

Investigando o uso da inteligência artificial ChatGPT-3.5 no Ensino de Física

Investigating the use of ChatGPT-3.5 artificial intelligence in Physics Teaching

Investigando el uso de la inteligencia artificial ChatGPT-3.5 en la enseñanza de Física

Allan Ferraz¹
Alex Lino²

Resumo: Esse estudo buscou verificar de forma experimental e qualitativa a viabilidade do ChatGPT-3.5 na resolução de questões e exercícios de física, além de sua aplicabilidade no ensino-aprendizagem. Foi realizado uma revisão da literatura sobre Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e ChatGPT no ensino, utilizando artigos científicos e livros. Avaliou-se a confiabilidade da ferramenta em resolver problemas de física por meio de uma seleção de questões, conceitos, equações e experimentos. Analisaram-se percentuais de acertos e a coerência das respostas, investigando possíveis razões para erros. O estudo oferece detalhes das aplicações da IA no ensino de física e conclui que é necessário conhecimento prévio em Física para usar o ChatGPT-3.5 como ferramenta educacional, dado os erros cometidos pela IA.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. ChatGPT. Ensino de Física. TIC.

Abstract: This work aimed to verify in an experimental and qualitative form the viability of ChatGPT-3.5 in solving physics questions and exercises, in addition to its applicability in teaching-learning. A literature review was conducted on Information and Communication Technologies (ICT) and ChatGPT in teaching, using scientific articles and books. AI's reliability in solving physics problems was evaluated using a selection of questions, concepts, equations and experiments. Percentages of correct answers and the coherence of responses were analyzed, investigating possible reasons for errors. The study offers details of the applications of ChatGPT-3.5 in physics teaching and concludes that it is necessary to have prior knowledge in Physics to use AI as an educational tool, given the errors made by it.

Keywords: Artificial intelligence. ChatGPT. Physics Teaching. ICT.

Resumen: Este trabajo buscó verificar de forma experimental y cualitativa la viabilidad del ChatGPT-3.5 en resolución de cuestiones y ejercicios de física, además de su aplicabilidad en la enseñanza-aprendizaje. Se realizó una revisión de la literatura sobre Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y ChatGPT en la docencia, utilizando artículos y libros científicos. La confiabilidad de la IA para resolver problemas de física se evaluó utilizando una selección de preguntas, conceptos, ecuaciones, experimentos. Se analizaron los porcentajes de respuestas correctas, investigando posibles motivos de los errores. El estudio ofrece detalles de las aplicaciones del IA en la enseñanza de la física y concluye que es necesario tener conocimientos previos en Física para utilizarlo como herramienta educativa.

Palabras-clave: Inteligencia artificial. ChatGPT. Enseñanza de Física. TIC.

Submetido 08/08/2024

Aceito 13/11/2024

Publicado 07/01/2025

¹ Graduando em Licenciatura em Física. Instituto Federal de São Paulo – IFSP, campus Caraguatatuba. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9237-2535> E-mail: allan.ferraz@aluno.ifsp.edu.br

² Doutor em Educação para a Ciência pela UEM. Professor do Instituto Federal de São Paulo – IFSP, campus Caraguatatuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9517>. E-mail: alex.lino@ifsp.edu.br

Considerações Iniciais

A crise do Ensino de Física tornou-se uma preocupação por parte dos pesquisadores da área de educação em ciências. De acordo com Moreira (2018), o que contribui para esse problema educacional são as práticas que estimulam a memorização e a aprendizagem mecânica, a repetição da lição em sala de aula, a descontextualização e a não problematização dos conteúdos científicos; o foco na resolução de exercícios com estímulo, a excessiva utilização de “fórmulas”, entre outros.

A área de Ciências, atualmente, tem sofrido muitos questionamentos, pois estudos e pesquisas apontam que está ocorrendo uma crise no seu ensino. Conforme o Programa Internacional para a Avaliação de Alunos (*Programme for International Student Assessment – PISA*), que é uma avaliação internacional que mede o nível educacional de jovens de 15 anos por meio de avaliações, entre elas, o de Ciências, o desempenho dos estudantes brasileiros é insatisfatório, ficando entre os países com desempenho mais baixo. Segundo essa avaliação, o desempenho geral do Brasil em Ciências, pode ser comparado a países como Tunísia, Indonésia, Argentina e Colômbia (Bertusso et al., 2020, p. 4).

Sobre a crise no Ensino de Ciências, muitas pesquisas têm sido realizadas há pelo menos 40 anos no Brasil, com o principal objetivo de contribuir para uma melhor educação em ciências e apresentar possíveis soluções a esses problemas (Moreira, 2018).

Apesar da existência dessas pesquisas, com frequência, esse conhecimento gerado dentro das universidades, em cursos de graduação e pós-graduação, não chega às escolas, e não são aplicados na prática pelos professores de Física. Isso contribui para a persistência dos problemas educacionais enfrentados pelo Ensino de Ciências.

Para modificar essa realidade, acreditamos ser necessário atacar o problema educacional relacionado à crise do Ensino de Física por meio de pesquisas que contribuam com metodologias contemporâneas de ensino-aprendizagem, utilizando tecnologias de informação que os estudantes e professores tenham acesso e façam parte da realidade do sistema educacional básico.

Nesse contexto, ainda segundo Moreira (2018), as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) deveriam estar mais presentes nas aulas de Física, mas isso não acontece. Como dito anteriormente, os conteúdos ainda são trabalhados de maneira expositiva, listas de exercícios em excesso, utilização dos livros texto ou apostilas como única fonte de

conhecimento, desatualização dos conteúdos (a Física Moderna e Contemporânea é pouco estudada nos níveis de Ensino Básico), aprendizagem por meio de matematização excessiva com fórmulas para serem decoradas pelos estudantes, e as avaliações tradicionais que não valorizam e nem fazem compreender o erro dos alunos.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) traz como uma de suas competências específicas para o Ensino de Ciências da Natureza o de

Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética (Brasil, 2018, p. 324).

Devemos levar em consideração que grande parte dos professores (nascidos antes da década de 1980) passaram grande tempo de suas vidas relacionadas a um mundo de tecnologias analógicas, o que justifica as dificuldades que enfrentam com as demandas da contemporaneidade e a compreensão de que os recursos digitais e tecnológicos são extremamente necessários para a juventude, e, portanto, necessários para o mundo educacional (Bertusso, 2020; Coelho, 2018). Prensky (2001) afirma que nossos instrutores são como Imigrantes Digitais, que falam uma linguagem desatualizada (a linguagem da era pré-digital), e que estão lutando para ensinar uma população que fala uma linguagem digital inteiramente nova.

Os professores dessas novas gerações, que habitualmente estão imersos em recursos tecnológicos, devem se aperfeiçoar e se tornarem gestores do processo de aprendizagem, pois além de dominarem as competências tradicionais, necessitarão ter domínio das tecnologias digitais fazendo a aplicação desses recursos em suas metodologias, fortalecendo os processos de aprendizagem e integrando esses recursos como um modo facilitador de apropriação do conhecimento (Bertusso et al., 2020, p. 3).

Sabemos que o computador ou os celulares e a *internet* estão presentes na vida dos estudantes. Podem ser consideradas poderosas ferramentas para o auxílio no desenvolvimento cognitivo dos alunos, e, portanto, utilizadas no processo de ensino-aprendizagem. É claro que sua utilização deve propiciar um ambiente facilitador e que permita a construção do conhecimento para os estudantes e professores de forma adequada ao conteúdo trabalhado. As TIC ainda podem estar presentes nas simulações de computadores que permitem a exploração

e visualização de modelos físicos mais complexos; nos Objetos Virtuais de Aprendizagem que podem estar em forma de imagens, sons, vídeos, animações, gráficos etc. (Vaniel; Heckler; Araújo, 2011); e atualmente temos as Inteligências Artificiais, como o ChatGPT por exemplo, que pode ser um aliado no processo de ensino-aprendizagem desde que utilizado de maneira planejada e orientada pelo professor (Isotani, 2023).

Dito isso, uma preocupação atual entre os educadores é a utilização indevida dessa Inteligência Artificial aberta no ensino, pois pode ser manejada de forma prejudicial pelos estudantes na elaboração de textos, na realização de tarefas e pesquisas escolares; de forma a burlarem o processo de ensino-aprendizagem, podendo degradar o valor de um diploma (Kortemeyer, 2023).

Sabendo que a crescente utilização de TIC nas escolas é inevitável, (desde a integração do computador nas escolas e universidades particulares no começo da década de 1980 (Tavares, 2002), e mais recente, o uso do celular em sala de aula) a escola não deve ver essa tecnologia como uma ameaça, e nem o professor pensar nela como um substituto, mas sim, como uma ferramenta capaz de melhorar e facilitar o ensino ao aproximar o aluno da matéria. Ferramentas essas que fazem parte do uso diário como: computador, *smartphone*, *tablet*, *internet*, câmera digital, entre outros equipamentos, vêm dia após dia sendo essenciais na vida dos jovens (Dourado et al., 2015).

Segundo Sancho (2006), o maior obstáculo para a incorporação eficiente das TIC no ensino é a escola como instituição ou mesmo o professor estarem presos ainda ao ensino tradicional. Mas como sabemos, as TIC tiveram papel principal no ensino, nos recentes eventos da pandemia de Covid-19 de 2020 até 2022, sendo elas a principal plataforma para as aulas *online*, fazendo com que todas instituições e docentes, não só do Brasil, mas do mundo, se adaptassem ao uso das TIC.

A Física, por sua vez, é uma matéria experimental, mas nem todas as escolas possuem laboratórios e equipamentos importantes para realização dos experimentos necessários para as aulas dessa natureza (Veronez; 2015). Esse problema, por vez, pode ser amenizado, ou até mesmo solucionado pelo uso de simuladores em sala de aula, uma vez que o professor e os alunos se familiarizem com os diversos sites gratuitos de simuladores; experimentos complexos podem ser reproduzidos em sala de aula, pelo celular, *tablet* ou computador. Sites de simulador, tais como: phet.colorado.edu, vascak.cz, laboratoriovirtual.fisica.ufc.br, oferecem uma

variedade de experimentos, envolvendo elétrica, mecânica clássica, óptica, ondulatória, termodinâmica, e até mesmo física moderna, que podem ser aplicados em sala de aula.

Por conta da notoriedade e importância do tema, muitas pesquisas têm sido realizadas desde o final da década passada, quando as IAs começaram a ser utilizadas com mais frequência no campo educacional. Como exemplo, podemos citar Chassignol et al. (2018), que fornecem uma visão geral das aplicações de IA no contexto educacional, como a criação de laboratórios virtuais e o suporte para melhorar a eficiência e a qualidade do ensino, destacando que é necessário adicioná-los ao processo de estudo tradicional, em vez de uma substituição total. Zawacki-Richter et al. (2019) fazem uma revisão sistemática sobre como a IA é aplicada no ensino superior, destacando a fraca relação com as perspectivas teóricas pedagógicas e a exploração de abordagens éticas e educacionais.

As IAs podem fornecer ambientes de aprendizado personalizado, melhorando a qualidade do processo educacional, dando, até mesmo, oportunidades para que estudantes com necessidades educativas especiais tenham um ensino mais inclusivo (Júnior et al., 2023). Podemos destacar a utilização de tradutores automáticos, assistentes de leitura e *softwares* que adaptam a comunicação. Os professores podem utilizar a IA para adaptar os conteúdos educacionais às necessidades dos alunos, desenvolvendo planos de estudo mais individualizados (Chassignol et al., 2018).

No Ensino de Ciências, a utilização da IA se destaca por poder promover uma experiência de aprendizado mais interativa ao estudante. Simuladores e laboratórios virtuais podem ser desenvolvidos com auxílio da IA (Júnior et al., 2023) para que os estudantes realizem experimentos científicos em ambientes seguros e controlados e sem necessidade de laboratórios estruturados com equipamentos físicos complexos.

No Ensino de Física, López-Simó e Júnior (2024) realizaram um trabalho com a intenção de verificar como a correção e a variabilidade das respostas fornecidas pelo ChatGPT são afetadas pelo tipo de questão. Os autores afirmam que IAs, como o ChatGPT, são poderosas ferramentas que podem contribuir significativamente com a educação, no entanto alertam que se deve ter cautela em sua utilização, pois seu desempenho depende do tipo de pergunta, podendo falhar em questões de raciocínio conceitual ou de estimativa.

Com a introdução da nova tecnologia de IA, o ChatGPT ganhou notoriedade ao alcançar uma base de usuários de 100 milhões em apenas dois meses (Hu, 2023). Dentro desse

contingente de usuários, destaca-se a significativa presença de estudantes que empregam a ferramenta para propósitos educacionais, como a realização de trabalhos e tarefas acadêmicas. Os educadores, por sua vez, necessitam familiarizarem-se com a plataforma, compreendendo tanto seus benefícios quanto suas possíveis desvantagens, bem como avaliando seu potencial de contribuição ao processo de ensino-aprendizagem. A presença consolidada da ferramenta no ambiente escolar ressalta a importância de pesquisas destinadas a analisar e delinear seu potencial uso educacional.

O ChatGPT-3.5 é uma inteligência artificial criada pela empresa OpenIA, atualmente (2023) em sua versão 3.5. Sigla para “*chat generative pre-trained transformer*” em português: transformador previamente treinado gerador de conversas. De acordo com a própria empresa OpenIA, o ChatGPT é um *Chatbot*, ou um robô de conversação, que utiliza dados da internet como banco de dados, limitado para eventos ocorridos até 2021, como o próprio ChatGPT avisa (verificado em outubro de 2023), com o diferencial de passar por um processo de aprendizado por reforço supervisionado, e com habilidade de lembrar informações anteriores da conversa, para mantê-la mais concisa.

Em uma simulação realizada pelo DeltaFolha (Diaz, 2023), o ChatGPT versão 3.5 respondeu às questões do Enem das provas realizadas entre 2017 e 2021 e, apesar de se sair bem na área de humanas (cerca de 95,3% de acertos), o ChatGPT acertou entre 13,6% e 27,3% na área de matemática. Em Ciências da Natureza, apesar de pontuar acima da média dos candidatos, a categoria foi a que teve maior variação das notas da IA em relação às provas dos anos de 2017 a 2021. Uma pesquisa realizada por Nunes et al. (2023) chegou a resultados semelhantes, mostrando certa eficácia da IA para solução de questões do exame nacional. Após a pesquisa, os autores ainda incentivam sua utilização como ferramenta educacional, pois pode ajudar os alunos a melhorarem a compreensão de conceitos complexos e auxiliar os professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem (Nunes et al., 2023).

Diante da imperativa adaptação às inovações tecnológicas no ambiente educacional, aliada à necessária consideração dos riscos inerentes a tais transformações, urge uma avaliação crítica e técnica da aptidão do ChatGPT-3.5 em abordar questionamentos relacionados às disciplinas de exatas, particularmente no campo da Física. O escopo deste estudo compreende a construção de um banco de dados, englobando questionamentos e conceitos específicos da

Física, respondidos pelo ChatGPT-3.5, visando a análise meticulosa de sua eficácia, identificando potenciais equívocos e explorando aplicações viáveis no contexto educacional.

Metodologia

A metodologia adotada na pesquisa segue uma abordagem qualitativa, alicerçada em uma análise experimental de natureza básica. A opção por essa metodologia qualitativa justifica-se pela necessidade de uma compreensão aprofundada das respostas fornecidas pelo CHATGPT-3.5, bem como pela investigação de seu processo de geração de respostas e pela possível categorização dos erros identificados ao longo da interação (Günther, 2006).

O método de pesquisa foi dividido em quatro categorias: análise de questões de Física (algébricas e conceituais), explicações de conceitos de Física, formulação de equações de Física e proposição de experimentos de Física. Essa segmentação foi realizada com o intuito de possibilitar uma análise detalhada dos diversos usos do ChatGPT-3.5 em diferentes contextos, permitindo uma avaliação mais precisa de seu desempenho em cada área específica.

Para a fase de coleta de dados das questões, foram escolhidas 40 questões de Física provenientes de diversas fontes, incluindo provas anteriores do ENEM e sites como "todamateria.com.br/" e "brasilecola.uol.com.br/", (sites comumente utilizados por estudantes do ensino médio para estudar e que além de ter um ótimo acervo de questões de física focados para o ensino médio, contém também as soluções e resoluções das questões), como podemos ver no exemplo da Figura 1. Essas questões foram subdivididas em duas categorias distintas: vinte questões de natureza conceitual (sem necessidade de algebrismo para sua resolução) e outras vinte questões algébricas (questões que exigem auxílio matemático para sua resolução). Em seguida, solicitou-se ao ChatGPT-3.5 gerar 10 respostas para cada uma das 40 questões selecionadas. O uso de 10 respostas por questão visa avaliar a consistência das respostas fornecidas pela IA. O objetivo é verificar se a IA mantém respostas coerentes (ou similares) para uma mesma questão ou se apresenta variações aleatórias, com acertos e erros distribuídos de forma inconsistente. E tendo cada resposta gerada como se fosse a primeira, para que respostas anteriores não afetassem o resultado (para isso, o histórico da ferramenta foi limpo entre cada uma das 10 respostas de cada questão).

Os critérios de seleção pautaram-se na ausência da necessidade de interpretação de imagens ou gráficos, na natureza física das questões e na incorporação de conteúdo pertinente ao ensino médio.

No caso das questões algébricas, foram removidas as alternativas de respostas associadas às perguntas.

Após essa etapa, o resultado foi a obtenção de 400 dados para análise, sendo elas 10 respostas do ChatGPT-3.5 para cada uma das 40 questões, dentre as quais 20 questões eram conceituais e 20 questões algébricas.

FIGURA 1. Imagem da 7^o questão.

Questão 107

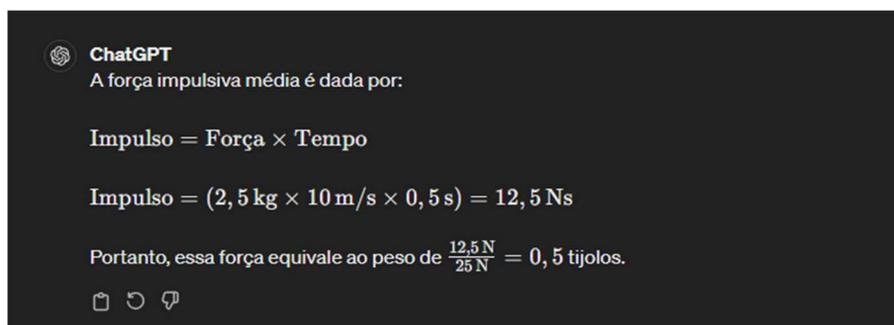
Em qualquer obra de construção civil é fundamental a utilização de equipamentos de proteção individual, tal como capacetes. Por exemplo, a queda livre de um tijolo de massa 2,5 kg de uma altura de 5 m, cujo impacto contra um capacete pode durar até 0,5 s, resulta em uma força impulsiva média maior do que o peso do tijolo. Suponha que a aceleração gravitacional seja 10 m s^{-2} e que o efeito de resistência do ar seja desprezível.

A força impulsiva média gerada por esse impacto equivale ao peso de quantos tijolos iguais?

Fonte: ENEM (2019, caderno amarelo)

A Figura 1 apresenta um exemplo das 40 questões de Física fornecidas ao ChatGPT-3.5, destacando especificamente a sétima questão de natureza algébrica. As alternativas de respostas foram removidas para fins de análise. A questão foi extraída da prova do ENEM de 2019.

FIGURA 2. Exemplo de uma das respostas fornecidas pelo ChatGPT-3.5 para a 7^o questão.



Fonte: ChatGPT-3.5 (2023)

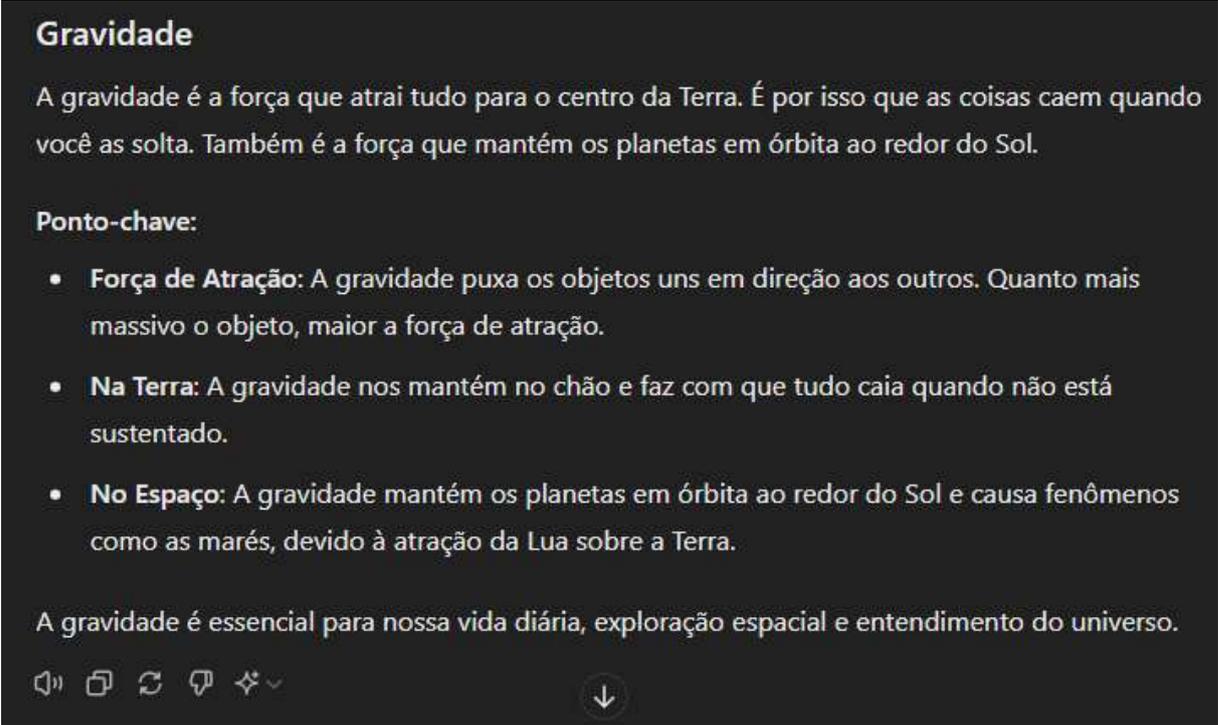
A Figura 2 ilustra uma das dez respostas fornecidas pelo ChatGPT-3.5 para a sétima questão algébrica apresentada na Figura 1. Nesta figura, é possível observar a abordagem simplificada empregada pelo modelo para resolver a questão. Após obtermos as respostas, elas foram analisadas e categorizadas em acertos e erros.

Sabendo que ele pode fazer mais do que só responder questões, também analisamos sua capacidade de explicar conceitos simples e complexos de Física.

Foi solicitado à IA que explicasse 11 conceitos, sendo eles: força, conservação de quantidade de movimento, energia (na forma de trabalho), diferença entre calor e temperatura, as leis da termodinâmica, corrente elétrica, indução eletromagnética, ondas sonoras, difração e reflexão de uma onda, gravidade e relatividade.

Cada conceito foi apresentado ao ChatGPT-3.5 com a seguinte frase: "Explique para uma sala de ensino médio os conceitos físicos da [conceito]". E obtido assim a resposta do ChatGPT-3.5 para cada conceito mencionado anteriormente, podemos ver o exemplo de resposta fornecida pela IA na Figura 3.

FIGURA 3. Resposta fornecidas pelo ChatGPT-3.5 para o conceito da gravidade.



Gravidade

A gravidade é a força que atrai tudo para o centro da Terra. É por isso que as coisas caem quando você as solta. Também é a força que mantém os planetas em órbita ao redor do Sol.

Ponto-chave:

- **Força de Atração:** A gravidade puxa os objetos uns em direção aos outros. Quanto mais massivo o objeto, maior a força de atração.
- **Na Terra:** A gravidade nos mantém no chão e faz com que tudo caia quando não está sustentado.
- **No Espaço:** A gravidade mantém os planetas em órbita ao redor do Sol e causa fenômenos como as marés, devido à atração da Lua sobre a Terra.

A gravidade é essencial para nossa vida diária, exploração espacial e entendimento do universo.

⏪ 📄 ↻ 🔊 ✨ ⌵

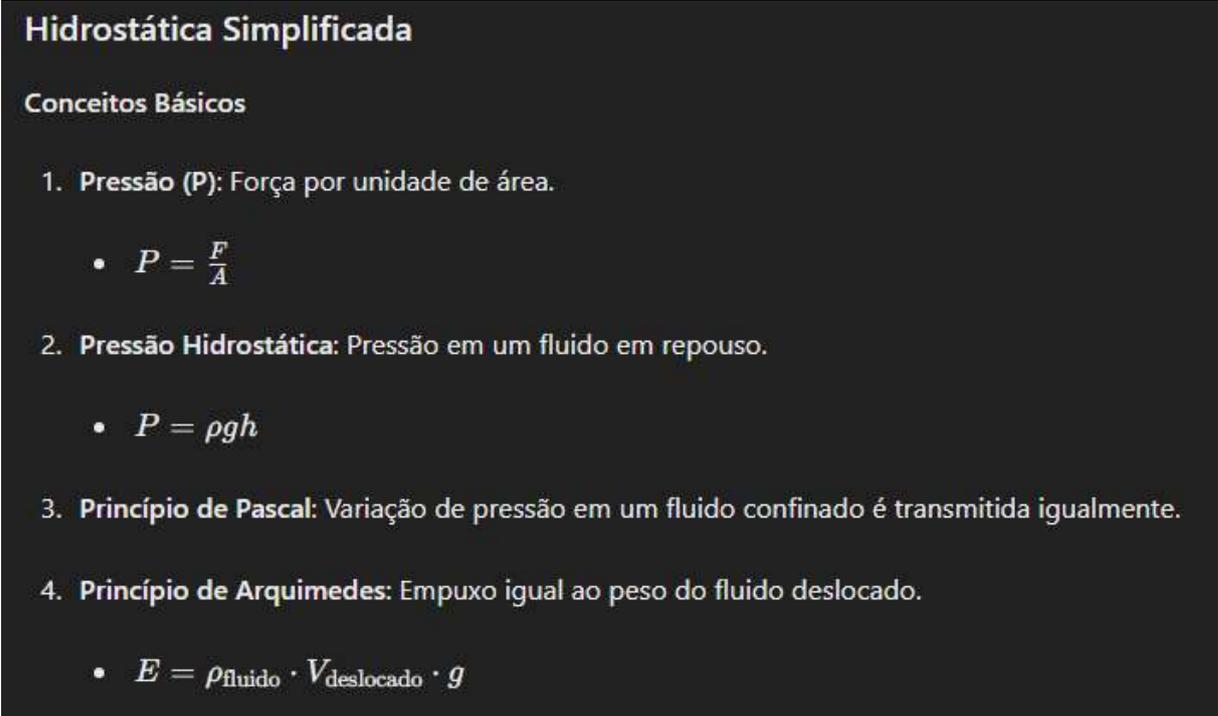
Fonte: ChatGPT-3.5 (2023)

A Figura 3 exibe a resposta fornecida pelo ChatGPT-3.5 à solicitação de "Explique para uma sala de ensino médio os conceitos físicos da gravidade". Nesta figura, é possível observar a explicação concisa e os exemplos utilizados pelo modelo para tornar o conceito acessível de maneira simplificada.

Foi solicitado ao ChatGPT-3.5 que fornecesse três explicações para cada pergunta proposta, com o objetivo de avaliar sua capacidade de transmitir corretamente diversos conceitos de Física.

Logo após, foi solicitado ao ChatGPT-3.5 que fornecesse com precisão diferentes equações físicas. A análise foi conduzida mediante solicitações específicas para as áreas de: mecânica clássica, hidrostática, hidrodinâmica, eletrostática, eletromagnetismo, ondulatória e termodinâmica. As requisições foram feitas individualmente ao ChatGPT-3.5, permitindo uma avaliação minuciosa da sua habilidade em fornecer equações físicas ("fórmulas") de maneira precisa e confiável para cada uma das áreas mencionadas.

FIGURA 4. Exemplo de uma das respostas fornecidas pelo ChatGPT-3.5 para o formulário de hidrostática.



Hidrostática Simplificada

Conceitos Básicos

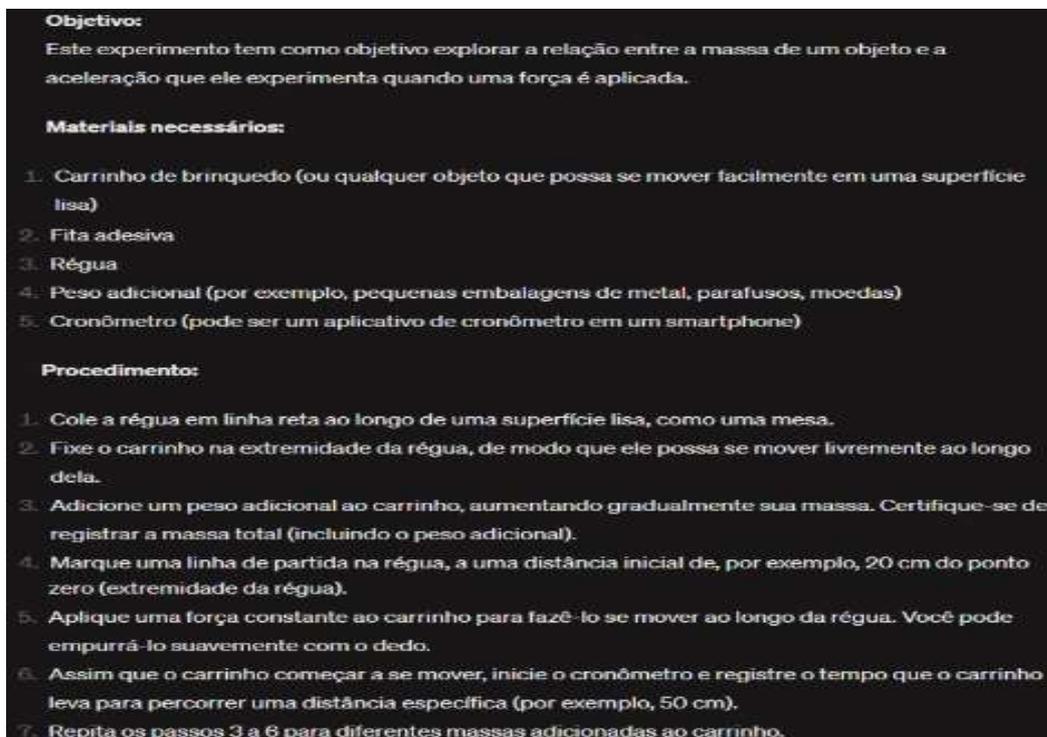
- Pressão (P):** Força por unidade de área.
 - $P = \frac{F}{A}$
- Pressão Hidrostática:** Pressão em um fluido em repouso.
 - $P = \rho gh$
- Princípio de Pascal:** Variação de pressão em um fluido confinado é transmitida igualmente.
- Princípio de Arquimedes:** Empuxo igual ao peso do fluido deslocado.
 - $E = \rho_{\text{fluido}} \cdot V_{\text{deslocado}} \cdot g$

Fonte: ChatGPT-3.5 (2023)

A Figura 4 apresenta o formulário elaborado pelo ChatGPT-3.5 sobre o tema de hidrostática, incluindo quatro das equações mais utilizadas na hidrostática básica. O formulário contém o nome de cada equação e uma breve explicação de sua aplicação. Após a coleta dos formulários, os dados foram analisados para identificar possíveis erros ou informações incorretas.

Por fim, foi requisitado ao ChatGPT-3.5 que elaborasse experimentos práticos envolvendo alguns conceitos da Física, utilizando materiais facilmente acessíveis em nosso cotidiano. Os conceitos escolhidos para os experimentos foram: mecânica clássica, termodinâmica, óptica, ondulatória e eletromagnetismo. De maneira análoga à abordagem para explicação de conceitos, cada experimento foi apresentado de forma sequencial ao ChatGPT-3.5, com a instrução: "Crie para mim um experimento de física, destinado à realização em uma sala de aula do ensino médio, utilizando materiais acessíveis, com foco no tema [Tema selecionado]."

FIGURA 5. Exemplo de uma das respostas fornecidas pelo ChatGPT-3.5 para o Experimento de mecânica.



Fonte: ChatGPT-3.5 (2023)

A Figura 5 exibe um dos experimentos elaborados pelo ChatGPT-3.5 com o tema de mecânica. Neste experimento, o modelo propôs uma investigação que relaciona a massa de um objeto com sua aceleração quando uma força é aplicada, considerando a limitação de materiais acessíveis especificada. Após a coleta dos experimentos propostos, foram realizadas análises para identificar possíveis erros e avaliar a viabilidade dos experimentos.

Análise dos Dados e Resultados

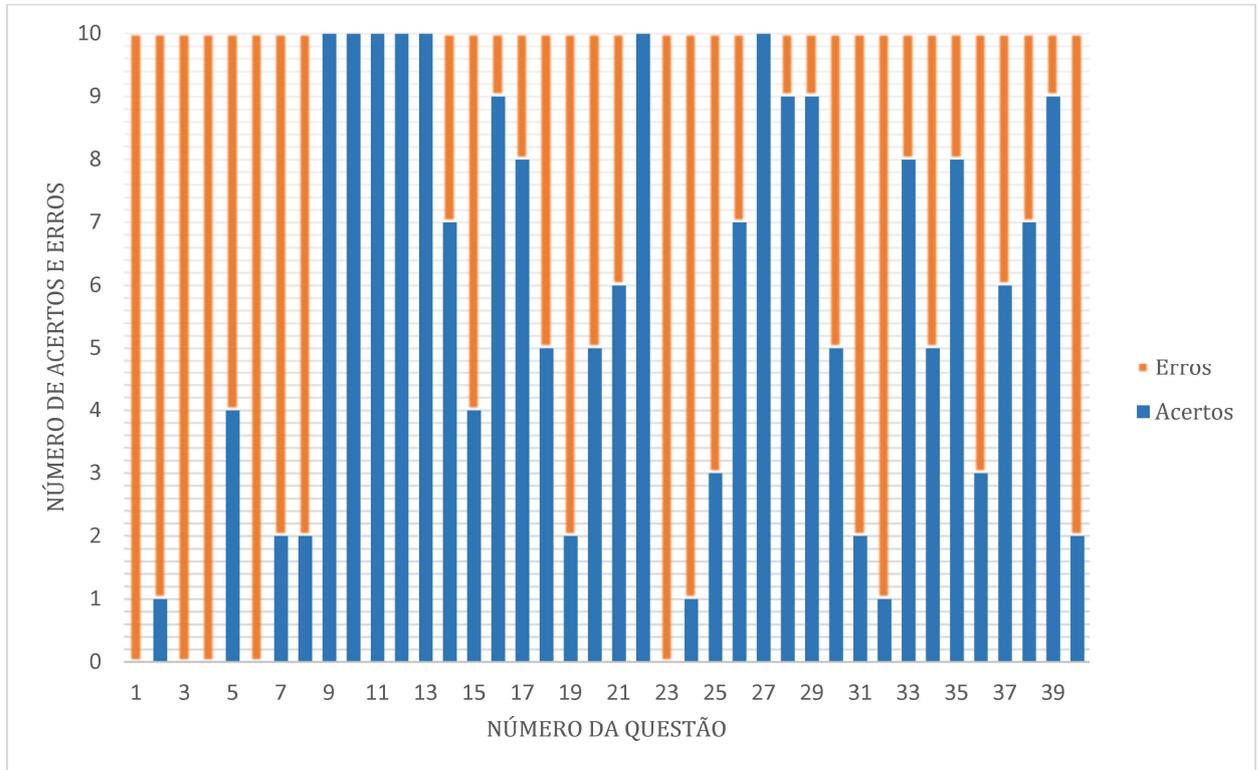
Uma vez que todos os dados foram coletados, a análise foi organizada em cinco partes distintas:

- **Análise das questões:** Incluindo tanto questões de natureza conceitual quanto algébrica.
- **Análise dos conceitos:** Avaliação das explicações fornecidas sobre os conceitos físicos.
- **Análise das equações físicas:** Revisão das fórmulas e equações propostas pelo modelo.
- **Análise dos experimentos:** Avaliação dos experimentos sugeridos para verificar sua viabilidade e precisão.
- **Por último,** foram examinados e categorizados os erros cometidos pelo ChatGPT-3.5, além de investigar os possíveis motivos subjacentes a esses erros.

Análise das questões:

A análise inicial foi feita com os 400 dados obtidos nas questões (questões de natureza conceitual e algébricas), na qual foi criado o Gráfico 1, em que podemos verificar quantas vezes o ChatGPT acertou e errou cada pergunta.

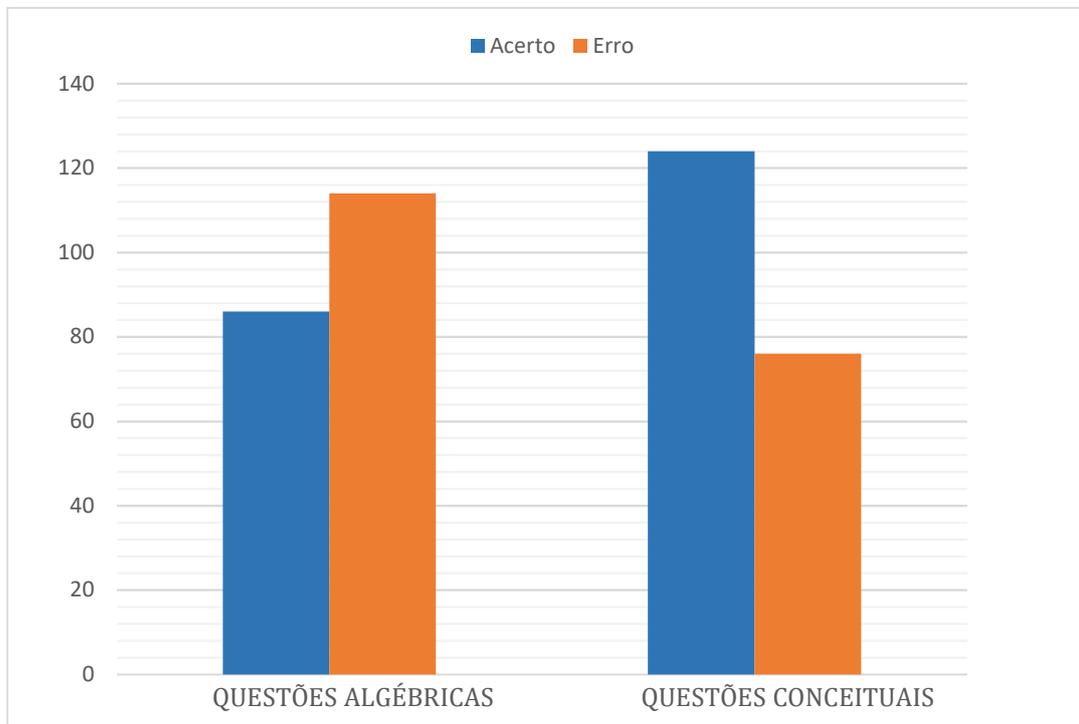
Gráfico 1: Taxa de acerto e erro do ChatGPT por questão.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Analisando o Gráfico 1, vemos que das 400 questões, o ChatGPT acertou 210 e errou 190. E podemos ver também, que a maior parte dos acertos foram entre as questões conceituais, e devido a isso, foi feito o Gráfico 2, que separa as questões pelos dois tipos selecionados.

Gráfico 2: Taxa de acerto e erro por tipo de questão.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O Gráfico 2 proporciona uma visão mais nítida, evidenciando que o ChatGPT obteve uma taxa de acerto superior em questões conceituais (62%) em comparação com as questões que necessitavam de algum tipo de algebrismo (43%). Que confere com o estudo de López-Simó e Júnior (2024), que diz que a eficácia da IA, varia de acordo com o tipo de pergunta apresentado a ela.

Com base nos dados consolidados, observamos uma taxa total de acerto de 52% (210 respostas corretas) em relação a 48% de respostas incorretas (190 respostas). Essa análise inicial sugere que, embora o ChatGPT-3.5 apresente um número maior de respostas corretas do que incorretas, sua eficácia como ferramenta pedagógica em resolução de exercícios parece questionável.

Verificamos que as respostas fornecidas pelo ChatGPT-3.5 para questões com resultados positivos mantiveram-se consistentes, apresentando cálculos e explicações similares. No entanto, nas questões em que houve alternância entre acertos e erros, a sequência entre respostas corretas e incorretas ocorreu de forma totalmente aleatória.

Em uma pesquisa conduzida por Nunes (2023), em que o ChatGPT obteve aproximadamente 40,91% de acerto nas questões do ENEM 2022, os dados obtidos neste estudo mostram-se coerentes com o esperado. Vale destacar que, enquanto o estudo de Nunes (2023) abrangeu todo o conteúdo das áreas de Matemática e Ciências da Natureza do ENEM, o presente trabalho concentrou-se exclusivamente em questões de Física, incluindo o ENEM. Essa diferença no escopo justifica a pequena variação no percentual de acertos observada entre os dois estudos.

Análise dos Conceitos: sobre os conceitos gerados pelo ChatGPT-3.5, ao realizar a análise das 33 respostas geradas (3 para cada um dos 11 conceitos), observou-se uma consistência notável em sua capacidade de formular explicações. Surpreendentemente, mesmo sem a solicitação explícita, o ChatGPT-3.5 incorporou elementos adicionais, tais como curiosidades sobre o assunto, fórmulas, leis e aplicações práticas. Essa abordagem assemelhou-se à experiência de leitura em um site de Física voltado para o ensino médio, o que parece coerente, considerando que parte do conhecimento do ChatGPT-3.5 é derivado de bases de dados contendo informações desses sites na *internet*.

Sobre os 11 conceitos propostos - força, conservação da quantidade de movimento, energia (na forma de trabalho), diferença entre calor e temperatura, as leis da termodinâmica, corrente elétrica, indução eletromagnética, ondas sonoras, difração e reflexão de uma onda, gravidade e relatividade - o ChatGPT-3.5 demonstrou uma taxa de acerto de 100% nas 33 respostas fornecidas. É importante ressaltar que, apesar da consistência dos resultados, cada resposta foi apresentada de maneira distinta, variando inclusive a forma de explicação em cada solicitação adicional para cada conceito, conforme exemplificado na Figura 3.

Mesmo que as respostas do ChatGPT-3.5 se assemelhem a artigos encontrados na *internet*, foi evidenciado que essa ferramenta representa uma maneira rápida e eficaz de obter explicações sobre conceitos físicos. Conforme Liang (2023) afirma, a capacidade do modelo de fornecer informações consistentes e abrangentes em diversos tópicos da Física pode ser uma vantagem significativa em relação à acessibilidade.

Análise das equações físicas: sobre as equações físicas, na análise das respostas providas para as áreas de mecânica clássica, hidrostática, hidrodinâmica, eletrostática, eletromagnetismo, ondulatória e termodinâmica, o ChatGPT-3.5 apresentou uma organização notável ao fornecer diversas expressões, acompanhadas de legendas esclarecedoras para cada

variável, e denominou corretamente os teoremas e fórmulas pertinentes. Entregando assim, como os conceitos analisados anteriormente, até mais do que foi inicialmente pedido.

De forma notável, em contraste com as questões algébricas ou conceituais, as quais o ChatGPT-3.5 frequentemente modificava sua resposta final quando solicitado a responder novamente, ao ser requisitado a reformular sua resposta sobre equações de qualquer área, ele mantinha sua resposta inicial, consistindo em equações idênticas com um formato invariável, apresentando modificações sutis apenas em suas explicações. Esse resultado corrobora com a proposta de Júnior et al. (2023) de utilizar a IA para criar adaptações personalizadas da matéria, atendendo diversas formas de explicar e exemplificar fórmulas.

É relevante observar que não foram identificadas imprecisões em suas formulações. Contudo, uma observação pertinente é a variação nas representações simbólicas ou nomenclaturas para expressar conceitos semelhantes em diferentes respostas. Por exemplo, ao abordar a energia cinética na mecânica clássica, o ChatGPT-3.5 utilizou "K" em sua primeira resposta, mas posteriormente empregou "Ec". Embora ambas as designações sejam corretas, tal variação pode induzir a confusões, especialmente para alunos menos experientes.

Adicionalmente, destaca-se que o ChatGPT3.5 também incorporou a equação para energia cinética por unidade de massa para área de hidrodinâmica ($E_c = v^2/2$), usado corretamente no princípio de Bernoulli, mas apresentou apenas como energia cinética, ($E_c = m \cdot v^2/2$) não como energia cinética por unidade de massa, e que novamente pode resultar em equívocos ou confundir estudantes menos experientes.

Análise dos experimentos: ao examinar os experimentos propostos pelo ChatGPT, nas 5 respostas para os temas de mecânica clássica, termodinâmica, óptica, ondulatória e eletromagnetismo, torna-se evidente a presença de complicações substanciais.

Por exemplo, no experimento apresentado para o conceito de mecânica (Figura 5), embora os materiais sugeridos sejam genéricos e de fácil acesso conforme solicitado, surge uma complicação significativa durante a execução. O ChatGPT-3.5 propõe que os alunos empurrem repetidamente um carrinho com o dedo, aplicando uma força constante, uma tarefa intrinsecamente desafiadora. Adicionalmente, o modelo sugere a adição de mais peso ao carrinho, a repetição do processo várias vezes e a medição da aceleração do carrinho, culminando na criação de um gráfico com os dados obtidos. Torna-se evidente que os dados

provenientes do método de empurrar o carrinho com o dedo não são confiáveis e podem induzir confusões nos alunos.

Já no experimento de termodinâmica, o ChatGPT-3.5 propõe que os alunos meçam a expansão de uma barra de metal aquecendo-a com uma vela. Embora seja um experimento com materiais facilmente acessíveis e simples de executar, há uma limitação significativa na metodologia proposta pela IA. Ele sugere que os alunos meçam a expansão utilizando apenas uma régua, o que torna o experimento praticamente inviável. A diferença de comprimento da barra antes e depois de ser aquecida é extremamente pequena e difícil de ser percebida a olho nu, muito menos medida com precisão sem o equipamento adequado.

Essa abordagem confusa em relação à realidade é observada em praticamente todos os experimentos propostos pelo ChatGPT-3.5. Sendo que 2 das 5 respostas fornecidas continham algum erro ou impossibilidade relacionado às medidas necessárias para realização dos experimentos de Mecânica Clássica e de Termodinâmica.

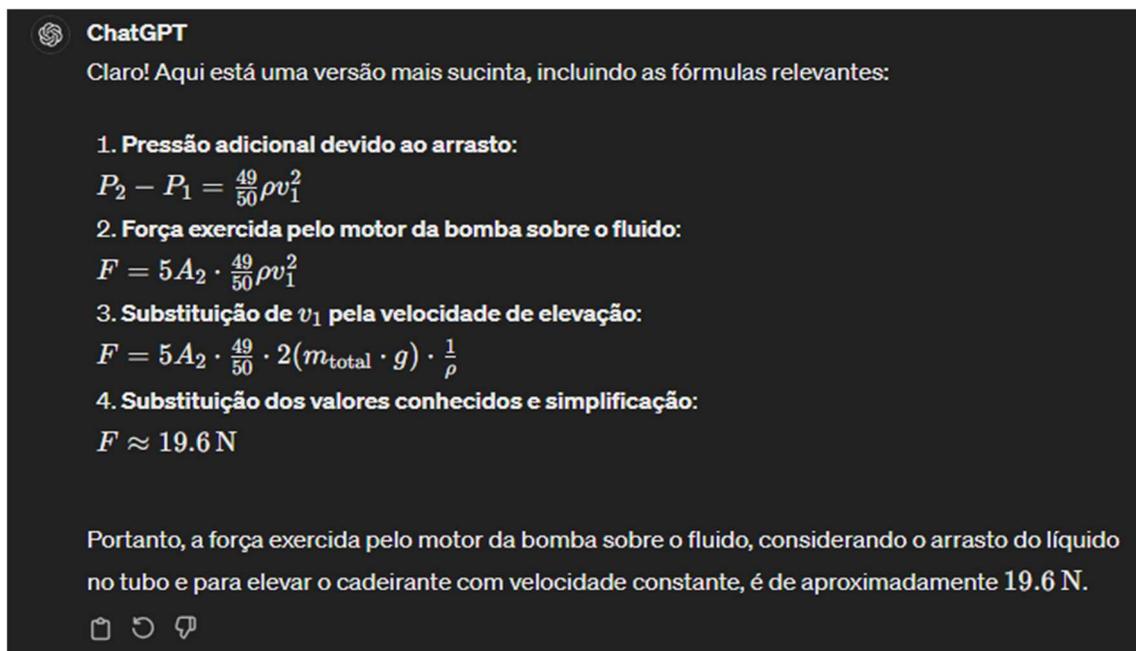
Vale ressaltar que, até mesmo os experimentos que o ChatGPT-3.5 conseguiu conceber de maneira coerente, não são particularmente práticos. Por exemplo, o experimento proposto sobre eletromagnetismo, que envolvia demonstrar a geração de eletricidade por meio de ímãs, exigia uma lista de materiais de difícil obtenção para uma sala de aula do ensino médio, incluindo ímãs de neodímio, suporte para lâmpada, lâmpadas e fio de cobre. Isso se afasta da premissa original de um experimento acessível, levando à conclusão de que esse não seria um uso adequado para a ferramenta, especialmente em contextos educacionais nos quais a clareza e a confiabilidade dos experimentos são fundamentais.

Análise dos erros: ao longo do processo de resposta do ChatGPT-3.5, foram identificados diversos erros, abrangendo tanto aspectos algébricos quanto de interpretação. Por esse motivo, os erros foram classificados em três categorias distintas: Alucinações, Confusão Generalizada e Falta de Conhecimento sobre a realidade.

Alucinações: conforme explicado por Diogo Cortiz (2023), são manifestações em que o ChatGPT-3.5 incorpora informações ou dados que não estão presentes no enunciado original, resultando em erro ou até mesmo na inviabilidade de resolver a questão. Este fenômeno é evidenciado em maioria nas questões algébricas, onde valores fictícios eram adicionados na resolução, gerando confusão e impossibilitando a solução. Por exemplo, a questão de número 32, pede para o ChatGPT-3.5 responder a uma simples questão de um elevador hidráulico com

pistões de tamanhos diferentes, uma questão simples, que poderia ser resolvida utilizando o teorema de Pascal. Porém, em algumas ocasiões, o ChatGPT-3.5 insistiu em adicionar arrasto do líquido na tubulação, gerando uma resposta sem sentido, como podemos ver na Figura 6.

FIGURA 6. Resposta fornecida para a questão 32.



Fonte: ChatGPT-3.5 (2023)

A Figura 6 exibe uma das dez respostas do ChatGPT-3.5 para a questão algébrica número 32, apresentada de forma resumida. Foi pedido ao modelo que demonstrasse seu raciocínio de maneira mais concisa para facilitar a visualização na figura 6 (mantendo o cálculo feito originalmente). A imagem revela que o ChatGPT-3.5 introduziu um elemento adicional de complexidade ao incorporar o conceito de arrasto em uma questão originalmente simples sobre um elevador hidráulico.

A alucinação foi o erro mais comum identificado neste estudo, representando 84 dos erros nas questões algébricas e 32 nas questões conceituais. Esse fenômeno pode ser explicado pela tendência da IA em preencher lacunas de informação com textos gerados aleatoriamente, conforme discutido por Diogo Cortiz (2023). Esse comportamento contrasta com o formato típico das questões de Física, que geralmente assumem que o aluno sabe desprezar forças

dissipativas (como no exemplo do elevador hidráulico) sem que essa informação seja explicitada no enunciado.

Confusão Generalizada: tipo de erro que ocorreu em muitas questões que exigem múltiplos passos para serem resolvidas, ou na conversão de unidades. É notável como o ChatGPT-3.5 tenta simplificar a solução, mas acaba utilizando os valores fornecidos de forma incorreta, levando a resultados equivocados. Um exemplo elucidativo disso pode ser observado na Questão 7 (Figura 1) e na resposta fornecida pelo ChatGPT-3.5 (Figura 2). Neste caso, o método correto para solucionar a questão seria o seguinte: calcular o peso de um único tijolo utilizando as informações fornecidas sobre massa e aceleração da gravidade. Em seguida, determinar a velocidade final da queda do tijolo, empregando novamente as informações dadas sobre a aceleração da gravidade e a distância percorrida. Utilizar a velocidade final para calcular o momento linear do tijolo no momento do impacto e, posteriormente, dividir esse valor pelo tempo de impacto fornecido. Por fim, dividir o valor do impulso obtido pelo peso de um único tijolo, determinado inicialmente, a fim de encontrar a resposta solicitada pela questão.

Entretanto, ao resolver essa mesma questão, como evidenciado na Figura 2, o ChatGPT-3.5 inseriu apenas parte das informações na fórmula do impulso, desconsiderando o restante do enunciado, o que resultou em uma resposta incorreta.

A confusão generalizada foi o tipo de erro menos frequente nas análises, representando apenas 20 dos erros cometidos nas questões algébricas. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que poucas questões exigiam desenvolvimentos longos para alcançar a solução final. Observou-se que, quanto mais extenso o texto e maior o tempo demandado pela ferramenta ChatGPT-3.5 para chegar a uma conclusão, maior a suscetibilidade a erros de confusão generalizada.

Falta de Conhecimento sobre a Realidade: tipo de erro semelhante às alucinações, mais comumente associado às questões teóricas, experimentos e conceitos. Este erro ocorre quando o ChatGPT-3.5 é solicitado a interpretar ou simular situações que ocorreriam na realidade e, em suas respostas, devido a uma falta de conhecimento do que é ou não é possível de ser feito, omite ou desconhece detalhes cruciais que poderiam alterar o resultado. Como, por exemplo, podemos ver na Figura 5, e na análise do experimento de mecânica, em que temos o problema de empurrar o carrinho com o dedo e sua extrema falta de precisão.

Outro exemplo significativo é encontrado no experimento proposto relacionado à Termodinâmica, no qual o ChatGPT-3.5 sugere o aquecimento de uma barra de metal utilizando uma vela e a medição de sua dilatação com uma régua. Embora teoricamente viável, na prática, essa abordagem enfrenta desafios substanciais. A dilatação de uma barra de ferro nessas circunstâncias seria mínima, praticamente imperceptível para ser medida com precisão utilizando apenas uma régua. Portanto, este é mais um exemplo que ilustra a falta de consideração do ChatGPT-3.5 em relação à praticidade e aplicabilidade de suas sugestões.

A falta de conhecimento sobre a realidade foi responsável por 44 dos erros nas questões conceituais, além dos erros observados nos experimentos mencionados. Diferentemente das alucinações, que introduzem informações desnecessárias, esse erro demonstra que, embora a IA simule bem aspectos da nossa realidade, ela não possui experiência direta ou interação real. Isso faz com que experimentos ou questões conceituais baseadas em aspectos práticos da realidade — comuns em Física — sejam mais propensos a erros, devido à ausência de conhecimento experiencial do ChatGPT-3.5.

Considerações Finais

A proposta deste estudo, conforme mencionado anteriormente, teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso do ChatGPT-3.5 como ferramenta no Ensino de Física, mais especificamente em sua utilização na resolução de exercícios, em definições de conceitos, em definições de equações físicas e na criação de experimentos. Nesse contexto, é crucial ressaltar que as informações, dados e análises apresentados neste estudo não são generalizáveis a outras versões do ChatGPT, como o ChatGPT-4.0 ou suas futuras atualizações.

Com base na análise dos dados e nos erros identificados (Alucinações, Confusão Generalizada e Falta de Conhecimento sobre a Realidade), é evidente que o ChatGPT-3.5 é suscetível a erros ao lidar com questões de Física, o que justifica o resultado observado pela pesquisa da DeltaFolha, que como mencionado no início desse estudo, obteve também péssimos resultados ao aplicar o ChatGPT no ENEM na área de ciências da natureza.

É crucial destacar que este estudo não se limitou a identificar as falhas do modelo de linguagem ChatGPT-3.5, mas também proporcionou uma análise abrangente de suas fraquezas e pontos fortes. Apesar de o modelo ter alcançado apenas 52% de precisão nas questões

algébricas e conceituais, bem como apresentado erros nos experimentos propostos, ele demonstrou uma competência notável na explicação de conceitos e fórmulas físicas.

A análise revelou que, apesar das limitações observadas em sua capacidade de resolver problemas algébricos complexos e em responder a questões conceituais com alta precisão, o ChatGPT-3.5 manteve um alto nível de consistência e clareza na comunicação de conceitos físicos. Sua capacidade de articular explicações detalhadas e coerentes sobre tópicos de Física, incluindo a aplicação de fórmulas, indica um ponto forte significativo que pode ser explorado em contextos educacionais e de suporte ao aprendizado.

Diante disso, recomendar o uso do ChatGPT-3.5 como ferramenta para o estudo de Física apresenta desafios significativos, dada sua propensão a induzir os alunos ao erro, como demonstrado por esse estudo. No entanto, quando empregado por um profissional da área com capacidade para identificar e corrigir tais equívocos, o ChatGPT-3.5 pode se tornar uma valiosa ferramenta capaz de gerar ideias criativas para aulas, experimentos e até mesmo solucionar problemas mais simples. Sua utilidade, em grande parte, é limitada apenas pela criatividade do usuário. No entanto, é fundamental utilizar a ferramenta com cautela e sempre questionar as informações fornecidas por ela.

Referências

BERTUSSO, F. R. et al. A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) no ensino de Ciências: um paradigma a ser vencido. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 12, p. 1-18, dez. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/347943445_A_utilizacao_das_Tecnologias_de_Informacao_e_Comunicacao_TICs_no_ensino_de_Ciencias_um_paradigma_a_ser_vencido. Acesso em: 01 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. (BNCC) Brasília, 2018.

CHASSIGNOL, M. et al. Artificial Intelligence trends in education: A narrative overview. **Procedia Computer Science**, Manchester, v. 136, p. 16-24, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918315382>. Acesso em: 28 out. 2024.

COELHO, Patricia Margarida Farias; COSTA, Marcos Rogério Martins; MATTAR NETO, João Augusto. Saber digital e suas urgências: reflexões sobre imigrantes e nativos digitais. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v.43, n.3, p. 1077 – 1094, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edreal/a/MWjfN6dGG6bbz4WsJKHpmLN/>. Acesso em: 01 set. 2024.

CORTIZ, Diogo. Entendendo as Alucinações do ChatGPT. **Diogo Cortiz**, 2023. Disponível em: <https://diogocortiz.com.br/entendendo-as-alucinacoes-do-chatgpt/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

DIAZ, Luccas. **ChatGPT faz prova do Enem e tem resultado melhor que 79% dos candidatos**. Guia do estudante, setembro de 2023. Disponível em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/noticia/chatgpt-faz-prova-do-enem-e-tem-nota-melhor-que-79-dos-candidatos> . Acesso em: 1 jun. 2024.

DOURADO, Irismar de França; DE SOUZA, Keith Leandro; CARBO, Leandro; MELLO, Geison Jader; AZEVEDO, Lucy Ferreira. Uso das TIC no Ensino de Ciências na Educação Básica: uma Experiência Didática. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, Londrina, v. 15, 2015. DOI: 10.17921/2447-8733.2014v15n0p%p. Disponível em: <https://revistaensinoeducacao.pgscogna.com.br/ensino/article/view/438>. Acesso em: 1 jul. 2024.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: teoria e pesquisa**, Brasília, v. 22, n. 2, p.201 – 210, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ptp/a/HMpC4d5cbXsdt6RqbrmZk3J/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 set, 2024

HU, Krystal. **ChatGPT sets record for fastest-growing user base - analyst note**. Instituto Reuters, 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/>. Acesso em: 1 jul. 2024.

ISOTANI, Seiji et al. **ChatGPT pode ser aliado no processo de ensino-aprendizagem, avalia especialista**. Agência FAPESP, 2023. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b2d47701-af96-413f-b1a3-bf2d02de9cb3/3125079.pdf>. Acesso em: 1 Jul. 2024.

JÚNIOR, João Fernando Costa et al. A inteligência artificial como ferramenta de apoio no ensino superior. **Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, Rio Largo, v. 6, n. 1, p. 246 - 269, 2023. Disponível em: <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/111/101>. Acesso em: 28 out. 2024.

KORTEMAYER, Gerd. Could an Artificial-Intelligence agent pass an introductory physics course?. **Educational Development and Technology**, Zurich, p. 1 - 11, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2301.12127.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2023.

LIANG, Yicong et al. Exploring the potential of using ChatGPT in physics education. **Smart Learning Environments**, California, v.10, n. 52, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40561-023-00273-7>. Acesso em: 1 jul. 2024.

LÓPEZ-SIMÓ, V.; JÚNIOR, M. F. R. Challenging ChatGPT with different types of physics education questions. **The Physics Teacher**, Maryland, v. 62, p. 290 – 294, 2024. Disponível em: <https://pubs.aip.org/aapt/pte/article/62/4/290/3279705/Challenging-ChatGPT-with-Different-Types-of>. Acesso em: 28 out. 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsFWPqr6hjzyLQzs>. Acesso em 1 jun. 2024.

NUNES, Desnes et al. Evaluating GPT-3.5 and GPT-4 models on Brazilian university admission exams. **arXiv preprint arXiv**, Ithaca, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2303.17003>. Acesso em: 1 jul. 2024.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently. **On the horizon**, Leeds, v. 9, n.5, 2001. Disponível em: [https://cedma-europe.org/newsletter%20articles/misc/Digital%20Natives%20-%20Digital%20Immigrants%20\(Jun%2001\).pdf](https://cedma-europe.org/newsletter%20articles/misc/Digital%20Natives%20-%20Digital%20Immigrants%20(Jun%2001).pdf). Acesso em: 1 set. 2024.

SANCHO, J.M. De tecnologias da informação e comunicação a recursos educativos. In: SANCHO, J.M.; HERNÁNDEZ, F. (Org.). **Tecnologias para transformar a educação**. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 15-41.

TAVARES, Neide Rodriguez Barea. História da informática educacional no Brasil observada a partir de três projetos públicos. **Escola do Futuro**, São Paulo, v. 18, p 1-18, 2002. Disponível em: https://www.academia.edu/29575659/Hist%C3%B3ria_da_inform%C3%A1tica_educacional_no_Brasil_observada_a_partir_de_tr%C3%AAs_projetos_p%C3%BAblicos. Acesso em: 01 jun. 2024.

VANIEL, Berenice Vahl; HECKLER, Valmir; ARAÚJO, Rafael Rodrigues. Investigando a inserção das TIC e suas ferramentas no ensino de física: estudo de caso de um curso de formação de professores. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física–SNEF, 2011, Manaus. **Anais** [...] Manaus, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279204959_INVESTIGANDO_A_INSERTAO_D_AS_TIC_E_SUAS_FERRAMENTAS_NO_ENSINO_DE_FISICA_ESTUDO_DE_CASO_D_E_UM_CURSO_DE_FORMACAO_DE_PROFESSORES/link/55908e4208ae47a3490ecf8c/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uInB1YmxpY2F0aW9uIn19 . Acesso em: 01 jun. 2024

VERONEZ, Dilvani et al. A Utilização das TICs no Ensino de Física para trabalhar conceitos de MRU e MRUV. **Ensino & Pesquisa**, União da Vitória, v. 13, n. 1, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unespar.edu.br/ensinoepesquisa/article/view/585>. Acesso em: 1 jul. 2024.

ZAWACKI-RICHTER, O. et al. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators? **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, Zurique, v.16, n.39, 2019. Disponível em: <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-019-0171-0>. Acesso em: 28 out. 2024.