



O processo de transposição didática pelo ChatGPT acerca dos modelos atômicos: inteligência artificial como professor do Ensino Médio

The process of didactic transposition by ChatGPT about
atomic models: artificial intelligence as a high school teacher

Caio Murilo dos Santos

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
caio.murilo@unesp.br

Leonardo Augusto Natércio da Silva

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
leonardo-augusto.silva@unesp.br

Talita Bernardi Barboza

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
talita.bila@unesp.br

Gustavo Bizarria Gibin

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
gustavo.gibin@unesp.br

Resumo

O presente trabalho objetiva investigar se a inteligência artificial (IA) ChatGPT é capaz de fazer o processo de transposição didática interna, ao se passar por um professor do Ensino Médio ensinando sobre os principais modelos atômicos para alunos do primeiro ano. O referencial teórico do estudo é a teoria de transposição didática de Chevallard. A pesquisa tem caráter qualitativo e os dados foram coletados por meio da captura de tela da interação com a IA. Trata-se de pesquisa exploratória, e na análise dos dados, inicialmente, foi feita uma comparação dos conceitos dados pelo ChatGPT com o livro didático Química Cidadã do 1º ano do Ensino Médio. Em seguida, analisou-se segundo o referencial se ocorreu o processo de transposição, visto que o chat foi orientado pelo usuário a se passar por um professor. Os resultados mostraram que a IA não é capaz de fazer o processo de transposição didática interna.

Palavras chave: ensino de química, tecnologias digitais, *chatbot*.

Abstract

The present work aims to investigate whether the artificial intelligence (AI) ChatGPT is capable of carrying out the process of internal didactic transposition, by impersonating a high school teacher teaching about the main atomic models to first year students. The theoretical framework of the study



is Chevallard's theory of didactic transposition. The research is qualitative and the data were collected through the screen capture of the interaction with the AI. This is an exploratory research, and in the analysis of the data, initially, a comparison was made of the concepts given by ChatGPT with the textbook *Química Cidadã* for the 1st year of high school. Then, it was analyzed according to the reference if the transposition process occurred, since the chat was guided by the user to impersonate a teacher. The results showed that the AI is not able to carry out the process of internal didactic transposition.

Key words: chemistry teaching, digital technologies, chatbot.

Introdução

Possibilidades das tecnologias digitais no Ensino de Química

As tecnologias digitais (TD) são ferramentas capazes de auxiliar em diversas atividades presentes no nosso dia a dia. Autores como Moran (2012) defendem que as TD recebem destaque nas atividades educacionais, visto que com os avanços dos meios de comunicação e dos portais de pesquisa, essas tecnologias passaram a ser ferramentas fundamentais nos processos de ensino.

São exemplos de TD: *softwares* de simulação, ferramentas para edição de apresentações, textos e vídeos, *blogs*, *Google Docs*, *podcasts*, redes sociais em geral (Facebook, Twitter, entre outras), projetores multimídia, computadores, *notebooks*, *internet*, entre outros (MORAN, 2012; ARAYA; GIBIN; SOUZA FILHO, 2021). Vale destacar que o campo de aplicação dessas tecnologias é amplo, permitindo que sejam utilizadas em atividades da área de Ensino de Ciências (EC), bem como Ensino de Química (EQ).

Araya, Gibin e Souza Filho (2021) defendem o potencial e as possibilidades das TD no EC e, conseqüentemente, no EQ. Para os autores, as tecnologias podem estar estritamente relacionadas no desenvolvimento de novos métodos de ensino e também, na revisão de currículos do ensino regular.

Assim, as TD permitem que os alunos sejam agentes ativos durante o processo de ensino e aprendizagem, bem como criam uma nova forma de interação entre professores e alunos, podendo provocar alterações nas dinâmicas em sala de aula (LEITE, 2021). Todas as possibilidades estão relacionadas ao uso adequado dessas ferramentas, que por sua vez, refere-se ao posicionamento do professor frente a elas.

Dentre as recomendações para o uso adequado das TD destacam-se: (i) é necessário que o professor conheça as possibilidades técnicas que cada recurso tecnológico deve oferecer, para então, utilizar em sua prática pedagógica e (ii) não devem ser utilizadas de forma arbitrária, ou seja, de forma facultativa e sem planejamento (ARAYA; GIBIN; SOUZA FILHO, 2021; LEITE, 2021). Outrossim, o ChatGPT, objeto de estudo deste presente trabalho, enquadra-se como uma TD. Informações acerca desta ferramenta serão apresentadas nas seções seguintes.

A Inteligência Artificial no contexto da Educação atual

A inteligência artificial (IA) pode ser compreendida como “[...] sistemas de computador inteligentes ou agentes inteligentes com características humanas, como a capacidade de memorizar conhecimento, de perceber e manipular seu ambiente de maneira semelhante a humanos, e entender a linguagem natural humana” (ZAWACKI-RITCHER *et al.*, 2019, p. 10, tradução nossa).

No tangente à educação, Zeide (2019) acredita que a IA pode contribuir em três vertentes principais, sendo elas: institucional, apoio ao aluno e instrucional. A primeira é relacionada ao processo de



marketing e recrutamento de novos estudantes, enquanto a segunda está mais relacionada a possíveis orientações em relação ao que é pesquisado pelos alunos. Ainda, a vertente instrucional estaria voltada a criação de interfaces para acompanhamento do progresso individual dos aprendizes, o que de certa forma permite uma aprendizagem personalizada.

Embora a IA apresente benefícios à educação no atual contexto, autores como Bates (2019) expõem a preocupação quanto ao seu uso excessivo. Sendo assim, faz-se necessário que trabalhos como este sejam realizados, a fim de compreender os potenciais dessa tecnologia, bem como suas limitações, querem seja na educação ou, especificamente, no Ensino de Química.

ChatGPT: a IA do século XXI

O ChatGPT (do inglês, *chat generative pre-trained transformer*) é um *chatbot* lançado pela empresa OpenAI em novembro de 2022. Este permite aos usuários conversar com um agente baseado em computador, que funciona a partir de algoritmos de Aprendizado de Máquina (*learning machine*) para analisar o texto de entrada e, então, gerar respostas às perguntas que lhes foram feitas (BROWN, 2023). Cabe salientar que *chatbots* são *softwares* baseados em IA capazes de manter uma conversa em tempo real com um ser humano.

Autores como Kabir (2022) e Brown (2023) listam alguns benefícios do ChatGPT. Dentre eles, destacam-se: (i) o chat é capaz de entender e responder aos questionamentos utilizando linguagem natural, ou seja, a mesma linguagem do usuário; (ii) consegue entender e responder de acordo ao contexto que lhe foi citado, o que lhe permite gerar respostas mais adequadas e relevantes e (iii) diferentemente de outros *chatbots*, foi treinado a partir de um enorme conjunto de dados, conferindo-lhe capacidade inigualável de gerar respostas (KABIR, 2022; BROWN, 2023).

Outrossim, vale destacar que o ChatGPT também foi construído com base na Engenharia de Prompt (do inglês, *prompt engineering*). Isto consiste em ser um processo no qual instruções, perguntas ou incitações são fornecidas à IA, fazendo com que esta seja treinada com base nas novas informações e, posteriormente, gere textos melhores e adaptados às necessidades específicas do usuário (JOHN, 2023).

Ainda no que diz respeito a esse processo de treinamento da IA, John (2023) relata que é composto por três elementos principais, sendo eles: tarefa, instruções e papel. A tarefa consiste em ser o pedido de atividade que se deseja ser realizada pelo chat, enquanto as instruções são orientações fornecidas para serem seguidas. O último elemento denominado de papel, consiste em uma conduta na qual a IA deverá levar em consideração para gerar as respostas (JOHN, 2023). Um exemplo deste terceiro elemento será melhor descrito na seção *metodologia*, onde relatar-se-á sobre o comando dado ao ChatGPT para ele responder às perguntas simulando um professor do Ensino Médio.

Portanto, este presente trabalho tem como objetivo geral analisar as respostas obtidas no ChatGPT sobre o conceito de modelos atômicos, mais especificamente os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, para compreender se a IA é capaz de realizar a transposição didática do saber a ser ensinado para o saber ensinado. A fim de alcançar o objetivo geral, delimitaram-se os seguintes objetivos específicos: (i) verificar se as respostas são condizentes com o que é cientificamente aceito, tomando como base um livro didático de Química da 1ª série do Ensino Médio aprovado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e (ii) investigar se a linguagem utilizada pelo ChatGPT se assemelha a de um professor de Química atuante no Ensino Médio.

Referencial Teórico

Neste presente estudo, utilizou-se como referencial teórico a Teoria da Transposição Didática



proposta por Chevallard (1991). Segundo o autor, qualquer conteúdo de conhecimento que se deseja ensinar a alguém, deve passar por um conjunto de transformações para que então, se torne apto a ser considerado um objeto de ensino. A este processo de adaptações, que transforma o “[...] objeto de conhecimento para ensinar em objeto de ensino [...]”, atribui-se o nome de transposição didática (CHEVALLARD, 1991, p. 45, tradução nossa).

Nesta teoria são listados três níveis de saber que, por sua vez, são classificados conforme os grupos sociais aos quais estão relacionados: o saber sábio, é o produzido pela Ciência, representa o conhecimento acadêmico; o saber a ser ensinado, consiste no conhecimento que está presente nos currículos e materiais didáticos; e o saber ensinado, corresponde ao que é ensinado na prática pedagógica do professor em sala de aula. Portanto, a transposição ocorre com a transformação do saber sábio (científico) para o saber a ser ensinado. No processo, as linguagens oral e escrita são ajustadas segundo o contexto de cada escola e de cada sala de aula (POLIDORO; STIGAR, 2010).

Segundo Chevallard (1991) a relação didática é ternária, em que para ocorrer participam o professor, o aluno e o conhecimento ensinado. Guedes (2021) explica que existem dois momentos que permeiam o processo de transposição didática: o externo e o interno. Na transposição externa, o saber sábio é transformado para se tornar habilitado a ser ensinado nas escolas, ou seja, os conteúdos relevantes são selecionados para a aprendizagem dos alunos, estes serão os apresentados nos materiais didáticos, currículos e programas de ensino, se tornando o saber a ser ensinado. Os responsáveis por essa adequação são os representantes que compõem a noosfera, ou seja, pesquisadores, especialistas das áreas, professores universitários, instituições de pesquisa, dentre outros (GUEDES, 2021).

Na transposição didática interna, com o material didático disponível (saber a ser ensinado), o professor tem que fazer a efetivação do conteúdo, ou seja, transformá-lo em mecanismos de aprendizagem que consigam fazer uma adaptação compreensível e consciente dos saberes. Portanto, ocorre a transposição do saber a ser ensinado para o saber ensinado. Deve-se levar em conta o tempo e o ritmo de aprendizagem dos estudantes, para que estes consigam construir os conhecimentos que serão ensinados (CHEVALLARD, 1991; GUEDES, 2021). Nesta etapa, o docente tem o papel principal, utilizando sua didática para tornar o saber ensinado significativo e próximo da realidade dos alunos (PAGLIOCHI *et al.*, 2019). Na transposição interna, Pagliochi *et al.* (2019) explicam que ocorrem três processos, apresentados a seguir:

Repersonalização: para minimizar a neutralidade e artificialidade dos conteúdos presentes nos materiais didáticos, faz-se uma contextualização sócio-histórica do tema abordado.

Recontextualização: o professor faz a união dos conhecimentos que vem geralmente fragmentados, em uma sequência lógica para que os conteúdos se complementem.

Retemporização: conecta-se o conteúdo generalizado presente nos materiais didáticos ao contexto atual dos estudantes, deixando-o significativo para sua aprendizagem.

No decorrer deste processo podem ocorrer alguns erros como: deformações, nas quais o saber a ser ensinado tem sua estrutura modificada, fazendo com que seu sentido correto seja perdido; supressões, quando se tira algum conteúdo/conceito, com isso o produto da transposição tem um número menor de referências em relação ao original; acréscimos, em que informações são adicionadas para melhorar o conteúdo, por exemplo, para contextualização. Por fim, há criações didáticas, estratégias metodológicas que visam melhorar o processo de ensino-aprendizagem do tema (PAGLIOCHI *et al.*, 2019; SILVA; SIMÕES NETO; SILVA, 2015).

Portanto, a partir destes processos e erros apresentados, visa-se analisar se ocorreu o processo de transposição didática interna, visto que se pediu ao ChatGPT que fizesse o papel de um professor do Ensino Médio ao ensinar sobre os modelos atômicos.



Metodologia

Este estudo é de caráter qualitativo, e busca por meio do uso do ChatGPT solicitar explicações referentes a temática de modelos atômicos e compará-las com os conceitos descritos em um livro didático de escolha dos autores. Visa-se verificar se a IA é capaz de realizar a transposição didática interna sobre modelos atômicos, se passando por um professor de Química da 1ª série do Ensino Médio. Vale destacar que o livro escolhido como parâmetro (o saber a ser ensinado) foi o Química Cidadã, volume 1, da 1ª série do Ensino Médio (SANTOS; MÓL, 2013), que foi aprovado pelo PNLD.

O caráter qualitativo se deve ao fato que os dados coletados foram predominantemente descritivos e que a preocupação com todo o processo foi maior do que com o produto (LÜDKE; ANDRÉ, 2018). Segundo Taquette e Borges (2021), pesquisas qualitativas consistem em produzir o conhecimento a partir do sujeito e do objeto de conhecimento. Este tipo de pesquisa busca o significado da ação segundo a visão da ótica dos participantes pesquisados (TAQUETTE; BORGES, 2021).

Também, o presente estudo enquadra-se como sendo uma pesquisa exploratória, uma vez que pesquisas desse tipo são realizadas quando pretende-se examinar um tema ou problema ainda pouco estudado, “[...] sobre o qual se têm muitas dúvidas ou que não foi abordado antes” (SAMPLERI; COLLADO; LUCIO, 2013, p. 107). A escolha por esse tipo de pesquisa se deve à falta de trabalhos na literatura acerca do ChatGPT no Ensino de Química, visto que essa ferramenta é relativamente nova.

Três etapas foram realizadas para a estruturação deste presente trabalho: etapa 1 - foi solicitado ao ChatGPT que respondesse às perguntas como um professor de Química do Ensino Médio; etapa 2 - foram realizados questionamentos ao chat solicitando explicações dos modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr; etapa 3 - as respostas fornecidas pela IA foram analisadas com base no referencial teórico descrito anteriormente, visando compreender se houve a transposição didática interna.

Ressalta-se que foram realizadas capturas de telas das respostas do ChatGPT como forma de coleta dos dados e posterior análise. Ainda, durante a análise, buscou-se comparar a linguagem utilizada pelo chat com o livro didático, observando eventuais semelhanças.

Resultados e Discussão

Inicialmente, solicitou-se ao chat que respondesse às perguntas que lhes seriam feitas como se fosse um professor de Química atuante no Ensino Médio (EM), mais especificamente na 1ª série. A IA respondeu de forma positiva o comando que lhe foi dado, conforme é possível observar na Figura 1.

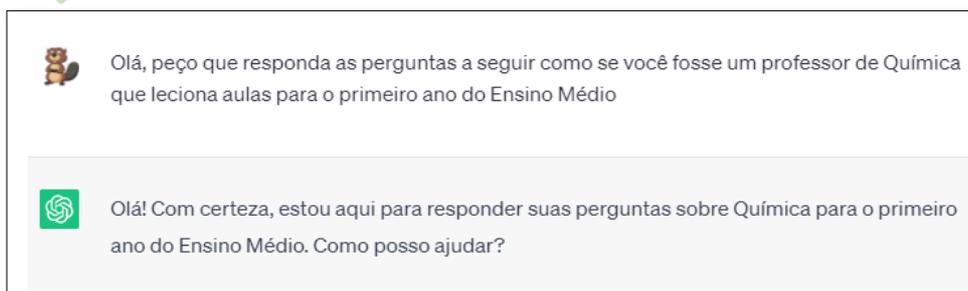


Figura 1: Comando dado ao ChatGPT para que respondesse às perguntas como se fosse um professor do Ensino Médio.

Dado esse primeiro comando à IA, foi solicitado ao chat que explicasse acerca do modelo atômico de Dalton através da instrução “me explique sobre o modelo atômico de Dalton”. A definição retirada do livro didático e a resposta fornecida pelo chat podem ser vistas na Figura 2, apresentadas a seguir:

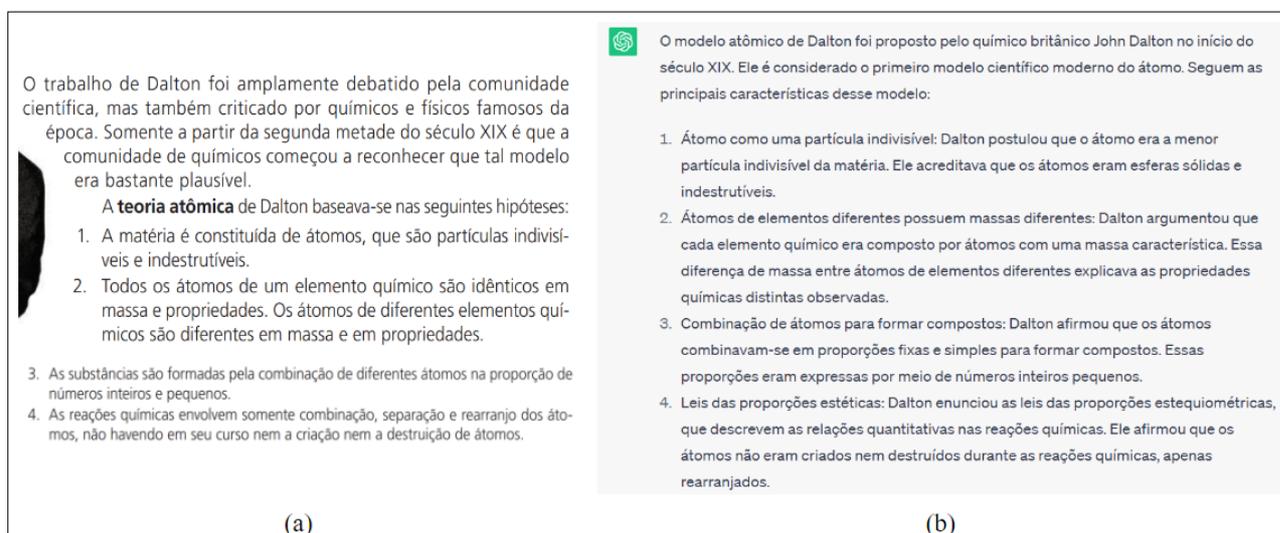


Figura 2: Explicação sobre o modelo atômico de Dalton (a) retirada do livro didático e (b) fornecida pelo ChatGPT.

Nota-se, por meio da figura anterior, que a IA apresentou a data na qual foi proposto o modelo atômico por Dalton, bem como as principais características do modelo, estas foram: (i) o átomo é uma partícula indivisível; (ii) átomos de elementos químicos diferentes possuem massas diferentes; (iii) os átomos podem combinar-se para formar compostos e (iv) leis das proporções estequiométricas.

Dentre as características do modelo apresentadas pela IA, observa-se que houve um equívoco no que diz respeito à terminologia “leis das proporções estequiométricas”, evidenciando que ocorreu uma deformação. O chat utilizou o termo “estéticas” para se referir à “estequiométricas”, todavia, na sequência já realizou a correção. Quanto às demais características do modelo, fica evidente que o chat apresentou de forma correta, quando comparado com as informações presentes no livro.

Outrossim, em relação à transposição didática interna, percebe-se que a IA não realiza a repersonalização do modelo de Dalton, ou seja, não traz à tona uma contextualização sócio-histórica. Também, observa-se que o chat realiza o processo de recontextualização, apresentando de forma reunida os principais conteúdos do modelo atômico discutido. Em contrapartida, o ChatGPT não realiza o processo de retemporalização, não trazendo as informações acerca do modelo para um contexto mais atual.

Quanto a linguagem utilizada pelo chat, evidencia-se que este não realiza supressões e acréscimos de termos para uma melhor explicação sobre o modelo atômico, e sim, constata-se que a IA filtrou uma gama de textos presentes em sua base de dados e apresentou as informações de forma que não se assemelhavam à linguagem de um professor de Química. Em síntese, o chat não realizou a transposição didática interna do saber a ser ensinado para o saber ensinado acerca desse modelo em questão.

Segundo Chevallard (1991), é impossível ocorrer a transposição de conhecimentos diversos, sem que o professor se aproprie do contexto em que seus alunos estão inseridos. Sendo assim, a atuação de uma IA como professor torna-se inviabilizada. Ademais, o processamento de informações que a IA realiza não é equivalente aos processos cognitivos humanos, ou seja, o chat não pode substituir professores, mas pode ser utilizado para eventuais pesquisas (EMINIKE, M. E.; EMINIKE, B. U., 2023).

Após a obtenção das informações fornecidas pelo chat sobre o modelo atômico de Dalton, solicitou-se à IA que explicasse o modelo atômico de Thomson, a partir do comando “agora me explique sobre o modelo atômico de Thomson”. Na Figura 3, é possível observar a resposta obtida pelo chat e a definição apresentada pelo livro didático.

<p>Assim, a partir das ideias do químico e físico inglês, William Proust [1785-1850] de que todos os elementos poderiam ser formados por condensação do hidrogênio, Thomson propôs um modelo para os átomos que pode ser sintetizado com as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none">• O átomo de hidrogênio seria a base para a constituição de todos os outros átomos.• As cargas dos diferentes átomos seriam sempre múltiplos inteiros da carga do átomo de hidrogênio.• Os átomos dos diferentes elementos seriam esferas com carga elétrica positiva uniforme.• Essas esferas conteriam os elétrons dispostos em uma série de anéis paralelos.• Os anéis conteriam diferentes quantidades de elétrons.• Os elétrons se movimentariam em alta velocidade em torno de anéis.• Esses anéis estariam organizados de forma que a maioria dos elétrons ficaria próxima da superfície da esfera e os anéis com menores quantidades de elétrons ficariam mais no centro da esfera.	 <p>O modelo atômico de Thomson, proposto pelo físico britânico J.J. Thomson no final do século XIX, é conhecido como o modelo do "pudim de passas" ou "modelo do pudim de ameixa". A seguir, apresento as principais características desse modelo:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Átomo como uma esfera positiva: Thomson sugeriu que o átomo era uma esfera uniformemente carregada com carga positiva. Essa carga positiva era distribuída de maneira homogênea em toda a esfera.2. Elétrons dispersos na esfera: Segundo o modelo de Thomson, os elétrons, que são partículas carregadas negativamente, estavam dispersos na esfera positiva de maneira semelhante a passas em um pudim. Os elétrons eram considerados partículas subatômicas e responsáveis pela carga negativa do átomo.3. Neutralidade elétrica: Apesar da presença de elétrons carregados negativamente, o átomo como um todo era eletricamente neutro devido ao equilíbrio entre as cargas positivas e negativas.
(a)	(b)

Figura 3: Explicação sobre o modelo atômico de Thomson (a) retirada do livro didático e (b) fornecida pelo ChatGPT.

Observa-se que o chat apresentou as seguintes características sobre o modelo atômico de Thomson: (i) átomo como uma esfera positiva; (ii) elétrons dispersos na esfera e (iii) neutralidade elétrica. Essas informações apresentadas pelo chat também estavam presentes no livro didático, todavia, assim como no modelo atômico de Dalton, a IA não apresenta os fatos sócio-históricos da época em que Thomson propôs o modelo, não há repersonalização.

Nota-se também que o chat não apresenta essas informações de forma que estejam próximas do atual contexto, o processo de retemporização, e sim somente as reúne de forma sintetizada em tópicos. Isso evidencia que o chat apresentou os aspectos conceituais sem realizar deformações, supressões ou acréscimos de termos.

No tangente a linguagem utilizada pelo chat, percebe-se que esta é sucinta e direta, distanciando-se de uma possível linguagem adotada por um professor atuante no EM. Reitera-se que, segundo Chevallard (1991), a linguagem a ser adotada por um professor durante a apresentação de conceitos, deve ser apropriada, significativa e próxima da realidade dos alunos, ou seja, a IA não apresenta essa habilidade atualmente, mesmo que John (2023) afirme que ela possua tal aptidão.

Na sequência, solicitou-se ao chat que explicasse sobre o modelo atômico de Rutherford. O comando dado foi: “por favor, me explique sobre o modelo atômico de Rutherford” e a resposta fornecida pela IA pode ser vista na figura a seguir:



Segundo esse modelo, o átomo tem duas regiões: uma central, denominada **núcleo**, constituída por partículas carregadas positivamente, chamadas **prótons**, e por partículas sem carga, denominadas **nêutrons**, que dariam estabilidade ao acúmulo de cargas positivas; e outra região ao redor da central, a **eletrosfera**, constituída por partículas carregadas negativamente, denominadas **elétrons**. Esse modelo ficou conhecido como modelo atômico de Rutherford.

Sobre o modelo de Rutherford e as noções até aqui desenvolvidas, é importante considerar que:

1. o átomo é constituído por duas regiões distintas: o núcleo e a eletrosfera.
2. o núcleo atômico é extremamente pequeno em relação ao tamanho do átomo.
3. no núcleo, são encontrados os prótons e os nêutrons.
4. os elétrons encontram-se na eletrosfera e possuem massa muito pequena em relação à massa dos prótons.

(a)



O modelo atômico de Rutherford, proposto pelo físico neozelandês Ernest Rutherford em 1911, trouxe avanços significativos na compreensão da estrutura interna do átomo. Conhecido como o modelo do "núcleo planetário", suas principais características são as seguintes:

1. **Núcleo atômico:** Rutherford postulou que a maior parte da massa e carga positiva do átomo está concentrada em um núcleo pequeno e denso localizado no centro do átomo. O núcleo é composto por prótons, partículas com carga positiva.
2. **Elétrons em órbita:** Rutherford sugeriu que os elétrons, partículas carregadas negativamente, giram em órbitas ao redor do núcleo, de forma semelhante aos planetas em torno do sol. Essas órbitas eletrônicas representavam os níveis de energia dos elétrons.
3. **Espaço vazio:** O modelo de Rutherford implicava que a maior parte do átomo consiste em espaço vazio entre o núcleo e os elétrons em órbita. A maior parte da massa e carga positiva estava concentrada no núcleo, enquanto os elétrons ocupavam uma região mais ampla e menos densa.
4. **Características das partículas subatômicas:** A partir dos experimentos de espalhamento de partículas alfa (núcleos de hélio) em uma fina folha de ouro, Rutherford concluiu que a carga positiva do núcleo e a maior parte da massa do átomo estavam concentradas em uma região muito pequena em comparação com o tamanho total do átomo.

(b)

Figura 4: Explicação sobre o modelo atômico de Rutherford (a) retirada do livro didático e (b) fornecida pelo ChatGPT.

O chat, ao responder, lista as principais características do modelo atômico. Segundo a IA, estas são: (i) núcleo atômico; (ii) elétrons em órbita; (iii) espaço vazio e (iv) características das partículas subatômicas. Assim como nas respostas anteriores, fornecidas pelo chat, não ocorreram os processos de repersonalização e retemporização, que por sua vez, devem estar presentes na transposição didática interna, ou seja, transposição do saber a ser ensinado para o saber ensinado. Vale destacar que, para este modelo atômico, o chat não realizou deformações, supressões ou acréscimos de conteúdo.

A atuação do ChatGPT resume-se em apresentar de forma sintética informações diversas sobre o que lhe é pedido, em um único texto, neste caso em tópicos. A linguagem utilizada pela IA não se diferencia das discussões já realizadas anteriormente. O comportamento do chat evidencia que este não realiza a transposição didática interna do conceito solicitado, comprovando apenas ser uma excelente ferramenta para resumo de informações.

Esses dados corroboram com as ideias apresentadas por Shidiq (2023), visto que para o autor o ChatGPT possui alta capacidade no fornecimento de respostas frente às palavras-chave e comandos inseridos pelo usuário. Todavia, faz-se necessário atentar-se ao fato de que o fornecimento de respostas pelo chat não implica em aprendizado pelos alunos (SHIDIQ, 2023), uma vez que a IA somente reúne e organiza as informações solicitadas.

Por fim, solicitou-se ao chat que explicasse acerca do modelo atômico de Bohr pelo comando “agora me explique sobre o modelo atômico de Bohr”. Os resultados podem ser vislumbrados na Figura 5.

<p>Os estudos de Bohr com dados experimentais para átomos de hidrogênio demonstraram que os elétrons podem passar de um nível de energia para outro. Segundo esses estudos, os elétrons que estão nos níveis energéticos mais baixos ocupam uma região mais próxima do núcleo; os que estão em níveis energéticos mais altos ocupam regiões mais afastadas. De acordo com o trabalho de Bohr, ao receber energia, os elétrons “saltam” para os níveis energéticos mais afastados do núcleo. Posteriormente, eles podem perder a mesma quantidade de energia. Quando isso acontece, eles emitem energia, “saltando” de volta para os níveis energéticos mais baixos. Essa energia liberada corresponde à luminosidade observada quando átomos emitem luz, o que, por sua vez, pode ser analisado em espectrômetros. As diferenças de energia entre níveis energéticos correspondem a valores fixos.</p>	 <p>O modelo atômico de Bohr, proposto pelo físico dinamarquês Niels Bohr em 1913, foi uma importante contribuição para a compreensão da estrutura eletrônica dos átomos. As principais características desse modelo são as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Níveis de energia quantizados: Bohr sugeriu que os elétrons em órbita ao redor do núcleo atômico ocupavam níveis de energia bem definidos e quantizados. Esses níveis de energia eram representados por órbitas eletrônicas circulares ao redor do núcleo.2. Transições eletrônicas: De acordo com o modelo de Bohr, os elétrons podem saltar entre diferentes níveis de energia através de transições eletrônicas. Quando um elétron absorve ou emite energia na forma de fótons, ele salta para um nível de energia mais alto ou mais baixo, respectivamente.3. Estabilidade do átomo: Bohr explicou a estabilidade dos átomos com base na ideia de que os elétrons ocupam órbitas estáveis e quantizadas. Essas órbitas correspondem a estados de energia discretos, e os elétrons não emitem energia continuamente, evitando assim a queda em direção ao núcleo.4. Limitações do modelo: Embora o modelo de Bohr tenha fornecido uma explicação para a estabilidade dos átomos e a emissão de radiação em espectros descontínuos, ele não pôde descrever corretamente os átomos com mais de um elétron. O modelo também não abordou a dualidade onda-partícula dos elétrons.
(a)	(b)

Figura 5: Explicação sobre o modelo atômico de Bohr (a) retirada do livro didático e (b) fornecida pelo ChatGPT.

O chat apresentou as seguintes características para o modelo atômico em questão: (i) níveis de energia quantizados; (ii) transições eletrônicas; (iii) estabilidade do átomo e (iv) limitações do modelo. A partir das informações apresentadas pelo chat, nota-se que estas são condizentes com as informações contidas no livro didático. Todavia, semelhante às respostas anteriores, a IA realizou somente a junção e a organização de informações sobre o modelo atômico, deixando de realizar possíveis modificações conceituais (deformações, supressões e acréscimos) e, conseqüentemente, os processos presentes na transposição didática interna.

Isso indica que o ChatGPT não conseguiu realizar a efetivação do conteúdo, ou seja, transformá-lo em mecanismos de aprendizagem compreensíveis, o que deveria ser feito por um professor durante a transposição didática interna na ótica de Chavellard (1991). Torna-se evidente que, embora o chat seja uma tecnologia com potenciais de uso no ensino, é inevitável o fato que teremos que lidar ainda mais com diferentes tipos de explorações e adaptações sobre esta ferramenta, assim como propuseram Eminike M. E. e Eminike B. U. (2023) após a realização de um estudo com o ChatGPT frente a diversos conceitos químicos.

Os resultados como um todo evidenciam que o professor é insubstituível durante todo o processo de ensino e aprendizagem de seus alunos, incluindo a transição do saber a ser ensinado para o saber ensinado. Salienta-se que estudos acerca desta temática requerem maior exploração a fim de compreender as potencialidades de uso desta ferramenta no ensino de conceitos químicos.

Considerações finais

Para ocorrer o processo de transposição didática interna, a passagem do saber a ser ensinado para o saber ensinado, é necessário que o professor adapte o conteúdo mediante três processos: a repersonalização (contextualização sócio-histórica), recontextualização (colocá-los em uma sequência lógica) e a retemporização (adequar o tema ao contexto atual).

Pode-se concluir pela análise dos resultados, que o ChatGPT não foi capaz de fazer a repersonalização e retemporização, apresentando apenas a recontextualização. Na maioria das explicações dos modelos atômicos não mostrou os possíveis erros que podem ocorrer na transposição, deformações, acréscimos e supressões. Portanto, segundo Chevallard (1991), não há transposição didática se o professor não adequar o conteúdo ao contexto da sala de aula, da escola.



Este fato foi evidenciado nos resultados da pesquisa, o chat é capaz de reproduzir apenas o saber a ser ensinado, isso foi demonstrado na comparação com o livro didático do primeiro ano do Ensino Médio.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos as agências financiadoras do trabalho: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

- ARAYA, A. M. O.; GIBIN, G. B.; SOUZA FILHO, M. P. Uma introdução às Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no ensino de Ciências. In: ARAYA, Ana M. O.; GIBIN, G. B.; SOUZA FILHO, M. P. (Orgs.). **O ensino de Ciências e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC):** pesquisas desenvolvidas na educação básica. São Paulo: Editora Unesp, 2021.
- BATES, A. W. **Teaching in a Digital Age.** Vancouver: Tony Bates Associates Ltd, 2019.
- BROWN, C. **ChatGPT prompts mastering: a guide to mastering effective prompts.** United States of America: First Printing Edition, 2023.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado.** Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1991.
- EMENIKE, M. E.; EMENIKE, B. U. Was This Title Generated by ChatGPT? Considerations for Artificial Intelligence Text-Generation Software Programs for Chemists and Chemistry Educators. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 4, p. 1413-1418, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00063>
- GUEDES, E. B. **Formação inicial de professores no ambiente profissional: um olhar sobre a transposição didática de conteúdos de Ciências e Biologia no Programa Residência Pedagógica.** 2021. Dissertação (Mestre em Ensino e Processos Formativos) - Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2021.
- JOHN, I. **The art of asking ChatGPT for high-quality answers: a complete guide to prompt engineering techniques.** United States of America: Zunda Technologies Limited, 2023.
- KABIR, A. A. **Learn ChatGPT: the future of learning.** United States of America: Independently published, 2022.
- LEITE, B. S. Pesquisas sobre as tecnologias digitais no Ensino de Química. **Debates em Educação**, v. 13, n. 2, p. 244-269, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2021v13nEsp2p244-269>
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.
- MORAN, J. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá.** 5. ed. Campinas: Papirus, 2012.
- PAGLIOCHI, J. S. *et al.* Investigação dos processos de transposição didática interna e externa do conteúdo “misturas” para o Ensino Médio. **Revista ACTIO**, Curitiba, Edição especial com os Anais



da III Semana das Licenciaturas, p. 1-12, 2019.

POLIDORO, L. F.; STIGAR, R. A transposição didática: a passagem do saber científico para o saber escolar. **Ciberteologia - Revista de Teologia & Cultura**, São Paulo, ano VI, n. 27, p. 1-7, 2010.

SANTOS, W.; MÓL, G. **Química Cidadã - 1ª série**. São Paulo: Editora AJS Ltda, 2013.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.

SHIDIQ, M. The use of artificial intelligence-based chat-GPT and its challenges for the world of education; from the viewpoint of the development of creative writing skills. In: 1st International Conference on Education, Society and Humanity, 2023, Probolinggo. **Proceedings [...]**: Probolinggo, Nurul Jadid University, 2023, p. 353-357. Disponível em: <https://ejournal.unuja.ac.id/index.php/icesh/article/view/5614>

SILVA, P. N.; SIMÕES NETO, J. E.; SILVA, F. C. V. A transposição didática do conteúdo de reações orgânicas. **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 10, n. 2, p. 35-47, jul/dez. 2015. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/8446>. Acesso em: 21 jun. 2023.

TAQUETTE, S. R.; BORGES, L. **Pesquisa qualitativa para todos**. Editora Vozes, 2021.

ZAWACKI-RICHTER, O. *et al.* Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 16, n. 1, p. 1-27, 2019. Disponível em: <https://rdu.be/de4R9>

ZEIDE, E. Artificial Intelligence in Higher Education: Applications, Promise and Perils, and Ethical Questions. **Educause Review**, v. 54, n. 3, p. 01-07, 2019. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4320049>