



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EM QUÍMICA

Victor França Feroldi

ChatGPT: Vilão ou aliado no Ensino de Química?

Florianópolis

2023

Victor França Feroldi

ChatGPT: Vilão ou aliado no Ensino de Química?

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação em Química - Licenciatura do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador(a): Prof.(a) Luciana Passos Sá, Dr.(a)

Florianópolis

2023

Feroldi, Victor França

ChatGPT: Vilão ou aliado no Ensino Química? / Victor
França Feroldi ; orientadora, Luciana Passos Sá, 2023.
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em Química - Licenciatura,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Química - Licenciatura. 2. ChatGPT. 3. Ensino de
Química. 4. Tecnologia. I. Sá, Luciana Passos. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Química
- Licenciatura. III. Título.

Victor França Feroldi

ChatGPT: Vilão ou aliado no Ensino de Química?

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção de Licenciado em Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Química.

Florianópolis, 07 de dezembro de 2023.

Coordenação do Curso

Banca examinadora

Prof.(a) Luciana Passos Sá, Dr.(a)

Orientador(a)

Prof.(a) Santiago Francisco Yunes, Dr.(a)

Universidade Federal de Santa Catarina

Júlio Cesar Milli, Me

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023

Com carinho, à minha família.

AGRADECIMENTOS

Esperava ansiosamente para que este momento chegasse, que eu pudesse entregar com muita felicidade o trabalho que carrega o tanto que eu me dediquei durante toda esta graduação. Neste momento, com lágrimas de felicidade nos olhos, escrevo pensando em todas as pessoas que, de alguma forma, me deram forças para não desistir.

Agradeço primeiramente a Deus, por todos os dias ter me mostrado que sou capaz de fazer mais e melhor, dando-me direcionamento, discernimento, conforto nos momentos de dor e estando ao meu lado nos momentos de felicidade. Aos meus pais, Veronica e Giovani, meus maiores amores, que sempre estiveram ao meu lado desde a escolha de sair do Teatro e mudar para Química. Vocês sempre foram, são e serão inspiração para todos os projetos que irei desenvolver. A educação que recebi de vocês me fez ser quem sou hoje, e se estou conseguindo com êxito viver minha vida, isso é graças a vocês! Amo vocês! Aos meus avós maternos e paternos, e também, em memória ao meu tio, João Batista, que replicava a frase do meu avô Alcelino, “Educação é a única coisa que ninguém irá roubar de você”, obrigado por tudo, tanto pelas risadas como pelos momentos de aprendizado!

Minha mana, Giovanna, obrigado por escutar seu irmão chato reclamando de tudo, e obrigado também por ter me proporcionado o prazer de ser tio de duas fofuras que eu amo desde que eram do tamanho de um feijão na sua barriga. Te amo para sempre minha irmã!

Agradeço também à minha amiga Angelise, que foi um anjo e uma inspiração que tive o prazer de conhecer na segunda fase, e que me acompanha até hoje. Você me trouxe apoio em momentos de dor e é uma ótima companhia para os momentos felizes. Concluir este curso ao seu lado é um dos presentes mais sensacionais que eu poderia receber. Que nunca nos falte uma boa cerveja e uma ótima conversa. Te amo, amiga!

Ao Arthur Raposo, que me apoiou em momentos que pensei não ser capaz de terminar o curso, que ajudou quando minhas dores de cabeça me faziam ficar louco. Você acreditou mais em mim do que eu mesmo. Sempre estive auxiliando da maneira que podia. Obrigado sempre por estar ao meu lado. Você é um anjo, meu amor. Te amo!

Alguns professores marcaram minha trajetória na UFSC, em especial a Prof^a Luciana Passos Sá, minha orientadora, que desde a segunda fase do curso, mostrou-me melhor o que é o ensino de química. Também à Prof^a Rosely Aparecida Peralta, obrigado pelas aulas, conversas formais e informais, e por todo o carinho que a senhora teve comigo enquanto seu aluno. Você é uma ótima professora!

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, ao Departamento de Química, a todo o corpo docente que fez-me crescer durante todos estes anos. Sem vocês, sem os ensinamentos e sem todos os momentos, eu não seria quem sou hoje. Viva a ciência!

RESUMO

A educação tem sido influenciada pelos avanços tecnológicos das últimas décadas, especialmente no que diz respeito às novas formas de comunicação e de obtenção de informação. Nessa perspectiva, em 2023, professores e gestores voltaram a atenção para uma ferramenta nova que impactaria o modo de se comportar dos estudantes, no que diz respeito à busca por informações: o ChatGPT. Trata-se de um sistema de Inteligência Artificial criado pela empresa *OpenAI*, capaz de responder perguntas de complexidade variável, auxiliando o indivíduo na busca por informações diversas. Considerando a repercussão que essa ferramenta tem causado na comunidade escolar, no presente trabalho buscamos analisar limites e contribuições da plataforma ChatGPT diante de questões desafiadoras relacionadas à área de química, provenientes de provas aplicadas em processos seletivos para o ensino superior, como ENEM e vestibulares. De modo geral, os principais resultados deste estudo apontam que a ferramenta apresenta limitações no que tange ao fornecimento de dados coerentes com a literatura, fornecendo, muitas vezes, respostas incompletas, com erros conceituais e fuga do tema. Diante destes resultados consideramos que o ChatGPT deve ser utilizado de forma crítica no ensino de química, especialmente em questões que envolvem problemas complexos que exigem raciocínio lógico e interpretação.

Palavras-chave: ChatGPT; Ensino de Química; Tecnologia.

ABSTRACT

Education has been influenced by technological advances in recent decades, especially with regard to new ways of communicating and obtaining information. In 2023, teachers and managers turned their attention to a new tool that would impact the way students behave when it comes to searching for information: ChatGPT. It is an Artificial Intelligence system created by the company OpenAI, capable of answering questions of varying complexity, helping individuals to search for a variety of information. Considering the repercussions that this tool has caused in the school community, in this study we seek to analyze the limits and contributions of the ChatGPT platform in the face of challenging questions related to chemistry, from tests applied in selection processes for higher education, such as ENEM and entrance exams. In general, the main results of this study indicate that the tool has limitations when it comes to providing data consistent with the literature, often providing incomplete answers, with conceptual errors and escaping the topic. Given these results, we consider that ChatGPT should be used critically in chemistry teaching, especially in issues involving complex problems that require logical reasoning and interpretation.

Keywords: ChatGPT; Chemistry learning; Technology;

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1	A TECNOLOGIA E SUA MUDANÇA PARA A ERA DIGITAL	15
3.2	FUNCIONALIDADES DA PLATAFORMA ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.	
3.3	FUNCIONALIDADES DA PLATAFORMA.....	23
4	METODOLOGIA	26
4.1	ANÁLISE DAS RESPOSTAS FORNECIDAS PELO CHATGPT	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
7	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Muitas ferramentas tecnológicas foram aperfeiçoadas com o passar do tempo, como celulares, computadores, livros, até ferramentas que não exigiam tanta tecnologia acabaram recebendo um “*upgrade*”, como o quadro negro, substituído pela lousa digital. Aos poucos, alguns destes tipos de tecnologias foram sendo inseridas dentro da sala de aula, fazendo parte da rotina de docentes e estudantes, gerando, como consequência, muitos desafios para pais, gestores e professores.

Moran inicia seu livro intitulado “A escola que desejamos: novos desafios e como chegar lá”, com a frase “A escola é pouco atraente”, fazendo-nos pensar sobre o motivo pelo qual muitos estudantes desistem ou manifestam pouco interesse pela aprendizagem na educação básica. Essa falta de interesse, muitas vezes aliada a outros fatores como a necessidade de trabalhar no contraturno das aulas, o tempo de deslocamento até a escola ou a falta de infraestrutura nas instituições de ensino, contribuem para os altos índices de evasão e desistência no processo de aprendizagem em ambiente educacional. Segundo pesquisa do IPEC (Inteligência em Pesquisa e Consultoria Estratégica), em setembro de 2022, dentre 1.100 estudantes de 11 a 19 anos do Brasil, cerca de 38% dos entrevistados pensavam em sair da escola por achá-la desinteressante. Esses dados são preocupantes e sua análise complexa, por não envolver apenas a escola ou mesmo o estudante. Fatores como a falta de motivação dos professores e seu despreparo, a falta de segurança e violência no entorno e dentro da escola, a violência familiar, a infraestrutura precária da escola (ANDRADA et. al, 2018), o cansaço decorrente do trabalho, são alguns exemplos do que pode estar causando esse desinteresse e consequente evasão de estudantes na educação básica.

Nessa perspectiva, na tentativa de diminuir este sentimento dos estudantes, muitas instituições têm apostado no uso da tecnologia digital como forma de tornar a sala de aula mais dinâmica e atrativa. Assim, recursos que estão na palma da mão de muitos estudantes - como celulares, *tablets* e *notebooks* - poderiam ser empregados no sentido de diversificar as estratégias empregadas pelos professores.

O ano de 2022, que sucedeu a pandemia causada pelo Coronavírus (COVID-19), foi marcado por grandes mudanças em todas as áreas. Devido ao *lockdown*, as escolas adotaram o sistema de ensino à distância e, nesse contexto, os professores,

de suas casas, ministravam suas aulas com auxílio do computador e das câmeras. A presença física e o contato entre professores e alunos já não existiam como antes. Com as vacinas sendo aplicadas e a partir da utilização de métodos para conter o avanço do vírus, gradativamente as escolas abandonaram o ensino híbrido ou digital e foram voltando ao ensino presencial.

Pelo fato de, em casa, os alunos utilizarem seus computadores pessoais, ou até mesmo celulares para acompanhar os conteúdos escolares, abandonar estas tecnologias e voltar a utilizar a “grossa e pesada” apostila nas escolas seria, de certa forma, visto como um retrocesso. Como professor de Química no Ensino Médio de uma escola particular, percebi que muitos estudantes não estavam felizes em retornar ao presencial usando aquele material “antiquado”. Com isso, em 2023, a escola em que trabalho disponibilizou livros digitais aos estudantes (acessados por um computador também disponibilizado pela escola), de modo a não os deixar tão fora da sua zona de conforto. Diante disso, pude perceber um grande déficit educacional dos estudantes das três turmas de ensino médio. Acostumados em pesquisar as respostas da prova na internet, o retorno ao presencial foi marcado por grandes “crises de ansiedade” e sustos com as notas obtidas nas provas, agora, sem consulta.

No início do mesmo ano, também pudemos presenciar o crescimento exponencial de uma plataforma que hoje divide opiniões entre professores e gestores: o ChatGPT. Este programa (chamado também de *chatbot* - do inglês, robô que interage por chat), é uma Inteligência Artificial que serve para responder perguntas de nível simples e complexo, assim como para apresentar soluções aos problemas cotidianos e até avançados. Diante disso, cabe o seguinte questionamento: esse acesso fácil à internet dentro da escola e a utilização de uma plataforma como o ChatGPT traria benefícios para a aprendizagem ou seria apenas mais um modo de obter boas notas sem ter um aprendizado real do que se estuda?

Por ser uma plataforma recente, há poucos trabalhos voltados a discutir sobre o impacto e as potencialidades do ChatGPT na educação, principalmente em se tratando de seus limites e contribuições para o ensino. E é nessa perspectiva que o presente trabalho foi desenvolvido, tendo como norteadora a seguinte questão de pesquisa: Quais os limites e contribuições do ChatGPT quando desafiado com questões de química, de diferentes níveis de complexidade, extraídas de exames seletivos para o ingresso no ensino superior?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar limites e contribuições da plataforma ChatGPT diante de questões desafiadoras relacionadas à área de química, com níveis diferentes de dificuldade, provenientes de provas usadas em processos seletivos para ingresso em universidades.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Analisar a ocorrência de padrões nas respostas fornecidas pela plataforma;
- b. Identificar a coerência das respostas fornecidas do ponto de vista científico;
- c. Analisar como a plataforma se comporta em função da complexidade e da natureza do problema proposto;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na última década tem-se observado no ambiente escolar a existência de diferentes tipos de abordagens, materiais, assim como “modelos mais convencionais e mais inovadores, mais centrados no professor ou no aluno, com pouca ou com mais tecnologia” (MORAN, 2014). Além disso, é cada vez mais evidente a incorporação de computadores ou projetores de vídeo (considerados “instrumentos tecnológicos”), na sala de aula.

Ao analisar o material educacional dos estudantes do século XXI, nota-se que ao lado do livro didático e do caderno de anotações, também se faz presente, no mínimo, um “aparato tecnológico”. O uso frequente de computadores, *tablets* e até mesmo celulares pelos estudantes é uma realidade inegável, seja no ensino público ou privado, ensino médio ou superior. Nesse contexto, a discussão entre professores e gestores transcende a mera constatação do emprego da tecnologia pelos estudantes, voltando-se à compreensão sobre o impacto que tais práticas podem acarretar no processo de ensino aprendizagem e no comportamento dos alunos.

Essa conjuntura gera uma nova forma de ensinar dentro das escolas, uma vez que as respostas não se limitam apenas ao que deriva do professor, mas também incorporam recursos digitais. Soares (2000) prevê duas possibilidades para os docentes diante desta mudança no que tange ao ensinar: ou eles conseguem decifrar o que está ocorrendo e se preparam para assumir papel protagônico no processo, ou serão substituídos por quem se disponha a servir o sistema que está sendo implantado. O cerne da questão reside não apenas no mero uso da tecnologia, que é incontestável e inevitável nos dias atuais, mas sim na forma de comunicação estabelecida entre educadores e estudantes a respeito dessas ferramentas de informação no contexto da sala de aula. Dessa forma, surge o questionamento: a tecnologia digital age como facilitadora ou obstáculo no processo de aprendizagem dos alunos, tanto dentro como fora do ambiente escolar?

Muitos estudos têm se dedicado a analisar as potencialidades e os limites das atualmente conhecidas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, tópico que será discutido a seguir.

3.1 A TECNOLOGIA E SUA MUDANÇA PARA A ERA DIGITAL

Para Kenski (2012), as tecnologias são tão antigas quanto a espécie humana. Desde os primórdios podemos perceber a expansão da tecnologia sempre que um grupo demonstrava soberania sobre outro. Adestrar animais (como cavalos, por exemplo), para uma locomoção mais ágil, construir grandes embarcações para navegar e fazer comércio de especiarias foram outros exemplos de inovações da tecnologia, vistas como forma de ampliar seus domínios e acumular cada vez mais riquezas (KENSKI, 2012).

A linguagem digital também tem promovido uma significativa transformação nas formas de comunicação em diversos setores da sociedade. Em um passado não tão distante, as interações comunicativas aconteciam majoritariamente através de cartas e telefonemas com fio. Em um curto período de tempo, esses métodos foram substituídos pela troca de mensagens por meios digitais com a finalidade de alcançar respostas quase que instantâneas.

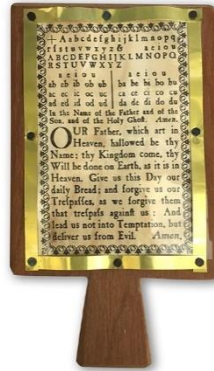
Soffner (2013, p. 149) define a tecnologia como “tudo o que aumenta as capacidades humanas”, como a caneta marcadora para quadro branco ou o giz que o professor usa em sua aula tradicional. Grande parte das pessoas tende a entender que tecnologias são todos os dispositivos modernos, elétricos e eletrônicos que facilitam a vida, o trabalho e a comunicação dos seres humanos em seu cotidiano (RAMOS, 2012), entretanto, esquecem que, atualmente, desde os objetos mais simples até os mais modernos, sofreram avanços por conta da tecnologia. São exemplos destes avanços as tintas utilizadas para pintar a casa, até mesmo materiais escolares como lápis de cor, canetas, colas.

No âmbito da educação, Bruzzi (2016), comenta que esta vive às voltas com a tecnologia desde 1650, quando eram utilizadas ferramentas tanto para educar como para punir, como por exemplo o Horn-book ¹(Figura 1) que, segundo Tardif (2015), surgiu com a descoberta dos processos de impressão de imagens. Muitos outros equipamentos criados antigamente e empregados na educação foram predecessores para os equipamentos que hoje utilizamos dentro de sala de aula e que são considerados “recursos tecnológicos”, como o projetor de slides, necessário quando

¹ Ferramenta utilizada para escrever o conteúdo para o aluno copiar. Caso houvesse indisciplina pelo estudante, a ferramenta era também utilizada para punir.

o docente visa passar um filme ou uma apresentação de *slides* à turma, e que teve origem por volta de 1870, a partir do *Magic Lantern* (Figura 2).

Figura 1 - Horn-book



Fonte: The horn-book inc. Disponível em: <<https://www.hbook.com/story/called-horn-book>>.

Figura 2 - Magic Lantern



Fonte: The Magic Lantern Society. Disponível em: <<https://www.magiclantern.org.uk/history/>>.

Com o passar do tempo muitos outros aparatos tecnológicos surgiram, pavimentando o caminho para o que hoje consideramos “equipamentos básicos” para ministrar uma aula. Ainda, para Kenski (2012), a tecnologia altera comportamentos. O professor, por exemplo, não mais leciona utilizando apenas o quadro de giz ou o quadro branco. Diante disso, mais do que nunca, o docente deve estar preparado para renovar seu método de ensino, incorporando cada vez mais os recursos tecnológicos que se tornam indispensáveis dentro de sala de aula.

Diante desse cenário os educadores não têm como ignorar a era digital e as novas formas de comunicação (COLOMBO, GARCIA, ANDRADE, 2018). Conforme salientado por Soares (2000), os professores devem assumir o papel de protagonistas na era da tecnologia, adequando-se cada vez mais para os novos modos de se comunicar e repassar as informações. Todavia, utilizar estes recursos tecnológicos digitais dentro de sala de aula pode causar tanto benefícios quanto malefícios. Muitas vezes, as aulas permanecem essencialmente as mesmas mesmo após a introdução da tecnologia (PAPERT, 1980, apud. SOFFNER, 2013).

Uma das fontes comumente utilizada para pesquisas é o *Wikipedia*², uma plataforma lançada em 15 de janeiro de 2001 (WIKIPEDIA, 2023). Esta plataforma é editável pelos usuários, o que não garante que as informações obtidas a partir deste site sejam realmente confiáveis. Por extensão, quando o estudante pesquisa em sites que não possuem bons referenciais, Gomes (2014, p. 26) comenta que “o problema poderá ser muito grave por uma informação incorreta perdurar na memória do estudante, podendo ser, depois, muito mais difícil corrigir um conceito errado assim adquirido”. Em concomitância com o que foi dito pelo autor, Ramos (2012) cita que os professores precisam preparar-se frente à realidade tecnológica da escola e dos próprios alunos. Carvalho, Kruger e Bastos (2000, p. 15, apud. Ramos, 2012), comentam que

A educação em suas relações com a Tecnologia pressupõe uma rediscussão de seus fundamentos em termos de desenvolvimento curricular e formação de professores, assim como a exploração de novas formas de incrementar o processo ensino-aprendizagem. (CARVALHO, KRUGER, BASTOS, 2000, p. 15)

Fica evidente, portanto, que a formação do docente dentro das Tecnologias da Informação e Comunicação é necessária quando elas se apresentam em sala de aula (Ramos, 2012). Coll e Monereo (2010, p. 17) definem as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como “aquelas com a capacidade de representar e transmitir a informação”, como rádios, televisões e jornais. Atualmente, estamos inseridos em um período em que as informações e comunicações estão disponíveis e são divulgadas em uma velocidade cada vez mais rápida, período esse reconhecido como a era tecnológica (OLIVEIRA, PEREIRA, 2021). Por meio destas informações, tem-se como

² Disponível em: <http://wikipedia.org>

consequência diferentes concepções do modo como vivemos, bem como temos a possibilidade de tomar decisões importantes em sociedade.

As TIC's, para Pires (2009), são um importante complemento às práticas pedagógicas, pois fornecem a todos os alunos, um modelo de trabalho muito amplo e aprofundado. Com o passar do tempo, afetadas pela evolução tecnológica, as TIC's evoluíram para os meios digitais, tornando-se então, Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação, abreviadas como TDIC's, que para Costa (2017, p. 17), estão relacionada com o “grande desenvolvimento tecnológico e com a evolução das ferramentas utilizadas como meio de informação e comunicação”, ou seja, mudamos de livros, jornais ou revistas para sites de pesquisas *on-line*.

Costa, Duqueviz e Pedrosa (2015, p. 604), definem as TDIC's como dispositivos eletrônicos e tecnológicos, como o computador, a *internet*, o *tablet*, o *smartphone* e qualquer outro dispositivo que permita a navegação na internet. Saímos do meio físico e pesquisas em grandes e densas enciclopédias para os meios digitais, e a partir dessas grandes novidades na forma de se obter o aprendizado, Alves (2018, p. 19) entende que “faz-se necessário aproveitar as potencialidades das TDIC's no processo de inovação pedagógica” - uma vez que os professores tendem a utilizar cada vez mais aparatos de tecnologia digital em sala de aula. Segundo o autor, a utilização adequada destes recursos pode gerar como consequência uma “potencialização e empoderamento intelectual de professores e alunos”.

Pode-se dizer que, atualmente, sites de pesquisa e também sites de perguntas e respostas³ fazem parte da grande rede de tecnologias digitais que visam, dentre tantos, um objetivo comum: sanar as dúvidas e auxiliar nos trabalhos acadêmicos e escolares daqueles que as procuram. Entretanto, apesar do ponto comum, muitas acabam se diferindo no que diz respeito ao modo em que a informação é passada, uma vez que, alguns destes sites de perguntas e respostas envolvem usuários reais respondendo a dúvida de outros usuários, como é o caso do site “Brainly”.

Estamos acompanhando o nascimento de uma nova forma de aprender e se relacionar: inteligências artificiais auxiliando tanto professores quanto alunos no sistema educacional. Entre os pontos que geram reflexão quando pensamos nas

³ Destacam-se o site *Brainly*, *Responde Aí*, dentre outros. Alguns outros sites de perguntas e respostas estão extintos, mas ficaram famosos enquanto estavam *online*, como o site Yahoo! Respostas.

TDIC's juntamente com estas ferramentas, vale destacar o aprendizado do aluno não somente do conteúdo, mas também do manuseio destas tecnologias. Hoje, eles aprendem a pesquisar não em livros grandes, mas sim, pelas vias digitais, indo ao encontro do que cita Alves (2018), quando afirma que

A Sociedade da Cibercultura, que vivenciamos hoje, vai sim requerer que o que o jovem aprenda é a acessar a informação na internet, a selecionar e filtrar informações relevantes, a produzir um trabalho colaborativo em rede, a compartilhar o conhecimento produzido, ou seja, são estas as ações que os jovens devem aprender com o uso das TDIC's e que serão úteis para a vida acadêmica, pessoal e profissional futura. (ALVES, 2018, p. 19)

Estamos diante de uma nova perspectiva na sociedade, potencializada por avanços na engenharia e tecnologia: a Alfabetização Científico-Tecnológica (ACT), que segundo Auler e Delizoicov (2001), parte da premissa de que a sociedade não seja educada científica e tecnologicamente e que, numa dinâmica social e crescentemente vinculada aos avanços científico-tecnológicos, a democratização desses conhecimentos é considerada fundamental. Ainda segundo os autores, o desenvolvimento científico-tecnológico não pode ser considerado um processo neutro que deixa intactas as estruturas sociais sobre as quais atua. Em uma perspectiva salvacionista da Ciência e Tecnologia, pode-se inferir que a introdução das tecnologias digitais no cotidiano da população mundial traz consigo a impressão de que, a partir do surgimento delas, haverá um progresso social (Gómez, 1997, apud, Auler, 2001).

Em se tratando desta alfabetização científico-tecnológica, e tendo como fundamento a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), destaca-se a competência 5, que preconiza que o estudante da educação básica deve ser capaz de

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo escolares), para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimento, resolver problemas e exercer o protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BRASIL, 2018, p. 7)

A partir da BNCC, fica claro que com o incontável ingresso dos recursos tecnológicos à sala de aula, faz-se necessário educar os estudantes para a utilização das novas tecnologias, bem como orientá-los sobre os perigos e as armadilhas que eles podem encontrar neste percurso. Quanto antes os alunos tiverem a experiência e o conhecimento (e quanto mais eles utilizarem estes meios, possuindo uma

experiência proveitosa), melhor será, tanto para o docente quanto para o discente. A principal consequência deste processo de aprendizado é a quebra de paradigmas e de posições, ou seja, o professor perde o papel de detentor do conhecimento e torna-se um mediador em sala de aula.

Outro ponto que gera discussão em relação à utilização destes aplicativos é sobre o potencial criativo dos jovens. A criatividade, tão desenvolvida desde os anos iniciais na escola, para Martínez (2002):

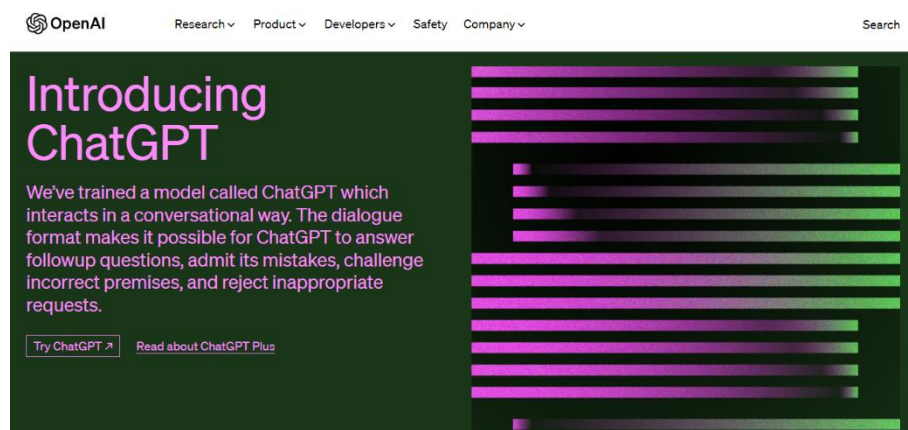
Constitui uma construção teórica elaborada para tentar apreender uma realidade psicológica que se define, essencialmente, por dois critérios que são relativos: os critérios de “novidade” e “valor”. Existe consenso entre os especialistas de que a criatividade se refere à capacidade humana de produzir algo que simultaneamente é novo e valioso em algum grau. (MARTÍNEZ, 2002, pág. 190)

Coll e Monereo (2010) apresentam uma indagação no livro “Psicologia da Educação Virtual”, que torna-se pertinente a este tópico, a saber: que mudanças relevantes ocorrem nas nossas habilidades quando deixamos de usar o lápis e o papel (ou máquina de escrever), para usar um editor de textos? Seria então estas ferramentas tecnológicas um retrocesso em se tratando do desenvolvimento do estudante? Visando refletir sobre essas questões, neste estudo voltaremos a nossa atenção para a ferramenta de pesquisa ChatGPT, tema sobre o qual versará o próximo tópico.

3.2 CONHECENDO A PLATAFORMA

Fundada em 11 de dezembro de 2015, a Empresa *OpenAI* (junção das palavras *Open*, significando Aberto em inglês, e *AI*, *Artificial Intelligence*, que significa Inteligência Artificial), por Sam Altman e Elon Musk (que saiu da organização em 2018), é uma empresa estadunidense com enfoque em pesquisas de Inteligência Artificial.

Figura 3 - Tela inicial do ChatGPT



Fonte: ChatGPT. Imagens retiradas do site pelo autor. Disponível em:

<<https://openai.com/blog/chatgpt>>

Com o propósito de garantir que este tipo de tecnologia traga benefícios à população, a empresa menciona no *site* que sua missão é garantir que “a inteligência artificial geral (...) beneficie toda a humanidade”. Um dos vários produtos que foram criados pela empresa em questão foi o ChatGPT, uma IA capaz de fornecer respostas ao usuário de forma rápida. O lançamento do ChatGPT foi em 30 de novembro de 2022, sendo seu objetivo ser um *chatbot* capaz de responder ao usuário instantaneamente sobre questões diversas. Ele funciona tanto em computadores como em *smartphones* e necessita de conexão com a internet. Como pontos interessantes da plataforma, destaca-se a capacidade de admitir quando comete um erro em relação a uma informação dada ao usuário, de contestar premissas inválidas e rejeitar perguntas inapropriadas, como por exemplo fornecer respostas às perguntas

que causem mal ao usuário ou outrem⁴. Além do ChatGPT, a empresa também possui outros produtos, como o GPT-4, que é um *software* pago que oferece melhorias em relação ao ChatGPT (que é de acesso gratuito), capaz de fornecer respostas mais rápidas e mais seguras. Além disso, a empresa possui o *software* apelidado de DALL-E 2, que pode criar imagens e artes realistas a partir de uma descrição em linguagem natural, dentre outros produtos.

Com relação ao ChatGPT, a empresa menciona ainda que ele é capaz de responder perguntas simples do dia a dia, sendo também capaz de solucionar problemas que exigem conhecimentos técnicos, como erros em códigos computacionais, que é um dos exemplos disponibilizados no site de introdução ao *chatbot*. Para responder às perguntas, a OpenAI explica no *site* que a plataforma utiliza a Aprendizagem por Reforço com Feedback Humano (Reinforcement Learning from Human Feedback - RLHF), em que a plataforma é treinada a partir de

Um modelo inicial usando ajuste fino supervisionado: treinadores humanos de IA forneciam conversas nas quais “jogavam” dos dois lados - o usuário e um assistente de IA. Demos aos treinadores acesso a sugestões escritas em modelo para ajudá-los a compor suas respostas. Misturamos esse novo conjunto de dados de diálogo com o conjunto de dados InstructGPT, que transformamos em um formato de diálogo (OPENAI, 2022, pág. 1).

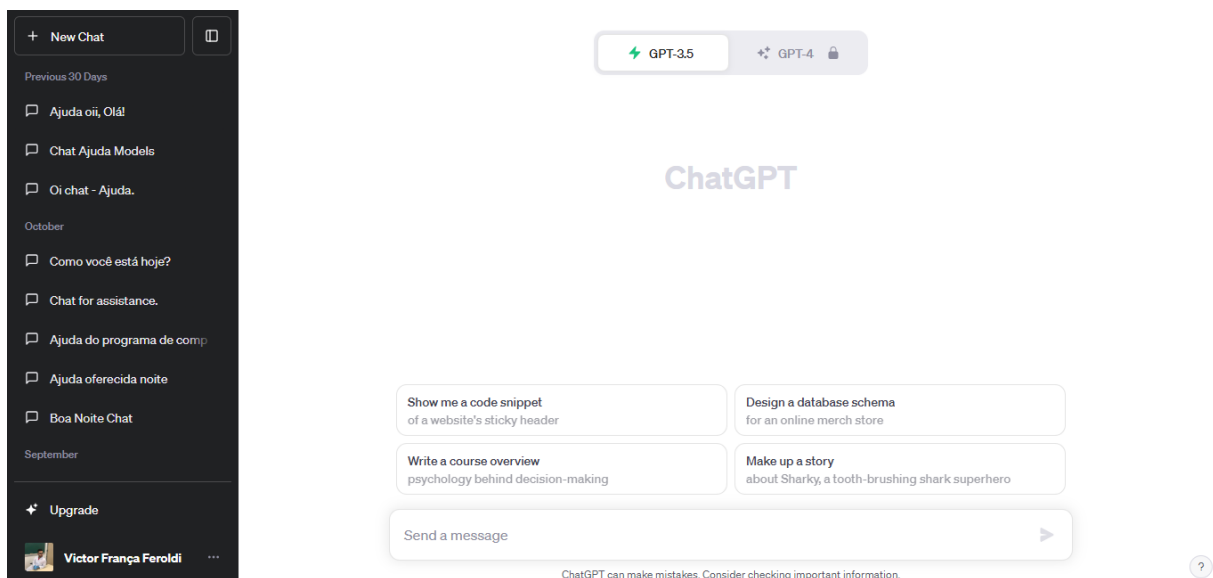
Sobre as respostas geradas pela plataforma, os autores reforçam que não são 100% confiáveis, havendo a necessidade de que cada resposta seja analisada com cautela, uma vez que ela pode estar errada. Para tanto, caso o usuário perceba o erro, é possível que seja dado um feedback à IA. Em alguns momentos do dia, principalmente pelo final do dia e pela noite, a plataforma acaba tendo muitos acessos, o que gera lentidão. Para isso, a solução encontrada pelos autores foi disponibilizar uma versão paga (ChatGPT-4, em que o Chat funciona mesmo com demanda alta dos usuários, assim como a resposta gerada vem de forma mais rápida. Essas funcionalidades estão disponíveis por USD \$20 por mês (dado obtido dia 02/08/2023).

⁴ O chat possui em sua programação um código de padrões de ética e moral, que incluem o respeito aos dados e privacidade do usuário, bem como, uma tentativa de fornecer respostas que sejam úteis e precisas, sem causar danos ou prejuízos. Todos estes dados foram obtidos realizando uma simples pergunta ao próprio chat. O que destaca-se é a frase final dele à pergunta que foi realizada: Minha função é fornecer informações e ajudar os usuários a entenderem melhor os tópicos que estão buscando.

3.3 FUNCIONALIDADES DA PLATAFORMA

É necessário fazer um login para acessar o ChatGPT para criar uma conta no OpenAI (site de acesso à plataforma), para assim, acessar a plataforma. Apesar do *site* estar totalmente em inglês, a IA responde perguntas em português e em outros idiomas, como francês ou espanhol. A plataforma possui uma interface simples e intuitiva - como apresentado nas figuras 2 e 3 - onde o usuário pode rapidamente fazer perguntas e obter respostas.

Figura 4 - Interface inicial do ChatGPT

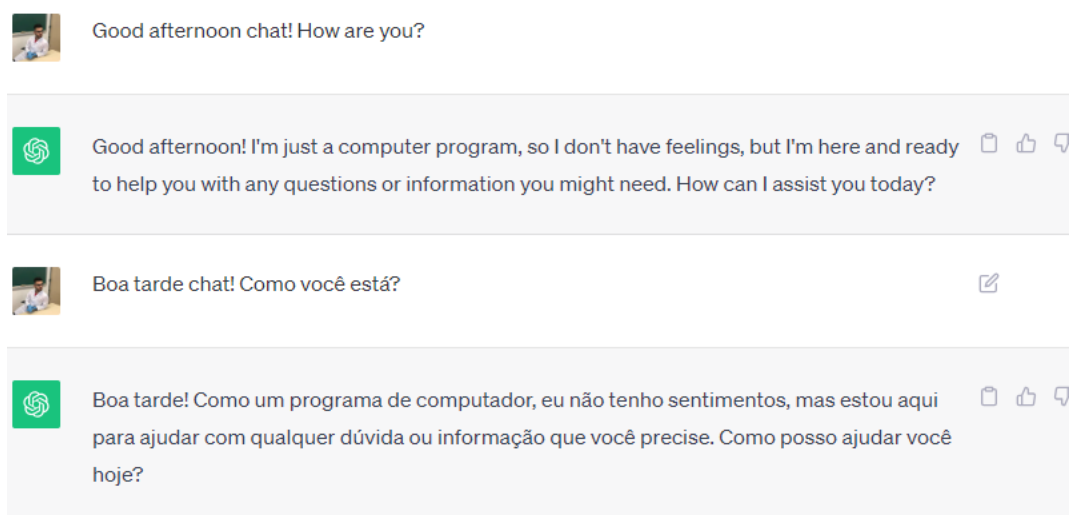


Fonte: ChatGPT. Imagens retiradas do site pelo autor. Disponível em:

<<https://chat.openai.com/>>

No lado esquerdo da tela (Figura 4), há o “Menu inicial” do *chatbot*, com informações no topo como “Assistente de Chat” e “Ajuda com solicitação”. Na parte inferior da tela, há a possibilidade de limpar a conversa, fazer um *upgrade* para o “ChatGPT Plus”, “Modo escuro”, “Ajuda” e “Logout”, para sair da plataforma e deslogar a conta. Basta uma pergunta ou um cumprimento à plataforma para que o chat inicie e todas as perguntas sejam respondidas pela IA.

Figura 5 - Exemplo de pergunta de boas vindas à plataforma em inglês e português



Fonte: ChatGPT. Imagens retiradas do site pelo autor. <<https://chat.openai.com/>>

Como a plataforma é inteligente, segundo seus criadores, podemos ter uma conversa simples e educada com o *chatbot*, recebendo um tratamento cordial da inteligência artificial. Isto demonstra uma possibilidade de conversa informal e, até mesmo, transparece uma simplicidade ao usuário, uma vez que dá a sensação de ser algo cotidiano, como uma pessoa conversando com outra, *on-line*.

A plataforma não utiliza uma base de dados específica (uma vez que ela não possui um local para armazenar informações), mas sim, recorre a fontes de dados da internet (OpenAI). Sabendo que há uma possibilidade de se ter um dado falso sobre um conteúdo que pode está disponível na *internet*, a IA pode captar esta informação falsa e disponibilizar ao usuário (assim como ela pode fornecer um dado correto), uma vez que ela gera respostas tentando ser o mais confiável possível, tendo como base sua programação e treinamento, citados anteriormente. Entretanto, se não for perguntado ao *chatbot* a veracidade ou fonte da resposta, ele acaba por não fornecer tais dados. Por se tratar de uma plataforma que acaba recebendo *updates* com o passar do tempo, a cada dia pode-se perceber uma novidade que fornece novas possibilidades para diferentes áreas. Em se tratando da Química, a nova versão do ChatGPT, é capaz de realizar a leitura de determinadas moléculas e prever mais

dados químicos, utilizando uma linguagem de códigos diferente da anterior. Há alguns trabalhos acadêmicos que estudaram o código atualizado presente nessa ferramenta para traduzir moléculas a partir do nome para a notação SMILES (Simplified Molecular Input Line Entry System - forma de representar moléculas grandes em caracteres ASCII, código padrão americano para intercâmbio de informação). Segundo a OpenAI, o novo código é denominado “text-davinci-003”, uma versão melhorada da anterior (texto-davinci-002), que é, segundo a OpenAI, capaz de produzir uma escrita de maior qualidade, fornecendo um conteúdo mais claro, envolvente e atraente, podendo lidar com situações mais complexas.

Em se tratando do ambiente escolar, o ChatGPT chega como uma plataforma digital que busca auxiliar o aprendizado de quem a utiliza, e as formas empregadas por ele derivam desde respostas a perguntas até o fornecimento de ideias e exercícios (ChatGPT). Sua utilização já é real em várias áreas, bem como há trabalhos relacionados a áreas como Matemática, Ciências da Saúde, dentre outras. Não devemos esquecer que ferramentas digitais de aprendizado já são utilizadas há muito tempo por alunos, como por exemplo, sites de perguntas e respostas, como o Brainly⁵, Responde Aí⁶, e outras ferramentas disponibilizadas na forma de aplicativo para *smartphones* como o Photomath⁷.

Isotani (2023) comenta que o ChatGPT e sua aplicação no processo de ensino e aprendizagem é questionável pois ela “destrói algo fundamental para a criatividade humana, que é a tomada de decisões corretas e de forma consciente”. A consciência do discente sobre o aprendizado deve permear o caminho de não somente obter a resposta, mas também procurar obter o aprendizado necessário para chegar naquela resposta. Isotani menciona ainda que, a partir destes dois pontos, fazer com que o aluno tenha discernimento para procurar o meio e, não apenas o fim, é fundamental no processo de ensino-aprendizagem.

⁵ Disponível em: <https://brainly.com.br>

⁶ Disponível em: <https://www.respondeai.com.br>

⁷ Disponível apenas em smartphones: <https://photomath.com/pt>

4 METODOLOGIA

Com o objetivo de analisar as funcionalidades e explorar os limites da plataforma, este trabalho de natureza qualitativa buscou discutir sobre possibilidades e limites desta plataforma. Para tanto, a pesquisa ocorreu em dois momentos, explicados no tópico a seguir.

4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS FORNECIDAS PELO CHATGPT

O primeiro momento de análise ocorreu com base nas respostas fornecidas pela plataforma para uma série de questões propostas ao *chatbot*. Essas questões foram retiradas de um banco de questões de provas para ingresso na universidade (provas de vestibulares e ENEM), da área “Ciências da Natureza”, com enfoque em Química. Foram selecionadas questões de provas de vestibular pela originalidade e nível de dificuldade das questões. Cada vez mais as escolas preparam os alunos para o ingresso no ensino superior, sendo assim, os estudantes podem tirar suas dúvidas sobre estas questões utilizando o ChatGPT.

Desse modo, foram selecionadas um total de cinco perguntas escolhidas com base no conteúdo e no tamanho da questão. Os critérios utilizados pelo autor foram perguntas que não envolvessem muitas imagens para auxiliar na resposta, bem como houve preferência por questões que não fossem do tipo “somatório”. Também selecionamos uma questão envolvendo cálculo, com o intuito de ver qual seria a forma utilizada pelo chat para responder a questão (utilização de fórmulas e conceitos químicos ou manipulações matemáticas, como “regra de três”). No mais, houve preferência por questões de diferentes tópicos de Química, não focando apenas em um conteúdo específico. Alternativas de múltipla escolha não foram empregadas nesta análise, sendo necessária uma adaptação na pergunta para que as possibilidades de resposta fossem retiradas. Além disso, pelo fato de a plataforma

possuir dados computados até janeiro de 2022⁸, as perguntas selecionadas foram de provas de vestibulares e exame nacional que ocorreram em período posterior, ou seja, a partir de agosto de 2022. As perguntas selecionadas são expostas no Quadro 1.

Quadro 1 - Questões propostas à plataforma na primeira etapa da análise.

Questão	Vestibular e Tema abordado
<p>A água bruta coletada de mananciais apresenta alto índice de sólidos suspensos, o que a deixa com um aspecto turvo. Para se obter uma água límpida e potável, ela deve passar por um processo de purificação numa estação de tratamento de água. Nesse processo, as principais etapas são, nesta ordem: coagulação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Qual é a etapa de retirada de grande parte desses sólidos?</p>	<p><u>ENEM 2022</u></p> <p>Tema: Métodos de separação de misturas / Estação de tratamento de água (Questão de múltipla escolha adaptada)</p>
<p>Em testes de perfuração realizados em plataformas de petróleo, pode ser utilizado o brometo de cálcio. Considere um teste para o qual foi preparada uma solução aquosa desse sal na concentração de 3000 g/L. Admitindo a completa dissociação do sal, a concentração de íons brometo, em mol/L, nessa solução, é igual a quanto?</p>	<p><u>UERJ - 2022</u></p> <p>Tema: Estequiometria (Questão de múltipla escolha adaptada)</p>
<p>O coronavírus possui, na sua superfície, proteínas (macromoléculas) que se encontram incorporadas em uma dupla camada de lipídios da superfície do vírus. Entre as macromoléculas se destaca a proteína spike, pela sua forma de coroa que dá o nome ao vírus e, sobretudo, pelo seu papel fundamental na infecção viral. É a proteína spike que interage com uma proteína específica do organismo humano (ACE-2) e permite que o vírus transfira seu material genético (RNA) para as células e se replique. É possível afirmar que a interação entre a proteína spike do coronavírus e a proteína ACE-2 das células hospedeiras ocorre fundamentalmente por atração eletrostática, como a que caracteriza ligações metálicas? [Após resposta] E os surfactantes, como os presentes nos detergentes, são capazes de interagir com a camada lipídica da superfície do coronavírus e provocar danos na estrutura do vírus, contribuindo para a eficácia do processo de higienização das mãos com água e detergente?</p>	<p><u>UFSC - 2022</u> (Adaptada)</p> <p>Tema: Coronavírus e Surfactantes (Questão de somatório adaptada)</p>
<p>A chuva ácida interfere no ciclo do nitrogênio, principalmente, por proporcionar uma diminuição do pH do solo e da atmosfera, alterando a concentração dos compostos presentes nesse ciclo. Em um solo de menor pH, será favorecida a formação de qual substância, seguindo o ciclo do nitrogênio?</p>	<p><u>ENEM - 2022</u> (Adaptada)</p> <p>Tema: Chuva ácida / Ciclo do Nitrogênio (Questão de múltipla escolha adaptada)</p>

⁸ O ChatGPT sofreu uma atualização durante a realização deste trabalho durante o segundo semestre de 2023. Anteriormente, a base de conhecimento era até setembro de 2021. Após a atualização, a base de conhecimento tornou-se janeiro de 2022.

<p>A anisomicina é um antibiótico que atua inibindo a síntese proteica. Recentemente, essa substância foi avaliada como um fármaco para tratamento de algumas patologias do Sistema Nervoso Central. Dentre as funções orgânicas presentes na estrutura da anisomicina, estão?</p>	<p><u>PUC-RIO - 2023</u></p> <p>Tema: Funções Orgânicas (Questão de múltipla escolha adaptada)</p>
--	--

Nesta parte inicial ocorreu a análise da resposta, sendo que cada uma das respostas fornecidas pela plataforma foi analisada com base em critérios previamente definidos (Quadro 2), sendo eles: tipo de linguagem, conteúdo e veracidade das respostas fornecidas, tamanho da resposta ⁹e a fonte utilizada. A análise das respostas fornecidas pela plataforma teve como base livros-texto aprovados pelo PNLD 2021 (Programa Nacional do Livro Didático).

Quadro 2 - Critérios para análise das respostas fornecidas pela plataforma

CRITÉRIOS DE ANÁLISE	DESCRIÇÃO DO CRITÉRIO
Tipo de linguagem	Linguagem utilizada pela plataforma na resposta final: formal, informal, acessível e/ou complexa.
Conteúdo/Veracidade	Coerência e adequação da resposta com base nos fundamentos científicos: completa, incompleta, pautada em dados científicos, senso comum.
Tamanho da resposta	Tamanho da resposta fornecida.
Fuga do tema	Fuga do tema pela plataforma como tentativa de mascarar uma possível falta de informação para a pergunta
Fonte teórica	Fonte das informações fornecidas nas repostas

Estes critérios foram escolhidos pois são pontos que divergem de resposta para resposta no ChatGPT. A resposta do *chatbot* pode ser curta ou longa, bem como pode utilizar uma linguagem mais complexa em uma resposta e uma linguagem mais simplificada em outra. No segundo momento da análise, pretende-se explorar os limites da plataforma e o quanto ela é eficaz para sanar as dúvidas dos estudantes. Sendo assim, continuaremos desafiando a plataforma a partir de novas questões que derivam da resposta dada anteriormente para a mesma questão. Desta forma, buscaremos analisar até onde o *chatbot* consegue ir e o seu potencial em fornecer

⁹ A resposta pode ser grande ou pequena sem que o usuário solicite. Se o usuário quiser uma resposta pequena, ele pode escrever no início da pergunta “em poucas palavras”, caso contrário, fica a cargo da Inteligência Artificial responder em um texto curto ou longo.

respostas coerentes e confiáveis acerca de um conteúdo científico. Esta parte da análise seguirá os mesmos critérios avaliativos apresentados no Quadro 2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO





Nesta etapa da análise apresentamos os resultados obtidos para cada uma das questões propostas, analisando-as conforme os critérios apresentados no Quadro 1. Cada uma das perguntas foi feita em horários diferentes do dia, para que houvesse uma análise da capacidade da plataforma em responder dentro e fora dos horários de pico.


Pergunta 1 - ENEM 2022 - Métodos de Separação de Misturas e E.T.A. (Data da pergunta: 24/08/2023, Horário: 19:11h)

A primeira questão fornecida ao ChatGPT deriva do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Esta prova costuma abordar temáticas do dia a dia do estudante.

Figura 6 - Resposta para a primeira questão de vestibular

T A água bruta coletada de mananciais apresenta alto índice de sólidos suspensos, o que a deixa com um aspecto turvo. Para se obter uma água límpida e potável, ela deve passar por um processo de purificação numa estação de tratamento de água. Nesse processo, as principais etapas são, nesta ordem: coagulação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Qual é a etapa de retirada de grande parte desses sólidos?

 A etapa de retirada de grande parte dos sólidos suspensos da água bruta é a "decantação".   
 Nesse processo, a água é deixada em repouso em grandes tanques ou clarificadores, permitindo que as partículas sólidas mais pesadas se depositem no fundo sob a influência da gravidade. Isso resulta na formação de um sedimento no fundo do tanque e de uma camada mais clara de água na parte superior, conhecida como água clarificada. A água clarificada é então removida da superfície, passando para as etapas subsequentes do tratamento.
 A decantação é uma etapa crucial, pois ajuda a remover uma quantidade significativa de sólidos suspensos e partículas maiores da água, contribuindo para torná-la mais clara e adequada para os próximos estágios de tratamento, como a filtração, desinfecção e fluoretação.

 Regenerate

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

A resposta oficial do ENEM para esta questão, que era de múltipla escolha, foi “Decantação”. A resposta do *chatbot* para a pergunta, inicialmente, foi assertiva em relação ao gabarito oficial, entretanto, apresentou de forma simples a explicação sobre o fenômeno da decantação, sem se aprofundar em detalhes como a necessidade de agentes químicos para facilitar a decantação, ou os tamanhos das partículas, que são citados dentro de sala de aula quando este assunto é abordado.

O primeiro critério analisado foi o “Tipo de linguagem”, que para esta resposta foi considerado formal, sem o uso de gírias ou termos coloquiais, o que caracterizaria uma linguagem informal. As palavras usadas para explicar o conceito foram de fácil entendimento, com alguns termos que, talvez para alguns usuários, seja incomum o uso, como por exemplo a palavra “crucial”, que significa “importante”, ou “subsequentes”, que significa “algo que segue imediatamente a outro”.

Em relação ao “Conteúdo/Veracidade”, segundo critério, é possível analisar que o *chatbot* citou como as partículas maiores e menores decantam (a partir da gravidade), entretanto, não comentou sobre haver a etapa anterior de “Floculação” em uma Estação de Tratamento de Água (E.T.A.), que vem anterior à decantação, onde

é adicionado um coagulante à água, que permanece em agitação mecânica, para que as impurezas menores formem flocos maiores e decantem sob ação da gravidade. Desta forma, a resposta induz ao leitor a pensar que a água permanece em repouso absoluto na E.T.A. e que toda a sujeira irá decantar. Com relação ao terceiro critério, “Tamanho da resposta”, não foi solicitado à plataforma que fizesse uma resposta curta como a que foi fornecida, bem como também não houve fuga do tema pelo *chat* na primeira resposta (quarto critério, “Fuga do tema”), entretanto, é importante ressaltar que a resposta foi focada na pergunta que foi feita. Durante esta primeira resposta, a I.A. deu uma resposta satisfatória ao usuário, apesar de não tão detalhada. Após, foi feita outra pergunta utilizando um trecho da resposta fornecida pelo *chatbot*: “(...) permitindo que as partículas sólidas mais pesadas se depositem no fundo sob a influência da gravidade.”

Figura 7 - Continuação da conversa com a segunda pergunta feita pelo autor



Apenas as partículas sólidas mais pesadas se depositam no fundo dos tanques ou clarificadores?



Peço desculpas se a minha resposta anterior deu a entender que apenas as partículas mais pesadas se depositam no fundo dos tanques de decantação. Na realidade, durante o processo de decantação, as partículas sólidas mais pesadas têm maior probabilidade de se depositar no fundo dos tanques devido à gravidade. No entanto, as partículas de diferentes tamanhos e densidades podem se separar e sedimentar em diferentes graus, dependendo da velocidade de queda das partículas e das condições específicas de cada sistema de tratamento de água.



O processo de decantação é influenciado por vários fatores, incluindo o tamanho e densidade das partículas, a taxa de sedimentação e a velocidade da água dentro dos tanques de decantação. Partículas menores ou menos densas podem levar mais tempo para se depositar ou podem permanecer em suspensão por mais tempo, o que é por isso que a decantação geralmente não remove todas as partículas sólidas da água. Portanto, a etapa de decantação é uma forma de pré-tratamento que reduz consideravelmente a quantidade de sólidos suspensos, mas outras etapas, como filtração, são necessárias para uma purificação mais completa.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

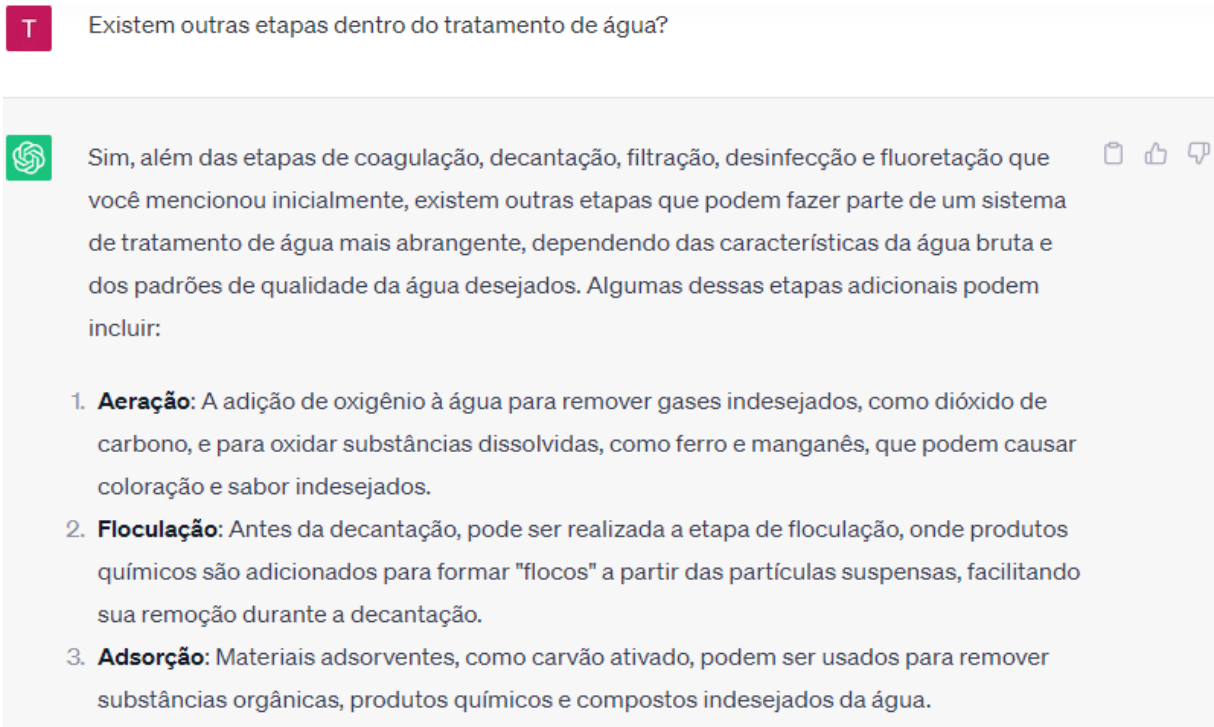
Percebeu-se logo no início da resposta, que o *chatbot* desculpou-se por ter feito um possível erro conceitual. Entretanto, em nenhum momento a plataforma citou a etapa Floculação, ou como as partículas menores iriam se depositar no fundo do tanque de decantação. Foi citado pelo *chatbot* que existem fatores como “velocidade de queda das partículas e das condições específicas de cada sistema de tratamento de água” para que partículas menores sofram o processo de decantação, fazendo com que o usuário creia que existem E.T.A’s que não fazem a retirada de partículas menores que não decantem, e outras que retirem estas partículas menores. Nesta segunda resposta, é perceptível alguns pequenos erros gramaticais cometidos pelo *chatbot*, mas não houve fuga do tema principal. Após, foi indagado ao ChatGPT se existem outras etapas do tratamento de água.

Notou-se que ele ampliou e detalhou a resposta (Figura 8), apresentando as etapas do tratamento da água, explicando brevemente o que ocorre naquela etapa específica. Ao tornar a pergunta mais específica, o *chatbot* forneceu, na “Etapa 2”, citada na resposta, que antes da etapa de Decantação, são adicionados produtos

químicos à água para fazer com que as partículas suspensas formem flocos que facilitam a remoção durante a decantação.

Estes produtos químicos podem ser citados também explicando a reação de coagulação das partículas na água. Adiciona-se sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) com óxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), ou uma base forte, como hidróxido de sódio (NaOH), para manter o meio básico e favorecer a reação de coagulação. Estes reagentes são muito conhecidos por poderem ser utilizados no laboratório, como por exemplo, para demonstrar a reação de coagulação, mas essa informação não foi mencionada pelo *chatbot*.

Figura 8 - Terceira pergunta feita utilizando elementos da resposta do ChatGPT



Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Figura 9 - Continuação da resposta para a terceira pergunta

4. **Troca Iônica:** Processo de remoção de íons específicos da água, substituindo-os por outros íons de uma resina trocadora de íons.
5. **Remoção de Microrganismos Patogênicos:** Além da desinfecção, outras tecnologias, como a irradiação ultravioleta (UV) e a ozonização, podem ser usadas para matar ou inativar microrganismos patogênicos.
6. **Remoção de Substâncias Orgânicas:** Processos como a oxidação avançada podem ser aplicados para degradar compostos orgânicos persistentes na água.
7. **Remoção de Nitrogênio e Fósforo:** Processos biológicos ou químicos podem ser utilizados para reduzir os níveis de nitrogênio e fósforo, que podem causar problemas de poluição em corpos d'água receptores.
8. **Clarificação Final:** Uma etapa adicional de clarificação pode ser realizada após a decantação e filtração para garantir que a água esteja completamente clara antes da desinfecção.

Lembrando que o processo de tratamento de água pode variar dependendo das características locais da água e dos regulamentos aplicáveis. Cada etapa do processo é projetada para remover impurezas específicas e garantir que a água atenda aos padrões de qualidade e seja segura para consumo humano e outros usos.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Após uma breve pesquisa *on-line*, foi encontrado um site da Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais (abrevia-se BDTA), da UNICAMP - São Paulo, que apresenta com mais detalhes a resposta fornecida pelo *chatbot*. Segundo este site, o processo de Aeração (Etapa 1 da resposta do ChatGPT), é um processo que

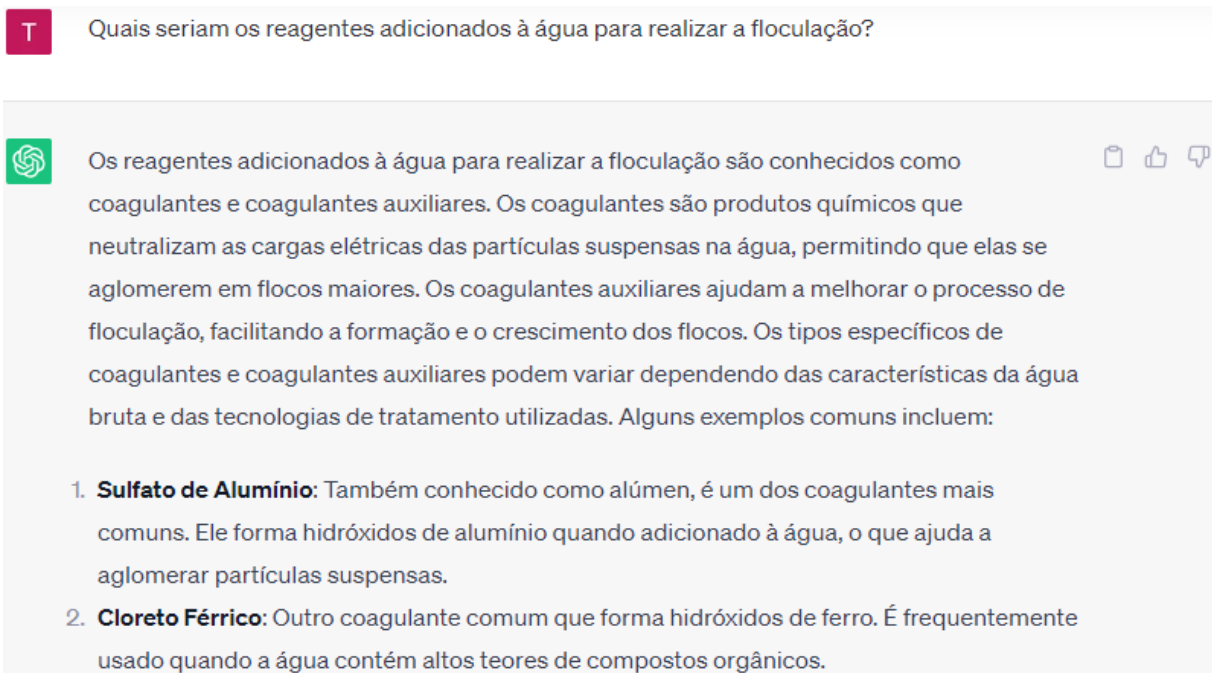
Consiste em colocar a água em contato estreito com uma fase gasosa (geralmente o ar) para transferir substâncias solúveis do ar para a água, aumentando seus teores de oxigênio e nitrogênio, e substâncias voláteis da água para o ar, permitindo a remoção do gás carbônico em excesso, do gás sulfídrico, do cloro, metano, e substâncias aromáticas voláteis, assim como, proporcionar a oxidação e precipitação de compostos indesejáveis, tais como ferro e manganês. A aeração pode ser por gravidade, aspersão, difusão de ar ou forçada (UNICAMP, 2023).

Ao final da resposta do *chatbot*, é possível perceber há reforço sobre o tratamento de água ser diferente, dependendo das características locais da água (ampliando para regiões diferentes, ou fontes diferentes de retirada da água), e dos regulamentos aplicáveis (indo para um viés legislativo de regulamentação de limite de substâncias na água potável). Para esta primeira pergunta retirada da prova do ENEM, fica evidente que o *chatbot* limitou-se ao que foi perguntado e explicou de forma simples e objetiva a resposta ao que foi solicitado. Apenas quando a pergunta

foi específica, o *chatbot* tornou-se específico e utilizou termos e conceitos científicos também específicos para formular a resposta. A última pergunta feita ao *chatbot* para a questão do ENEM, pautou-se nos reagentes utilizados para realizar a etapa de Floculação.

A partir desta última pergunta realizada, percebe-se que, quanto mais específica a indagação for, mais específico o *chatbot* será na resposta. Não somente houve a explicação do que seriam os Agentes Coagulantes (Figura 9), como também foram disponibilizados exemplos destes reagentes. Ao final da resposta, houve outros conceitos químicos sendo citados, como Potencial Hidrogeniônico (pH) e alcalinidade. Entretanto, não houve fuga do tema principal, uma vez que o tratamento de água exige conhecimento dos conceitos acima citados.

Figura 10 - Quarta pergunta sobre os reagentes utilizados na Floculação.



T Quais seriam os reagentes adicionados à água para realizar a floculação?

Os reagentes adicionados à água para realizar a floculação são conhecidos como coagulantes e coagulantes auxiliares. Os coagulantes são produtos químicos que neutralizam as cargas elétricas das partículas suspensas na água, permitindo que elas se aglomerem em flocos maiores. Os coagulantes auxiliares ajudam a melhorar o processo de floculação, facilitando a formação e o crescimento dos flocos. Os tipos específicos de coagulantes e coagulantes auxiliares podem variar dependendo das características da água bruta e das tecnologias de tratamento utilizadas. Alguns exemplos comuns incluem:

1. **Sulfato de Alumínio:** Também conhecido como alúmen, é um dos coagulantes mais comuns. Ele forma hidróxidos de alumínio quando adicionado à água, o que ajuda a aglomerar partículas suspensas.
2. **Cloreto Férrico:** Outro coagulante comum que forma hidróxidos de ferro. É frequentemente usado quando a água contém altos teores de compostos orgânicos.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Figura 11 - Continuação da resposta para a quarta pergunta

3. **Policloreto de Alumínio (PAC):** Uma forma mais avançada de coagulante de alumínio, oferecendo maior eficiência e flexibilidade em comparação com o sulfato de alumínio.
4. **Polímeros Coagulantes:** São coagulantes auxiliares que melhoram a formação e a aglomeração dos flocos. Podem ser polieletrólitos, que ajudam a neutralizar as partículas, ou polímeros orgânicos que aumentam a viscosidade da água, favorecendo a colisão entre as partículas.
5. **Hidróxido de Cálcio (Ca):** Usado como coagulante auxiliar para elevar o pH da água, o que pode melhorar a eficácia dos coagulantes metálicos.
6. **Sais de Ferro e Alumínio de Alta Básicos:** São coagulantes que têm uma alta concentração de hidróxidos metálicos, proporcionando maior eficiência em determinadas situações.

É importante ajustar as dosagens e combinações desses reagentes de acordo com as características específicas da água a ser tratada, como a concentração de partículas suspensas, o pH, a alcalinidade e outros fatores. O objetivo é criar condições ideais para a formação de flocos que possam ser facilmente removidos durante a decantação e a filtração subsequente.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

A mesma pergunta da prova do ENEM foi feita utilizando outro login, como apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Mesma pergunta inicial foi feita utilizando outro login



A água bruta coletada de mananciais apresenta alto índice de sólidos suspensos, o que a deixa com um aspecto turvo. Para se obter uma água límpida e potável, ela deve passar por um processo de purificação numa estação de tratamento de água. Nesse processo, as principais etapas são, nesta ordem: coagulação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Qual é a etapa de retirada de grande parte desses sólidos?



A etapa de retirada de grande parte dos sólidos suspensos da água bruta é a **decantação**.
Nesse processo, a água é deixada em repouso em grandes tanques chamados decantadores, permitindo que as partículas sólidas mais pesadas se depositem no fundo do tanque devido à gravidade. Isso resulta na formação de um sedimento, também conhecido como lodo ou lama, que é removido posteriormente. A água clarificada na parte superior do tanque é então encaminhada para as etapas subsequentes do tratamento, como a filtração, desinfecção e fluoretação, para torná-la potável e segura para o consumo humano.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Nesta resposta, o *chatbot* utilizou uma escrita em forma diferente, com palavras em negrito que captam a atenção do usuário. A resposta foi curta quando comparada

com a resposta da Figura 6, entretanto, o mesmo teor simplista da resposta é observado, ou seja, não é citada a etapa anterior de Floculação ou detalhes importantes na resposta. Observa-se que a resposta foi diferente entre os logins, o que cria um ponto de atenção ao docente para possíveis “colas” entre os estudantes ao utilizar o ChatGPT.

Pergunta 2 - UERJ 2022 - Cálculo estequiométrico (Data da pergunta: 13/09/2023, Horário: 14:47h)

Foi selecionada uma questão de estequiometria por motivos pré-determinados e já explicados em tópico anterior. Questões que englobam o cálculo estequiométrico exigem do aluno interpretação de texto e matemática, sendo conhecidas por serem classificadas como de dificuldade relativamente complexa para muitos estudantes. Além disso, o autor selecionou esta questão por curiosidade em ver como o chat apresentaria os cálculos para o usuário.

Figura 13 - Resposta para a segunda questão de vestibular.

T

Em testes de perfuração realizados em plataformas de petróleo, pode ser utilizado o brometo de cálcio. Considere um teste para o qual foi preparada uma solução aquosa desse sal na concentração de 3000 g/L. Admitindo a completa dissociação do sal, a concentração de íons brometo, em mol/L, nessa solução, é igual a quanto?



Para determinar a concentração de íons brometo (Br⁻) em uma solução de brometo de cálcio (CaBr₂), primeiro você precisa calcular o número de moles de íons brometo presente na solução. Para fazer isso, você pode usar a fórmula da concentração molar:

$$\text{Concentração molar (mol/L)} = \text{Massa (g)} / \text{Massa molar (g/mol)}$$

Primeiro, calcule a massa molar do brometo de cálcio (CaBr₂). O cálcio (Ca) tem uma massa molar de aproximadamente 40,08 g/mol e o bromo (Br) tem uma massa molar de aproximadamente 79,90 g/mol. Como o CaBr₂ tem dois átomos de bromo, você precisa considerar isso na massa molar total:

Regenerate

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Neste primeiro momento percebe-se que o *chatbot* fez uma pequena introdução do que se deve ser feito e o que se quer na questão antes de apresentar os cálculos estequiométricos. Por ser uma I.A. incapaz de produzir figuras, a resposta e cálculos são apresentados todos de forma escrita. Para os alunos que não entendem

fórmulas matemáticas apresentadas em forma de texto, esse tipo de resposta talvez gere certa confusão, entretanto, não consideramos isso como algo a se pontuar negativamente.

Figura 14 - Continuação da resposta para a segunda questão de vestibular.

Massa molar do $\text{CaBr}_2 = \text{Massa molar do Ca} + (2 \times \text{Massa molar do Br})$
 Massa molar do $\text{CaBr}_2 = 40,08 \text{ g/mol} + (2 \times 79,90 \text{ g/mol})$
 Massa molar do $\text{CaBr}_2 = 40,08 \text{ g/mol} + 159,80 \text{ g/mol}$
 Massa molar do $\text{CaBr}_2 = 199,88 \text{ g/mol}$

Agora que você tem a massa molar do CaBr_2 , pode calcular o número de moles em 3000 g dessa substância:

Número de moles = Massa (g) / Massa molar (g/mol)
 Número de moles = $3000 \text{ g} / 199,88 \text{ g/mol}$
 Número de moles $\approx 15,01 \text{ mol}$

Lembre-se de que o CaBr_2 se dissocia em dois íons brometo (Br^-) por fórmula, portanto, você precisa multiplicar o número de moles de CaBr_2 por 2 para obter o número de moles de íons brometo:

Número de moles de íons brometo = $15,01 \text{ mol} \times 2$
 Número de moles de íons brometo $\approx 30,02 \text{ mol}$

Regenerate

A concentração de íons brometo (Br^-) na solução é igual ao número de moles de íons brometo dividido pelo volume da solução em litros (L). Você não mencionou o volume da solução, mas a concentração em mol/L pode ser calculada usando a fórmula:

Concentração (mol/L) = Número de moles / Volume (L)

Se você souber o volume da solução, pode calcular a concentração em mol/L usando o número de moles de íons brometo que calculamos. Por exemplo, se o volume da solução for 1 litro (L):

Concentração de íons brometo (mol/L) = $30,02 \text{ mol} / 1 \text{ L}$
 Concentração de íons brometo $\approx 30,02 \text{ mol/L}$

Se o volume da solução for diferente de 1 L, basta substituir esse valor na fórmula para calcular a concentração.

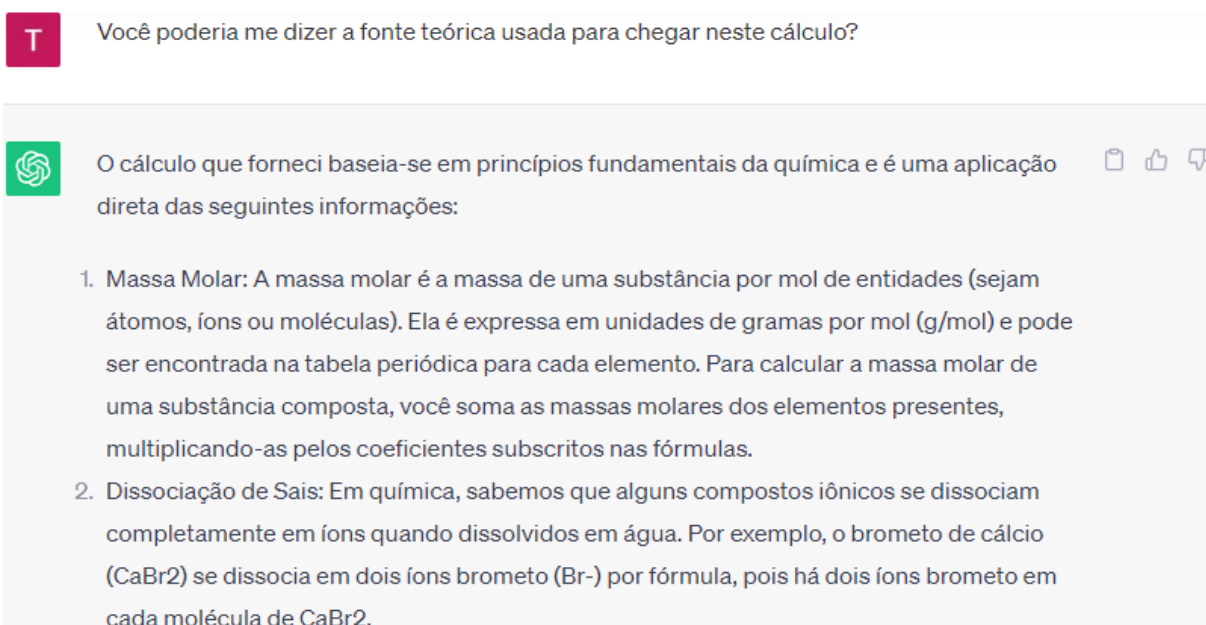
Regenerate

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Como observa-se na Figura 15, os cálculos foram apresentados de forma satisfatória, utilizando as equações químicas corretas e de forma completa. Geralmente, em questões de estequiometria, muitos professores costumam apresentar os cálculos apenas com a “regra de três” (ferramenta matemática), evitando a mera memorização de fórmulas químicas básicas. Salienta-se apenas a falta da equação química balanceada da dissociação do CaBr_2 , que poderia ter sido apresentada para explicar a razão de se multiplicar por 2 o número de moles de íons brometo.

No que diz respeito ao “Tipo de linguagem”, após analisar a resposta e os textos inseridos entre os cálculos, percebeu-se uma linguagem formal, bem como os cálculos foram apresentados de forma satisfatória e assertiva com o gabarito oficial. Sobre o “Conteúdo/Veracidade”, destacam-se as fórmulas matemáticas para os conceitos químicos de massa molar e concentração, que foram apresentados em concordância com os fundamentos científicos. Por se tratar de uma questão envolvendo matemática, o “Tamanho da resposta” foi considerado grande, entretanto, completo, uma vez que cada cálculo foi explicado pelo *chatbot*, para que não houvesse dúvida com relação ao conteúdo apresentado. Não houve “Fuga do tema”. Sobre o item “Fonte teórica”, destaca-se a resposta fornecida pelo *chatbot*:

Figura 15 - Fonte teórica utilizada pelo ChatGPT



Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Figura 17 - Continuação sobre a Fonte teórica utilizada pelo ChatGPT

3. Concentração Molar: A concentração molar (ou molaridade) é uma medida da quantidade de soluto (número de moles) em uma solução em relação ao volume da solução em litros (L). Ela é expressa em mol/L (ou Molar, abreviado como M) e é calculada dividindo-se o número de moles do soluto pelo volume da solução.

O cálculo da concentração de íons brometo na solução de brometo de cálcio se baseia nessas informações básicas da química. Você primeiro calcula a massa molar do composto, determina o número de moles do composto e, em seguida, considera a dissociação dos íons para calcular a concentração dos íons em mol/L.

Esses conceitos são amplamente ensinados em cursos introdutórios de química e são aplicados em várias situações práticas, como cálculos de concentração de soluções em laboratórios e na indústria química. Portanto, não há uma fonte teórica específica única para esse cálculo, pois ele é uma aplicação direta dos princípios básicos da química geral. Você pode encontrar esses conceitos detalhados em livros de química geral e química analítica.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Ao final da resposta, o *chatbot* conseguiu com êxito chegar no resultado correto de 30 mol/L de íons brometo. Entretanto, é importante salientar a frase que foi fornecida ao usuário, apresentada na Figura 12, a seguir:

Figura 18 - Ponto levantado pelo ChatGPT com relação à pergunta inicial

A concentração de íons brometo (Br⁻) na solução é igual ao número de moles de íons brometo dividido pelo volume da solução em litros (L). Você não mencionou o volume da solução, mas a concentração em mol/L pode ser calculada usando a fórmula:

Fonte: Captura de tela da resposta do ChatGPT feita pelo autor.

O *chatbot* forneceu os fundamentos científicos utilizados para formular e fornecer a resposta ao problema dado pelo usuário, explicando a teoria, de forma resumida, em relação ao conceito de Massa Molar, dissociação de sais e concentração molar. Ao final da resposta, o *chatbot* comenta que “não há uma fonte teórica específica única para esse cálculo, pois ele é uma aplicação direta dos princípios básicos da química geral”. Verifica-se nesse ponto uma “Fuga do tema”, uma vez que ele não apresentou a fonte teórica utilizada, como algum livro texto, por

exemplo. Por esta ser uma questão envolvendo cálculo, o autor não considerou necessário continuar com questionamentos ao *chatbot* como ocorrem nas outras questões que serão analisadas.

A mesma pergunta foi realizada utilizando o login pessoal do autor, obtendo uma resposta novamente mais curta do que a resposta obtida utilizando um login exclusivo para a análise deste trabalho. Nesta resposta, o ChatGPT inicia comentando sobre a reação de dissociação de sais. Em seguida, são fornecidos os dados necessários para iniciar o cálculo, entretanto, diferentemente da primeira resposta, onde o *chatbot* segue uma linha de raciocínio utilizando fórmulas matemáticas voltadas à química, nesta resposta, ele utiliza a lógica para obter o resultado final, como demonstrado na Figura 19:

Figura 19 - Mesma pergunta inicial foi feita utilizando outro login



Em testes de perfuração realizados em plataformas de petróleo, pode ser utilizado o brometo de cálcio. Considere um teste para o qual foi preparada uma solução aquosa desse sal na concentração de 3000 g/L. Admitindo a completa dissociação do sal, a concentração de íons brometo, em mol/L, nessa solução, é igual a quanto?



Para determinar a concentração de íons brometo (Br^-) em uma solução de brometo de cálcio ($CaBr_2$) a 3000 g/L, primeiro é necessário considerar a fórmula do brometo de cálcio e sua dissociação.



O brometo de cálcio, $CaBr_2$, se dissocia em solução aquosa em dois íons brometo (Br^-) para cada molécula de $CaBr_2$.

Primeiro, é necessário calcular a quantidade de íons brometo na solução:

1. **Encontrar a massa molar do brometo de cálcio ($CaBr_2$):**

A massa molar do cálcio (Ca) é aproximadamente 40,08 g/mol.

A massa molar do bromo (Br) é aproximadamente 79,90 g/mol.

Então a massa molar do brometo de cálcio ($CaBr_2$) é: $40,08 + 2 \times 79,90 = 199,88 \text{ g/mol}$.

1. **Determinar a quantidade de íons brometo (Br^-) por mol de $CaBr_2$:**

Como cada molécula de $CaBr_2$ produz dois íons brometo, a cada mol de $CaBr_2$ temos dois mols de íons brometo (Br^-).

1. **Calcular a quantidade de íons brometo em 3000 g de solução:**

Para transformar a concentração de 3000 g/L em mol/L, é preciso dividir pela massa molar do $CaBr_2$.

$$3000 \text{ g/L} \div 199,88 \text{ g/mol} = 15,007 \text{ mol/L de } CaBr_2.$$

Como cada mol de $CaBr_2$ gera 2 mols de íons Br^- , a quantidade de íons Br^- será o dobro da quantidade de $CaBr_2$.

Portanto, a concentração de íons brometo, em mol/L, nessa solução, será $2 \times 15,007 \text{ mol/L} = 30,014 \text{ mol/L}$.


Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Pergunta 3 - UFSC 2023 - Coronavírus e Surfactantes (Data da pergunta: 13/09/2023, Horário: 16:44h)

A terceira questão de vestibular deriva da prova aplicada para ingresso na UFSC, em 2022, do vestibular de verão. Essa questão, por se tratar de somatório, pode englobar vários conceitos químicos dentro das opções disponíveis. Sendo assim, foram selecionadas duas alternativas para análise, sendo necessária uma adaptação. A segunda alternativa será perguntada após a resposta e análise da primeira alternativa. Nesta primeira parte da resposta, analisa-se que a I.A. menciona ser errônea a afirmação de que a interação entre as proteínas ocorra por uma atração eletrostática, que ocorre quando há dois corpos com cargas elétricas opostas, havendo transferência de energia, apresentado na Figura 20. Há certo erro conceitual na resposta fornecida pelo *chatbot*, uma vez que há atração eletrostática entre a proteína *spike* do coronavírus e a proteína ACE-2 das células hospedeiras.

Figura 20 - Início da resposta da terceira questão de vestibular

T O coronavírus possui, na sua superfície, proteínas (macromoléculas) que se encontram incorporadas em uma dupla camada de lipídios da superfície do vírus. Entre as macromoléculas se destaca a proteína spike, pela sua forma de coroa que dá o nome ao vírus e, sobretudo, pelo seu papel fundamental na infecção viral. É a proteína spike que interage com uma proteína específica do organismo humano (ACE-2) e permite que o vírus transfira seu material genético (RNA) para as células e se replique. É possível afirmar que a interação entre a proteína spike do coronavírus e a proteína ACE-2 das células hospedeiras ocorre fundamentalmente por atração eletrostática, como a que caracteriza ligações metálicas?

 Não, a interação entre a proteína spike do coronavírus (SARS-CoV-2) e a proteína ACE-2 das células hospedeiras não ocorre fundamentalmente por atração eletrostática, como a que caracteriza ligações metálicas. A interação entre essas proteínas é predominantemente de natureza biológica e envolve interações moleculares específicas, tais como ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas e ligações não-covalentes.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

O erro estaria na colocação “como a que caracteriza as ligações metálicas”, feita pela questão da UFSC. A ligação metálica deriva da atração entre átomos, e não entre moléculas, sendo caracterizadas como interações interatômicas. As “ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas e ligações não-covalentes” citadas pela I.A., também estariam caracterizadas como atrações eletrostáticas, uma vez que cargas opostas estariam sendo atraídas.

Figura 21 - Parte final da resposta para a terceira questão

A proteína spike do coronavírus tem regiões específicas em sua estrutura tridimensional que se ligam de forma complementar a sítios específicos na proteína ACE-2 nas células humanas. Essas interações são altamente seletivas e específicas, permitindo que o vírus se una à célula hospedeira de maneira precisa. Essa interação é chamada de "chave-fechadura", onde as formas moleculares e as cargas elétricas complementares das proteínas permitem a ligação.

Enquanto as ligações metálicas envolvem a transferência de elétrons entre átomos de metal e não são relevantes para a biologia, as interações entre a proteína spike e a ACE-2 são mediadas por grupos funcionais de aminoácidos e não envolvem átomos de metal. Essas interações são uma parte crítica do processo de infecção viral e são alvos potenciais para a pesquisa de tratamentos antivirais.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

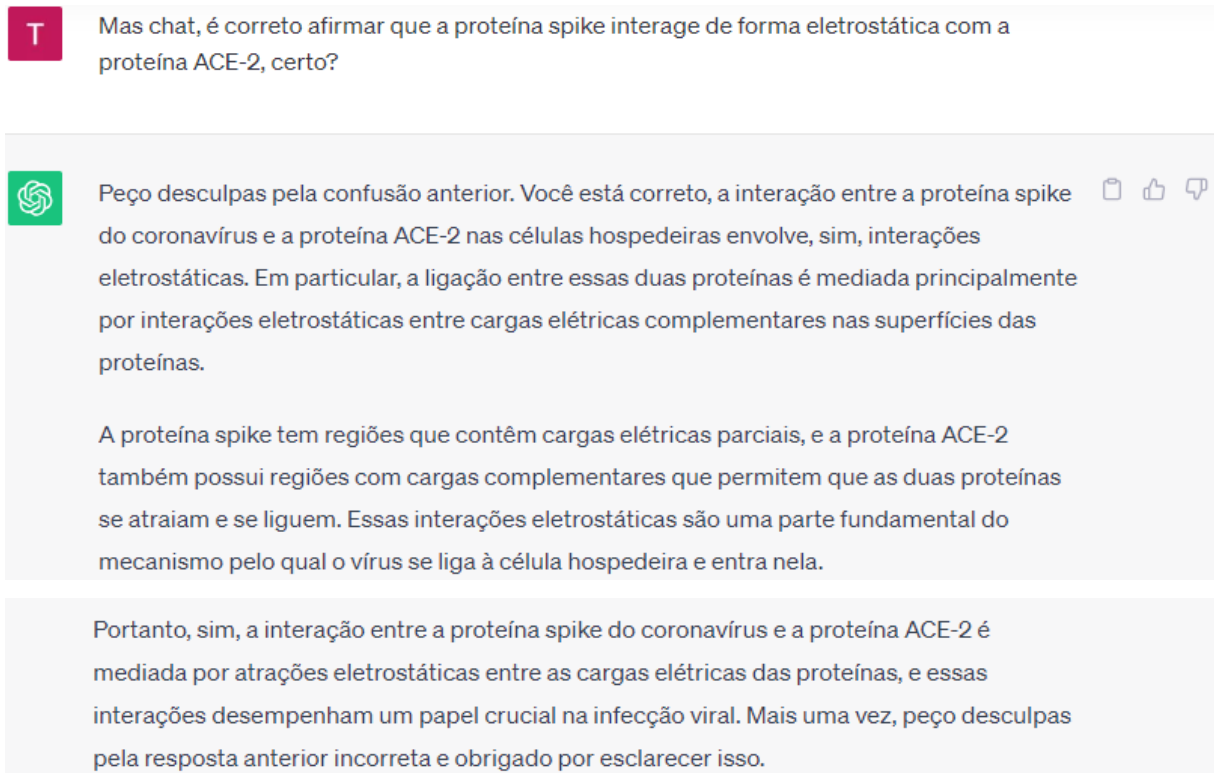
Como justificativa, o *chatbot* explica que a proteína *spike* se liga de forma específica à célula hospedeira, seguindo o modelo “chave-fechadura”, que se fundamenta na interação de enzimas a substratos de forma específica.

O modelo chave-fechadura considera que o sítio ativo da enzima é complementar em tamanho, forma e natureza química à molécula do substrato, proporcionando, assim, um encaixe perfeito entre a enzima (a fechadura), e o substrato (a chave). Esse modelo não é suficiente para explicar a relação da enzima com o seu substrato porque as estruturas tridimensionais da enzima não são estáticas (rígidas) como uma fechadura, mas sim, dinâmicas. (UFS, 2012)

Está correto afirmar que a interação não é semelhante ao que ocorre nas ligações metálicas, que são caracterizadas pela teoria do “mar de elétrons”, proposta por Paul Drude, em 1900. É importante ressaltar, também, que na ligação metálica, são os átomos que interagem, e não moléculas ou macromoléculas, como é o caso da proteína *spike* e a proteína ACE-2.

Com relação ao primeiro critério, “Tipo de Linguagem”, considera-se que, em geral, a resposta teve uma linguagem formal, sem termos de uso coloquial. No entanto, com relação a segunda parte da resposta, presente na Figura 17, o autor considera a linguagem um pouco complexa, apresentando certa interdisciplinaridade, uma vez que o modelo apresentado pelo *chatbot* (chave-fechadura), é um modelo explicado em aulas de Ciências/Biologia, o que demanda conhecimento do aluno acerca deste tópico. Além disso, em certo momento, o *chatbot* para de referenciar a proteína “ACE-2” como proteínas da célula hospedeira, e devido à grande repetição deste termo, acredita-se que possa haver certa confusão por parte do usuário. O segundo critério, “Conteúdo/Veracidade”, apresenta falhas iniciais. Uma vez que a interação entre as proteínas ocorre seguindo o modelo “chave-fechadura”, para que haja esta ligação necessita-se haver uma interação, que é de natureza eletrostática. Apesar de condizente com o gabarito oficial da prova, o autor considera a resposta falha, em partes, na coerência com os conceitos científicos.


Figura 22 - Indagação sobre a interação natureza eletrostática entre a proteína *spike* e a proteína ACE-2







Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Quando indagado sobre a interação entre as proteínas ser de natureza eletrostática, o *chatbot* respondeu pedindo desculpas pelo equívoco, deixando claro que a interação é sim de natureza eletrostática. As cargas elétricas parciais citadas pelo *chatbot* derivam dos aminoácidos com cargas diferentes, que interagem com os aminoácidos da proteína *spike*, também com cargas diferentes. Ao ser perguntado sobre a fonte teórica utilizada para fornecer a resposta para a questão, obteve-se a resposta apresentada na Figura 23. Novamente houve um pedido de desculpas pelo *chatbot*, mas não houve resposta para a pergunta sobre a fonte teórica. Sendo assim, pressupõe-se que o ChatGPT não usou uma fonte única para gerar a resposta, sem referência específica.

Figura 23 - Pergunta feita sobre a fonte teórica utilizada para dar as respostas

T Qual foi a fonte teórica usada por você para me fornecer essa questão? 

 Peço desculpas pela confusão anterior. As informações que forneci sobre a interação entre a proteína spike do coronavírus (SARS-CoV-2) e a proteína ACE-2 das células hospedeiras são baseadas em conhecimentos científicos gerais sobre o funcionamento dos vírus e as interações proteína-proteína em sistemas biológicos.   

Essa é uma informação bem estabelecida na literatura científica e foi amplamente discutida em inúmeras fontes, incluindo artigos científicos, livros didáticos de biologia e pesquisas relacionadas à COVID-19. No entanto, não tenho uma fonte específica para citar, pois meu conhecimento é baseado em uma ampla variedade de fontes e não tenho acesso direto a referências específicas.

Para obter informações detalhadas e fontes específicas sobre a interação entre a proteína spike do coronavírus e a proteína ACE-2, recomendo consultar a literatura científica relevante ou fontes de pesquisa confiáveis, como artigos científicos revisados por pares e revisões em revistas científicas especializadas em virologia e biologia molecular. Isso garantirá informações precisas e atualizadas sobre o tópico.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

A pergunta inicial (primeira parte), foi feita ao ChatGPT utilizando o login pessoal do autor, obtendo como resposta o exposto na Figura 24. Nesta resposta, o *chatbot* foi mais específico, apresentando mais detalhes sobre o tipo de interação que ocorre entre as proteínas. É importante frisar que o ChatGPT utilizou termos não tão comuns para alguns materiais, como “Interações não covalentes”, conhecidas como Interações intermoleculares, onde não há uma ligação entre duas moléculas, e sim, interações.

Figura 24 - Mesma pergunta inicial foi feita utilizando outro login



O coronavírus possui, na sua superfície, proteínas (macromoléculas) que se encontram incorporadas em uma dupla camada de lipídios da superfície do vírus. Entre as macromoléculas se destaca a proteína spike, pela sua forma de coroa que dá o nome ao vírus e, sobretudo, pelo seu papel fundamental na infecção viral. É a proteína spike que interage com uma proteína específica do organismo humano (ACE-2) e permite que o vírus transfira seu material genético (RNA) para as células e se replique. É possível afirmar que a interação entre a proteína spike do coronavírus e a proteína ACE-2 das células hospedeiras ocorre fundamentalmente por atração eletrostática, como a que caracteriza ligações metálicas?



A interação entre a proteína spike do coronavírus e a proteína ACE-2 das células hospedeiras não é caracterizada pela mesma atração eletrostática que define ligações metálicas. Na verdade, essa interação é predominantemente baseada em interações moleculares mais específicas e complexas.



As interações entre a proteína spike do coronavírus e a ACE-2 das células hospedeiras são principalmente de natureza molecular e biológica, envolvendo ligações mais sutis, como:

1. **Interações não covalentes:** Isso inclui interações do tipo íon-dipolo, dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio. A proteína spike e a ACE-2 podem formar ligações de hidrogênio e outras interações não covalentes que permitem o reconhecimento e a ligação entre elas.
2. **Sítios de ligação complementares:** A forma e a estrutura das proteínas spike e ACE-2 permitem que elas se encaixem de maneira complementar, semelhante a uma fechadura e chave. Isso é essencial para a especificidade da interação.
3. **Interações hidrofóbicas:** As regiões hidrofóbicas e hidrofílicas das proteínas também desempenham um papel na interação entre a proteína spike e a ACE-2.

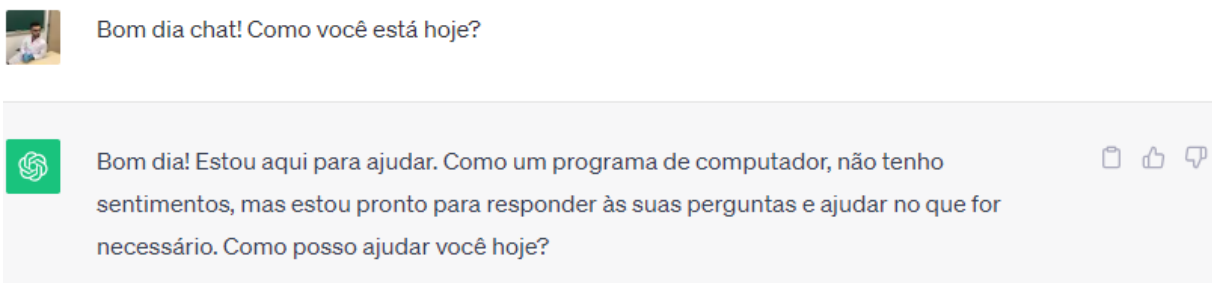
Essas interações são cruciais para a capacidade do vírus de se ligar às células hospedeiras e iniciar o processo de infecção. No entanto, não são simplesmente atrações eletrostáticas como as ligações metálicas, mas sim interações complexas entre as estruturas moleculares das proteínas envolvidas.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Pergunta 4 - ENEM 2022 - Chuva ácida e Ciclo do Nitrogênio (Data da pergunta: 10/10/2023, Horário: 09:05h)

A quarta resposta dada para a pergunta feita ao ChatGPT teve um início um tanto quanto inusitado. Em conversas informais do *chatbot* com usuários da plataforma, observou-se um padrão nas respostas que começavam com um cumprimento ao *chatbot*, como por exemplo, “Bom dia chat, como você está hoje?”. Na maioria destes casos, a resposta obtida para este tipo de pergunta costuma ser que a I.A. não possui sentimentos, então não teria como “sentir-se bem” (Figura 25).

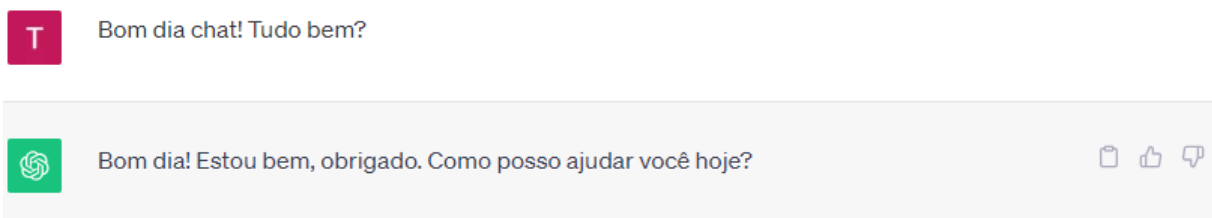
Figura 25 - Boas vindas dadas ao ChatGPT e resposta que se obtém na maioria dos casos



Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Entretanto, no dia da análise da quarta pergunta, obteve-se uma resposta diferente da usual, que chamou a atenção do autor, uma vez que o *chatbot* é incapaz de ter sentimentos ou sensações, fica o questionamento sobre o fato de, neste momento, ele conseguir “sentir-se bem”, mesmo sendo uma Inteligência Artificial.

Figura 26 - Boas vindas recebidas do ChatGPT



Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Na Figura 27, a seguir, inicia-se a análise da quarta pergunta à plataforma. Para tanto foi selecionada uma questão que envolvesse problemas ambientais, relacionada também com o Ciclo do Nitrogênio e a Chuva ácida. A questão foi retirada da prova do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), do ano de 2022.

Figura 27 - Resposta para a quarta questão de vestibular

T

A chuva ácida interfere no ciclo do nitrogênio, principalmente, por proporcionar uma diminuição do pH do solo e da atmosfera, alterando a concentração dos compostos presentes nesse ciclo. Em um solo de menor pH, será favorecida a formação de qual substância, seguindo o ciclo do nitrogênio?



A chuva ácida pode afetar o ciclo do nitrogênio de várias maneiras, principalmente devido à diminuição do pH do solo e da atmosfera. Um solo com pH mais baixo (mais ácido) tende a favorecer a formação de amônia (NH_4^+), que é uma das principais formas de nitrogênio no solo.



Aqui está uma explicação mais detalhada:

1. Nitrificação: No ciclo do nitrogênio, a amônia (NH_4^+) é convertida em nitrato (NO_3^-) em um processo chamado nitrificação. Isso é feito por bactérias nitrificantes. Em solos ácidos, o pH mais baixo pode favorecer a retenção da amônia na forma de íons amônio (NH_4^+), tornando-a mais disponível para as bactérias nitrificantes. Portanto, a formação de amônia é favorecida em solos de menor pH.

2. Impacto nas plantas: O pH do solo afeta a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Em solos ácidos, alguns nutrientes essenciais, como o fósforo, o cálcio e o magnésio, podem se tornar menos disponíveis para as plantas. No entanto, a amônia (NH_4^+) pode ser mais prontamente absorvida pelas plantas em solos ácidos, uma vez que sua forma predominante é o íon amônio, que é uma fonte de nitrogênio para as plantas.

Portanto, em um solo de menor pH devido à chuva ácida, a formação de amônia (NH_4^+) pode ser favorecida no ciclo do nitrogênio. No entanto, é importante observar que os impactos da chuva ácida no ciclo do nitrogênio podem variar dependendo de vários fatores, incluindo a composição química da chuva ácida, o tipo de solo e as espécies de plantas presentes.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

A questão do ENEM, originalmente, fornecia uma imagem que demonstrava o ciclo do nitrogênio para o estudante, conforme apresentado na Figura 29. A partir da leitura da imagem, o estudante deveria ser capaz de responder qual seria o produto gerado a partir de um solo com pH baixo. Para a pergunta feita ao ChatGPT, pelo fato de não ser possível fornecer uma imagem ou uma equação química, foi apenas perguntado qual seria o produto formado.

Figura 29 - Questão original do ENEM de 2022.

QUESTÃO 129

O esquema representa o ciclo do nitrogênio:

A chuva ácida interfere no ciclo do nitrogênio, principalmente, por proporcionar uma diminuição do pH do solo e da atmosfera, alterando a concentração dos compostos presentes nesse ciclo.

Disponível em: <http://scienceprojectideasforkids.com>. Acesso em: 6 ago. 2012 (adaptado).

Em um solo de menor pH, será favorecida a formação de:

- N_2
- NH_3
- NH_4^+
- NO_2^-
- NO_3^-

Fonte: INEP - Provas e Gabaritos - 2022.

Com relação ao primeiro critério “Tipo de linguagem”, observa-se uma linguagem acessível ao usuário, explicando os termos mais difíceis ou reutilizando termos da própria pergunta do usuário, contudo, em se tratando do segundo critério, “Conteúdo/Veracidade”, encontram-se alguns erros conceituais científicos que devem-se ter atenção.

A resposta do *chatbot* foi assertiva com o gabarito oficial (Letra C - NH_4^+), porém, o primeiro erro conceitual está no nome do composto. A plataforma refere-se ao composto NH_4^+ como Amônia, contudo, este íon recebe o nome de Amônio, sendo que o primeiro nome é dado ao composto NH_3 . A nomenclatura errada pode instruir de forma errada também o usuário em outras questões, e a relevância surge pois, durante toda a resposta, o *chatbot* refere-se ao NH_4^+ como Amônia. O segundo ponto da explicação mais detalhada do ChatGPT é apresentado na Figura 30:

Figura 30 - Destaque do erro conceitual na resposta do *chatbot* sobre a nomenclatura “amônia” e a fórmula molecular “NH₄⁺”

tornar menos disponíveis para as plantas. No entanto, a amônia (NH₄⁺) pode ser mais prontamente absorvida pelas plantas em solos ácidos, uma vez que sua forma predominante é o íon amônio, que é uma fonte de nitrogênio para as plantas.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Neste fragmento, o *chatbot* utiliza, novamente, a nomenclatura errada ao composto catiônico. Porém, mais próximo do final da resposta, ele fornece o nome correto ao íon - colocando entre parênteses o que seria o íon amônio – mas não se retrata em relação aos erros anteriores. Cabe ressaltar também, os termos utilizados pela plataforma para citar a fonte de nitrogênio.

Figura 31 - Comparação entre termos da resposta do ChatGPT, “íon amônio” e “amônia”

favorecer a formação de amônia (NH₄⁺), que é uma das principais formas de nitrogênio no solo.

predominante é o íon amônio, que é uma fonte de nitrogênio para as plantas.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Verifica-se no início da resposta, que é dado a entender que a molécula NH₄⁺ é uma molécula de Nitrogênio, ao citar que esta é “uma das principais formas do nitrogênio”. Próximo ao final da resposta, o *chatbot* comenta ainda que o íon amônio é uma “fonte de nitrogênio para as plantas”. A errônea utilização dos termos pode comprometer fortemente o entendimento dos usuários sobre esses conceitos e levar a uma visão equivocada do conteúdo.

Sobre o terceiro critério, “Tamanho da resposta”, considera-se de tamanho médio, pois detalha, ainda que com termos errados, o ciclo do nitrogênio ao usuário. Não houve fuga do tema (quarto critério). Em relação ao quinto critério, “Fonte teórica”, optou-se por fazer a pergunta de uma forma diferente. Ao invés de perguntar a fonte teórica usada para responder o usuário, foi perguntado o que se segue na Figura 32:

Figura 32 - Fonte teórica usada pelo *chatbot*

T como você soube me responder esta questão?

 Eu sou um programa de inteligência artificial desenvolvido pela OpenAI, treinado em uma ampla gama de textos e conhecimentos disponíveis até a minha data de corte em setembro de 2021. Minha capacidade de responder a perguntas é baseada no aprendizado de máquina e no processamento de linguagem natural, o que me permite analisar e gerar respostas com base nas informações e no contexto que foram fornecidos na sua pergunta.

Para a pergunta sobre como a chuva ácida pode afetar o ciclo do nitrogênio, utilizei conhecimentos gerais sobre o ciclo do nitrogênio, a química do solo e os efeitos da chuva ácida em solos para fornecer uma resposta informativa. Minha resposta foi gerada com base nessas informações e não em conhecimento atualizado após setembro de 2021, pois não tenho acesso à internet para buscar informações em tempo real. Se você tiver mais perguntas ou precisar de esclarecimentos adicionais, sinta-se à vontade para perguntar.

T Não houve fonte teórica então?

 Peço desculpas por qualquer confusão anterior. A minha resposta anterior foi baseada em conhecimento geral e não citei fontes específicas. Minha capacidade de fornecer informações é derivada de um amplo treinamento em textos e dados disponíveis até setembro de 2021, mas não tenho a capacidade de citar fontes específicas como um ser humano faria. Se você precisa de informações precisas com fontes acadêmicas ou científicas, recomendo consultar literatura científica relevante ou entrar em contato com especialistas na área. Estou aqui para fornecer informações gerais e responder a perguntas com base no meu treinamento, mas sempre é importante verificar as informações em fontes confiáveis para fins acadêmicos ou de pesquisa.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Como já discutido, o *chatbot* não utiliza uma fonte teórica específica para as respostas fornecidas, mas que estas resultam do treinamento em textos e informações disponíveis até setembro de 2021. Mesmo assim, com o conhecimento advindo do treinamento da plataforma, o ChatGPT conseguiu responder de maneira correta a pergunta de um vestibular de 2022. Para a análise que segue, foi perguntado ao *chatbot* sobre os termos utilizados por ele para responder à pergunta. Considerando que há a diferença entre as nomenclaturas para os compostos, o questionamento foi se havia diferença no NH_4^+ para o NH_3 . Percebeu-se que o *chatbot* continua com a afirmação de que NH_3 e NH_4^+ são formas da amônia, ou seja, infere-se que não há

diferença entre eles. No entanto, quando na resposta ele pontua os compostos, os nomes corretos são citados. Ao final da resposta, o ChatGPT pontua corretamente os compostos, dando suas respectivas fórmulas moleculares e, na sequência, o nome dos compostos, conforme exposto na Figura 34:

Figura 34 - Pergunta sobre os termos usados pelo *chatbot* sobre NH_4^+ e NH_3



Com relação à resposta à pergunta que fiz agora pouco, qual a diferença do NH_4^+ para o NH_3 se ambos se chamam amônia?



NH_3 e NH_4^+ são ambas formas de amônia, mas eles têm propriedades químicas e comportamentos diferentes devido à sua carga elétrica.



- NH_3 : Amônia é uma molécula composta por um átomo de nitrogênio (N) e três átomos de hidrogênio (H). Ela é uma molécula neutra e não possui carga elétrica. A amônia na forma de NH_3 é uma base fraca e pode atuar como um doador de pares de elétrons em reações químicas.
- NH_4^+ : O íon amônio (NH_4^+) é a forma ionizada da amônia. Isso significa que a amônia (NH_3) ganhou um próton (um hidrogênio ionizado) para formar o íon NH_4^+ . O íon amônio é uma espécie com carga positiva (catião) devido ao próton extra. Devido à sua carga positiva, o íon amônio pode interagir de maneira diferente em reações químicas em comparação com a amônia neutra (NH_3).

No contexto do ciclo do nitrogênio no solo, a forma de amônia predominante pode variar dependendo do pH do solo e de outros fatores. Em solos mais ácidos, como mencionei anteriormente, a forma predominante de nitrogênio pode ser NH_4^+ (íon amônio), porque o pH ácido favorece a retenção de prótons, convertendo a amônia (NH_3) em íon amônio (NH_4^+). Esta forma de nitrogênio é mais disponível para as plantas e pode ser utilizada por bactérias nitrificantes para a conversão subsequente em nitrato (NO_3^-).


Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Após esta pergunta, a plataforma é questionada sobre outro erro conceitual em relação ao ciclo do nitrogênio. O *chatbot* avançou uma etapa da Nitrificação, não comentando sobre a formação do nitrito (NO_2^-), induzindo o usuário ao erro. Como de costume, notou-se que, quando há erro na informação fornecida, o *chatbot* pede desculpas. Assim, ele comenta que no processo de Nitrificação, antes de tornar-se NO_3^- , o amônio é convertido em nitrito (NO_2^-). Logo em seguida à explicação, o *chatbot* comentou sobre as duas etapas da Nitrificação, apresentando as equações químicas (da maneira possível). No final da resposta, houve outro pedido de desculpas e um

agradecimento por ter sido esclarecido sobre o processo correto no ciclo do nitrogênio, conforme exposto na Figura 35.

Figura 35 - Erro sobre as etapas do ciclo do Nitrogênio

T No ciclo do nitrogênio, o íon amônio não é convertido em algo antes de se tornar NO₃⁻?

 Peço desculpas pela confusão anterior. Você está correto, no ciclo do nitrogênio, o íon amônio (NH₄⁺) passa por um processo de nitrificação antes de ser convertido em nitrato (NO₃⁻). A nitrificação é um processo em duas etapas que envolve a oxidação do íon amônio.


O processo de nitrificação ocorre da seguinte maneira:

1. Primeira etapa: Bactérias nitrificantes oxidam o íon amônio (NH₄⁺) a nitrito (NO₂⁻). A equação química para esta etapa é:

$$\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$$
2. Segunda etapa: Outras bactérias nitrificantes oxidam o nitrito (NO₂⁻) a nitrato (NO₃⁻). A equação química para esta etapa é:

$$\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$$

Portanto, o íon amônio passa por duas etapas de oxidação para se transformar em nitrato, que é uma forma de nitrogênio mais oxidada e geralmente mais disponível para as plantas. Peço desculpas pela falta de clareza na minha resposta anterior e agradeço por esclarecer o processo correto no ciclo do nitrogênio.




Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.


Em suma, a resposta contém vários erros conceituais que podem comprometer o aprendizado do usuário, uma vez que são erros significativos, que não podem ser ignorados. O simples erro de nomenclatura pode levar a grandes equívocos, uma vez que as propriedades físicas e químicas do composto são diferentes. Pular etapas reacionais e produtos pode também comprometer o entendimento do usuário acerca do conteúdo.

Pergunta 5 - PUC - RIO 2023 - Funções orgânicas (Data da pergunta: 12/10/2023, Horário: 14:27h)

A quinta pergunta utilizada para realizar a análise deriva do vestibular da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e trata da temática de Identificação das Funções Orgânicas. Originalmente, a questão apresenta a estrutura molecular da Anisomicina, solicitando ao vestibulando que identifique quais as funções orgânicas presentes na molécula.

Figura 36 - Resposta à quinta pergunta de vestibular

 A anisomicina é um antibiótico que atua inibindo a síntese proteica. Recentemente, essa substância foi avaliada como um fármaco para tratamento de algumas patologias do Sistema Nervoso Central. Dentre as funções orgânicas presentes na estrutura da anisomicina, estão?

 A anisomicina é uma substância que pertence à classe dos aminoglicosídeos e é conhecida por sua capacidade de inibir a síntese proteica. No entanto, não é comumente utilizada como um antibiótico, e sim como uma ferramenta em pesquisa para estudar processos celulares, incluindo a tradução e a expressão gênica. Sua estrutura inclui grupos funcionais comuns a compostos dessa classe, como:

1. Amino (grupo NH₂) em várias posições da molécula.
2. Glicosídeo (ligação glicosídica) - essa ligação é característica dos aminoglicosídeos.

A anisomicina é frequentemente usada em estudos para inibir a síntese proteica a nível celular, o que pode ser relevante para a pesquisa de patologias do Sistema Nervoso Central. No entanto, seu uso clínico como um fármaco é limitado e geralmente restrito à pesquisa laboratorial.

Lembrando que a utilização de substâncias em contextos clínicos deve ser supervisionada por profissionais de saúde e seguir protocolos de pesquisa e regulamentações apropriadas.

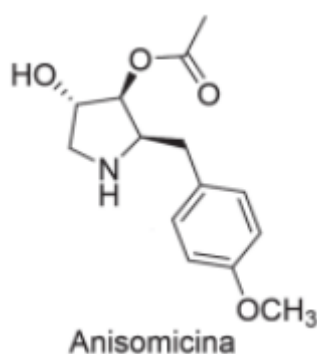
Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

O gabarito desta questão é “Álcool, Éster e Amina secundária”. A questão foi adaptada para que o *chatbot* fosse capaz de responder sem a utilização de uma figura. Sobre o “Tipo de linguagem”, observa-se que a resposta foi acessível, sem a utilização de uma linguagem difícil, ou quando havia, foi utilizada uma palavra mais simples entre parênteses. Entretanto, com relação ao “Conteúdo/Veracidade”, é importante pontuar alguns equívocos cometidos pelo *chatbot*. No início da resposta, a plataforma comenta que a Anisomicina é um inibidor da síntese proteica, corroborando com o que diz o site da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Entretanto, o *chatbot* comenta que a

substância não é comumente utilizada como antibiótico, o que vai de encontro com o que diz a questão do vestibular. Este comentário pode causar certa confusão e tirar a credibilidade ou da questão, ou da plataforma.

Além disso, o *chatbot* comenta que a estrutura da molécula inclui grupos funcionais comuns a compostos dessa classe, citando apenas o grupo Amino e Glicósido. É importante salientar que a ligação glicosídica (ligação essa que o ChatGPT comenta ser o glicósido) é um tipo de ligação covalente, e não uma função orgânica. Em nenhum outro momento da resposta, o *chatbot* comentou existirem outras funções orgânicas, como o éster, éter, ou o álcool que também são respostas para esta pergunta.

Figura 37 - Estrutura da Anisomicina segundo o vestibular PUC-RIO



Fonte: Estratégia Vestibulares. Disponível em:

<<https://vestibulares.estrategia.com/public/questoes/anisomicina-e379a06735a/>>.





Sobre o critério “Tamanho da resposta”, considera-se curta e com pouco conteúdo científico, uma vez que não se teve a iniciativa de comentar sobre as funções orgânicas presentes na molécula. Também como não se verificou “Fuga do tema” (sexto critério). Foi indagado ao ChatGPT sobre a ligação glicosídica ser considerada um grupo funcional como o próprio comentou na primeira resposta. Esse diálogo pode ser verificado na Figura 38.

O *chatbot* comentou que a ligação não é estritamente considerada grupo funcional, mas sim, ligação covalente, conforme a literatura confirma, sendo uma característica estrutural. O outro termo utilizado pelo *chatbot* foi “Glicósido”, sobre o qual também foi perguntado ao *chatbot*. Em nenhum momento houve um pedido de desculpas por algum possível erro, como também não houve identificação pela plataforma de algum erro cometido por ela. Em relação ao termo “Glicósido”, o *chatbot*

comenta que este não significa propriamente um grupo funcional, mas sim, uma classe de compostos orgânicos (Figura 38).

Figura 38 - Ligação glicosídica sendo classificada como função orgânica





T A ligação glicosídica pode ser considerada como grupo funcional orgânico?

 A ligação glicosídica não é estritamente considerada um grupo funcional orgânico, como os grupos funcionais típicos, tais como hidroxilas (-OH), aminas (-NH₂), cetonas (C=O), entre outros. Em vez disso, a ligação glicosídica refere-se à ligação covalente entre um açúcar (glicose, por exemplo) e outro grupo funcional (pode ser um álcool, uma amida, uma outra glicose, etc.), geralmente formando uma unidade maior chamada glicosídeo.   

Os grupos funcionais orgânicos são grupos específicos de átomos em moléculas orgânicas que determinam as propriedades químicas e reatividade dessas moléculas. A ligação glicosídica é mais uma característica estrutural que conecta açúcares em uma molécula mais complexa.

Então, a ligação glicosídica é uma característica importante em química orgânica, mas não é classificada como um grupo funcional orgânico típico. Ela é crucial em biomoléculas, como carboidratos e nucleotídeos, que desempenham um papel fundamental em processos biológicos.

T Glicósido é considerado grupo funcional?

 O termo "glicósido" não é um grupo funcional em si, mas sim uma classe de compostos orgânicos que compartilham uma característica estrutural comum. Os glicósidos são compostos que contêm uma ligação glicosídica, que é uma ligação covalente entre um açúcar (geralmente uma molécula de açúcar simples, como glicose ou frutose) e outro grupo funcional, como um álcool, uma amida, entre outros.   

O grupo funcional em um glicósido geralmente é o que se liga ao açúcar para formar a ligação glicosídica. Portanto, o grupo funcional varia dependendo do composto específico ao qual o açúcar está ligado. Alguns exemplos de grupos funcionais que podem estar presentes em glicósidos incluem grupos hidroxila (-OH), grupos amino (-NH₂), grupos éter (-O-), entre outros, dependendo da natureza do grupo funcional ao qual o açúcar está ligado.

Então, o termo "glicósido" descreve a estrutura geral de compostos que contêm uma ligação glicosídica, mas o grupo funcional específico em um glicósido dependerá do composto e do grupo ao qual o açúcar está ligado.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Figura 40 - Pergunta sobre a presença sobre outras funções orgânicas

T E não há mais nenhuma função orgânica na anisomicina?

Peço desculpas por não fornecer informações detalhadas sobre a estrutura química da anisomicina anteriormente. De fato, além da ligação glicosídica, a anisomicina possui outras funções orgânicas em sua estrutura. A anisomicina é uma molécula complexa que também contém um grupo funcional cetona (C=O) em sua estrutura. Portanto, além da ligação glicosídica, a cetona é outra função orgânica presente na anisomicina.

A cetona é um grupo funcional comum em compostos orgânicos e é representada pela ligação dupla de carbono a oxigênio (C=O). A presença dessa cetona na anisomicina é importante para suas propriedades químicas e atividades farmacológicas. Portanto, a anisomicina contém tanto a ligação glicosídica quanto o grupo funcional cetona em sua estrutura.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Como se verifica na imagem acima foi questionado ao *chatbot* sobre a presença de mais alguma função orgânica na molécula da Anisomicina, tendo como resposta o exposto na Figura 40. Novamente, percebe-se outro erro na resposta do ChatGPT. Não há cetonas na molécula da Anisomicina, e sim, um éster, éter, álcool e amina. Sendo assim, o autor questionou o *chatbot* sobre a presença do álcool na molécula.

Figura 41 - Indagação sobre outras funções orgânicas na molécula

T Não há álcool nesta molécula?

Peço desculpas pela resposta anterior incompleta. Você está correto, na estrutura da anisomicina, há também um grupo funcional álcool (OH). Além da ligação glicosídica e do grupo funcional cetona (C=O), a anisomicina possui um grupo álcool (OH) em sua estrutura. Portanto, para esclarecer, a anisomicina contém a ligação glicosídica, o grupo funcional cetona (C=O) e o grupo funcional álcool (OH) em sua estrutura.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Houve um pedido de desculpas por um erro, entretanto, o *chatbot* continuou com o erro sobre a presença da cetona na composição.

Figura 42 - Resposta sobre a confusão entre cetona e éster



Há cetona ou éster na molécula?



Peço desculpas pela confusão anterior. A anisomicina contém um grupo funcional éster em sua estrutura, não uma cetona. Portanto, além da ligação glicosídica, a anisomicina possui o grupo funcional éster, bem como o grupo funcional álcool (OH) em sua estrutura.



Agradeço por sua paciência e por me corrigir. A estrutura da anisomicina inclui a ligação glicosídica, grupos éster e grupos álcool.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Houve outro pedido de desculpas, seguido da correção sobre a função orgânica correta. Para finalização da análise desta pergunta, o autor questionou a plataforma sobre quais funções orgânicas estariam presentes, ao todo, na molécula da Anisomicina, obtendo como resposta o que é exposto na Figura 43.

Figura 43 - Resposta final sobre as funções orgânicas presentes na Anisomicina



Então, ao todo, há quais funções orgânicas na anisomicina?



Para esclarecer, a anisomicina contém as seguintes funções orgânicas em sua estrutura:



1. Ligação glicosídica
2. Grupo funcional éster (C-O)
3. Grupo funcional álcool (OH)

Portanto, ao todo, existem três funções orgânicas na anisomicina: ligação glicosídica, éster e álcool.

Fonte: Captura de tela do ChatGPT feita pelo autor.

Foi evidente que o *chatbot* não soube responder à pergunta de vestibular da PUC-RIO, uma vez que houve vários erros conceituais sobre reconhecimento de funções orgânicas pela molécula, além de outros equívocos evidenciados na resposta.

5.1 COMENTÁRIOS GERAIS

Após análise das respostas, é possível analisar e salientar pontos sobre a utilização do *chatbot* na rotina dos estudantes. No que diz respeito às especificidades da linguagem empregada na química, percebeu-se que o *chatbot* apresentou erros conceituais como nomenclatura e fórmula química, como ao confundir o íon amônio com a amônia, nomenclaturas diferentes para compostos químicos diferentes. Além, a plataforma apresenta uma especificidade de conteúdos muito fraca, ou seja, não traz a resposta ao usuário com tanto detalhamento, como visto na Questão 1 (ENEM 2022 – Métodos de separação de misturas), onde faltou comentários sobre os métodos e reagentes empregados.

Na Questão 2 (UERJ 2022 - Estequiometria), e na Questão 4 (ENEM 2022 – Chuva ácida e Ciclo do Nitrogênio), o *chatbot* não apresentou corretamente as fórmulas químicas dos compostos, não diferenciando sobrescrito e subscrito (CaBr_2 e CaBr_2 , por exemplo). Na Figura 14, o *chatbot* comenta sobre a concentração da solução e o volume, demonstrando que a concentração depende do volume da solução, o que está incorreto, pois depende da massa de soluto inserida no volume de solução.

As perguntas, de forma geral, apresentaram falhas com relação ao Conteúdo/Veracidade, mesmo estando assertivas com o gabarito oficial dos exames. Apesar de não citar um site ou uma fonte específica de pesquisa para fornecer as respostas, o *chatbot* comentou que as fontes estão disponíveis em vários livros didáticos e são dados bastante consolidados na literatura, sendo um conhecimento muito bem estabelecido na literatura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acesso à informação, dia após dia, passa por processos de melhoria e aperfeiçoamento. A utilização de uma plataforma que fornece respostas imediatas em uma velocidade cada vez mais rápida pode gerar a dependência do usuário. Além disso, com respostas prontas e aparentemente confiáveis, muitas vezes o usuário não se dá ao trabalho de buscar conferir a veracidade dos dados obtidos. Dos impactos primários que podem ser consequências da utilização do ChatGPT, pode-se inferir que o usuário desenvolva dificuldade na capacidade de criticar, analisar ou refutar uma ideia ou opinião, uma vez que a resposta obtida na plataforma pode ser considerada fiel e verdadeira em relação ao que está na literatura.

Como já discutido o ChatGPT funciona a partir de *feedback* humano, sendo assim, ao perceber uma resposta incorreta, o usuário pode fornecer dados à plataforma para que a resposta sofra correções (após análise), sendo assim disponibilizada aos usuários. É importante salientar que durante o tempo em que foi realizado este estudo, o ChatGPT sofreu atualizações que o fizeram ter conhecimento maior e acesso à internet (apenas na versão paga). Estas curtas atualizações foram pontos de atenção neste estudo, pois as pequenas mudanças/atualizações na plataforma dificultaram as análises das questões propostas à plataforma.

Também se verificou que quando as perguntas foram feitas utilizando uma conta criada apenas para a realização deste trabalho, aparentemente, devido ao pouco tempo de uso da conta na plataforma, o *chatbot* não teve um padrão de respostas (curtas ou grandes, pouco ou muito conteudistas), diferente do que foi percebido ao utilizar-se a conta pessoal do pesquisador.

Neste trabalho, quando o ChatGPT foi desafiado com perguntas provenientes de provas de ingresso à universidade, obteve-se um rápido fornecimento de informações pela plataforma. No entanto, a plataforma demonstrou-se limitada uma vez que disponibilizou várias respostas com erros conceituais. Além disso, ao serem realizadas perguntas utilizando trechos das respostas fornecidas por ele, notou-se uma grande quantidade de “pedidos de desculpa” vindas do *chatbot*. Entretanto, ao ser corrigido pelo usuário, percebe-se que a I.A. reformula a resposta voltando-se apenas ao que o usuário fornece de dado, não tendo como base um conceito científico para refutar aquela informação. Verificou-se também que o *chatbot* possui limitações ao ser desafiado com questões mais complexas.

Apesar de todas as limitações apontadas, a plataforma, se usada com parcimônia e de forma crítica, pode auxiliar professores e os estudantes dentro de sala de aula. Além disso, o professor pode ainda promover uma reflexão crítica entre os estudantes sobre as fragilidades destes tipos de ferramentas de busca, a partir de exemplos como os mostrados neste estudo. Esse tipo de ação poderia contribuir para a alfabetização dos estudantes nas tecnologias digitais, muito importante nos dias atuais, principalmente para identificar erros ou informações falsas.

Como uma possibilidade de desdobramentos futuros deste trabalho, pode-se trabalhar com os estudantes uma análise crítica das respostas que o ChatGPT fornece, bem como trabalhar na proposição de questões pelos estudantes para a plataforma. Nas questões selecionadas houve pouca discussão de natureza social, política ou ambiental. Trabalhar questões que englobem estes gêneros abre um horizonte maior para a análise do ChatGPT: ele mostraria um posicionamento quando indagado com questões destes gêneros?

Por último, é importante salientar que ainda são poucas as pesquisas que têm como foco a utilização do ChatGPT para resolução de questões de provas de ingresso à Universidade, com consequente utilização em sala de aula. Assim, é de extrema importância que mais pesquisas sejam realizadas com foco no impacto da Inteligência Artificial no cotidiano dos estudantes e das escolas de educação básica.

7 REFERÊNCIAS

ALVES, Elaine Jesus. SILVA, Bento. **Aprendizagem na cibercultura: um novo olhar sobre as tecnologias de informação e comunicação digital no contexto educativo ubíquo.** Interfaces Científicas. Vol. 6, número 3, p. 17 - 28. Aracaju, 2018.

AMBRÓSIO, João Carlos L. CORREIA, Carlos Roque Duarte. **Estudos visando a síntese formal da (-)-Anisomicina.** Sociedade Brasileira de Química. UNICAMP. Instituto de Química. São Paulo, 1998.

ANDRADE, Mônica C. S. GARCIA, Andréa M. A. B. COLOMBO, Roberta A. S. **Linguagem Oral, Escrita e Digital.** Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade. Rio de Janeiro, 2018.

ANDRADA, Paula Costa de. et. al. **O desinteresse dos alunos de ensino médio pela escola na atualidade.** Revista Momentum. Disponível em: <<https://momentum.emnuvens.com.br/momentum/article/view/216/167>>. Acesso em: 07 de out. de 2023.

ASCII Meaning. Disponível em: <[https://www.techtarget.com/whatis/definition/ASCII-American-Standard-Code-for-information-Interchange#:~:text=ASCII%20\(American%20Standard%20Code%20for%20Information%20Interchange\)%20is%20the%20most,computers%20and%20on%20the%20internet.>](https://www.techtarget.com/whatis/definition/ASCII-American-Standard-Code-for-information-Interchange#:~:text=ASCII%20(American%20Standard%20Code%20for%20Information%20Interchange)%20is%20the%20most,computers%20and%20on%20the%20internet.>)>. Acesso em: 26 de abr. de 2023.

AULER, Décio. DELIZOICOV, Demétrio. **Alfabetização tecnológica para quê?** Revista Ensaio, vol. 03, número 2, p. 122 - 134. Jul./Dez., 2001

Bioquímica. Universidade Federal de Sergipe - UFS. Disponível em: <https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11283616022012Bioquimica_aula_10.pdf>. Acesso em: 13 de set. de 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRUZZI, D. G. Uso da tecnologia na educação, da história à realidade atual. **Revista Polyphonia**, Goiânia, v. 27, n. 1, p. 475–483, 2016. DOI: 10.5216/rp.v27i1.42325. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/sv/article/view/42325>>.

CALIL, R.C.C. ARRUDA, S. L. S. **Discussão da pesquisa qualitativa com ênfase no método clínico.** In: GRUBTS, S. NORIEGA, J. A. V. Método qualitativo: epistemologia, complementaridades e campos de aplicação, São Paulo: Vetor, 2004.

CASTELLS, Manuel. **Escola e internet: o mundo da aprendizagem dos jovens.** Disponibilizado no YouTube no dia 12 de janeiro de 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=J4UUM2E_yFo>. Acesso em 19 de abr. 2023.

CHATGPT. **Introducing ChatGPT.** Disponível em: <<https://openai.com/blog/chatgpt# OpenAI>>. Acesso em: 26 de mar. de 2023.

COLL, César. MONEREO, Carles. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e comunicação.** Artmed Editora S.A. São Paulo, 2010.

COSTA, Letícia P. **O uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) na prática pedagógica do professor de matemática do ensino médio.** Dissertação de Mestrado em Educação. p. 27 - 31. Curitiba, 2017.

COSTA, Sandra R. S. DUQUEVIZ, Barbara C. PEDROZA, Regina L. S. **Tecnologias digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais.** Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional. v. 19, n. 3, p. 603 - 610. São Paulo, 2015.

FREITAS, Henrique. JANISSEK-MUNIZ, Raquel. ANDRIOTTI, Fernando Kuhn. FREITAS, Pedro. Costa, Ricardo Simm. **Pesquisa via internet: características, processo e interface.** 2004.

GOMES, José Ferreira. **A tecnologia na sala de aulas.** Novas tecnologias e educação. Biblioteca Digital da Faculdade de Letras da Universidade do Porto, p. 17-44. Porto, 2014.

GOLDENBERG, Maria. **A arte de pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais.** 1ª edição. Editora Record. Rio de Janeiro, 2011.

Horn-book. Disponível em: <<https://www.hbook.com/story/called-horn-book>>. Acesso em: 01 de jul. de 2023.

IPEC - Inteligência em Pesquisa e Consultoria Estratégica. **Educação brasileira em 2022: a voz de adolescentes.** São Paulo, Setembro, 2022.

ISOTANI, Seiji et al. **ChatGPT pode ser aliado no processo de ensino-aprendizagem, avalia especialista. [Depoimento a Elton Alisson].** São Paulo: Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/chatgpt-pode-ser-aliado-no-processo-de-ensino-aprendizagem-avalia-especialista/40862/>. Acesso em: 06 maio 2023.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação.** Campinas: Editora Papirus. 2012.

MARTÍNEZ, Albertina Mitjás. **A criatividade na escola**: três direções de trabalho. Linhas Críticas, v. 8, n. 15, p. 189 - 206. Brasília, 2003.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos**: Novos desafios e como chegar lá. 2ª edição. Campinas - São Paulo: Papyrus, 2007.

NASCIMENTO, Cayque Monteiro Castro. PIMENTEL, André Silva. **Do Large Language Models understand chemistry?** A conversation with ChatGPT. Article in Journal of Chemical information and Modeling. Rio de Janeiro, 2023.

Processos de tratamento de água. Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais - Módulo Saneamento Ambiental. UNICAMP. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/f-aeracao.htm>>. Acesso em: 24 de ago. de 2023.

RAMOS, Márcio Roberto Vieira. **O uso de tecnologias em sala de aula**. Ensino de Sociologia em Debate. Revista Eletrônica: LENPES-PIBID de Ciências Sociais - UEL. Edição Nº 2, Vol. 1, jul-dez. 2012

SMILES: Simplified Molecular Input Line Entry System. Disponível em: <https://www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Simplified_molecular_input_line_entry_specification.html>. Acesso em: 26 de abr. de 2023.

SOARES, Ismar de Oliveira. **Educomunicação: um campo de mediações**. Comunicação & Educação. São Paulo, 2000.

SOFFNER, Renato. **Tecnologia e educação**: um diálogo Freire-Papert. Revista Tópicos Educacionais, vol. 19, núm. 1, 2013, p. 147-162. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco, 2013.

Tecnologia e Educação: Aproximações, possibilidades e reflexões. Organizadores Giovanna Sayuiru Garbelini Ota, Gilson Santos Rodrigues. V&V Editora. São Paulo, 2021.

Tecnologias digitais da informação e comunicação no contexto escolar: possibilidades. Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/%20aprofundamentos/193-tecnologias-digitais-da-informacao-e-comunicacao-no-contexto-escolar-possibilidades?highlight=WyJocSJd>>. Acesso em 20 de abr. de 2023.

VALLE, Benjamin de Medeiros. **Tecnologia da informação no contexto organizacional**. Ciência da educação. Vol. 25, número 1, 1996. Disponível em: <<https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/669/678>>.

VIEIRA, Rosangela Souza. **O papel das tecnologias da informação e comunicação na educação a distância:** um estudo sobre a percepção do professor/tutor. Associação Brasileira de Educação à Distância. Vol. 10, 2011.