias, os autores observam que os profissionais reconhecem que elas devem alterar o perfil de competências da profissão. Concluem, assim, que será necessário reforçar a formação de professores a partir das “competências para o futuro” recomendadas pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), sendo essas principalmente de natureza interpessoal e conceitual-estratégica (Parreira, Lehmann e Oliveira, 2021). Aliás, recomendações constantes em documentos produzidos por organismos multilaterais, como a UNESCO e a OCDE, que mantêm vastas bases de conhecimento sobre o assunto³, são comumente mobilizadas para justificar a urgência de adaptações para uso da IA na educação.

Além da formação, uma preocupação presente no corpus é com a substituição do professor pela máquina. Em nosso levantamento, essa questão aparece em Luiz Fernando Campos e Luiz Antônio Lastória (2020), que reflete sobre uso de tecnologias audiovisuais, plataformas digitais e softwares de IA voltados à personalização do ensino. O trabalho destaca, além da possível substituição dos professores, preocupações com a fragmentação dos hábitos de leitura e escrita dos estudantes e com o discurso sobre a “gamificação” para tornar as aulas mais atrativas, afirmando que “é necessário que a educação vá além do que está programado, dando visibilidade ao que não aparece nas interfaces computacionais: as contradições econômicas, políticas e sociais escondidas nas caixas-pretas dos aparelhos” (Campos, L. F.; Lastória, 2020, p. 17).

Questionando as premissas que sustentam a afirmação de que é possível substituir os professores por máquinas, Coelho (2018) reflete sobre o significado da automação da educação e faz uma provocação: considerar possível que máquinas automatizadas substituam o trabalho dos professores é, de pronto, resumir bastante o papel dos professores e até dos estudantes, reduzindo-os à parte que trabalha e ignorando todo o potencial do imponderável, aquilo que é humano e as máquinas existentes (ainda?) não dão conta. Trata-se, aqui, do que Selwyn *et al.* (2021a, tradução nossa) denominam de “reduzibilidade” da automação na educação. Revela-se, também, a tendência à substituição, parcial ou total, do professor pela tecnologia, identificada por Barreto (2017) em textos de políticas brasileiras já há décadas. A tendência aparece com força redobrada em documentos de organismos multilaterais relativos à IA (Ferreira; Lemgruber; Cabrera, 2023).

Nesse contexto, intensificam-se as preocupações não apenas com o futuro da profissão docente, mas com as formas que a própria educação poderá tomar a partir dessa subjetivação, que tem decorrências para os processos de socialização implicados na formação humana compreendida como prática, fundamentalmente, comunicacional. As implicações concernem não apenas à preocupação já antiga com as decorrências, para o mundo do trabalho, da substituição do humano por máquinas, mas também, crucialmente, aos tipos de sujeitos que serão formados em contextos que sustentam múltiplas formas de

3 – A OCDE e a UNESCO mantêm vastas portais dedicados à IA: <https://www.oecd.org/ai/> (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) e <https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/>.



dessorialização do humano por meio de comunicação, na melhor das hipóteses, mediada por máquinas, senão, apenas com elas (Selwyn *et al.*, 2021b).

Questionamentos críticos

Nosso recorte, ainda que limitado, parece refletir diferenças de perspectiva da IA que são observadas em relação a outros tipos de tecnologias digitais. Identificamos, no corpus, duas tendências principais no debate sobre IA na educação: uma que a considera um fato, dado e marcadamente positivo, cabendo aos envolvidos apenas se adaptarem da melhor forma possível para tornar os processos mais eficientes; e outra que pondera sobre a necessidade de avaliar com maior profundidade suas vantagens, as dificuldades que impõem aos processos educativos e aos sujeitos implicados, bem como os interesses políticos e comerciais envolvidos na pressão por sua rápida incorporação ao cotidiano educacional.

Um dos trabalhos de tom mais otimista em nosso levantamento, Aldosari (2020), afirma, a partir das respostas obtidas a uma pergunta feita a uma amostra de acadêmicos, que há total satisfação com o que a tecnologia alcançou na educação, bem como confiança no progresso tecnológico, apontando para um cenário positivo em que a IA pode promover a melhoria da educação acadêmica e da aprendizagem dos estudantes. O autor recomenda ainda, adotando postura semelhante à apresentada em outros trabalhos, que seja feita a preparação do corpo docente para utilizar os produtos de IA de forma eficaz. Segundo os estudos que compartilham essa perspectiva, a incorporação de tecnologias com IA na educação é algo inevitável, iminente, que indubitavelmente trará melhorias para a educação ao possibilitar a efetivação de novas práticas de ensino e aprendizagem, ou seja, uma forma de “inovação pedagógica” pelo mero uso de artefatos digitais (Aldosari, 2020).

Contudo, questionamentos importantes emergem com maior clareza quando a relação entre IA e *Big Data* é explicitada, ou seja, quando se reconhece que falar em IA implica discutir questões relativas a dados, incluindo segurança e vigilância. Renz e Hilbig (2020) ressaltam que, embora o desejo de flexibilidade e personalização – termos frequentemente utilizados para qualificar tecnologias educacionais com IA – impulse o debate sobre sistemas de IA baseados em aprendizagem de máquina, a falta de soberania de dados (que idealmente deveriam estar sujeitos às leis do país em que são produzidos), a incerteza sobre os processos a que são submetidos e a falta de compreensão de como os sistemas de IA de fato operam, são fatores que estão impedindo o desenvolvimento e a implementação de soluções apropriadas. Além dessas questões, é importante lembrar, conforme Luckin e Curukova (2019) sugerem, que a maioria dos desenvolvedores de IA sabe pouco sobre aprender e ensinar, daí a importância da pesquisa interdisciplinar nas áreas de IA e ciências da aprendizagem, de modo a possibilitar melhores condições para projetar algoritmos efetivos para usos educacionais. Por fim, é preciso considerar que há “lados obscuros” na educação facilitada por tecnologia, conforme sinalizam Zakharov e Jacke (2022), sobretudo as tentativas de “consertar” e encaixar multiplicidades em uma coisa só, uma dependência da autotonação em favor da melhoria das condições de produção e processamento de dados, bem como a tendência a forçar ajustes individuais em lugar de abordar desigualdades estruturais. Os dados, neste caso, serviriam como meio para forçar



modos diferentes de padronização e obscurecer questões fundamentais que devem ser encaradas na educação.

Estudos que adotam abordagens críticas são fundamentados em perspectivas que politizam a tecnologia, ou seja, opõem-se à crença na sua neutralidade, situando objetos e atores em contextos marcados por tensões e conflitos de interesses. Assim, reconhecem que importa não apenas aquilo que é feito com artefatos, mas também *fe, talvez, crucialmente, como, onde e para que* eles são produzidos, vendidos e inseridos em contextos específicos. Em geral, tais trabalhos tendem a considerar relações que as empresas de tecnologias digitais e a educação mantêm. Durante a pandemia de Covid-19 muitas dessas empresas ampliaram sua presença oferecendo seus ambientes e serviços às redes de ensino, amíde, de forma “*gratuita*” (Vieira, 2022). Companhias como a Microsoft e a Google, entre outras, vêm investindo pesadamente em desenvolvimento de IA, sustentando-a como uma tendência que vem ganhando cada vez mais espaço também na educação. De fato, a história da tecnologia educacional é longa, mas o avanço financeiro e político das empresas de tecnologias digitais sobre a educação é recente, conforme Watters (2021), sugere:

A medida que o setor de tecnologia da informação se tornou mais poderoso financeiramente e politicamente na última década, a voz do Vale do Silício se tornou mais alta nos debates sobre a forma e a direção do sistema educacional. Muitos de seus empreendedores lançaram ou investiram em negócios educacionais, muitas vezes orgulhosamente ignorantes da história da educação ou da história da tecnologia educacional. (Watters, 2021, p. 7, tradução nossa).

Em nosso corpus, dois trabalhos lidam, especificamente, com questões relativas à expansão da atuação de grandes empresas. Williamson, Pykett e Nemorin (2018) analisam tecnologias educacionais baseadas em insights neurocientíficos sobre a função e a estrutura do cérebro propostas pela Pearson e pela IBM. Os autores descrevem maneiras pelas quais o cérebro humano está sendo compreendido, modelado, simulado e integrado a aplicativos de IA e “*sistemas cognitivos*” que essas empresas estão promovendo, de modo que se evidenciam questões que precisam ser vistas com seriedade no mundo contemporâneo, dado que se estabelecem novas formas de governança neuro computacional e biopolítica capitaneadas por grandes empresas privadas. Williamson (2019) explora a articulação entre governos e agentes comerciais nos esforços tecnológicos em larga escala para coletar e analisar dados de alunos do ES do Reino Unido. O estudo mostra que a politização e a comercialização de dados no ES está se traduzindo em métricas de desempenho em um setor cada vez mais orientado para o mercado, o que sinaliza a necessidade de fortalecimento de estruturas políticas para garantir usos éticos e pedagogicamente valiosos dos dados dos estudantes.

Assim como esses trabalhos, que adotam referenciais teóricos mais ricos e, assim, promovem discussões mais aprofundadas, Davies, Eynon e Salveson (2021) apresentam achados de um estudo sociológico que combina, segundo uma metodologia de grato de conhecimento, as noções de “*campo*” de Bourdieu (2019) e de “*solucionismo tecnológico*” de Morozov (2013), com o propósito de investigar como e por que estão sendo mobilizados discursos para defender que a tecnologia com IA pode consertar a educação. Davies,



Eynon e Salveson (2021) apontam que a IA distorcida de personalização é um conceito central dentro do campo, sendo promovido como uma maneira de corrigir a educação ao, por exemplo, tornar a aprendizagem mais eficiente e eficaz. Na contramão da aceitação da inevitabilidade da tecnologia como solução para problemas educacionais, Gray (2020) argumenta que usos educacionais de IA precisam ser um projeto verdadeiramente coletivo e não comercial, não deve ser imposto às comunidades escolares sem suficiente escrutínio e transparência. Para tanto, a autora sugere que os governos precisem assumir a liderança por meio de uma posição regulatória sólida, na qual a inclusão social seja garantida.

Considerações finais

Este artigo apresentou achados de uma revisão de literatura em torno da IA na educação. De um total de 116 trabalhos em português e inglês publicados nos últimos cinco anos, selecionamos 20 trabalhos para analisar, sendo 19 artigos completos revisados por pares e uma dissertação de mestrado. Nesse corpus, encontramos uma prevalência de trabalhos oriundos do Reino Unido, a maioria de natureza qualitativa. Quanto ao público, o ensino superior se apresentou como o setor de maior interesse dentre os estudos levantados. Destacam-se as preocupações relativas ora à formação dos professores e ao desenvolvimento de seus conhecimentos e competências para o trabalho com as tecnologias, ora ao fato de que esses profissionais não estão sendo suficientemente considerados no desenvolvimento da IA para a educação. Encontramos, também, evidências de receio diante das possíveis decorrências dessas tecnologias para a carreira docente, não apenas em termos de sua precarização, mas também de uma possível substituição do professor pela máquina.

Alinda que o universo constituído pelos trabalhos selecionados para análise seja relativamente limitado, ele nos dá indicações de como a questão da IA vem sendo abordada em pesquisas. É significativo que, de um total inicial de 116 pesquisas, apenas 20 mostrassem, minimamente, um engajamento com questionamentos mais abrangentes sobre o agora e os possíveis futuros da educação. Podemos assumir que grande parte dos trabalhos excluídos toma a IA como inevitável, como é o caso de alguns do nosso corpus. A inclusão de um único trabalho do final de curso de pós-graduação nos sugere um cenário particularmente preocupante no tocante à aceitação da inevitabilidade da IA em contextos de formação de pesquisadores em nosso país. Nesse sentido, é interessante notar o uso da metáfora da *ferramenta* como forma de conceber a IA em alguns dos trabalhos analisados. De fato, conforme sugerem Ferreira e Lemgruber (2018), esta metáfora, talvez a mais amplamente utilizada para falar da tecnologia educacional (Ferreira et al., 2020), sustenta, de modo consistente, a noção de que a educação está quebrada, metáfora também identificada em nosso recorte. Nessa perspectiva, a resposta à nossa questão inicial não parece ser das mais animadoras: muitos de nós, acadêmicos, parecemos estar, sim, perpetuando uma visão naturalizada da tecnologia em nossas discussões sobre IA, numa manutenção dos velhos discursos que apontamos em nossa introdução.

Contudo, nosso recorte sugere que, para além da futurologia e da perspectiva predominantemente otimista quanto à entrada de recursos tecnológicos em contextos



educacionais, estão em pauta importantes considerações de cunho mais crítico, que passam por preocupações outras que o desenvolvimento de tecnologias em perspectivas meramente solucionistas. Ainda que se trate de uma minoria de trabalhos a veicular tais questionamentos (e desses, a maioria internacionais), para além da tendência a tomar a IA como um fato dado e marcadamente positivo, cabendo aos envolvidos se adaptarem, encontramos ponderações cruciais sobre a necessidade de avaliar com maior profundidade tanto suas aplicações práticas quanto os interesses comerciais que pressionam por sua rápida incorporação aos contextos educativos. Há preocupações com o fato de os desenvolvimentos tecnológicos estarem possivelmente desalinhados das necessidades dos estudantes e professores, bem como considerações sobre o uso ético de dados e críticas contundentes aos problemas de vigilância, governança e os discursos em defesa do solucionismo tecnológico na educação.

Assim, parece-nos promissor que a discussão sobre a IA na educação possa vir a extrapolar, com mais frequência, as qualificações dicotômicas da tecnologia como boa ou má – amálgamas baseadas simplesmente em juízos de valor – que vêm caracterizando a produção acadêmica em torno da tecnologia educacional já há algum tempo. Conforme defendido por Selwyn (2017, p. 88), precisamos de “um posicionamento inerentemente cético, ainda que resistente à tentação de incorrer-se em um cinismo absoluto”. Nesse sentido, é necessário desconstruir a usual naturalização da tecnologia de forma construtiva e, assim, potencialmente transformativa. Esse é o primeiro passo em um caminho que vislumbramos para uma academia que não reproduza os discursos solucionistas da indústria.

Referências

ALDOSARI, Share Aiyed. The future of higher education in the light of artificial intelligence transformations. *International Journal of Higher Education*, v. 9, n. 3, p. 145-151, 2020. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1248453.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2023.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARRETO, Raquel Gruart. Objetos como sujeitos: o deslocamento radical. In: FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; ROSADO, Luiz Alexandre da Silva; CARVALHO, Jaciana de Sá (org.) **Educação e tecnologia: abordagens críticas**. Rio de Janeiro: SESESAUNESA, 2017, p. 124-142. Disponível em: <https://bit.ly/3MpSelW>. Acesso em: 06 abr. 2023.

BOURDIEU, Pierre. Algumas propriedades dos campos. In: BOURDIEU, Pierre. **Questões de sociologia**. Petrópolis: Vozes, 2019, p. 109-115.

CAMPOS, Claudinei José Gomes. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. *Revista Brasileira de Enfermagem*, Brasília, DF, v. 57, n. 5, p. 611-614, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/r/enf/art/wBbjs9tZ9CrM3c3x4pDd3rc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 abr. 2023.

Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino¹

ROSA MARIA VICARI²

"Todo o conhecimento provem da experiência: causalidade e necessidade."
(David Hume)³

Introdução

A INTELIGÊNCIA Artificial (IA) tem se transformado no decorrer de seus anos de existência. Afirmando sua origem multidisciplinar, em vez de uma só escola, temos hoje mais de cinco linhas para entender a IA, e a possibilidade de as misturar num único caminho. Isso é uma enorme vantagem, sobretudo se não se for dogmático. Dentro desse contexto, o presente artigo apresenta uma visão dessas mudanças, em particular para a IA aplicada a sistemas educacionais.

No seu início, a IA invadiu a Filosofia, a Matemática (Lógica) e a Linguagem, importando ideias sem uma interação de mão dupla com essas disciplinas. Hoje em dia, a multidisciplinaridade cedeu lugar à interdisciplinaridade (Ciência Cognitiva) (Kotseruba; Tsotsos, 2018), levando a IA a conversar com as neurociências para poder ler o cérebro (de forma geral, esses estudos são baseados em Ressonância Magnética Funcional por Imagem [fMRI]). Essa conversa entre áreas permitiu a Aprendizagem Profunda (*Deep Learning*) com alguns êxitos. Entretanto, depois de se atingir um alvo, é desejável que se vá além, usando a criatividade e a imaginação para inovar ainda mais.

A ciência está mais forte, os coletivos disciplinares se constroem para enfrentar a complexidade. Isso não quer dizer que se conheça muito; como dizia Garcia de Orta,⁴ "o que ainda não conhecemos, amanhã saberemos descobrir".

Com base nos anos de trabalho em aplicações da IA em sistemas educacionais – em particular, com trabalhos em modelos simbólicos, que estão na origem da disciplina –, é necessário reconhecer que foi na Aprendizagem de Máquina (Machine Learning – ML), sendo treinada com muitos dados, com mecanismos de representação do conhecimento, e raciocínio baseados nas Redes Neurais e nos modelos estatísticos (híbridos ou não), que a IA teve seus maiores avanços atuais. Isso se torna evidente se o foco for a máquina: primeiro objeto de estudo da IA. Algumas das vantagens das máquinas – até os dias de hoje – são o cálculo matemático e a velocidade de processamento. Ainda, o armazenamento

e o processamento em nuvens tornaram possível lidar com grandes quantidades de dados e compartilhar processadores; a IA vem se beneficiando dessas outras tecnologias da computação, da engenharia e da comunicação. Esses avanços trouxeram escalabilidade aos sistemas de IA.

Nem tudo na IA é ML. Ela emerge e se apoia em diferentes tecnologias. Na pesquisa e no desenvolvimento de sistemas educacionais, simular processos mentais (aprendizagem humana e emoções humanas) sempre foi o foco maior. Nessa simulação, estão presentes a representação do conhecimento, o raciocínio, a ML e a tomada de decisão. Até pouco tempo, esse trabalho esteve suportado por modelos adaptados da filosofia (BDI) (Rao, 1995), em modelos com influência da Biologia (Algoritmos Genéticos) (Galafassi et al., 2020), em modelos híbridos (Redes Probabilísticas e Redes Neurais) (Pearl; Mackenzie, 2018; Besold et al., 2006; Viccari et al., 2003). Atualmente têm surgido novas propostas, inspiradas nas neurociências, como a arquitetura *Agent-Zero* (Epstein, 2016). Se a IA tem causado mudanças de paradigmas e até disrupção em muitas áreas, isso não aconteceu – ainda – nas aplicações educacionais. A pesquisa em bases de patentes e a revisão de literatura têm permitido apontar as mudanças de paradigmas e vislumbrar como serão as aplicações futuras da IA e de outras tecnologias da computação e da comunicação, na educação.

A mudança de paradigma

No início (1956), a IA era vista de forma isolada (como imitação), buscando conhecimentos em outras disciplinas e construindo sistemas capazes de mostrar alguma inteligência. Hoje se conhece muito mais da cognição e da relação do conhecimento com a complexidade.

A interdisciplinaridade entre a IA e as outras disciplinas tinha um sentido predominante; havia sempre uma disciplina que ganhava. Agora há um círculo virtuoso com a neurociência – por exemplo – onde cada uma ganha com a outra.

Até pouco tempo, a IA tratava de módulos, peças que montavam a arquitetura dos sistemas; hoje procura integrar mecanismos para construir arquiteturas híbridas. A procura desses mecanismos é crucial para o desenvolvimento de teorias. Por exemplo, a inteligência pode emergir de um conjunto de mecanismos intencionais, causais e funcionais e desdobrar-se em modelos, como os da causalidade, o que significa raciocinar com relações.

Por exemplo, o pensamento crítico, tão necessário à educação, que pode ser construído com palavras, imagens e formas, para compreender (as relações entre ideias), determinar a importância de argumentar, reconhecer padrões, identificar inconsistências e erros de raciocínio, ou resolver problemas de forma sistemática.

Dentro desse contexto, as primeiras mudanças aconteceram com a influência dos modelos das neurociências na ML (Pereira; Mitchell; Botvinick, 2009; Raedt et al., 2016) com os modelos de redes neurais convolucionais.⁴ Esses permitiram o aprendizado profundo e necessitaram de hardware que os super-

tasse, e a Intel foi das primeiras empresas a responder a essa demanda, com novas gerações de chips que suportaram as necessidades demandadas.

Seguiram-se modelos de interface baseadas em estimulação cerebral profunda, e alguns resultados dessa interdisciplinaridade já chegaram às aplicações educacionais por meio de aparatos que recebem e emitem sinais ao cérebro para manter a atenção do aluno nas aulas. As apostas no futuro da IA pela sua interação com hardware e robótica, em particular, podem ser encontradas em Marcus (2020).

Para melhor entendimento desse movimento de mudança de paradigma na pesquisa e no desenvolvimento de aplicações da IA, apresenta-se a seguir um *roadmap* (Figura 1) que busca apontar essas tendências.

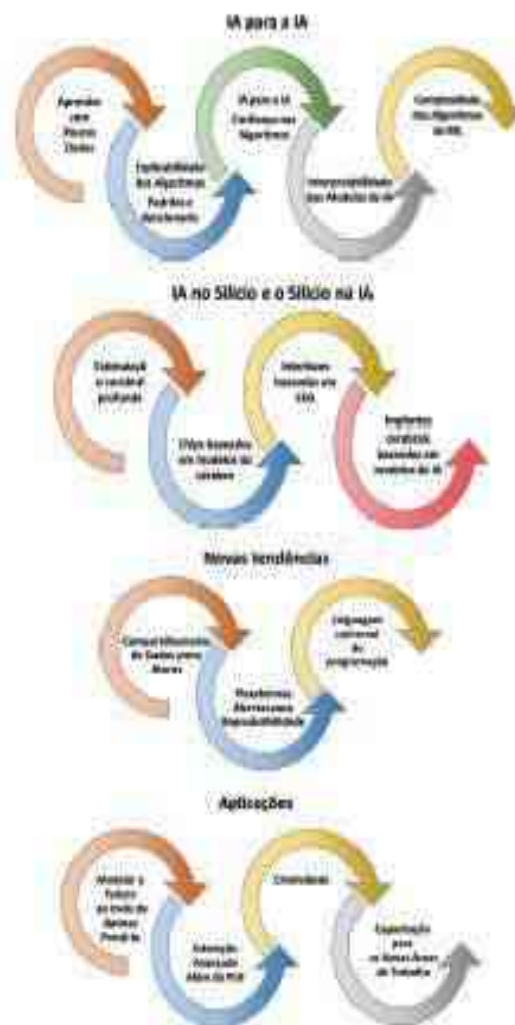
As bases para a sua construção foram obtidas, principalmente, de dados, como entre 2013 e 2018, quando a IA gerou aproximadamente 170 mil patentes registradas em todo o mundo. Esse número representa metade do total de todas as patentes relacionadas à IA registradas até então, de acordo com dados do World Intellectual Property Organization (Wipo, 2019).

As empresas que mais registraram patentes, nesse período, nos Estados Unidos da América, foram, respectivamente, a IBM, a Google, a Microsoft e a Amazon. No Japão, a Sony, e na Coreia do Sul, a Samsung, conforme dados obtidos na base U.S. Patent and Trademark Office (Uspto).

Sabe-se que a China não fica atrás nesse processo. Embora, na base de registros Uspto ela apareça em quinto lugar, o jornal japonês *Nikkei*, em artigo de 2019 (Okoshi, 2019), afirmou que a China ultrapassou os Estados Unidos no número de patentes relacionadas à IA em 2015. O artigo também mencionou que a China registrou mais de 30 mil patentes relacionadas à IA, em 2018, o que corresponde a 2,5 vezes o número de patentes relacionadas à IA registrados nos Estados Unidos. A China possui sua base de registros de patentes, a Chinese State Intellectual Property Office (Sipo). Embora os métodos de estudo por trás dos números publicados pelo *Nikkei* não tenham sido revelados, eles mostram o rápido crescimento nas atividades de IA, na China. Nessa mesma linha, segundo Sagar (2020), o número de registros de patentes, em IA, da China, cresceu 190% nos últimos cinco anos.

É importante também citar que a pesquisa em bases de patentes é bem difícil de ser realizada. As palavras-chave nem sempre estão relacionadas com os termos utilizados pela IA. Quando a compatibilidade ocorre, referem-se a tecnologias, como Redes Neurais, *Machine Learning*, Reconhecimento de Padrões, e ao termo genérico Inteligência Artificial.

Era esperado que, até o final de 2020, 77% das aplicações computacionais estivessem utilizando algum algoritmo de IA e o mercado global estivesse em torno de US\$ 60 bilhões para 2025.³ Desse total, o esperado para o período de 2018 a 2023, para aplicações educacionais da IA, é de US\$ 3,68 bilhões.⁴ Esse crescimento é creditado a três tecnologias: ML, PLN e *Big Data*.



Fonte: Elaboração própria

Figura 1 – Roadmap da pesquisa e desenvolvimento em Inteligência Artificial, para os próximos cinco anos.

O *roadmap* está dividido em linhas temáticas. A primeira linha apresenta o que se chamou de IA para a IA, ou seja, são objetivos de pesquisa para fortalecer a área. Nela temos a situação atual, onde os algoritmos necessitam de muitos dados para aprender. Esse fato traz complexidade aos algoritmos e dificuldade de sua explicação. Fatores como esses, além de alguns usos que se vêm fazendo de *Learning Analytics* (a Ciência de Dados, comunica-se com a IA) e da tomada de decisão autônoma, trouxeram insegurança aos usuários de IA. Logo, a necessidade de se tratar do assunto.

A segunda linha aporta as ligações da IA com a engenharia, com a nanotecnologia e com a neurociência. Nela temos a influência, recente, que modelos da neurociência têm gerado no design de chips, na conexão entre humanos e chips, sensores, fios conectores fruto nanotecnologia, equipamentos vestíveis etc.

A terceira linha aponta os aspectos da ética e da governança dessas novas pesquisas e desses novos produtos. Ela se apresenta com a necessidade de se evitar o aprendizado como preconceito e de se regular a tomada de decisão autônoma, por parte dos algoritmos, e como aspectos da ética e de governança estão sendo considerados.

A quarta linha apresenta novas tendências, que envolvem compartilhamento de dados para treinamento e reprodução de algoritmos (reproduzir um processo gera segurança no seu resultado), o uso de plataformas abertas para o desenvolvimento de produtos e até uma proposta da Organização das Nações Unidas (ONU), para que se desenvolva uma linguagem de programação universal para a área. Iniciativas como essas poderão fazer que a IA se desenvolva com maior rapidez.

Da mesma forma, a IA tem interagido com outras áreas da computação, como computação gráfica (reconhecimento de imagens), Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), dentre outras, com resultados em áreas como a saúde, identificação de pessoas em várias circunstâncias e a educação (incluindo pessoas portadoras de deficiências).

A IA também tem interagido com ela mesma. São exemplos os sistemas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) (Tanenhaus, 1995), que integram aspectos do reconhecimento e geração de emoções, de ML (com aplicações em interfaces humano computador – o mercado esperado para 2023, para *chatbots* é de US\$ 8 bilhões [Sagar, 2020] – e tradução automática. Em muitos casos, essas interfaces vêm embarcadas em hardware), e raciocínio e decisão (tão discutida em aplicações como decisões jurídicas [Costa; Coelho, 2019], carros autônomos, *drones*, aplicações na área da saúde e sistemas de crédito financeiro). Enfim, existem verdadeiros ecossistemas compostos de produtos da IA, da computação, da comunicação e da engenharia.

Todas essas aplicações que surgem rapidamente levaram a uma outra discussão filosófica a respeito de que IA e de quão seguras, para os humanos, são algumas dessas aplicações. Russel (2020) aborda o tema chamando a atenção para a ligação entre a IA e as pessoas – *Human Computable Artificial Intelligence – The Problem of Control*. Questões como essas têm gerado novos debates para os pesquisadores da IA, como a adoção de padrões éticos, boas práticas de desenvolvimento e uso de sistemas de IA. Também é importante ter cuidado para que a regulação não iniba a pesquisa.

Dentro desse contexto, instituições como a Unesco⁷ e a Unicef⁸ têm chamado a atenção para a necessidade de se educar para o uso consciente da IA, em

particular para a infância, adolescência e pessoas idosas. Esses segmentos podem estar mais expostos a aplicações não benevolentes, dentre elas, algumas que utilizam IA. No Brasil, temos duas Leis fundamentais (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, Lei n.13.709 de 2018 e, também, aspectos do Marco Civil da Internet, Lei n.12.965 de 2014), para tratar de parte desses possíveis maus usos. No entanto, essas leis não abedam a necessidade de se evitar o aprendizado dos sistemas com possíveis vies e também o uso de *Analytics* para não apenas prever o comportamento futuro dos usuários, mas para direcionar suas escolhas: o que se conhece genericamente como a utilização de *persona*. Nesse caso, seu uso pode ser eticamente questionado como aconteceu com a empresa britânica Cambridge Analytica e o Brexit (ver reportagens nos jornais *The Guardian* e *The New York Times*).

Como serão as próximas gerações dos sistemas educacionais?

Existem várias aplicações da IA, que possuem potencial utilização ou que já estão sendo utilizadas em sistemas educacionais, mas de forma dispersa. Uma das aplicações que – de certa forma – unifica as tecnologias são os chamados Sistemas Tutores Inteligentes (STI) (Giraffa; Móra; Vicari, 1999), que visam o ensino personalizado. A IA consegue bons resultados quando o foco é apenas um indivíduo e ainda não apresenta resultados significativos para, por exemplo, o ensino colaborativo.

Exemplos de tecnologias da IA que vêm sendo aplicadas na educação, na maioria dos casos de forma isolada, são os resultados do PLN, como tradução, análise e interpretação de textos, voz etc. Nessa categoria, existem várias tecnologias que podem ler textos, vídeos, apresentações *paper point* e resumí-las para facilitar o estudo aos alunos. Tais sistemas motivam os alunos a escrever redações criativas; produtos que geram livros texto, em tempo real, de acordo com o perfil de aprendizagem de cada aluno – os *smartbooks*, e sistemas de tradução de voz em tempo real. Em geral, aplicações do PLN vêm associadas ao reconhecimento de emoções (Picard, 1998). Na base Uspto, dentre as tecnologias apresentadas neste artigo, PLN conjuntamente com computação afetiva são as com maior número de registro de patentes, nos últimos três anos.

A tradução simultânea, tanto de texto quanto de voz, já está – em muitos casos – integrada em aplicações para a educação, como Learning Management Systems (LMS), Massive Open Online Courses (MOOC) e STI. Os STI, por possuírem o “modelo do aluno”, componente de sua arquitetura, que mantém o registro do estilo de aprendizagem, desempenho e do estado emocional do aluno relacionado com o conteúdo educacional. Essa integração permite a geração automática de livros texto. Dentro dessa mesma linha, os sistemas de recomendação de conteúdos pedagógicos estão sendo usados em diferentes LMS.

Os *smartbooks* abordam o conteúdo que o STI ensina (por exemplo equações de primeiro grau) e conseguem apresentar diferentes desafios educacionais para cada aluno; sem, contudo, sair do conteúdo. Esse, em geral, tem origem

em bases que passaram por um processo de curadoria; portanto, livres de erros. Esse tipo de integração é lento e os *smartbooks* ainda são raros. Um exemplo é o STI Albert.⁹

Outra área de pesquisa da IA que será foco nos próximos anos e que ajuda a pensar os futuros sistemas educacionais é a criatividade. A Criatividade Computacional (Veale; Cardoso, 2019) vem sendo explorada há algumas décadas, mas, até então, com aplicações mais restritas ao campo das artes. Estudos apontam que essa área tende a receber maior interesse dos pesquisadores de IA – em geral e em particular dos pesquisadores de IA aplicada à educação.

Na área das artes, onde a criatividade computacional apresentou seus primeiros resultados, aplicações recentes utilizam uma proposta similar à do modelo do aluno, presente nos STI, para criar o modelo do seu usuário. O algoritmo de ML é treinado a partir das características do usuário, em particular no seu modelo emocional. O “Pintor IA” é um exemplo de resultado que foi apresentado, em outubro de 2020, no *ArtXpr*.¹⁰ A inovação está no fato de que o Pintor IA realiza uma conversa face a face com o seu usuário para aprender mais sobre suas qualidades e seus sentimentos. Em seguida, usa essas informações para criar retratos.

Entretanto, a IA tem avançado pouco em resultados práticos escaláveis quando se fala em acompanhar o raciocínio do aluno durante a solução de problemas; esse aspecto é fundamental para o sucesso dos sistemas educacionais. Nosso grupo de pesquisa tem obtido resultados satisfatórios em situações de ensino de lógica proposicional. A estratégia utilizada é, por um lado, o STI resolver o mesmo problema do aluno, em tempo real, utilizando a mesma linha de raciocínio do aluno e verificar a adequação das fórmulas de reescrita utilizadas, através do interpretador Prolog (Gluz et al., 2013). Por outro lado, a estratégia é a geração de todas as possíveis soluções, para cada exercício, com o uso de algoritmos genéticos (Galafassi et al., 2020). Nessa última abordagem, o STI possui a solução do aluno, dentre as possibilidades geradas pelo algoritmo genético.

Ainda, como ocorre com a IA, de forma geral, nas aplicações educacionais em particular, outras áreas da computação têm sido utilizadas, como a RV, RA, reconhecimento facial e ciências de dados. A ciência de dados traz os temas *Big Data* e *Learning Analytics*. Essas duas tecnologias vêm sendo aplicadas para analisar vídeos gravados de professores ministrando aulas presenciais. A análise dos conteúdos permite apontar pontos em que o professor precisa explicar de forma mais detalhada o conteúdo. Outros usos envolvem previsão do comportamento futuro de determinados alunos, com base nos seus comportamentos passados. Isso permite que tanto os sistemas educacionais quanto os professores humanos se preparem para as necessidades de cada aluno, em particular.

Das neurociências, os primeiros resultados, voltados para aplicações educacionais, são tecnologias vestíveis que visam manter a atenção dos alunos direcionada para o professor, durante as aulas. Tais utilizadas por alunos possuem

sensores que recebem sinais do cérebro, do tipo Eletro Encéfalo Grama (EEG), e também emitem sinais ao cérebro, para monitorar a atenção do aluno. Os equipamentos vestíveis, em geral, estão conectados à internet e apontam um dos caminhos para a Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), em aplicações educacionais. O mercado esperado para equipamentos vestíveis que utilizam IA é de US\$ 180 bilhões para 2023 (Sagar, 2020). Ainda, aplicações educacionais costumam demandar largura de banda; logo as redes 5G também vão agregar poder de transmissão aos sistemas educacionais.

Esses aparatos todos ainda não conseguiram ter resultados significativos em sistemas educacionais como já possuem em atividades lúdicas. Aplicações lúdicas são ótimos exemplos; nelas, grande parte dessas tecnologias já é utilizada de forma integrada, imperceptível e agradável ao usuário.

A educação precisa usar a curiosidade, que é um fator motivador para os alunos. A curiosidade leva à descoberta, ao novo, e ativa áreas do cérebro responsáveis pela aprendizagem. Esse processo convoca a imaginação, a criatividade, a capacidade de investigar e analisar para se obter respostas ou novas perguntas que alimentam o ciclo. Esse circuito é essencial para um estudante se mobilizar e ganhar uma motivação própria ao longo dos estudos.

Essas constatações associadas ao levantamento bibliográfico, que apresenta os principais temas de pesquisa do momento, e os dados obtidos do registro de patentes realizado por empresas de tecnologia conhecidas e por *startups* inovadoras permitem vislumbrar como serão os ambientes educacionais nos próximos anos.

Essas informações apontam para ecossistemas educacionais que vão incluir tecnologias da IA, da computação, da comunicação e da robótica resultando em sistemas com interoperabilidade proporcionada pelo protocolo IoT, para ligar objetos às aplicações (como visto, muitas tecnologias para interfaces inteligentes já estão disponíveis, falta a sua integração, em larga escala, com propósitos educacionais).

Cabe ressaltar que um ambiente educacional é mais do que uma interface que facilita seu uso – por um lado – e que obtém informações sobre os estudantes, por outro. Ele precisa motivar os alunos e mantê-los interessados no processo educacional. Isso envolve soluções mais complexas do que *gamificação* ou mesmo jogos sérios (como são chamados os jogos educacionais) embora essas tecnologias sejam relevantes.

Talvez o caminho siga o modelo dos *Fab-lab*, os quais são laboratórios físicos que estão integrados a plataformas colaborativas de software. Logo, aparecem do ponto de vista tecnológico, dois “problemas”: laboratórios físicos e grupos de pessoas que colaboram para a solução de um mesmo desafio. Ou seja, ambientes voltados para a solução de problemas e para a aprendizagem baseada em projetos. Os alunos estão aprendendo a encontrar a solução um problema real e desenvolvem autonomia para buscar as possíveis formas de solução. Para

tratar do primeiro caso, temos algumas tecnologias que podem ajudar, como IoT, 5G, e *glasses*, que utilizam RV, RA e internet.

Tratar do segundo caso é um desafio para a IA. A interação humana é muito mais complexa do que a IA consegue dar conta atualmente. A IA, como visto, tem fornecido resultados aceitáveis para apoiar o ensino personalizado. Ou seja, quanto mais individualizado, melhor o resultado dos sistemas de IA, mas adaptar esse sistema para um grupo de indivíduos que necessitam colaborar ainda é um desafio para a IA. Vários trabalhos de pesquisa acadêmica têm sido realizados nesse sentido, porém, até o momento, não surgiu uma aplicação que convença. Os principais resultados ainda estão restritos a algoritmos de recomendação de conteúdo educacional, que ajudam na formação de grupos ou que gerenciam diálogos, apontando quem não colaborou ou lembrando questões em aberto.

No âmbito global, algumas das principais empresas que oferecem soluções educacionais, que utilizam tecnologias da IA de alguma forma, são: IBM (EUA), Microsoft (EUA), Bridge-U (UK), DreamBox Learning (EUA), Fishtree (EUA), Jellynote (França), Google (EUA), AWS (EUA), Carnegie Learning (EUA), Century-Tech (UK), Liulishuo (China), Nuance Communications (EUA), Pearson (UK), Third Space Learning (UK) e Quantum Adaptive Learning (EUA). Nessa lista podemos observar a predominância dos Estados Unidos nessa área. Os principais produtos comercializados por essas empresas são Facilitadores Digitais, LMS, STI, sistemas de distribuição de conteúdos, e sistemas de detecção de riscos educacionais (evasão) e de fraudes (plágio).

Conclusão

Observar a área traz uma visão das tendências do momento e de um futuro próximo para a ciência e a tecnologia. No entanto, quando se trata de tecnologia, a quebra de paradigmas e a disrupção podem mudar a tendência a qualquer momento. Quando as mudanças acontecem, as pessoas precisam estar preparadas para, de forma autônoma, assumir a necessidade da aprendizagem ao longo da vida, para se manterem produtivas.

Após seus 27 anos de existência, a IA aplicada à educação está sendo chamada para dar respostas a questões como: Qual a tendência da tecnologia educacional: personalizar a educação e ser assertiva com seus usuários, ou avançar no desafio de construir tecnologias que considerem a interação social, com resultados aceitáveis para a educação? Ainda, uma composição dessas duas possibilidades? Onde estará a disrupção nos sistemas educacionais? Como esses sistemas irão desenvolver as habilidades e as competências necessárias para os nossos dias, onde a IA e a robótica oferecem soluções que substituem pessoas em postos de trabalho?

Essas indagações apontam para vários aspectos; dentre eles, que são necessárias mudanças para se migrar do modelo de "educação se for o caso", em que determinados conteúdos são úteis em algum processo de avaliação formal, do

século passado. Se mudanças na educação são necessárias, a forma de se avaliar a educação também precisa mudar.

Essas são algumas perguntas que ficam em aberto para os pesquisadores de IA e para os educadores.

Notas

- 1 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001.
- 2 David Hume foi um filósofo, historiador e ensaísta britânico nascido na Escócia.
- 3 Garcia de Orta foi médico português que viveu na Índia, no século XVI. Foi autor pioneiro na área de botânica, medicina e farmacologia.
- 4 No contexto da IA e ML, uma rede neural convolucional (Convolutional Neural network CNN ou ConvNet) é uma classe de rede neural que vem sendo aplicada com sucesso no processamento e análise de imagens. As redes convolucionais são inspiradas em processos biológicos. Nelas, o padrão de conectividade entre os neurônios é inspirado na organização do córtex visual dos animais. Os neurônios corticais individuais respondem a estímulos em regiões restritas do campo de visão conhecidas como campos receptivos. Os campos receptivos de diferentes neurônios se sobrepõem parcialmente de forma a cobrir todo o campo de visão.
- 5 Disponível em: <<https://www.gminsights.com/industry-analysis/artificial-intelligence-market>>.
- 6 Disponível em: <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-education-market200371366.html#:~:text=The%20global%20AI%20in%20education,forecast%20period%202018%20to%202023>>.
- 7 Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373434>>.
- 8 Disponível em: <<https://www.unicef.org/globalinsight/featured-projects/ai-children>>.
- 9 Disponível em: <<https://www.go-nmc.org/moralbert>>.
- 10 Disponível em: <<https://arxiv.org>>.

Referências

- BESOLD, T. R. et al. Reasoning in non-probabilistic uncertainty: Logic programming and neural-symbolic computing as examples. *Minds and Machines*, v.27, n.1, p.37-77, 2006.
- COSTA, A. R.; COELHO, H. Interaccional Moral Systems: A model of social mechanisms for the moral regulation of exchange processes in agent societies. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, v.6, n.4, p.778-96, 2019.
- EPSTEIN, J. M. Agent-Zero and Generative Social Sciences, Princeton Press, 2016. Disponível em: <https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbasseite/documents/webpage/dbasse_175078.pdf>. Acesso em: 25 out. 2020.
- GALAFASSI, C. et al. EvoLogic: Intelligent Tutoring System to Teach Logic. *Lecture Notes in Computer Science*, v.12819, p.110-21, 2020.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ENSINO DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE PROPEDEÚTICA DO CHATGPT NA DEFINIÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS

Breno S. Leite^{a,b,*}^aDepartamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900 Recife - PE, Brasil

Recebido em 27/05/2023; aceito em 06/06/2023; publicado em web 25/05/2023

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND CHEMISTRY TEACHING: A PEDAGOGICAL ANALYSIS OF CHATGPT IN CHEMICAL CONCEPT TEACHING. The use of artificial intelligence (AI) in education is a current topic and in Chemistry teaching it has the potential to offer some benefits. This article is the first attempt to show that artificial teaching Chemistry can be associated with the help of AI. This is a propaedeutic study that aimed to analyze the contributions of the ChatGPT AI in defining chemical concepts. The research was conducted in the virtual environment of the chatbot and was carried out in four stages. The results show that ChatGPT can be used in Chemistry teaching as an aid to the teaching and learning process. Additionally, depending on the chemical concept, AI provided coherent answers but could lead students to difficulties in understanding. Finally, the use of ChatGPT in Chemistry teaching needs to be guided by a process of reflection, so that from the AI's responses, students promote critical thinking. The author considers it as just another resource in Chemistry teaching, besides other actions that can be developed in Chemistry teaching to ensure that the ChatGPT AI is used ethically and responsibly.

Keywords: artificial intelligence; chemistry teaching; ChatGPT; chemical concepts.

INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais nos últimos anos têm se destacado com inúmeras possibilidades de aplicação na Educação. Seu impacto está diretamente relacionado com o papel que as tecnologias desempenham na sociedade atual. Muitas partes interessadas na sociedade dedicam boa parte de seu tempo a atividades constantes na educação, especialmente por meio do uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).¹ Professores e estudantes utilizam aplicativos, softwares, vídeos, páginas digitais, internet etc. Contudo, a inserção dessas tecnologias no ensino, muitas vezes, é feita sem questionar por seus envolvidos (professores, docentes, pais, estudantes).

Quando se trata de computadores (máquina de calcular) os estudos e investigações tiveram de adaptar a forma de ensinar alguns conteúdos. De modo igual, com a inserção dos vídeos na internet, posteriormente, em redes sociais surgiu na adoção de considerar o uso da inteligência artificial (IA) no processo de construção do conhecimento.

As ferramentas de inteligência artificial como o ChatGPT (sem data set) e o Dall-E-2 (utilizado para elaborar o *Graphical Abstract* deste artigo) vêm ganhando espaço e sendo usados a serviço de diversos educadores.²⁻⁴ A inteligência artificial chamada ChatGPT tem conquistado o mundo, com inúmeros aplicativos de reprodução (webchat). O ChatGPT, que foi lançado como uma ferramenta gratuita em 30 novembro de 2022 pela empresa de tecnologia OpenAI em São Francisco, Califórnia, é um grande modelo de linguagem (large language model - LLM), “que gera respostas coerentes e coerentes” ou fornece sugestões de linguagem em um contexto baseado de dados de texto coletado da internet” (p. 620).⁵ Não é novidade que os processos de ensino e aprendizagem se tornaram afetados de modo de web,^{6,7} exemplos de blogs, sites, Wikipédia, redes sociais etc. Por exemplo, se um professor propõe uma atividade em sala de aula solicitando “fazer um trabalho sobre moléculas atômicas” os estudantes, em muitos casos, utilizam o Internet Internet, pesquisando os dados

excessivos e sem uma ligação de forma coerente para no final apresentarem uma versão final (provavelmente em texto original). O ChatGPT entende “instantaneamente” o mesmo processo. No entanto, é importante ressaltar que escrever um texto não significa aprender e internalizar questões relacionadas ao tema, mas apenas demonstrar a capacidade de realizar buscas na internet e escrever respondendo perguntas similares a semelhantes. É isso que o aplicativo ChatGPT faz, só que muito mais rápido.

Por outro lado, a construção do conhecimento não é algo que é transmitido do professor para o estudante⁸ ou da tecnologia para o indivíduo. O conhecimento é sempre construído, os conhecimentos no processo de ensino e aprendizagem, com interações que emergem do conhecimento estabelecido anteriormente. Segundo Houtet,⁹ a construção do conhecimento não é linear e absoluta e que levanta a incertabilidade, mas é algo que deve corresponder a um pensamento, a uma compreensão (construção pessoal). Já Werneck,¹⁰ destaca que a construção do conhecimento como processo de aprendizagem do indivíduo depende do desenvolvimento de suas estruturas cognitivas e do modo pelo qual os conteúdos de conhecimento são apresentados. Nesse sentido, o papel do professor enquanto formador de opiniões, agente de mudança, que contribui para o crescimento crítico destaca a construção do conhecimento do estudante é fundamental.

É importante ressaltar que as tecnologias digitais são recursos que devem ser utilizadas como mediadores no processo de ensino e aprendizagem, não podendo ser substituídas das áreas ou construção do conhecimento pelos estudantes. Assim, é preciso refletir também sobre o papel da inteligência artificial nesse contexto, uma vez que as tecnologias têm possibilitado o acesso a uma informação, talvez, diferenciada e considerada que sua inserção nos ambientes de ensino (salas e universidades) é um fenômeno que trouxe impactos. Ademais, considero a real capacidade que as tecnologias digitais têm para contribuir com o processo de ensino e aprendizagem é um pouco primordial.

Porém, admitir que o uso da tecnologia por si só não contribui diretamente na melhoria de uma atividade educativa se mostra ingênuo. Toda tipo de pensamento é determinado de determinações

*e-mail: brenosleite@ufpe.br

como o ChatGPT nas universidades é o potencial iniciado por alguns estudantes para escrever exames e realizar tarefas.⁹

Na Química, ainda não existem trabalhos que identifiquem o ChatGPT como co-autor além sobre sua contribuição no processo de ensino e aprendizagem. Dessa modo, pensando na Química, o ChatGPT pode ser útil, por exemplo, na química computacional, ao possibilitar a geração de estruturas detalhadas sobre as propriedades de determinada molécula, descrever de forma lógica sistemas complexos, contribuindo para o processo de interpretação e comunicação de resultados da química computacional. Na química experimental/análítica, auxilia na otimização de experimentos, na química geral, providendo sobre os resultados de diferentes reações químicas. Na físico-química/termodinâmica pode contribuir no entendimento de algumas propriedades das moléculas. Ademais, outra das vantagens do ChatGPT é que ele pode ser usado para auxiliar na comunicação e divulgação de pesquisas desenvolvidas em diferentes áreas da Química. E no ensino de Química, como o ChatGPT pode (e não) contribuir? A seguir descreve-se uma análise da IA ChatGPT para o ensino de Química.

MÉTODOS

Em relação ao método utilizado para a realização desta pesquisa, consideramos ser *AcadGPT*¹⁰ de química é atribuído um tema específico que irá estabelecer o seu tipo metodológico, mas pela “exploração dos pontos seguidos na realização da pesquisa, ou seja, a descrição clara e pormenorizada dos caminhos percorridos para alcançar os objetivos” (p. 36).¹¹ Nesse sentido, a proposta é de natureza qualitativa abrangendo uma abordagem descritiva e interpretativa das respostas da IA ChatGPT. O objetivo da pesquisa foi investigar as potencialidades e limitações da ferramenta ChatGPT, na qual foi avaliado sua desempenho capacidade de responder questões sobre conteúdos químicos de forma a contribuir (ou não) com a construção do conhecimento. Portanto, a pesquisa foi desenvolvida em três etapas.

Na primeira etapa, ocorreu a criação de um perfil no ChatGPT. Considerando que se trata de uma plataforma digital com características de tipo fechado,¹² foi preciso estabelecer as condições para ter acesso à suas funcionalidades.

A segunda etapa da pesquisa consistiu na elaboração das questões das perguntas no ChatGPT. Nesse momento, as perguntas foram elaboradas e formuladas no chat do software. O ChatGPT é um exemplo de como uma inteligência artificial generativa pode produzir resultados na criação de textos. Portanto, buscou-se que a IA respondesse definições de conceitos químicos em um nível básico e em seguida analisasse sua validade acadêmica. Para isso, como método de investigação, foi determinado que as definições seriam referentes a cinco conceitos químicos: *Átomo*, *Ligação Química*, *Equilíbrio Químico*, *Isomeria* e *Ácido-Base*. Tais conceitos foram escolhidos levando em consideração que são conceitos presentes em discussões envolvendo a Química. As perguntas realizadas para a IA foram: 1. Defina átomo; 2. Defina ligação química; 3. Defina equilíbrio químico; 4. Defina isomeria; 5. Defina ácido-base (ácido e base). Para todas as perguntas foi solicitado ao ChatGPT que “Melhore sua definição”.

Por ser um modelo de linguagem criado no servidor que não pode navegar ou realizar pesquisas na internet, todas as respostas do ChatGPT são geradas *in situ*, com base na relação aberta entre as palavras/núcleos nucleares.¹³ Para receber o texto de resposta de resposta, uma nova sessão de chat-page foi iniciada no ChatGPT para cada pergunta realizada.

Na terceira etapa (análise das respostas), as textos produzidos pelo ChatGPT foram analisados e comparados com as definições presentes no *Compêndio de Terminologia Química (Compendium*

of Chemical Terminology) da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). O *Compêndio de Terminologia Química* é um livro publicado pela IUPAC que contém as definições de termos químicos internacionalmente aceitos. O compêndio contém uma lista em ordem alfabética de conceitos químicos com as definições recomendadas por vários comitês da IUPAC, encabeçadas de representantes de nomenclatura, terminologia, símbolos e unidades.¹⁴ Seu primeiro volume foi publicado em 1981 por Victor Gold, daí vem o nome informal: *Gold Book*. Além disso, durante-se tem alguns momentos qual seria o papel do professor frente as informações geradas pelo ChatGPT.

Os textos criados pelo ChatGPT foram verificados por ferramentas de plágio como o *Plagium*, *Plagiar*, *Copyscape* e *altos*. Os softwares de detecção de plágio analisam por completo os documentos em busca de recorrências de palavras de plágio em que os resultados são atribuídos de maneira discriminada em um documento, com a indicação da linha ou trecho de análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à natureza de saída do ChatGPT, cada resposta disponibilizada foi tipizada naturalmente. Ressalta-se que não é intenção deste artigo explorar minuciosamente cada conceito apresentado, apenas analisar as respostas apresentadas pela inteligência artificial generativa e compará-las (propedêuticamente) de acordo com a literatura (em especial, com o *Compêndio de Terminologia Química*). Todas as respostas do ChatGPT, em sua forma original, podem ser encontradas no *Material Suplementar*.

Definições de conceitos químicos no ChatGPT

Na realidade atual, a palavra Química, por si só, representa uma vasta manopla para muitos perfis. Ela pode ser vista como algo “bom” ao buscar produzir substâncias úteis, materiais que ajudem na saúde e bem-estar das pessoas ou é considerada “ruim” que polui o meio ambiente, a saúde humana e a sociedade, sendo uma manopla de diversas realidades.

Para além desta visão completa e limitada, na Química se utiliza nomenclaturas dos materiais, substâncias, suas representações e transformações, dentro outras ações que podem ser realizadas através das diversas substâncias que a permeia. Assim, ser comum a Química está presente em todos os aspectos da vida das pessoas, dando atividades cotidianas até no desenvolvimento de medicamentos para cura de uma doença, sem falar fundamental.

Entretanto a Química não encerra a abrangência (em nível) uma tarefa difícil, que seja pela diversificação que vem sofrendo, principalmente por políticas públicas que tem prejudicado sua atuação e apropriação de seus conceitos, visto o Novo Ensino Médio ou o BNCC,¹⁵ (Base Nacional Comum Curricular). Além disso, a Química ainda tem sido considerada como de difícil compreensão pelos estudantes.¹⁶ É preciso que as escolas em ensino da Química que propiciem o pensamento químico sobre o mundo, pois do que o aluno a compreender isolado e não sentido na vida das substâncias. Para produzir um pensamento químico sobre determinada situação, necessita-se dos significados dos conceitos da Química. Esses conceitos químicos, sendo diversos em diferentes fontes (livros, artigos, sites etc.).

Atentar na consistência da Química em sala de aula requer do professor uma formação adequada que vá para além de saber Química, mas que vá além do e propal científico. Assim, o professor deve utilizar os diferentes recursos que estão à sua disposição (livros, vídeos, laboratório, caderno, computador, smartphone, internet etc.). Um dos recursos que possivelmente pode contribuir para o ensino e aprendizagem da Química é o ChatGPT. Portanto, em uma primeira

constrói a literatura, questionamos: o ChatGPT define “Qual a possibilidade de usar o ChatGPT na Química?” e IA afirma que:

“O ChatGPT pode ser usado na química para responder perguntas sobre conceitos, fórmulas, reações químicas, propriedades de elementos e compostos, etc. Além disso, pode ser usado para fornecer informações sobre experimentos e pesquisas químicas recentes. No entanto, é importante lembrar que o modelo não é especializado em química e as respostas devem ser verificadas antes de serem usadas para fins críticos.”²

Observa-se que a plataforma se disponibiliza a responder perguntas sobre vários assuntos envolvendo a Química, contudo desta explicita que “não é especializado em química”, sendo necessário que o usuário verifique as respostas antes de serem utilizadas. É neste momento que entra o professor como mediador na construção do conhecimento dos estudantes. De modo igual, esse alerta do ChatGPT serve também para os estudantes, pois demonstra limitações, conceitos, reações etc. pouco contribuíram para sua formação. Todavia, para identificar as potencialidades e limitações desta ferramenta, foram analisadas as definições de alguns conceitos químicos a partir das respostas da IA generativa ChatGPT.

Inicialmente, é importante destacar que definir não é a mesma coisa que conceituar. Segundo Marinho Neto, Sá e Brito,³ definir significa “delimitar, dizer o que é” (p. 9).³ Na perspectiva de Apolinário,⁴ definir consiste na “descrição das propriedades ou características de um objeto ou conceito” (p. 43).⁴ Segundo Martins,⁵ a definição “envolve o ato de nomeação, pelo qual os objetos, que normalmente ocorrem como limitados [...] são transformados em termos ou grupos terminais” (p. 105).⁵ O conceito é uma ideia que corresponde a interpretação intelectual de um aspecto da realidade sensível.⁶ Trata-se de “delimitar, dizer o que é, mas localizando o objeto em uma rede de relações” (p. 11).⁶ Os conceitos são construções humanas históricas que em termos conceituais adotam termos sensíveis e significados. Sobre conceitualização, Nogueira⁷ considera que estas envolvem com os significados das palavras e também a acurácia mais precisa dentro de um sistema de generalização. No momento da atribuição de uma termo palavra, termo, expressão etc., o processo de desenvolvimento do conceito está apenas iniciando.

Tentando criar referência o termo define – para realizar as perguntas ao ChatGPT – esperamos que a IA “defina, explique, delimitar ou diga o que é” cada conceito elevado.^{8,9} Dentre as diversas possibilidades de uso do ChatGPT, a IA destaca que pode ser utilizada para responder perguntas sobre conceitos químicos, dessa modo, foi solicitado que o ChatGPT definisse átomo em duas relações conceituais (“Defina” e depois “Mostre sua definição”), em que a plataforma apresentou duas fontes distintas e distintas (que foram classificadas por originais em plataformas que identificam plágio).

O primeiro texto em resposta a pergunta (áto(m)a átomo) foi:

“Um átomo é a unidade básica de matéria. Ele consiste em um núcleo central, composto por prótons e nêutrons, rodeado por elétrons em movimento ao redor do núcleo. Os prótons têm carga positiva, os nêutrons não têm carga, e os elétrons têm carga negativa. A combinação de prótons, nêutrons e elétrons determina o elemento químico a que o átomo pertence.”⁸

Após definir átomo, o ChatGPT produziu um texto que apresenta palavras-chave que são extremamente observadas na literatura. A ideia de que o átomo é uma partícula infinitamente pequena,^{10,11} que apresenta um núcleo positivo que contém prótons (partícula de

carga positiva) e elétrons (partícula de carga negativa)¹² e que cada elemento é composto de um subtipo de átomo.¹³ No Compêndio de Terminologia Química, átomo é “a menor partícula atômica caracterizando um elemento químico” (p. 121).¹⁴ Em sua resposta o ChatGPT além de apresentar uma definição conceitual para átomo, também relaciona este a definição de elemento químico.

Na sequência foi solicitado que a resposta fosse reestruturada (Mostre sua definição), em que a IA apresenta sua resposta definindo átomo como “a unidade fundamental da matéria e é composto por dois tipos de partículas subatômicas: prótons, nêutrons e elétrons”.⁸ Além disso, apresentou uma explicação de como o núcleo do átomo é formado (por prótons e nêutrons), além de elétrons e apresentando uma definição de elemento químico que pode levar o estudante a se confundir (quando compare as duas definições e com o conceito na literatura).

No segundo texto o ChatGPT explicou que “A combinação específica de prótons em um átomo determina o elemento químico a que ele pertence” (grifo nosso).⁸ Quando comparada a definição inicial, este trecho pode causar confusão na compreensão dos estudantes. Segundo Marinho Neto, Sá e Brito,³ a mesma estruturação de definição de elemento químico como “conjunto de átomos de mesmo número atômico” (p. 26).³ Os autores alertam para que “se a definição de elemento químico envolve todos os átomos de determinado tipo em todo o universo, as unidades não estão juntas” (p. 28).³ sendo importante evitar usar uma definição que envolva a ideia de conjunto. As discussões envolvendo o conceito átomo em sala de aula requer um processo de ensino e aprendizagem que envolva ações abstratas, palavras, símbolos e modelos. Adicional, o software amplia sua resposta ao explicar que “O número de prótons em um átomo é conhecido como o número atômico e é usado para classificar elementos”.⁸ transferindo o conceito de número atômico para sua definição de átomo. Segundo o Compêndio de Terminologia Química o átomo “consiste em um núcleo de carga positiva (Z) e o número de prótons e a carga elementar” correspondendo quase toda a sua massa (mais de 99,9%) e elétrons Z determinando seu tamanho” (p. 121).¹⁴ Assim, a definição do ChatGPT para átomo se aproxima ao que é encontrado na literatura.

A segunda pergunta a ser feita que o ChatGPT definiu “ligação química”. Após apresentar sua resposta, foi solicitado que a IA reestruturasse esta resposta, conforme mostra a Figura 1.



Figura 1. Definição de ligação química dada pelo ChatGPT⁸

A primeira resposta do ChatGPT trata da ligação como uma “unão” de átomos para formar uma molécula ou composto químico. Talvez o termo unão não seja o mais apropriado, uma vez que

pode levar a considerá-lo a achar que de fato os átomos ficam isolados (quimicamente não seria um problema). Entretanto, essa definição pode ser “problemática” pelo professor, pois se a importância da mediação do professor em relação a esse conhecimento, pois da forma que se apresenta o texto (resposta do ChatGPT), provavelmente levanta o estudante a um erro conceitual. Para o Conceito de Terminologia Química a ligação química existe quando as forças que atuam entre dois átomos no grupo de átomos levam a formação de um agregado com estabilidade suficiente para formar uma molécula independente.³⁰

Segundo Adams e Jones,³¹ a ligação química é a junção de dois átomos em que o “arranjo resultante dos dois núcleos e seus elétrons tem menos energia do que a energia total dos átomos separados” (p. 164).³² A ligação química leva a um abaixamento da energia do sistema, estabilizando-o. Por isso, se que na sua primeira resposta, o ChatGPT apresenta um texto que pode ser tratado como um modelo epistemológico.³³ A última parte da primeira resposta, o software apresenta uma definição sobre os tipos de ligação química, porém não as diferenciações. Além disso, apresenta a força intermolecular como um tipo de ligação química.

A segunda parte da resposta, mantém uma definição (Figura 1), o software trata a ligação química como uma força que mantém os átomos juntos. Semânticamente o termo “uma força” também significa que se encontra a pouca distância do outro, na aproximação da ideia de que os átomos em uma ligação química não estão isolados (isolados), mas sim próximos. A ligação química é uma força resultante da atração/repulsão que mantém os átomos ligados. Segundo Mosalei-Nou, Na e Tahir,³⁴ uma “força surge de uma aproximação entre átomos onde as atrações seriam as que ocorrem entre os elétrons (positivos) de um átomo com a eletrosfera (negativa) do outro” (p. 43).³⁵ Na sequência, o texto destaca que ligação química é “resultado da interação entre as forças positivas e negativas dos elétrons dos átomos e suas nuvens eletrônicas externas”.³⁶ Novamente, o texto dá a entender a existência de quatro tipos de ligação: iônica, covalente e intermolecular, explicando que “cada tipo de ligação química possui características específicas, como a força da ligação, a condutividade e a solubilidade, entre outras”.³⁷ É importante ter em mente que a “ligação química participa da estabilidade da substância formada, por exemplo, ao molécula” (p. 60).³⁸ Já as forças intermoleculares aparecem em uma situação em que existe um grande número de “interações/forças entre as moléculas que compõem as substâncias” (p. 61).³⁹ Ademais, as forças intermoleculares são forças entre moléculas, que são diferentes das forças responsáveis pela formação das ligações químicas entre átomos.⁴⁰

A princípio o texto para descrever interações fracas do tipo ligação do hidrogênio e forças do van der Waals é “interação intermolecular”. Semânticamente o termo “ligação intermolecular” não faz sentido porque o “intermolecular” já indica “entre moléculas”, então é uma interação entre duas espécies independentes. Se há uma ligação entre duas moléculas então o conjunto passa a ser uma única molécula.

A ligação também é uma interação (a definição matemática é baseada na diferença de energia das espécies juntas e separadas). Quanto maior essa diferença, mais forte a interação e maior a tendência de ser classificada como uma ligação. Todavia, compreende-se que na definição de ligação química, o software apresenta definições que são similares ao ensino de ligação química, o que pode aumentar uma aprendizagem equivocada deste conteúdo. Assim, reforça-se a necessidade de acompanhamento do professor no que diz respeito a definição de ligação química. Por fim, o ChatGPT menciona que a ligação química é “fundamental para a existência da vida e para a compreensão da natureza e das propriedades das substâncias químicas”,⁴¹ sem apresentar qualquer tipo de explicação,

integrando-se a uma outra frase sobre, sem qualquer relação com o texto anterior. Torna-se⁴² afirma que as “ligações químicas representam um aspecto de fundamental importância, e seu conhecimento é essencial para um melhor entendimento das transformações que ocorrem em nosso mundo” (p. 8).⁴³ Diferente do ChatGPT, Tuma⁴⁴ elucida o porquê dessa importância.

No que diz respeito a terceira pergunta (define equilíbrio químico), o ChatGPT responde que “equilíbrio químico é um conceito em química que descreve o estado em que as taxas de reação química entre dois iguais e mudam em uma concentração constante de reagentes e produtos em um sistema fechado”⁴⁵ e acrescenta que em um sistema em equilíbrio “a composição química permanece constante, mesmo que a reação esteja ocorrendo continuamente”.⁴⁶ Em situações em que a velocidade da reação de transformação de reagentes em produtos se iguala à velocidade com que o produto se transforma, no Química se diz que a reação está em equilíbrio.⁴⁷ É nessa perspectiva que a resposta do ChatGPT menciona equilíbrio entre produtos, apontando que o equilíbrio é estabelecido quando as velocidades de formação e consumo das substâncias envolvidas na reação se igualam, o que não significa dizer que as quantidades dessas substâncias em equilíbrio serão iguais. Por isso, se que não pode (como a igualdade), pode levar o estudante a acreditar que as quantidades das substâncias em equilíbrio são sempre iguais. Novamente, embora o ChatGPT apresente uma resposta correta, é necessário a mediação do professor na explicação do conceito, evitando que haja uma aprendizagem incorreta.

Quando é solicitado para que o ChatGPT reforce a definição apresentada para equilíbrio químico, a IA amplia sua resposta, acrescentando mais informações sobre esse conceito (Figura 2).

O equilíbrio químico é um conceito fundamental em química que descreve o estado em que as taxas de reação química entre dois iguais e mudam em uma concentração constante de reagentes e produtos em um sistema fechado. Em um sistema em equilíbrio, a composição química permanece constante, mesmo que a reação esteja ocorrendo continuamente. O equilíbrio químico é estabelecido quando as velocidades de formação e consumo das substâncias envolvidas na reação se igualam, o que não significa dizer que as quantidades dessas substâncias em equilíbrio serão iguais. Por isso, se que não pode (como a igualdade), pode levar o estudante a acreditar que as quantidades das substâncias em equilíbrio são sempre iguais. Novamente, embora o ChatGPT apresente uma resposta correta, é necessário a mediação do professor na explicação do conceito, evitando que haja uma aprendizagem incorreta.

Figura 2. Segunda definição de equilíbrio químico expandida pelo ChatGPT⁴⁸

As interações que as “reações químicas típicas ocorrem a uma taxa constante” e “que a quantidade de reagentes e produtos permanece constante”, o ChatGPT apresenta uma definição correta como se observada na literatura. No equilíbrio a composição da mistura de reação é constante, em que as velocidades no sentido da formação de produtos e no sentido da volta aos reagentes são iguais. O equilíbrio químico é o “estado de reação química em que não existe mais tendência em mudar a composição da mistura” (p. 425).⁴⁹ A resposta do ChatGPT acrescenta o fato de que o equilíbrio químico é influenciado por fatores como concentração, temperatura e catalisador, mas não faz menção ao Princípio de Le Chatelier logo é rapidamente utilizado para descrever qualquer alteração nas condições de uma reação em equilíbrio. Pode-se considerar que a IA possibilita a disseminação do Princípio de Le Chatelier, mas que, como vez, precisa da mediação do professor para que o conceito de equilíbrio seja aprofundado. Nesse contexto, frequentemente o ChatGPT que salienta sobre o Princípio de Le Chatelier citando a IA a descrever como uma lei da Química que descreve como as condições externas afetam o equilíbrio químico, além de exemplificar os fatores que influenciam o equilíbrio. Segundo Salazar e Riancho,⁵⁰ o conceito do equilíbrio

química seria a geometria da forma precisa se fosse feita do ponto de vista termodinâmico, fato não observado na natureza dos chatos!

É importante lembrar que o ChatGPT não apresentou alguma fórmula, atendeu ao pedido químico na sua definição de equilíbrio químico. Não é um ponto que deve ser considerado no uso da IA, uma vez que na Química para definição de algum conceito se faz necessário o uso também do nível representacional (com equações químicas, fórmulas e símbolos que representam as substâncias químicas e as substâncias produzidas). Na definição de equilíbrio, o equilíbrio químico é um processo reversível em que as taxas em ambas as direções (liberação direta ou inversa na reação química) são iguais, em que a energia de Gibbs (G) é mínima.¹⁰⁸ Além disso, o equilíbrio faz em sua definição que se equilibre: "a soma das potências químicas dos reagentes é igual à dos produtos, de modo que $\Delta G_r = \Delta G_p + RT \ln K = 0$, $\Delta G_r = -RT \ln K$ " (p. 258),¹⁰⁹ em que a constante de equilíbrio (K) é dada pelo coeficiente de atividade.

A quarta pergunta enviada ao ChatGPT pede que a IA descreva isomeria. O conceito de isomeria foi proposto inicialmente por John Jacobus van Berzelius (1779-1848) quando afirmou que substâncias químicas são "aquelas que possuem a mesma composição química e o mesmo peso atômico [molecular], mas propriedades diferentes" (p. 325).¹¹⁰ Em sua resposta inicial, a IA afirma que isomeria

"É a propriedade química da existência de compostos químicos diferentes com a mesma fórmula molecular, mas com estruturas diferentes e propriedades únicas. Em outros palavras, a isomeria ocorre quando compostos diferentes possuem a mesma fórmula molecular, mas estruturas diferentes de átomos ou grupos funcionais".¹¹¹

Essa resposta está em consonância com o do Gold Book, ao classificar isomeria como "uma das várias espécies (ou entidades moleculares) que têm a mesma composição atômica (fórmula molecular), mas diferentes fórmulas estruturais ou diferentes fórmulas empíricas";¹¹² portanto, diferentes propriedades físicas são químicas".¹¹³ Quando dois ou mais compostos têm a mesma composição, mas um arranjo diferente de átomos, eles são chamados de isômeros. O ChatGPT acrescenta em sua primeira resposta a existência de "vários tipos de isomeria, incluindo isomeria estrutural, isomeria de posição, isomeria óptica e isomeria geométrica".¹¹⁴ Ao ser solicitado que melhorasse a definição, o ChatGPT além de melhorar sua definição para isomeria como "uma propriedade fundamental da química, na qual compostos químicos diferentes possuem a mesma fórmula molecular, mas diferem na disposição espacial dos átomos ou grupos funcionais em sua estrutura",¹¹⁵ a IA passa a explicar de forma mais detalhada os tipos de isomeria:

"Existem vários tipos de isomeria, incluindo isomeria estrutural, onde a diferença está na disposição tridimensional dos átomos ou grupos funcionais em uma molécula; isomeria de posição, onde diferentes compostos são formados a partir da substituição de grupos funcionais em diferentes posições na molécula; isomeria óptica, onde compostos são idênticos na estrutura, mas possuem diferenças nas propriedades ópticas devido à presença de grupos funcionais assimétricos; e isomeria geométrica, onde a disposição espacial dos grupos funcionais em torno de um centro de simetria é diferente".¹¹⁶

Analisando as respostas do ChatGPT é preciso atentar, pois algumas definições podem gerar interpretações equivocadas por parte dos estudantes. Primeiro que o *Gold Book* faz uma separação dos tipos

de isomeria, porém elenca apenas quatro isomeria estrutural: isomeria de posição; isomeria óptica; isomeria geométrica; não mencionando os demais tipos e torná-los separados por tipo. No texto de isomeria, os nomes estão, no entanto não apresentados as isomerias de cadeia, de posição, de compensação, de função e da isomeria (isomeria plana), dos isômeros cis e trans (isomeria espacial) e dos isômeros ópticos (enantiômeros e diastereoisômeros). Ao falar sobre isomeria estrutural, o ChatGPT não explica que esse termo também é conhecido como isomeria espacial ou isomeria estereoisômeros, e que ocorre quando há mesma conectividade entre os átomos, mas diferenças diferentes.

Outras observações podem ser feitas em relação à resposta referente aos tipos de isomeria, por exemplo, ao explicar a isomeria de posição, a resposta é limitada a substituição de grupos funcionais, deixando de que ocorre também quando a diferença está na posição de uma insaturação, de um heteroátomo ou de um substituinte. Na isomeria espacial (ou estereoisômeros) a diferença entre os isômeros se pode ser visualizada por meio da orientação de seus átomos no espaço. Normalmente se faz a diferenciação de dois tipos de estereoisômeros: isômeros geométricos e isômeros ópticos.¹¹⁷ Os isômeros geométricos diferem entre si, pela disposição relativa dos átomos na molécula. No caso de uma molécula plana, os isômeros geométricos são conhecidos como *cis-trans*. Já a isomeria óptica, em caso particular da geometria espacial, o isômero equivale à imagem especular do outro.¹¹⁸ Essas explicações não são apresentadas pelo ChatGPT, abrindo possibilidades de que o texto apresentado leve a uma compreensão equivocada por parte dos estudantes. Assim, se o estudante apresentar a definição de isomeria produzida pela IA para sua primeira como parte de uma atividade, ela pode não ser aceita, mas a explicação para os tipos de isomeria complementaria sua "análise".

O conceito de ácido e base pode ser considerado como um dos mais complexos no ensino de Química, não por ser de um nível de complexidade alto (como é no caso da partícula-onda, orbital, quântica, simetria molecular etc., que exigem um grau maior de abstração), mas talvez porque sua definição é fundamentada em mais de uma teoria (Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis), o que provavelmente dificultará que o ChatGPT responda de forma correta. A opção pela definição de ácido-base se deu justamente para ver qual o grau de resposta seria obtido da IA. Na definição de ácido-base, tomamos dois caminhos no ChatGPT. O primeiro que a inteligência artificial respondesse individualmente cada caminho (definir ácido e definir base), o segundo que o ChatGPT definisse ácido-base em conjunto.

Em relação ao primeiro caminho, o ChatGPT respondeu ácido como "uma substância química que, quando dissolvida em água, produz H^+ ". Ela tem pH abaixo de 7.¹¹⁹ Observa-se que essa resposta está próxima da definição de Arrhenius (1859/1927) para ácido que atua em "um composto que contém hidrogênio e reagiu com água para formar íons hidrogênio" (p. 87).¹²⁰ O ChatGPT também apresentou três exemplos de ácidos (com a fórmula molecular) em sua resposta: ácido clorídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido clórico (ClH₃O). Considera-se que os exemplos de ácidos apresentados pela IA podem gerar dúvidas aos estudantes, uma vez que os dois primeiros podem ser facilmente identificados (e compreendidos) por meio da teoria de Arrhenius, mas o ácido clórico pode dificultar a compreensão dos estudantes em relação à definição apresentada no ChatGPT (que produz um H⁺).

Já para base, a IA afirmou que "uma substância que doa elétrons ou um hidróxido (OH⁻) para formar um íon composto químico".¹²¹ e acrescenta que a base reagiu com um ácido para produzir sal e água, além de ter um pH maior que 7. Na teoria de Arrhenius uma base é definida como uma "substância que, quando dissolvida em água,

sementes a concentração de íons H^+ " (p. 708).¹⁹ A definição descrita pelo ChatGPT pode ser considerada a princípio correta, levando a IA a tratar o conceito de base na teoria de Arrhenius com o conceito de base de Lewis sem que esta base de Lewis é um deslize da par do sistema). Porém, se antes que a IA apresente o conceito de base para Arrhenius e de Lewis sem fazer distinção, podendo assim ter o estudante a uma visão distorcida dos conceitos químicos.

Quando solicitado para melhorar a definição, o ChatGPT apresenta algumas informações sobre ácidos e bases, mas novamente mantendo as teorias, conforme é observado na Figura 2.



Figura 2. Respostas do ChatGPT para melhorar a definição de ácido e base.²⁰

Quando solicitado que define ácido-base (segundo Arrhenius), o ChatGPT responde que um "ácido é uma substância que, quando dissolvida em água, libera íons hidrônio (H_3O^+). Já uma base é uma substância que, quando dissolvida em água, libera íons hidróxido (OH^-). O conjunto de ácidos e bases é chamado de teoria de Arrhenius".²¹ Nesta definição, a IA faz menção a teoria de Arrhenius para ácidos e bases. E quando questionado para melhorar a resposta, o software apresenta a seguinte definição:

"Ácido e Base são conceitos fundamentais da química e representam duas tipos de substâncias que reagem com água para formar soluções. Um ácido é uma substância que doa prótons (íons hidrônio, H_3O^+) quando dissolvida em água, aumentando a concentração de prótons na solução. Já uma base é uma substância que aceita prótons (íons hidrônio, H_3O^+) quando dissolvida em água, diminuindo a concentração de prótons na solução. Essas teorias foram desenvolvidas pelo químico sueco Svante Arrhenius em 1887".²²

Essa ampliação da resposta, traz um problema que não é solucionado pelo ChatGPT. A resposta não "mistura" as teorias de Arrhenius e de Brønsted-Lowry para ácidos e bases, sem que um ácido, na definição de Brønsted-Lowry, "que doa um próton para outra substância" (p. 709)²³ e na definição de Arrhenius "são substâncias que, quando dissolvidas em água, aumentam a concentração de íons H^+ " (p. 708).²⁴ Além disso, ao contrário do enfoque de Brønsted-Lowry ser na transferência de prótons, o conceito também se aplica às reações que ocorrem em solução aquosa,²⁵ o que na teoria de Arrhenius os reagentes de substâncias que quando dissolvidas em água aumentam a concentração de íons H^+ ou OH^- . Essas diferenças, não solucionadas pelo ChatGPT, podem prejudicar os estudantes a serem conscientes sobre ácidos-bases.

A simplificação de ácidos e bases segundo a definição de Arrhenius é a mais adotada no ensino de Química²⁶ e está presente nos livros didáticos de ensino médio, sem qualquer explicação sobre suas limitações ou de qualquer relação histórica que possa ajudar o estudante a compreender a formação da teoria científica" (p. 212).²⁷ Tal visão tem tanta influência nos respostas do ChatGPT para ácidos

bases. Cabe salientar que o Compêndio de Terminologia Química não apresenta a definição para ácidos conforme a teoria de Arrhenius.²⁸

O Compêndio de Terminologia Química descreve o ácido como uma "substância molecular ou iônica, química capaz de doar um hidrônio (próton) (ver ácido de Brønsted) ou capaz de formar uma ligação covalente com um par de elétrons (ver ácido de Lewis)" (p. 21).²⁹ A concepção apresentada no compêndio é dividida em uma breve descrição do que é ácido para Brønsted-Lowry e o que é ácido para Lewis. Como descrito anteriormente, o ChatGPT possui limitações (como apontado pela própria IA de que suas respostas devem ser investigadas com um especialista da área, ou seja, com um químico) que podem ser influenciadas nas respostas. O fato de o software não mencionar nada a respeito de Brønsted-Lowry e nem a de Lewis para uma lacuna na compreensão do estudante, uma vez que ele ao pesquisar pelo conceito de ácido-base encontrará respostas de uma teoria apenas (Teoria de Arrhenius) – considerando introduzir e criar limitações^{30,31} sobre uma mudança de conceitos dentro três teorias, levando a uma compreensão confusa e distorcida.

Em relação às respostas apresentadas pelo ChatGPT, percebemos que valorizam a educação baseada (chamada no "depósito") de ideias e conteúdos nos alunos,³² provavelmente derivam base teórica em conteúdos na maioria das definições disponibilizadas pela IA e considerando preparado para as demandas da sociedade, priorizando "conteúdo novo" e, talvez, tenham "conceitos práticos e aplicáveis". Entretanto, a educação para o século 21, que prioriza de pensamento crítico, criatividade e resolução real de problemas, busca desenvolver habilidades e competências dos estudantes que vão além da escrita formal. Avaliar o entendimento dos estudantes baseados apenas na escrita (produção textual) pode se investigar como um problema no ensino, principalmente quando uma avaliação é baseada no modelo de ensino tradicional (contato com a aula expositiva e não investigativa). Existem estudantes que são críticos e inovadores que podem não se sentir tão motivados pelo ChatGPT, porém, não existe consciência de conhecimento sem reflexão. Assim, por mais que o ChatGPT em situações, responde corretamente base para as questões, é preciso que o estudante pense, reflita, confirme e construa seu próprio conhecimento.

A experiência adquirida na utilização do ChatGPT, aponta para incentivar os estudantes a experimentarem o ChatGPT, pois ele pode fornecer uma maneira eficiente de se familiarizar com um novo tópico, fornecer alguns exemplos adicionais além de fornecer exemplos que não foram tratados em sala de aula. Ressalta-se que de modo semelhante, diferentes debates ocorreram há mais de uma década, na qual alegava-se que a Wikipédia tornaria os estudantes "aprendizes e pesquisadores".³³ Isso pode ser até verdade quando o estudante busca que o ensino de Química seja sobre conceitos teóricos, tabelas, estruturas, etc. que os estudantes, geralmente, copiam e colam na internet que estão nos livros (ou na internet). Pode-se também argumentar que um bom ensino de Química é baseado sobre momentos em torno de debates, teorias, modelos e paradigmas, e não sobre saber como aplicar essas coisas, teorias e modelos em situações complexas de vida real. Aprender Química é reconhecer compreensões que foram anteriormente construídas, buscando corrigir essas compreensões e complexas, ampliando o significado do que já é conhecido.

Introdução de definições/conceitos/comprensões teóricas que não ajudam o estudante pagar as respostas prontas do ChatGPT e deixar todas as definições apresentadas, sem atribuir a elas um verdadeiro significado. Nesse sentido, Moonshir Devi, N. e Datta,³⁴ relatam que o ensino de Química tem se baseado ao fim do curso, sem dar ênfase uma série de conceitos básicos. Tal afirmação reforça a necessidade de que o conceito químico não seja baseado para além da memorização e da reprodução de ideias. É preciso que eles entendam a ciência que está aprendendo, que desenvolva este pensamento crítico e construa.

As fórmulas respondem personalizadas e facilmente interpretáveis; o ChatGPT permite a criação de um ambiente de aprendizagem interativo sob demanda para os estudantes, o que pode permitir maior interação de informações e uma experiência de aprendizagem mais agradável.²³ Uma das principais características do ChatGPT é a capacidade de entender e interpretar e manter uma conversa coerente e relevante para o tópico em questão. Como tal, quando se trata de tópicos mais complexos na Química, por exemplo, energia, valência, entropia etc., o ChatGPT pode ter mais dificuldades em apresentar uma definição coerente e correta.

No que diz respeito à detecção de plágio nas respostas do ChatGPT, em nenhuma das definições apresentadas pela IA foram encontrados indícios de plágio nos softwares utilizados, isto significa que as definições de plágio não encontraram documentos usando um dos textos que foram digitados pelo ChatGPT. Esta é uma informação que merece atenção, uma vez que as respostas dadas pela IA podem ser utilizadas como um texto original. Contudo, o papel do professor sempre é a necessidade de verificar as informações apresentadas, assim de suas fontes. Ao contrário de um mecanismo de busca (como o Google) que apenas os resultados em uma variedade de fontes e links relacionados (indicando as fontes), o ChatGPT apresenta uma única resposta em forma de uma narrativa, o que dificulta mais ainda a criação de referências utilizadas. A título de ilustração, no software Copyscape²⁴ o relatório disponibilizado apresentou a percentual de 1,19% de similaridade (percentual acima de 3% indica possível existência de cópias indevidas no site, de possível plágio). Torna claro que esta percentual refere-se a todas as respostas do ChatGPT e que no restante das vezes não trata-se de uma frase copiada e sim de um termo comum, por exemplo, "uma base é uma substância que doa". Neste caso, trata-se com a instalação do software e observado que a frase não se trata de um plágio, sendo necessário a análise de cada instância do software pelo usuário (conforme indicação do próprio software – "Se concluído sobre um documento ter ou não plágio de conteúdo de outra responsabilidade do usuário ao analisar os resultados determinativo pelo Copyscape").²⁵

CONCLUSÃO

Neste artigo analisamos o ChatGPT para criar textos em linguagem simples sobre a definição de alguns conceitos químicos. Verificamos que as respostas dadas pelo ChatGPT às questões indicadas foram relativamente coerentes, mas revelam a necessidade de alguns cuidados.

Aprender os conceitos químicos (da mais "simples" aos mais "complexos") não é uma tarefa simples, exige esforço cognitivo, e é comum que, em alguns momentos, compreensões equivocadas surjam.²⁶ Compreender os conceitos químicos é importante para o entendimento e desenvolvimento da Química e ela não pode ser vista e analisada, pelo contrário, elas continuam sendo inquestionáveis. Uma das limitações observadas inicialmente é que as respostas do ChatGPT podem apresentar informações incorretas, confusas ou outras inconsistências, o que significa que se analisarmos os dados mencionados há falta de informação no site. A utilização das respostas na Química tem um papel central no seu desenvolvimento.^{27,28}

O ChatGPT pode ser compreendido como mais uma oportunidade aos professores explorarem o mundo de ensino através do ensino, no professor e focado na aprendizagem, onde quem faz a pergunta é o professor e cabe ao aluno dar respostas. O ChatGPT é capaz de dar respostas a uma infinidade de perguntas (muitas delas coerentes com os conceitos químicos), o que implica na necessidade do professor sempre se pelo menos problematizar sua prática pedagógica. É preciso ter em mente a metodologia que ajudará o professor a melhor compreender o que significa ensinar e aprender em tempos

de hipercomplexidade, de inteligência artificial, de aprendizagem e plataformas.

É preciso que no ensino dos conceitos químicos promovamos le para além da pergunta e resposta ("O que é isso?", "A resposta é isso?"), mas também, debater sobre e argumentar, em um nível mais aprofundado de formação pela IA. O ChatGPT tem uma excelente capacidade linguística, mas é limitado em lógica, abstração, em raciocínio de alto nível e não é capaz de manter uma discussão coerente e de alto nível, que permitem realização através da interação professor-aluno e aluno-aluno.

Uma das preocupações de professores é que com o avanço dessas tecnologias, inevitável a realização de tarefas comuns: ensinar, explicar, responder questões de um livro, fazer um trabalho de pesquisa etc. O professor poderá diferenciar um texto escrito pela IA ou pelo seu estudante? São desafios que vêm junto com o avanço das tecnologias e exigem as habilidades de escrita crítica sobre os conteúdos e em discussões docentes. O ChatGPT não entende o que ele responde. Ele responde o que a probabilidade indica, usando como base os dados que ele teve acesso quando foi treinado.

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, é recomendável que professores, gestores, pais, escolas, universidades etc., preparem o uso do ChatGPT? Considerando a análise realizada neste artigo, a resposta seria NÃO. Porém é a ação mais recomendada, é preciso compreender que o estudante ao ser criado com o instrumento (computador, smartphone, notebook, tablet etc.) e a informação (extraída do ChatGPT), não será criando um conhecimento, ele (geralmente) vai "copiar e colar". É preciso que o professor seja o mediador desse processo. Assim, o professor, ao perceber que seus estudantes utilizam o ChatGPT em suas atividades, deve analisar caminhos para que seu estudante possa selecionar, analisar, criticar, comparar, avaliar, sintetizar, comunicar e informar. Assim não podemos de pensamento complexo que o professor mediador deve ensinar para que seus estudantes construam seu conhecimento.^{29,30}

Dados mais coerentes e precisos da informação para os professores.

Como um modelo de ensino interativo, o uso das tecnologias digitais na educação, o ChatGPT deve ser encarado como auxílio do professor e não como um substituto. Já os estudantes podem usar o instrumento para fazer perguntas sobre os assuntos químicos e receberem respostas coerentes e personalizadas para ajudá-los a entenderem melhor os conhecimentos em termos de sua complexidade.

A medida que a tecnologia é mais explorada e aprimorada, também é possível que tenha muitos educacionais possam ser desenvolvidos e que sejam utilizados sobre as possibilidades do ChatGPT.³¹ É preciso estimular e avaliar que as tecnologias possam na educação, em especial no ensino de Química, para além de criar as oportunidades de aprendizagem centrada no estudante, melhorar o modo de Aprendizagem Tecnológica Ativa,³² promovendo um processo educacional mais completo, ao mesmo tempo em que busca soluções para o ensino real.

As tecnologias emergentes representam um ponto situacional em ambiente de aprendizagem ativa e significativa, promovendo importantes reflexões sobre o que se espera da educação do século XXI. Os educadores devem considerar as implicações de plataformas de IA, como o ChatGPT, para o processo de ensino e aprendizagem, dando a educação pelo próprio professor, não como o estudante podem usar essas ferramentas para construir conhecimentos.

A IA e suas aplicações precisam ser mais compreendidas para uma educação transformadora baseada nos ideais de Seymour Papert,³³ e também para uma educação transformadora baseada na prática pedagógica crítica e reflexiva de Paulo Freire.³⁴

Por fim, nossa perspectiva é que este trabalho possa estimular outros professores a utilizarem e identificar alternativas para a aplicação de inteligência artificial com seus estudantes de modo a

contribuir para o ensino de Química. O ChatGPT possui diferentes funções, além da criação de textos acadêmicos, resolução de perguntas, criação de planos de aulas. No entanto, sua aplicação na EA está tornando-se uma importante discussão. Para isso, deve-se o ensino de Química no século XXI?

MATERIAL SUPLEMENTAR

O material completo contendo as respostas do ChatGPT das várias novas perguntas disponíveis em <http://quimicainteligencia.org.br>, em formato PDF, tem acesso livre.

AGRADECIMENTOS

Ào CNPq (proc. 302567/2021-6), FAPESP (proc. 2020/0167-0/2022), L3L/UFSC e ao ChatGPT por "gentilezas de responder às perguntas" no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Leite, R. S. *Tecnologias Digitais na Estruturação da Formação de Aprendizagem*. Paul. Editora da PUC. São Paulo, 2022.
2. Hestings, P.; Tan, S.; Tan, S. *The Journal of Applied Learning & Teaching* 2020, 3, 1. [Crossid]
3. Tse, A.; Thomas, R.; Adelman, M. A.; Goshart, A.; Hickey, D. T.; Huang, H.; Aggarwal, R. *Smart Learning Environment* 2023, 10, 1. [Crossid]
4. Hinkel-Watson, C. *Nature* 2023, 615, 630. [Crossid]
5. Pires, A. B. D.; Sousa, P. N.; Leite, R. C. *Revista Brasileira de Educação* 2023, 7, 101. [Crossid]
6. Leite, R. S. *Phisique e Quim* 2020, 1, 620003. [Crossid]
7. Zibrow, D.; Vlasov, I.; Wehler, D.; Salgado, J.; Gaspard, M.; Perle, D. *Methods of Enzymes: Developmental Aspects of Human Life Course*. Paul. Cambridge University Press: Cambridge, 2021.
8. Dumas, C. *Intelligence Artificielle: Vers la Démocratisation de l'Apprentissage Automatique*. Paris: Éditions Eyrolles, 2020.
9. Wernick, Y. E. *Ensaio: Teoria e História da Literatura em Português* 2008, 14, 173. [Crossid]
10. Herrera, R. J. M. *Revista* 2018, 3, 39. [Crossid]
11. Graham, T. *Nature* 2023, 617, 612. [Crossid]
12. Haines, M. *Nature* 2022, 611, 192. [Crossid]
13. Aydin, G.; Karadas, B. *Int J Comput & ChatGPT Generated Literature Review: Digital Peer in Healthcare*. Aydin, G., ed.; Springer: Computer Technologies, 2023, p. 23-31. [Link] acessado em maio 2023.
14. Pavón, J. V.; Jaramillo, S. *Metacommunication Education* 2023, 20, 64. [Crossid]
15. <https://openai.com/blog/chatgpt>, acessado em maio 2023.
16. Costa, D. R. E.; Costa, P. A.; Siqueira, J. R. *Estudos Psicológicos* 2023. [Crossid]
17. Leite, R. S. *RETE* 2019, 17, 265. [Crossid]
18. Kang, T. H.; Choeun, M.; Moon, A.; Yoon, H.; Lee, J.; Hwang, C.; Madhava, M.; Aggarwal, R.; Das-Cankaya, D.; Mariani, L.; Thong, V. *PLoS Digital Health* 2023, 2, 1. [Crossid]
19. <https://openai.com/2023/01/18/why-should-we-trust-ai-chatgpt-over-creating-content>, acessado em maio 2023.
20. Saitou, W.; Inoue, H. O.; Mizuno, A.; Pradi, A.; Saitou, H. *Artif* 2022. [Crossid]
21. Gilson, A.; Salazar, C.; Huang, T.; Serrano, V.; Cho, L.; Sjöström, S. A.; Charabak, D. *medRxiv* 2022. [Crossid]
22. Telo, T.; Demach, G.; Kichin, D.; Xu, Y. *FAIRER Preprints* 2023. [Crossid]
23. Andre, M. *Revista de FALZES* 2019, 22, 91. [Crossid]
24. Leite, R. S. *Tecnologias na Estruturação de Química: Teoria e Prática na Formação Docente*, 2ª ed., Appris: Curitiba, 2023.
25. Lefevre, A.; Amari, A. I. D.; Rocha, L. M. G.; Higinia, M. R.; Corry, E. Z.; Vieira, D. P. *Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Brasília, Brasil, 2019. [Link] acessado em maio 2023.
26. <https://doi.org/10.1515/infed.2019.0001>, acessado em maio 2023.
27. Sousa, J. F. M.; Leite, R. S.; Leite, R. S. *Revista Brasileira de Ensino Superior* 2018, 1, 133. [Crossid]
28. <https://chat.openai.com/chat>, acessado em maio 2023.
29. Menezes, Pires, R. S.; Sá, L. V.; Brito, R. M. *Condições Químicas em Debate*. Paul. IED: IED, São Paulo, 2022.
30. Aggarwal, R. *Dictionary of Microbiology*. Cambridge: The Gale press e *Procedures for Classification*. Cambridge, 2ª ed., Alan: São Paulo, 2013.
31. Monteiro, J. *Do Rio de Janeiro e os Outros Anticidades: O Anticidades: Diálogo entre a Linguagem Científica e a Linguagem Crítica no Espaço das Ciências da Natureza*. Santos, W. L. P.; Maltaner, D. A., eds.; Editora Unesp: Jd, 2011, cap. 7.
32. Vigotsky, L. S. *A Construção do Pensamento e da Linguagem*, 2ª ed., WMF Martins Fontes: São Paulo, 2009.
33. Brown, T. L.; Lohm, R. E.; Hansen, R. E.; Murphy, C.; Woodward, R. M.; Hestrich, R. W. *Química: A Ciência Central*, 12ª ed., Pearson: International: São Paulo, 2016.
34. Adkins, P. W.; Jones, L. *Princípios de Química: Quantitativo e Qualitativo*. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
35. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). *Gold Book: Compendium of Chemical Terminology*, 4ª ed. versão, 2019. [Link] acessado em maio 2023.
36. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). *Gold Book: Compendium of Chemical Terminology*, 4ª ed. versão, 2019. [Crossid]
37. Barchiesi, G. *A Formação da Química: Contribuição para uma História da Química*, 2ª ed., Companhia das Letras, 1996.
38. Dora, H. S. *Qual. Writ. Sci.* 1997, 0, 8. [Link] acessado em maio 2023.
39. Salazar, R.; Bianchi, J. C. A.; Quim. Nova Zet. 2007, 29, 11. [Link] acessado em maio 2023.
40. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). *Gold Book: Compendium of Chemical Terminology*, 4ª ed. versão, 2019. [Crossid]
41. Barreira, J. *Ann. Phys. (Berlin, Ger)* 1838, 10, 265.
42. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). *Gold Book: Compendium of Chemical Terminology*, 4ª ed. versão, 2019. [Crossid]
43. Solomons, T. W. G.; Fryhle, C. E. *Química Orgânica*, vol. 5, 1ª ed., LTC: Rio de Janeiro, 2012.
44. Telo, R. E.; Salazar, R. M.; Ligeiro, J. *Química e Educação*, 1ª ed., Hachter: São Paulo, 2023.
45. Sousa, M.; Ayres, T. *Edin* (2017, 20, 21). [Crossid]
46. Knight, C.; Prete, S. *Teaching in Higher Education* 2012, 17, 649. [Crossid]
47. <https://openai.com/blog/why-we-trust-ai-chatgpt>, acessado em maio 2023.
48. Leite, R. S. *Revista Brasileira de Educação Superior* 2018, 4, 596. [Crossid]
49. Papert, S.; Salazar, C. *Neuro-Philosophy: A Computer-Artificial Intelligence Model*. MIT AI Laboratory: Cambridge, 1975. [Link] acessado em maio 2023.
50. Papert, S. *A Máquina das Crianças: Explorando a Criança no Era da Informação*, 2ª ed., Armand: Porto Alegre, 2008.
51. Freire, P. *Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa*, 2ª ed., Rio de Janeiro: São Paulo, 1996.



objetos abstratos que não podem ser vistos no computador.

REDES AUTO-ORGANIZAVEL DE REGIÕES

As redes neurais foram descobertas, originalmente, no início de 40, pelo neurofisiologista Warren McCulloch, do MIT, e pelo matemático Walter Pitts, da Universidade de Illinois. Elas representam um modelo simples de neurônios que se conectam em padrões dispostos espacialmente. Provamos que que sempre encontramos duas estruturas e usamos, dos princípios, de aprendizagem automática, para mostrar que uma rede neural artificial pode realizar qualquer cálculo que um computador digital abstrato possa. Na prática, uma rede neural, baseada numa arquitetura de processamento de informação que se inspira no funcionamento do cérebro humano.

Uma Rede Neural Artificial (RNA) é composta por várias unidades de processamento ou neurônios artificiais (NAs) e neurônios de saída. Essas unidades são conectadas por canais de comunicação que podem ser excitatórios ou inibitórios. Os neurônios podem ser excitados ou inibidos por outros neurônios locais, por neurônios remotos ou por neurônios de entrada. O comportamento individual de uma RNA é determinado pelo tipo que se aplica pelo neurônio de entrada de processamento de saída. Existem dois tipos de RNA de acordo com o tipo de aprendizagem: *supervisionada* e *não-supervisionada*. Nesse trabalho, vamos nos de um tipo de rede neural de saída de aprendizagem *não-supervisionada* (denomina-se de *Rede de Kohonen*).¹

Existem as RNAs de saída para um conjunto de neurônios, sendo representados por neurônios não conectados, que formam um conjunto. Cada neurônio é uma unidade de processamento que recebe entradas (de fora do sistema ou de outros neurônios) e produz uma resposta (para outros neurônios ou para fora do sistema). Dependendo do contexto de entrada, os neurônios das redes neurais artificiais são ativados ou não, por combinação de pesos de entrada que os neurônios recebem. O processo de aprendizagem consiste em ajustar os pesos de entrada a partir de exemplos de entrada e saída, que formam um conjunto de dados de treinamento.

O objetivo de uma RNA é mapear padrões de entrada de dados de entrada para um conjunto predefinido de saída de dados de saída, conforme Figura 1. O que distingue as RNAs de El é o fato de que cada unidade de saída tem uma conexão com cada unidade de entrada de processamento, o que se chama de *rede*. A rede de processamento é formada por um conjunto predefinido de neurônios artificiais que são neurônios locais.

Os neurônios de saída são agrupados por subconjuntos representados por exemplo, os elementos químicos são agrupados, um por um, em neurônios de saída. A cada apresentação, os neurônios locais são ativados por exemplo, para ativar, um átomo, um elétron, um próton, etc.; ou ativados para cada unidade de saída e transmitidos para os neurônios de saída de saída.

Na rede, os neurônios que recebem mais informações são ativados.

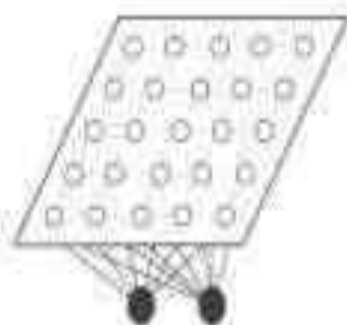


Figura 1. Diagrama de uma Rede de Kohonen.

Os neurônios de saída são agrupados por subconjuntos representados por exemplo, os elementos químicos são agrupados, um por um, em neurônios de saída. A cada apresentação, os neurônios locais são ativados por exemplo, para ativar, um átomo, um elétron, um próton, etc.; ou ativados para cada unidade de saída e transmitidos para os neurônios de saída de saída.

Nessa rede, os neurônios de saída são agrupados por subconjuntos representados por exemplo, os elementos químicos são agrupados, um por um, em neurônios de saída. A cada apresentação, os neurônios locais são ativados por exemplo, para ativar, um átomo, um elétron, um próton, etc.; ou ativados para cada unidade de saída e transmitidos para os neurônios de saída de saída.

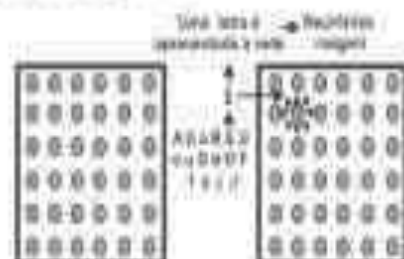


Figura 2. Diagrama de uma Rede de Kohonen com uma entrada e uma saída. O neurônio que recebe mais informações é ativado. O neurônio que recebe menos informações é desativado.

A cada nova apresentação de um objeto no tempo, o peso de cada neurônio de saída é ajustado. Isso é o que chamamos de *aprendizagem* de saída (Figura 3). Essa aprendizagem, se chama de *aprendizagem de saída*, de forma que a rede de saída seja capaz de aprender a partir de exemplos de saída. Quando os neurônios de saída são ativados e desativados, isso é chamado de *aprendizagem de saída*.

O neurônio de processamento de uma rede neural é que cada neurônio se torna parte de um conjunto de neurônios (Figura 4). Portanto, cada neurônio pode ser ativado ou desativado. Isso é chamado de *aprendizagem de saída*, de forma que a rede de saída seja capaz de aprender a partir de exemplos de saída.

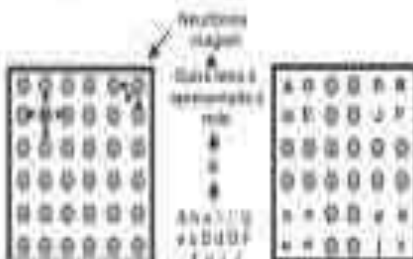


Figura 3. O neurônio que recebe mais informações é ativado. O neurônio que recebe menos informações é desativado. Isso é chamado de aprendizagem de saída.

As RNAs podem ser usadas para agrupar dados, por exemplo, para agrupar dados químicos em grupos que se chamam de *aprendizagem de saída*, de forma que a rede de saída seja capaz de aprender a partir de exemplos de saída.

O processo de aprendizagem ocorre nos neurônios de saída, onde os neurônios de saída são ativados ou desativados. Isso é chamado de *aprendizagem de saída*, de forma que a rede de saída seja capaz de aprender a partir de exemplos de saída.

Matematicamente, o processo de aprendizagem de uma RNA pode ser descrito por:

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha_j (x_j(t) - w_{ij}(t))$$

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha_j (x_j(t) - w_{ij}(t))$$

onde, η é chamada de taxa de aprendizagem; π é a taxa de variação, quantificando o valor de η sobre a variação, em outras palavras, χ representa a variável proporcional de treinamento; w_i são os pesos a serem treinados; $f(x)$ são funções que quantificam os valores $f(x) = \{f(x_1), \dots, f(x_n)\}$ e a distância entre as células $f(x)$.

Os pesos são inicializados a partir de valores aleatórios e estabilizados a iterativamente. O processo é iterativo, isto é, os pesos são atualizados iterativamente, são calculados a partir dos valores de função k , até que os valores $w(k+1)$ e $w(k)$ sejam iguais praticamente indefinidamente. Cada peso decorre, portanto, de um ciclo de treino.

É importante mencionar que durante esses RK, podem apresentar problemas de convergência.

Os valores de η são normalizados, de modo que a soma de todos os valores seja igual a 1. Isso é feito para garantir a homogeneidade dos dados de entrada, já que diferentes propriedades químicas com valores de grandezas diferentes.

TRINAMENTO E PREVISÃO

Sendo conhecidos os dados de treinamento dos RK, as seguintes propriedades já conhecidas (ou conhecíveis) para os dados, com as técnicas, são utilizadas para a busca e análise dos dados.

Após o conhecimento dos dados, a análise dos dados é feita a partir das propriedades químicas dos dados. A seguir, são as etapas de análise: análise química, análise de estrutura, análise de propriedades químicas e de estrutura. Os RK, nesse caso, são as etapas de análise de propriedades químicas e de estrutura para os dados.

A lista de dados de RK é utilizada para a análise dos dados e é utilizada na Tabela 1.

Dados os dados de RK, a análise dos dados é feita a partir dos dados de entrada e saída, com a análise dos dados de entrada e saída.

Por questão de conveniência, utilizamos os RK de acordo com a seguinte ordem: dados de entrada, dados de saída, dados de entrada e saída.

Tabela 1. Os RK utilizados para a análise dos dados e os RK utilizados para a análise dos dados de entrada e saída.

Elementos		
H	Cu ⁺	Y ⁺
Li	Zn ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	La ⁺
K ⁺	Ca ⁺	Fe ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Si ⁺
Br ⁺	Br ⁺	C ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	W ⁺
Cu ⁺	B ⁺	Ti ⁺
La ⁺	Al ⁺	Zr ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Ne ⁺
Na ⁺	Ca ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ag ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
La ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Br ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Cu ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Li ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Na ⁺	Se ⁺	Br ⁺
Ca ⁺	Se ⁺	

Tabela 4. Propriedades físico-químicas, valores α e β de correlação

Elemento	Fluxo Admittância (nA.s)	Rato de Ligação	Rato de Admissão	Ponto de Fusão (K)	Cabo Espessura	$\alpha(\beta)$						
Na	82,01	0,45	1,34	0,55	2,08	0,58	2540	0,78	0,26	0,11	2,5	0,41
Na	95,94	0,46	1,7	0,51	2,01	0,57	2880	0,75	0,23	0,11	1	0,74
Ca	112,41	0,52	1,40	0,61	1,71	0,47	590,18	0,23	0,23	0,11	1,2	0,23
Na	114,82	0,53	1,44	0,60	2	0,58	420,76	0,19	0,23	0,11	1,7	0,36
Ca	63,546	0,54	1,77	0,48	1,57	0,42	1557,8	0,40	0,38	0,12	0,5 e 4	0,3
Ag	107,868	0,55	1,54	0,55	1,75	0,48	1234	0,57	0,59	0,11	0,5 e 4	0,3
Bi	110,7	0,49	1,25	0,73	1,43	0,53	2238	0,60	0,742	0,11	8	7
Bi	116,4	0,50	1,38	0,72	1,79	0,50	1423	0,58	0,24	0,11	4	7

estudo das estruturas e os elementos que compõem as estruturas.

O par Nálio e Molibdênio apresenta todas as propriedades químicas com valores semelhantes. O par Cálio e Bário apresenta as propriedades não de ligação e não admissão sendo semelhantes e difere em apenas 25% no ponto de fusão. Novamente semelhantes os pares o par Ródio e Paládio. O par Cúrio e Prata apresenta uma admissão diferente, mas as demais propriedades químicas são semelhantes. A cada estrutura com uma que o peso atômico não é a característica mais importante para a classificação dos elementos.

Tabela 5. Propriedades não químicas

Elemento	Número Atômico	Potencial Ionizante	Energia Eletromagnética	Ponto de Ebulição (K)	$\alpha(\beta)$
Ca	40	6,957	1,68	1540	4,07
Na	40	5,260	1,74	2144	7,31
Ca	20	1,320	1,9	2836	4,98
Ag	47	1,270	1,21	2438	10,7
Bi	43	7,46	2,28	1007	12,4
Bi	46	8,39	2,2	1127	12
Na	41	6,88	3,8	937	8,91
Na	42	1,099	2,56	493,2	10,2

A Tabela 5 apresenta algumas propriedades não químicas de elementos.

O par Cálio e Bário apresenta alguns valores diferentes e características físicas semelhantes. O par Cúrio e Prata apresenta algumas diferenças, mas as demais propriedades não químicas são semelhantes. O par Ródio e Paládio apresenta potencial de ionização diferente, mas as demais propriedades não químicas são semelhantes. O par Nálio e Molibdênio apresenta densidades diferentes, mas as outras propriedades não químicas são semelhantes.

CONCLUSÃO

Utilizando informações contidas no livro de Mendeleev podemos ver como a tabela periódica organiza e classifica os elementos químicos. Mostramos que as EC's se ligam os elementos químicos em bases comuns de ligação ou em tabelas propriedades químicas e físicas não químicas. As EC's organizam os elementos químicos de acordo com o sistema periódico, que são os elementos químicos, por exemplo, a eletropositividade. Utilizando a tabela periódica e os valores α e β podemos observar a organização, apesar de ser apenas diferente dos elementos. No importante mostrar não que alguns elementos químicos se ligam e alguns não, mas os valores α e β mostram como podemos ver tabelas de propriedades químicas. O livro de alguns elementos tem a importância e os valores α e β mostram que os elementos químicos se ligam, pois os valores α e β mostram que os elementos químicos se ligam e alguns não.

REFERÊNCIAS

1. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
2. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
3. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
4. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
5. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
6. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
7. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
8. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
9. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
10. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
11. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
12. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
13. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
14. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
15. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
16. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
17. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
18. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
19. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.
20. Mendeleev, D., *Journal of the American Chemical Society*, 1905, 27, 41.

Novos desafios para a educação na Era da Inteligência Artificial

New Challenges for Education in the Age of Artificial Intelligence

Celso Cândido da Atamboja¹

<https://orcid.org/0009-0001-8994-0548>

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, São Leopoldo, RS, Brasil. Email: candido@unisinos.br

Gabriel Ferreira da Silva²

<https://orcid.org/0009-0001-2055-5173>

Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, São Leopoldo, RS, Brasil. Email: gabriel@unisinos.br

RESUMO

O artigo aborda os efeitos da Inteligência Artificial (IA) na educação, enfatizando a necessidade de repensar as estratégias pedagógicas nas universidades. Explora as transformações trazidas pela IA, incluindo a automação e o potencial de personalização do ensino. Argumenta que as universidades devem se adaptar para formar profissionais capazes de trabalhar com a IA, valorizando habilidades como criatividade, pensamento crítico e competências éticas. O texto também discute o papel dos professores na era da IA, sugerindo que devem se concentrar mais no desenvolvimento de habilidades interpessoais e críticas dos alunos. Propõe uma reflexão sobre a direção ética e moral da educação em um mundo cada vez mais dominado pela IA.

Palavras-chave: inteligência artificial, educação, estratégias pedagógicas, pensamento crítico

ABSTRACT

The article addresses the effects of Artificial Intelligence (AI) on education, emphasizing the need to rethink pedagogical strategies in universities. The work explores the transformations brought by AI,



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

including automation and the potential for personalized teaching. It argues that universities must adapt to train professionals capable of working with AI, valuing skills such as creativity, critical thinking, and ethical competencies. The text also discusses the role of teachers in the AI era, suggesting they should focus more on developing students' interpersonal and critical skills. It proposes a reflection on the ethical and moral direction of education in a world increasingly dominated by AI.

Keywords: artificial intelligence, education, pedagogical strategies, critical thinking.

It is an era of many industries and beyond human life: scientific research, education, manufacturing, logistics, manufacturing, defense, law, information politics, advertising, art, culture, and more. The information of AI—industry is important to learn, studies, and success will change and become more so. The outcome will be the alteration of human identity, and the further expansion of using AI tools will encompass what the dawn of the internet age.

Keywords: Artificial Intelligence, Education, Pedagogical Strategies, Critical Thinking

1 Introdução

Os desafios atuais na era da Inteligência Artificial são infinitamente vastos e profundamente complexos. Esses desafios se estendem por toda a cadeia humana de produção, formação, relacionamento social, político e econômico. Estão presentes também no plano das mudanças de subjetivação e individualização. Na medida em que a IA se torna uma força produtiva cada vez mais relevante, muitos aspectos e funções do modo de produção contemporâneo se modificam. Muitas profissões se transformam e, em especial, aquelas do setor de serviços. Assim, precisa-se estar atento para a universidade repensar seu posicionamento, suas estratégias pedagógicas e seus conteúdos fundamentais, não apenas para acompanhar essas transformações no mundo do trabalho, mas também para se inserir criativamente, tanto quanto possível, na modelagem do futuro.

Muitas questões se abrem nesse debate. Quais são as atividades profissionais que serão transformadas, substituídas ou empobrecidas pela IA? Que tipo de profissional está em gestação? Qual profissional deverá ser formado? Que espaços de pensamento pedagógico estão em jogo? Quais os rumos que as novas pesquisas deverão adotar? Em que se transforma a universidade nesse contexto? Como vamos regular a IA no âmbito da formação universitária? O que fazer com a possível massa de desempregados? Que tipos de profissões surgirão no horizonte futuro? Que tipo de formação universitária é compatível com a perspectiva de um modo de produção sustentado pela IA?

Este trabalho não pretende, obviamente, responder a todas essas complexas questões. Vamos refletir, principalmente, sobre as transformações e desafios que se colocam no horizonte da educação, particularmente universitária. Ainda que nossas respostas não tenham pretensão de serem conclusivas, acreditamos que os temas e problemas tratados aqui mereçam nossa especial atenção.

No que segue, a parte de uma exposição geral da noção de Inteligência Artificial, de sua origem e de suas potencialidades, buscamos refletir sobre dois efeitos: o novo e possível de atuação em geral, e da formação universitária, em particular. Buscamos compreender o lugar e as transformações que as tecnologias da IA como ChatGPT estão trazendo para o contexto educacional e universitário. Analisamos, também, a transformação e o papel do professor nesse cenário. Problematicamos ainda a questão da "formação de virtudes morais e intelectuais" que cabe à universidade e como isso se torna ainda mais central na formação acadêmica. Ao mesmo tempo, nos perguntamos sobre os limites e as possibilidades do pensamento crítico, já que não basta que a IA nos entregue todos os conhecimentos.

nos possíveis do mundo, e preciso que sejam capazes de pensar e analisar a pensar criativamente as realidades educacionais e sociais nesse novo contexto.

2 Considerações iniciais sobre a Inteligência Artificial

A definição de que seja a IA é multifacetada e de difícil compreensão. Como disse recentemente o CEO da OpenAI, Sam Altman, quando perguntamos que entendemos a IA, a resposta na verdade, nada entendemos. Ao contrário, conseguimos a entender algo da IA quando imaginamos que não a entendemos.¹ A literatura atual sobre o tema fala em três tipos de IA: a IA Fraca (ou estreita), a IA Forte (ou Geral) e a IA Superinteligente. A IA Fraca é aquela que encontramos nos Chatbots, nos sistemas de recomendação de conteúdos, de reconhecimento de voz e imagens. Não possuindo “consciência” autônoma, a IA Fraca opera dentro de parâmetros e regras limitadas. Já a IA Forte seria aquela capaz de agir de forma semelhante à inteligência humana e ainda não existe na prática. Tecnicamente a IA Forte teria autocomsciência² e teria capacidade de resolver problemas, pensar, articular experiências de forma similar aos seres humanos. Finalmente, a IA Superinteligente, ainda apenas um conceito teórico, que seria capaz de superar as habilidades intelectuais humanas (OPENAI, 2023a).

Dentro da categoria da IA Fraca, encontramos a IA Generativa e a IA Interativa. A IA Generativa é projetada para realizar tarefas bem determinadas de geração de conteúdo, tais como textos, imagens, músicas e códigos de programação. A IA Interativa, por sua vez, é projetada para interagir com usuários em contextos específicos e limitados, a partir de comando de texto ou voz, tais como assistentes virtuais, Chatbots, secretarias de atendimento ao cliente etc. Essas duas IAs podem, no entanto, se confundir, como por exemplo, no caso do ChatGPT para o momento tempo amigável para o usuário, ele interage em tempo real com seus usuários, ao responder perguntas, fornecer e adaptar-se ao contexto da interação. (OPENAI, 2023a).

Dentro do campo da IA Fraca, no qual nos encontramos no momento, gostaríamos de trazer uma imagem que talvez ajude nossa compreensão parcial da IA. Podemos imaginar uma grande máquina consciente, capaz de prever, decidir, criar e agir de acordo com padrões relativamente pré-definidos, especialmente, quando se trata de conhecimentos explícitos. Uma máquina que detém todos o conhecimento humano teórico e científico acumulado e que é capaz de aplicar esses conhecimentos a produzir as mais variadas tarefas intelectuais e práticas. O que pode a IA fazer? Em certo sentido, tudo aquilo que é possível de ser transformado em conhecimento explícito pode ser utilizado pela IA para produzir as mais diversas formas de processamento, interpretação, análise e tomada de decisão.

De certa forma, todas aquelas atividades, cognitivas e produtivas, que envolvem conhecimentos explícitos são possíveis de serem realizadas por dispositivos orientados por IA. Entre muitas atividades cognitivas, podemos destacar: reconhecimento de padrões, tais como leitura facial e processão digital e reconhecimento de tendências de mercado; processamento de linguagem natural; capaz de entender e responder ao usuário que a linguagem humana através de texto e voz, incluindo tradução e análise de sentimentos; aprendizado de máquina que é capaz de aprender e melhorar suas respostas a partir das experiências não previamente programadas; resolução de problemas e tomada de decisão que envolve análise de inferências para tomada de decisões ou recomendação de ações como por exemplo rotas de transporte, saúde computacional, que é a capacidade de entender conceitos através de objetos bem como análise de vídeo e navegação autônoma de veículos; substituição autônoma ou seja, robôs capazes de manipular materiais físicos etc.

¹Em uma reunião com investidores, Altman afirmou: “If you think that you understand the concept of AI, you do not understand it and I can tell you that because I feel it. If you think that you do not understand it, then you truly understand it.” Disponível em: <https://chatgpt.com/share/64127545-7122-4689-9471-A6d8a4e1>. Acesso em: 02 Jul 2023.

²Deixamos aqui uma observação sobre a possibilidade de superinteligência da IA. Muitas vezes, ao discutir as possibilidades técnicas, é comum utilizar-se o termo “superinteligência”, o que não é correto, pois trata-se de uma IA (Inteligência Artificial) e não de uma Superinteligência. (OPENAI, 2023a).

ruínas e dejetos velados; geração e inteligência assistida por IA para produzir textos, músicas, imagens, análises preditivas e decisões para tomada de tempo; relações nucleares, planejamento das cidades e assim por diante (OPENA, 2023d). Do ponto de vista prático, a IA é capaz de realizar diversas aplicações, entre outras: diagnóstico médico, desde análise de imagens, dados e até mesmo a prescrição medicada para ajudar a formulação diagnóstica e propor terapias com base em dados atualizados no mundo inteiro; previsão de tempo, assistentes virtuais, tais como Siri, Alexa; recomendações personalizadas, em plataformas como Netflix, Spotify; controle autônomo; automação industrial; análise linguística; Chatbots e atendimento ao cliente; segurança cibernética; agricultura de precisão etc. (OPENA, 2023d). E enquanto não chegemos na inteligência artificial geral, podemos considerar a importância enorme que os Chatbots especializados poderão ter no contexto das atividades formativas e profissionais nos próximos anos. Forçados em áreas especializadas de conhecimento, esses Chatbots especializados poderão ser instrumentos importantes de apoio ao processo de ensino-aprendizagem bem como na tomada de decisões por profissionais. Em alguns casos, poderão até mesmo substituir segmentos inteiros de trabalhos humanos, pois darão acesso também a um bastante confiável.

2.1 A inteligência artificial é uma inteligência humana

Uma discussão que merece atenção antes de seguirmos adiante é aquela em torno da relação entre Inteligência Artificial (IA) e Inteligência Humana (IH). Primeiramente, há uma tendência que associe uma contraposição entre a IA e a IH, como se isso se insinuasse no debate contemporâneo. Nossa compreensão é de que, ao contrário, a IA é intrinsecamente humana, simplesmente porque é uma criação humana com a finalidade de emular e reproduzir os processos e resultados que encontramos em nossas próprias habilidades. Foi tudo que a criação humana é, evidentemente, humano. Parece-nos que o erro dessa abordagem consiste em tomar o indivíduo como parâmetro de comparação, ou então, as habilidades cognitivas humanas. Mas, produto é tanto entendido primeiro, que a IA é o resultado de influências de anos de desenvolvimento e aperfeiçoamento cultural e tecnológico humano. Ela é o resultado de influências de forças produtivas, técnicas e intelectuais que a criaram e a desenvolvem a cada dia. Assim, se ficarmos presos ao debate que opõe IA e IH, ficamos presos a uma falsa dicotomia e permanentemente incapazes de pensar criticamente as infinitas possibilidades de articulação e interação que estas inteligências complexas nos permitem. Toda técnica, toda tecnologia constrói o mundo humano, sua cultura, sua economia, sua política e seu destino, seu passado e seu futuro. Sem a técnica não nos teríamos tornado o que somos hoje, sequer sapiens, não teríamos cultura, não teríamos espírito, não teríamos civilização. A humanidade é essencialmente um fenômeno tecnológico. Como propunha McLuhan (1968), as mais técnicas são extensões de nossos corpos, de nossas habilidades motoras e intelectuais. A IA não é menos inteligente porque ela não pensa como um cérebro humano pensa, porque não tem subjetividade. Não pensamos que ela precise funcionar como humana e pensar como pensa a mente humana. Ela é inteligente na sua medida possível de inteligência.

A compreensão disso é crucial para não sermos totalmente passivos, para não sermos totalmente dominados pela técnica conforme ressaltou Galimberti (2006). Sem a compreensão da verdade que está por trás da técnica, citaria Heidegger (2007), não poderemos estabelecer uma relação livre com ela, pois o que realmente importa é como podemos nos apropriar dessas técnicas e entendê-las como alas pelas quais transformamos o mundo e como elas podem transformar o mundo.

3 A transformação da educação

O século 21 mostra a tendência, já iniciada em meados do século passado, de uma prevalência cada vez maior da concentração da mão de obra no setor de serviços, particularmente nos países mais desenvolvidos. Nos EUA, por exemplo, estima-se que cerca de 80% da população empregada encontra-se no setor terciário do setor de serviços. (INAPARC, 2016). No Brasil é estimado que cerca de 70% da popula-

ção esteja empregada nesse setor. Esse segmento tem como principal eixo de trabalho as habilidades cognitivas dos trabalhadores. Ou seja, grande parte do trabalho produtivo e de renda na atualidade estão diretamente relacionadas às habilidades intelectuais e conhecimentos explícitos.

Na medida em que a IA tem justamente o potencial de substituição das habilidades humanas cognitivas que envolvem conhecimentos explícitos, boa parte dos processos de formação cultural e profissional precisam ser repensados para serem adaptados a essa nova lógica. Essa realidade possui um impacto considerável no setor da educação, em geral e da universitária, em especial, com papel tradicional principal a formar para o mercado de trabalho. Em um primeiro momento, parece-nos que a formação acadêmica deverá voltar-se prioritariamente para o desenvolvimento de habilidades subjetivas – da criatividade, do pensamento crítico e reflexivo – e competências éticas, do que propriamente técnicas. Nesse sentido, universidades e instituições escolares terão que rever seus processos formativos e suas estruturas organizacionais de ensino-aprendizagem. Mas o que será a educação, no era da inteligência artificial? Teremos professores digitais que simplesmente substituirão os professores de carne e osso? Ou teremos uma hibridização entre esses dois tipos? Quais as melhores práticas educacionais e formativas nesse contexto de transformação das atividades profissionais?

3.1 O aprendizado personalizado

Um dos mais importantes líderes e pesquisadores, bem como empreendedores no campo da IA, Kai-Fu Lee, vê um potencial alarmante para a educação, pois considera que a maior oportunidade para a IA no campo da educação está no apoio ao aprendizado personalizado (Lee, Cluett, p. 118). Seu otimismo, no entanto, não é mais laticoso. Na medida em que a IA avança no aprimoramento da linguagem natural, inúmeras possibilidades para a educação se abrem no horizonte:

O aprimoramento da linguagem natural é um sub-tema da IA. A fala é a linguagem da humanidade para a inteligência humana, a programação e os processos cognitivos, por sua vez, compreendem a linguagem natural e frequentemente, para tanto, o tema central da IA. “Linguagem natural” refere-se à linguagem dos humanos – fala, escrita e comunicação não verbal – enquanto um computador precisa lidar com a linguagem natural através de interfaces como a educação. Os seres humanos construíram ferramentas como linguagem e gramática, a inteligência profunda de fundo de construção a estruturas algorítmicas, métodos de coleta e armazenamento em uma rede neural profunda. (Lee, Cluett, p. 119. *trad. dos autores*)⁵

Um exemplo mais elucidativo do avanço nesse campo é o GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer 3)⁶ que consiste em um imenso sistema de IA para transformar sequências e que abrange a capacidade de analisar a linguagem através da expressão e um modelo extremamente vasto que abrange quase todos os conteúdos e noções possíveis. Ao aproveitar o poder computacional de um dos maiores computadores do mundo, o GPT-3 foi submetido a treinamento em um corpus de texto superior a 45 terabytes, uma quantidade que exige 500 mil vidas humanas para ser lido. Esse processo leva a crescer exponencialmente a uma taxa de dez vezes por ano, aumentando assim as suas capacidades e se tornando *alucinante* (Lee, Cluett, p. 118).

⁵ “The subject ‘Natural Language Processing’ is a sub-field of AI. Speech and language are central to human intelligence, communication, and cognitive processes. In understanding natural language a often viewed as the greatest AI challenge. Human language refers to the language of humans – speech, writing, and non-verbal communication. Humans have various capabilities and their people culture through verbal interaction for education. Unlike this using human language for cognition, but computers have learning vectors and numerical concepts but difficulties, processing data and understanding a particular context.” (Lee, Cluett, p. 118)

⁶ *Largely pre-trained* em 2020 e que, até então, abrangeu o treinamento de linguagem natural em português.

sejam atendidas. Essa orientação dependerá da vasta experiência e compreensão profunda que os professores têm sobre o potencial individual e as aspirações e sonhos de cada aluno. (Lee, Chien, p. 119)

3.2 Educação ao alcance de todos

Além desses aspectos mais propriamente pedagógicos, que vamos retomar em seguida no contexto de educação universitária, Kai-Fu Lee destaca que a presença da IA na educação pode levar a uma diminuição considerável dos custos da educação, tornando-a mais acessível a um número muito maior de pessoas. Os saberes de IA têm o potencial de democratizar o ensino, pois torna possível a disponibilização universal de cursos e conhecimentos, bem como de professores que antes estavam limitados às instituições limitadas pelo tempo e pelo espaço. Ao mesmo tempo, nas sociedades mais esgarçadas economicamente, essa tecnologia permite contratar mais professores para atender às demandas mais pessoais das alunas, atuando como seus mentores ou tutores pessoais.

Assim, esse novo modo educacional que combina flexibilidade e acesso com a IA, pode melhorar significativamente o acesso à educação, por um lado, e por outro, pode ajudar os alunos a alcançarem seu pleno potencial na Era da IA. (Lee, Chien, p. 119)

4 A formação acadêmica universitária

Mais especificamente, no que se refere à formação universitária, podemos dizer que ela foi, ao menos na contemporaneidade, a fuga e o porto de qual os jovens desenvolvem suas habilidades intelectuais e obtêm seus conhecimentos, lecionados de nível superior que é emitida uma profissão no futuro, depois de quatro, cinco ou seis anos de estudos. Em grande parte, os cursos superiores estão estruturados em duas disciplinas que tendem por objetivo transmitir os conhecimentos, principalmente, expostos, articulados pela humanidade à juventude. Um dos principais veículos de transmissão desses conhecimentos são os professores. Todo o conjunto de competências que os alunos – os leigos, alunos, aqueles que devem ser nutridos, alimentados – recebem passa-se a transmitir para os alunos – os leigos, aqueles que recebem uma expertise. Assim, os professores especialistas em diferentes áreas do saber transferem pelo discurso oral ou escrito, seus conhecimentos para seus discípulos. Assim, a principal função da Universidade e dos professores como centros de transmissão de competências técnicas e a distribuir o conhecimento exposto recebido pela ciência e filosofia da vida aponta para os futuros profissionais.

No entanto, especialmente a partir do advento da Internet e da Era da Inteligência Artificial, esse papel de transmissão de conhecimento exposto não está mais somente nas mãos dos professores, nem é mais exclusividade das Universidades.

A educação universitária se vê, assim, confrontada com novas ferramentas de ensino e pesquisa de uma tal magnitude que necessariamente vai provocar profundas mudanças em seus métodos tradicionais de ensinar e pesquisar. Para efeitos didáticos questionamentos e reflexões que procuramos aqui, fizemos alguns experimentos com o ChatGPT-4, uma ferramenta de Inteligência Artificial, desenvolvida pela OpenAI e que podemos utilizar como exemplo do grande poder de processamento de conhecimento e informação trazido ao grande público do mundo letrado no final de 2022. Trata-se de um protótipo. Ainda em 2019, o ChatGPT-2 mal conseguia contar até 10 com segurança. (Nvidia, Hinton, et al. 2023). Hoje, o ChatGPT-4 está configurado com aproximadamente dois trilhões de parâmetros e responde a praticamente todas as questões relevantes que envolvem conhecimento explícito acumulado pela humanidade presente na forma digital e na Internet.⁷

⁷ Novos testes de Inteligência Artificial, o GPT-4, tem cerca de 100 milhões de parâmetros, desenvolvido pela OpenAI. Disponível em: <https://techcrunch.com/2023/03/03/gpt-4/>. Acesso em: 03 mar. 2023.

De fato, ferramentas como ChatGPT abrem a possibilidade para uma espécie de tutor personalizado, para professores e alunos, sendo capazes de configurar respostas de acordo com as demandas. Entre os muitos experimentos que fizemos com essa ferramenta nos últimos meses – sobre conceitos, autores da filosofia e suas ideias, leitura de artigos, resumos, traduções, artigos, análises, relativos à área de conhecimento da filosofia e outras áreas –, a cada resposta, ele não deixou de nos surpreender positivamente, além algumas exceções – perguntamos ao ChatGPT-4 algumas questões em torno de temas pressupostos em nossa reflexão. Reproduzimos aqui, em três questões, algumas perguntas e respostas sobre as questões em torno do problema da emergência da era da IA, respectivamente, sobre os dilemas éticos da IA, as transformações no campo da educação e as potenciais, visto da IA no campo da filosofia.

Quadro 1. Corresponde perguntas sobre as questões éticas da era da IA.

Comando: Quais são, e quais, os principais desafios e problemas éticos enfrentados pela humanidade na era da Inteligência Artificial?
Resposta ChatGPT: Na era da Inteligência Artificial (IA), surgem diversos desafios e problemas éticos, alguns dos quais são a humanidade enfrenta, incluindo: Vies e Discriminação: Algoritmos de IA podem perpetuar e amplificar vieses existentes no conjunto de dados usado para treiná-los, levando a decisões discriminatórias e injustas com base em características como raça, gênero e idade. Privacidade e Segurança de Dados: Com a coleta e análise de grandes volumes de dados pessoais, surgem preocupações sobre a privacidade e a segurança. Há o risco de uso indevido de dados, interceptação e roubo de informações. Autonomia e Controle Humano: À medida que sistemas de IA se tornam mais capazes, surge a questão de quanto controle humano é necessário para garantir a responsabilidade e a segurança. Emprego e Desigualdade: A automação impulsionada pela IA pode levar à perda de empregos em larga escala, exacerbando a desigualdade econômica e deslocando as estruturas de produção tradicionais. Manipulação e Autonomia Pessoal: A IA pode ser usada para influenciar comportamentos e decisões, levantando preocupações sobre manipulação e erosão da autonomia pessoal, especialmente em contextos como publicidade e redes sociais. Impacto na Educação e Aprendizagem: A IA na educação traz questões sobre a qualidade e eficácia das metodologias de ensino, levando a preocupações com o desenvolvimento da criatividade crítica e interação com alunos. Responsabilidade e Accountability: Determinar a responsabilidade por ações ou decisões tomadas por sistemas de IA é complexo, especialmente em situações onde a IA opera de forma autônoma ou sem supervisão direta humana. Desenvolvimento Sustentável e Impacto Ambiental: O treinamento de modelos de IA de larga escala pode consumir grandes quantidades de energia, levantando preocupações sobre sustentabilidade e o impacto ambiental. Militarização da IA: O uso de IA em aplicações militares, como drones autônomos e sistemas de vigilância, gera debates éticos significativos sobre a guerra, a proteção de civis e o risco de escalada em conflitos. Desigualdade no Acesso à Tecnologia: A desigualdade no acesso à tecnologia de IA pode aprofundar desigualdades existentes, criando "divisões digitais" e exacerbando a exclusão digital global. Integração Humano-Máquina: O conceito de IA e sua integração com o corpo humano, como em implantes neurais e próteses avançadas, levanta questões sobre a identidade humana e privacidade dos pensamentos e a linha do aprimoramento humano. Essas questões exigem respostas para abordar as multidimensionais e colaborativas, envolvendo formulações de políticas, regulamentações, desenvolvimento de IA, a educação, bem como, para garantir que os benefícios da IA sejam maximizados, enquanto os riscos e desafios éticos são gerenciados de forma responsável.

Quadro 2. Quê vamos saber sobre as transformações na educação superior

Contexto: Quais são as principais transformações previstas pela IA na educação superior?

Resposta ChatGPT: As principais transformações previstas pela inteligência artificial (IA) na educação superior incluem:

Personalização do Aprendizado: A IA permite a criação de experiências educacionais personalizadas que se adaptam ao ritmo e estilo de aprendizagem de cada estudante, além de incluir recomendações de cursos e personalização da dificuldade de exercícios, e feedbacks instantâneos.

Auxílio Virtual e Tutoria Inteligente: Assistentes virtuais e tutores baseados em IA podem oferecer suporte adicional aos alunos, esclarecendo dúvidas, fornecendo recursos adicionais de aprendizagem e ajudando na organização da rotina.

Avaliação Automatizada: A IA pode ser usada para avaliar automaticamente as respostas dos alunos em testes e atividades, fornecendo feedback instantâneo e permitindo que o especialista em educação volte sua atenção para os aspectos mais complexos da aprendizagem.

Detecção e Suporte a Necessidades Específicas de Aprendizagem: Sistemas de IA podem identificar padrões de aprendizagem e detectar alunos que estejam enfrentando dificuldades, permitindo uma intervenção mais rápida e eficaz.

Otimização da Administração e Gestão: A IA pode automatizar e otimizar diversas tarefas administrativas, como matrícula, agendamento de aulas, e gerenciamento de recursos, melhorando a eficiência operacional das instituições de ensino superior.

Conteúdo Educacional Enriquecido: Com a IA, é possível criar conteúdos educacionais mais interativos e envolventes, como simulações, jogos educativos e realidade aumentada, que podem melhorar a experiência de aprendizagem.

Pesquisa e Análise de Dados: A IA auxilia na pesquisa acadêmica através da análise de grandes volumes de dados, facilitando descobertas e insights que seriam difíceis de alcançar manualmente.

Preparação para o Mercado de Trabalho: A integração da IA na educação superior também prepara os alunos para o mercado de trabalho futuro, onde a inteligência e a interação com tecnologias avançadas serão habilidades essenciais.

Acesso e Inclusão: A IA pode ajudar a superar barreiras educacionais fornecendo recursos de aprendizagem adaptados e permitindo que alunos com diferentes estilos de aprendizagem possam se beneficiar da tecnologia.

Ética e Cidadania Digital: É importante a utilização da IA na educação superior também impõe o debate e a aprendizagem sobre aspectos éticos e de cidadania digital, preparando os alunos para lidar com questões complexas relacionadas à tecnologia na sociedade.

Essas transformações indicam um futuro promissor para a educação superior, onde a IA pode aumentar significativamente a eficiência do ensino e da aprendizagem, tornando-a mais acessível, personalizada e alinhada com as demandas do século 21.

Quadro 2. Sobre os efeitos e possibilidades da IA no campo específico do ensino de filosofia.
Condição: Quais são os possíveis impactos da IA no campo do ensino de filosofia?
<p>Resposta ChatGPT: A incorporação da inteligência artificial (IA) no campo do ensino de filosofia pode ter tanto impactos positivos quanto desafios. Vamos explorar alguns deles:</p> <p>Impactos Positivos:</p> <p>Personalização do Aprendizado: A IA pode adaptar o conteúdo e o ritmo de aprendizagem de cada estudante, baseando-se em particularidades de sua filosofia, estilo de aprendizagem e necessidades para diferentes tópicos ou temas.</p> <p>Acesso a Recursos Ampliados: Algoritmos de IA podem facilitar o acesso a uma vasta gama de textos filosóficos, artigos acadêmicos, comentários, tornando o estudo mais rico e abrangente.</p> <p>Ferramentas de Análise de Texto: A IA pode ser usada para analisar textos filosóficos complexos, identificar argumentos, estruturas e conexões entre diferentes obras e autores.</p> <p>Interação e Metodologia: A IA pode criar ambientes de estudo e discussões filosóficas interativas, permitindo aos estudantes explorar questões e desenvolver habilidades de raciocínio crítico.</p> <p>Apoio na Avaliação: Ferramentas de IA podem auxiliar na avaliação de trabalhos e discussões de filosofia, oferecendo feedbacks instantâneos e personalizados.</p> <p>Desafios e Considerações Éticas:</p> <p>Manutenção do Pensamento Crítico: Tanto o uso da IA quanto o uso de ferramentas tradicionais exigem que os alunos desenvolvam habilidades de pensamento crítico e a capacidade de argumentação, habilidades essenciais no ensino de filosofia.</p> <p>Bias e Interpretação: A IA pode ser influenciada por vieses incorporados em seus dados, o que pode levar a interpretações tendenciosas ou incorretas de conceitos filosóficos.</p> <p>Interação Humana: O ensino de filosofia muitas vezes envolve a troca de ideias e o debate. A IA pode facilitar a interação humana, mas é crucial para o desenvolvimento de habilidades argumentativas e dialéticas.</p> <p>Acesso e Desigualdade: O acesso à tecnologia de IA pode variar significativamente, o que pode levar a desigualdades no acesso e no aproveitamento do ensino de filosofia.</p> <p>Questões Éticas: O uso da IA no ensino de filosofia levanta questões éticas, especialmente em relação à privacidade dos dados dos estudantes e à autonomia dos processos de aprendizagem.</p> <p>Em resumo, enquanto a IA tem o potencial de revolucionar significativamente o ensino de filosofia, é essencial abordar esses desafios e considerações éticas para garantir que sua integração seja benéfica e eficaz.</p>

Como se pode ver, a capacidade de fornecer respostas coerentes, bem estruturadas e significativas de tais ferramentas é considerável. A cada uma dessas respostas poderíamos esgarar minuciosamente na conversação, propondo novas perguntas, questionando certas respostas.

Observamos, de passagem, que tais ferramentas de IA estão em estágio de desenvolvimento e aperfeiçoamento. Assim como o ChatGPT outras ferramentas de IA estão sendo desenvolvidas e aplicadas no campo da educação e da pesquisa. Entre outras, destacamos: o ChatPDF¹⁶ e Scholarcy¹⁷, o Scispace¹⁸, que são capazes de analisar e resumir documentos, criar blocos de notas, indicar passagens principais, responder questões referentes ao texto ou artigos em questão etc. Também chama a atenção as IAs de tradução que são capazes de permitir a leitura de obras de filósofos estrangeiros de forma cada vez mais aperfeiçoada, transformando o idioma em uma linguagem Alexander universal. E assim por diante. A cada dia, uma nova ferramenta de pesquisa, de ensino e aprendizagem é colocada à disposição das pessoas e instituições acadêmicas.

¹⁶ <https://www.chatpdf.com/>. Acesso em 15 maio 2023.

¹⁷ <https://www.scholarcy.com/>. Acesso em 15 maio 2023.

¹⁸ <https://www.scispace.com/>. Acesso em 15 maio 2023.

5 A "technotização": a nova alfabetização e suas questões

“Assim, portanto, de acelerada renovação das tecnologias da inteligência baseadas em IA, os processos de “alfabetização” se transformam radicalmente. Vivemos, assim, uma época em que os próprios estudantes, outros plenamente alfabetizados, precisam estar permanentemente em processo de “alfabetização”. No mundo em que as tecnologias da inteligência e da cultura se desenvolvem em uma velocidade cada vez maior, é preciso que os educadores estejam constantemente se atualizando do ponto de vista do domínio das novas tecnologias intelectuais e culturais. Processos que poderão chamar de “realfabetização”.²¹

Até os meados de 2019, o ChatGPT, as universidades e professores avaliaram: «a ainda estão - bastante incógnitas e preocupações com a questão do plágio acadêmico, em virtude da facilidade com que os estudantes têm para acessar conteúdos acadêmicos na Internet. Mas não raras as vezes de alguns acadêmicos em algumas universidades, tal a facilidade de encontrar textos, aderentes e satisfatórios "trabalhos" no trabalho a ser entregue ao professor. Processos praticamente nulos de desenvolvimento, ensino e motivação intelectual. Com ferramentas como o ChatGPT o problema permanece e se agudiza, pois agora a ferramenta entrega textos que não estão escritos na Internet. A ferramenta oferece a sua própria versão sobre o assunto pesquisado com enorme poder de síntese, pois, em princípio, pode formular suas respostas, especializá-las e oferecer de parâmetros pre-definidos conjuntamente com a vasta rede mundial de computadores. Aparentemente não há distinção de língua e é possível gerar conteúdo a partir de fontes de várias línguas. O resultado, normalmente, são textos muito bem fundamentados e muito bem escritos que dão impressão de textos escritos a inteligência. Até o presente momento não há consenso sobre como se deve relacionar esse tema - a síntese e (trajetória) - produzidos por IA. Até agora, o silêncio e esse a todos aspectos relacionados ao ChatGPT e sintese e inteligência e, ao mesmo tempo, automaticamente dá um caráter desatempado sobre o que está acontecendo na vida real e nos meios de ensino acadêmicos.

Assim, a presença da abordagem tecnológica se torna uma observação constante. Estruturamos, pressupondo o tempo todo, sendo atualizadas para dar suporte a diferentes ferramentas que surgem a cada dia e a uma metodologia que mudamos e se modificam e se desenvolvem. De certa forma, esse processo de "desestruturação", a partir do qual, não permitamos para nós, e todos, professores e alunos, mas também toda a comunidade profissional que pode estar algum tipo de desestruturamento. Então é mais preciso imaginar um educador, um pesquisador, um profissional que não se limitam mais apenas da abordagem tecnológica.

6 A atividade professoral em transformação

Outra profissão se acha plenamente justificada pelas circunstâncias econômicas, tecnológicas e culturais que, tendo atuado durante longos períodos, amassaram grande parte do conhecimento acumulado pela humanidade, a fim de transmitir-lo aos seus filhos e sobrinhos. Sua missão fundamental era transmitir conhecimentos e avaliar seguidos casos típicos de patologias ou enfermidades. Aos alunos cabia a tarefa de reconhecer de forma satisfatoriamente aquelas e comportar-se

[illegible]

cada parte do aluno, analisando os dados sobre o desempenho individual de cada aluno e fornecendo informações sobre os pontos fortes e fracos e estilos de aprendizagem de cada um. A IA pode fazer recomendações aos professores sobre diferentes estratégias de ensino, seleção de conteúdos e métodos de avaliação com base nas necessidades e preferências dos alunos. Ao mesmo tempo, ela pode automatizar as tarefas administrativas, incluindo notas e feedback entre outras atividades inerentes, permitindo assim que os professores se concentrem nas questões de ensino e suporte aos alunos. A IA pode fornecer análises e ideias em tempo real, ajudando os professores a identificarem as dificuldades dos seus alunos e oferecendo possibilidades de abordagem dessas dificuldades. A IA pode também ajudar os professores a manterem-se atualizados com as mais recentes pesquisas científicas e práticas pedagógicas (Costa Junior et al., 2023).

Quanto aos alunos, a IA pode adaptar-se aos alunos analisando seus padrões baseando a preferências de aprendizagem e dados de desempenho a fim de criar experiências de aprendizagem personalizadas. Os sistemas de inteligência artificial são capazes de fornecer conteúdos, bem como atividades personalizadas com base nas especificidades de cada aluno. Ao mesmo tempo, as tecnologias adaptativas de IA permitem ajustar o nível de dificuldade das tarefas e nas avaliações a partir de uma análise do progresso real do aluno, proporcionando desafios pedagógicos apropriados para estimular a aprendizagem. A IA pode também oferecer feedback e orientação em tempo real aos alunos, auxiliando-os a identificar possibilidades de melhoria e orientando estratégias de estudo personalizadas. Além do monitoramento e análise contínua dos dados dos alunos, ela pode adaptar e sugerir recomendações e intervenções personalizadas (Costa Junior, et al., 2023).

6.1 Novas tecnologias, antigas virtudes

Foi um conjunto de fatores sociais e econômicos que incluem primordialmente a reconfiguração do universo do trabalho e a consequente diminuição de seus postos, a universalidade (em sentido aqui não apenas sua identidade fundamental programática, mas também sua posição social. Se a função e o objetivo essencial da universidade no último século tornou-se, paulatinamente, a formação de mão de obra qualificada e a instrução técnica, elevações no mundo do trabalho – em especial aquelas transitadas pela automatização – que aumentam essas demandas de mão de obra impactam massivamente no papel da universidade. Não é de se surpreender, portanto, que em países nos quais esses processos estão em estágio mais avançado, tem havido uma queda sensível na procura por uma formação universitária.¹³ No entanto, no meio das reflexões sobre o vínculo social da atividade docente, em específico, e da universidade de modo mais geral, parece-nos que o estágio da IA pode trazer novamente à tona justamente as características que conformaram o ensino superior em seu passado e que, de modo absolutamente não-surpreendente, misturam-se extremamente atuais.¹⁴

O primeiro conjunto de ideias diz respeito aquilo que certa parcela da literatura (cf. Strauss, 2005; Oakeshott, 2021) denominou “educação liberal”. Nota-se que “liberal” aqui não diz respeito ao sentido político ou econômico do termo, mas sim denota exatamente uma forma de aproximação ao conhecimento, portanto, à docência, que assumiu um papel hegemônico para o modo como a universidade se constituiu no ocidente. Nas palavras de Oakeshott, a marca distintiva de uma educação liberal é que uma educação visa sob esse prisma e uma educação que tem como objetivo “a formação do espírito e do corpo dos compromissos cotidianos, da curiosidade, da cautela, do sentimento forte, da pobreza intelectual e do silêncio emocional da vida ordinária” (Oakeshott, 2021, 61). Ela é liberal na medida em que se vê, portanto, livre de finalidades externas ao próprio processo educacional.

¹³ Cf. *The Great Disruption in post-industrial America*, *Comparative studies in the sociology of education* (ed. David G. Gaeremynck, 2001).
¹⁴ Sobre o estágio e o desenvolvimento da universidade no ocidente, veja-se, de exemplo, (HALL, 2005, 2007).

ter. Deste modo, tal contemplação põe em relevo o fato de que a educação – em especial a superior – deve focar-se para além da instrução técnica em vista do aprendizado de um ofício, a formação de virtudes intelectuais e morais que encontrem suas finalidades em si mesmas, na própria consecução e desenvolvimento do estudante.

O que desarmos até aqui acerca dos diversos impactos da evolução das IAs na educação, longe de fazer com que o ensino e a aprendizagem sejam substituídos por algum sucedâneo totalmente estrangeiro, indica em vez a necessidade de nos voltarmos a instituições de ensino, em especial a universidade, coltemos àquilo que, de fato, caracteriza a formação do tipo superior. Presumivelmente, o maior impacto a ser visto e vivenciado nas instituições de ensino a partir do novo quadro tecnológico no qual já estamos, não é de que os professores possam enfim, libertos das atividades mais mecânicas e das demandas mais pragmáticas do processo educativo, dedicarem-se ao desenvolvimento das virtudes e hábitos intelectuais e morais tais como o do pensamento crítico, do rigor intelectual, da criatividade, da imaginação moral e da resolução ativamente buscada de problemas nas mais diversas áreas.

É crucial notar, assim, que o processo de evolução tecnológica que descrevemos até aqui, pode – e, porque não dizer, deve – desencadear uma reflexão profunda sobre a identidade da universidade no mundo contemporâneo e ter como consequências mais do que desejada, a renovação dessa instituição no horizonte das “novas” necessidades trazidas pelas mudanças na educação.

7 Conclusão: em busca do prompt perfeito

Deste modo, se, por um lado, grande parte das atividades profissionais cognitivamente especializadas tendem a ser menos e pouco transformadas e algumas completamente substituídas pelas tecnologias de inteligência artificial, e, por outro, os processos de ensino-aprendizagem se transformam substancialmente, sobretudo no que diz respeito ao papel profissional de transmissão do conhecimento que até então era monopolizado pelas universidades, acadêmicos ou, diferentemente do que foi o processo de educação predominantemente nos séculos da era industrial de especialização cognitiva, está colocado no âmbito do dia das instituições universitárias o desafio de elaboração de uma concepção pedagógica voltada para a formação integral, humana e moral da juventude. A isso se, trata-se, de agora em diante, em certo sentido, de um retorno crítico e atualizado à formação clássica proposta pelo ideal grego do desenvolvimento intelectual, ético e estético, com foco na educação moral e estética da juventude, e fornece, talvez, uma voz que grande parte dos programas protutivos – e, também destrutivos – e educativos estarão cada vez mais, por assim dizer, nas mãos dos sistemas de IA.

Deveremos, portanto, estar mais preocupados em como potencializar os sistemas de IA na sala de aula e fora dela, e não nos concentrarmos simplesmente em como combater a utilização desses instrumentos de IA. Na filosofia, sobretudo, constantemente fala-se em aprender e ensinar os estudantes a fazerem as perguntas certas. A filosofia tem seu momento lógico inicial na sua fixação de um problema que, idealmente, pode ser colocado na forma de uma pergunta. Assim, uma parte importante do processo de ensino-aprendizagem na era da inteligência artificial é como nós, professores, aprendemos e ensinamos nossos alunos a fazerem as perguntas certas para os sistemas de IA, ou seja, como fazer os melhores prompts para obter as melhores respostas geradas pelas diferentes tecnologias de IA.

Em todo caso, a grande questão ética e educacional da IA no futuro não se resolve aquilo que nós podemos fazer com a IA, mas também e principalmente o que nós queremos e desejamos fazer com a evolução da IA? Ou seja, qual é a direção que, como cultura, nós queremos dar a essa nova era que se avizinha no horizonte? Como nós vamos educar professores e pesquisadores e como vamos formar as novas gerações de universitários nesse espírito de criatividade, proatividade, responsabilidade ética e moral no contexto da Era da Inteligência Artificial?

Referências

- ANADOL, R. 2022. *Arte na era da inteligência da máquina*. Disponível em: < https://www.ted.com/talks/r_anadol_art_in_the_age_of_machine_intelligence?language=pt-br >. Último acesso em: 29/06/2022.
- ARISTÓTELES. 2014. *Ética a Nicômaco*. São Paulo: Edipro.
- BELL, G. 2020. *São grandes questões éticas sobre o futuro da IA*. Disponível em: < https://www.ted.com/talks/gordon_bell_5_big_ethical_questions_about_the_future_of_ai?language=pt-br >. Último acesso em: 29/06/2022.
- BERNERS LEE, T. 2000. *Weaving the web: the original design and ultimate destiny of the world wide web*. New York: HarperCollins.
- CASTELL, M. 2000. *A sociedade em rede*. São Paulo: Paz e Terra.
- CHAMBERS, D. J. 1995. Facing up to the problem of consciousness. *Journal of Consciousness Studies* [5 (1-2)]: p. 200-219.
- CHAMBERS, D. J. 1997. *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*. Revised and edition ed. New York: Oxford University Press.
- JÚNIOR, J. F. C.; LIMA, V. F.; LEME, M. D.; MORAES, L. S.; COSTA, J. B.; BARROS, D. M.; SOUSA, M. A. M. A.; OLIVEIRA, L. C. F. 2023. A inteligência artificial como ferramenta de apoio no ensino superior: *Reflexão - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, [5 (1)]: p. 246-268. Disponível em: <https://reflexa.ensinoweb.com.br/revista/artigo/home/111>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- CRUZ, K. R.; TOLEDO, R. G.; OCNIRA, A. S.; ALMEIDA, J. K. S. T.; MOREIRA, A. M.; GARDIN, L. R. A. 2022. Uma sala de aula com a Inteligência Artificial será redefinindo as metáforas de ensino? *Reflexão - Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem*, [5 (1)]: p. 19-25. Disponível em: <https://reflexa.ensinoweb.com.br/revista/artigo/home/126>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- FORD, M. 2017. Como ganharos de vida em um futuro sem empregos. Disponível em: < https://www.ted.com/talks/michael_ford_how_will_i_earn_my_livelihood_in_a_future_without_jobs?language=pt-br >. Último acesso em: 23/06/2022.
- GALIMBERTI, U. 2006. *Psique e Técnica, o homem na idade da técnica*. São Paulo: Paulus.
- HARARI, Y. 2016. *Homosapiens: uma breve história da humanidade*. São Paulo: Companhia das Letras.
- HASKINS, C. H. 1957. *The Rise of Universities*. Ithaca/London: Cornell University Press.
- HEIDEGGER, M. 2007. *A questão da técnica*. Tradução para o português de Maria Auxílio Wyle. *Encontros Filosóficos*, [30]. Disponível em: < http://www.encontrosfilosoficos.org.br/revista/POF30_03_05.pdf >. Último acesso em: 29/06/2022.
- HOTTEL, G. 2022. *Technoscience et sagesses? Paris: Pléiade/Fayard*.
- INSITU, M.; LAKSHANI, M. R. 2021. *A Era da Inteligência Artificial*. Tradução de Cristina Verhaghen. 1. ed. Campinas/PR Editora AlfaCin.
- JACOB, W. 1995. *Psique*. São Paulo: Martins Fontes.
- KEARNS, M.; ROTH, A. 2000. *The Ethical Algorithm*. New York: Oxford University Press.
- KISSINGER, H. A.; SCHMIDT, E.; HUTTENLOCHER, D. 2021. *The Age of AI: And Our Human Future*. Little, Brown and Company.
- KUNDVIE, B. 2014. *Preparar-se para o pensamento híbrido*. Disponível em: https://www.ted.com/talks/brian_kundvick_preparing_for_hybrid_thinking?language=pt-br. Último acesso em: 20/06/2022.
- LEE, K. F. 2018. *Como a IA pode salvar nossa humanidade*. Disponível em: https://www.ted.com/talks/kyle_lee_how_ai_can_save_our_humanity?language=pt-br

- kar_kulwa_joon_ai_kar_kaw_joon_humans?language=pt-br. Último acesso em: 25/09/2022.
- LEE, K.-F. 2018. *AI superpowers: China, Silicon Valley, and the new world order*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- LEE, K.-F.; QUEAN, C. 2021. *AI-2041: 100 ideias for the future*. New York: Currency.
- LÉVY, P. 2022. IESN: rumo a uma mudança de paradigma na inteligência Artificial. *Métricas*, **16**(1), p. 11-34. Disponível em: <https://www.institutociplab.institutolevylévy/197482>. Último acesso em 02/10/2022.
- LIAC, M. 2020. *Ethics of Artificial Intelligence*. New York: Oxford University Press.
- MCLUHAN, M. 1989. *Os meios de comunicação como extensões do homem*. São Paulo: Cultrix.
- MALHOTRA, R. 2021. *Artificial intelligence and the future of Power*. S.Bellagrande: Rupa Publications India Pvt Ltd. Edição do Kindle.
- MARKSHOTT, M. 2021. *A era da educação híbrida*. São Horizonte: Ágora.
- OPENAI. CHATGPT-4. Quais são os diferentes tipos de inteligência artificial? Acesso em 10/11/2023a.
- OPENAI. CHATGPT-4. Em qual dessas categorias entraria a IA generativa e a IA interativa? Acesso em 10/11/2023a.
- OPENAI. CHATGPT-4. Enumere as principais habilidades cognitivas que a inteligência artificial é capaz de realizar. Acesso em 10/11/2023a.
- OPENAI. CHATGPT-4. Enumere as principais habilidades práticas que a inteligência artificial é capaz de realizar. Acesso em 10/11/2023a.
- PEDROTO, E. 2021. *Transformação digital: uma jornada possível*. São Paulo: Jandaia.
- PEREIRA, F. 2018. *Consciência digital*. Porto Alegre: Candi.
- SANTOYO, R. C.; NICOLÁS, M. A.; JUNQUEIRO, T. A.; SILVA, L. H. L.; FREITAS, C. E.; TELLES, M.; TEIXEIRA, J. S. 2023. ChatGPT and other AIs will change all scientific research: initial reflections on uses and consequences. *SciELO Preprints*. DOI: 10.1590/SciELOPreprints.6866. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/preprint/view/6866>. Acesso em: 12 nov. 2023.
- SCHWAB, K. 2017. *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business.
- SINKOV, C. 2023. The labor shortage is pushing American colleges into crisis, with the plunge in enrollment the worst ever recorded (so far). Disponível em: <https://fortune.com/2023/04/04/american-college-enrollment-collapse-pandemic-turned-dream-off-education/>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- STRAUSS, L. 2003. "What is Liberal Education?". *Academic Questions*, [v. 1], **17**(1), p. 31-36. DOI: 10.1007/s12129-003-1046-2.
- TUFKCI, Z. 2016. A inteligência das máquinas torna o homem mais importante. Disponível em: <https://www.techtopy.com/2016/03/01/machine-intelligence-makes-human-more-important/?language=pt-br>. Último acesso em: 20/09/2022.
- UNESCO. 2019. *Consenso de Beijing sobre a inteligência artificial e a educação*. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/p0000372209>. Último acesso em: 12/12/2023.
- SENSIO, V.; HINTON, G.; YAO, A.; SONG, D.; ARBEE, P.; HARARI, Y. N.; ZHANG, Y. Q.; RUE, L.; SHALEV-SHNAITZ, S.; HADFIELD, G.; CLUNE, J.; MAHARAJ, T.; HUTTER, F.; BARDIN, A. G.; MCLEATH, S.; GAO, Q.; ACHARIA, A.; KRUEGER, D.; DRACAN, A.; TORR, P.; RUSSELL, S.; KAHNEMANN, D.; BRAUNER, J.; MINDERMAN, S. 2023. *Managing AI Risks in an Era of Rapid Progress*. Disponível em: <https://managing-ai-risks.com/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

Submetido em: 16 de novembro de 2023

Aceito em: 11 de janeiro de 2024



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
Campus Sousa - Código INEP: 25018027
Av. Pres. Tancredo Neves, S/N, Jardim Sorrilândia III, CEP 58805-345, Sousa (PB)
CNPJ: 10.783.898/0004-18 - Telefone: None

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de trabalho de conclusão de curso

Assunto:	Entrega de trabalho de conclusão de curso
Assinado por:	Francisco Dantas
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Francisco Victor de Oliveira Dantas, DISCENTE (202118740022) DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - SOUSA, em 12/02/2026 16:50:10.

Este documento foi armazenado no SUAP em 12/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1766367

Código de Autenticação: e3ccafd049

