

# A Inteligência Artificial Generativa no Ensino de Física: Potencialidades, Desafios e Implicações Pedagógicas

Jose Robson Maia 

Marcelo Castanheira da Silva 

Wagner Ferreira da Silva 

Fábio Ferreira Monteiro 

Daniel Girardi 

Paulo Victor Santos Souza 

---

## Resumo

Este artigo analisa o uso da Inteligência Artificial Generativa (IAG) na educação, com ênfase nas realidades, potencialidades e implicações pedagógicas para o ensino de Física. Embora as aplicações da Inteligência Artificial (IA) na educação datem da década de 1970, os recentes avanços em ferramentas de IAG acessíveis, como o ChatGPT, Gemini e Claude, têm ampliado as possibilidades e transformado a percepção de sua utilização em contextos educativos. Essas tecnologias têm se destacado por facilitar tarefas docentes, como a elaboração de materiais didáticos e a criação de imagens, além de oferecer potencial como tutores personalizados para estudantes. Entretanto, o uso consciente dessas ferramentas é essencial, uma vez que a dependência excessiva pode comprometer a autonomia dos estudantes, reduzir a interação social, gerar questões éticas relacionadas à autoria e levar à aceitação acrítica de informações incorretas. Neste artigo, exploramos a integração da IAG no ensino de Física, destacando suas funcionalidades, vantagens e desafios. São analisados aspectos como a personalização do aprendizado, o suporte à criação de materiais didáticos e o estímulo ao pensamento crítico, além de práticas pedagógicas que favorecem uma aprendizagem significativa. Adicionalmente, discutem-se limitações como a dependência tecnológica e os riscos associados ao uso inadequado, com o objetivo de promover uma reflexão crítica sobre o impacto dessa tecnologia na educação.

**Palavras-chave:** Tecnologias na Educação, Inteligência Artificial Generativa (IAG), Ensino de Física, Personalização do Aprendizado.

# **Generative Artificial Intelligence in Physics Education: Potentialities, Challenges, and Pedagogical Implications**

**Jose Robson Maia**

**Marcelo Castanheira da Silva**

**Wagner Ferreira da Silva**

**Fábio Ferreira Monteiro**

**Daniel Girardi**

**Paulo Victor Santos Souza**

---

## ***Abstract***

This article examines the use of Generative Artificial Intelligence (GAI) in education, focusing on its realities, potentialities, and pedagogical implications for Physics teaching. Although applications of Artificial Intelligence in education date back to the 1970s, recent advancements in accessible GAI tools, such as ChatGPT, Gemini, and Claude, have expanded possibilities and reshaped perceptions of its use in educational contexts. These technologies have gained prominence for facilitating teaching tasks, such as preparing instructional materials and the creation of images, while also offering potential as personalized tutors for students. However, the conscious use of these tools is essential, as excessive reliance on them may undermine student autonomy, reduce social interaction, raise ethical concerns regarding authorship, and lead to the uncritical acceptance of incorrect information. In this article, we explore the integration of GAI in Physics education, emphasizing its functionalities, advantages, and challenges. We analyze personalized learning, support for developing instructional materials, and encouraging critical thinking, and pedagogical practices that foster meaningful learning. Additionally, we address limitations, including technological dependence and risks associated with improper use, aiming to promote critical reflection on the impact of this technology in education.

**Keywords:** Educational Technologies, Generative Artificial Intelligence (GAI), Physics Teaching, Personalized Learning.

## **Introdução**

Vivemos atualmente em uma sociedade profundamente marcada pela presença da tecnologia, que transforma continuamente os modos de comunicação, interação e acesso à informação. No contexto educacional, essa realidade tem provocado mudanças significativas nas formas de ensinar e aprender, possibilitando a adoção de ferramentas digitais que ampliam as possibilidades pedagógicas. Tecnologias como plataformas de ensino a distância, simuladores virtuais, e, mais recentemente, sistemas de Inteligência Artificial Generativa (IAG), têm contribuído para personalizar o aprendizado, dinamizar aulas e ampliar o engajamento dos estudantes (Sant'Ana; Sant'Ana; Sant'Ana, 2023). Contudo, tais avanços também demandam dos educadores uma reconfiguração de suas práticas e o desenvolvimento de novas competências para integrar essas tecnologias de forma crítica e eficaz, de modo a promover uma educação mais inclusiva e significativa.

Em geral, sempre que uma nova tecnologia surge com potencial de ser utilizada na educação, surge também o receio por parte dos professores de como essas tecnologias poderão afetar negativamente o processo de ensino e aprendizagem. Um exemplo emblemático de tecnologia que inicialmente gerou receio nos professores, mas que hoje é amplamente aceita e utilizada, é o ensino mediado por plataformas de Educação a Distância (EaD) (Mill, 2016). Quando começaram a ser implementadas em larga escala, especialmente no final do século XX e início do século XXI, essas plataformas enfrentaram resistência por parte de educadores e instituições, que questionavam sua capacidade de garantir a qualidade do ensino, a interação professor-aluno e o desenvolvimento de habilidades críticas. Entretanto, com o avanço da tecnologia, o aprimoramento das metodologias pedagógicas e a crescente necessidade de flexibilidade no ensino, como aquele que ocorreu durante pandemia da COVID-19, o ensino remoto demonstrou ser uma solução eficaz e acessível, especialmente em contextos de democratização do acesso à educação. Hoje, embora ainda haja resistência por parte de alguns educadores, ferramentas como ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs), videoconferências e sistemas de gestão de conteúdo tornaram-se amplamente utilizados na formação de milhões de estudantes em todo o mundo, incluindo em instituições de prestígio, consolidando seu lugar na educação contemporânea.

Talvez um cenário parecido esteja ocorrendo agora com o uso das IAG na educação. Contudo, é preciso destacar que o uso da Inteligência Artificial (IA) na educação não é um conceito recente, tendo suas raízes em iniciativas pioneiras da década de 1970. Um exemplo marcante é o programa "SCHOLAR", desenvolvido por J. R. Carbonell em 1970, cujo objetivo era ensinar geografia a estudantes por meio de uma abordagem inovadora de instrução assistida por computador (computer-assisted instruction - CAI) (Carbonell, 1970). Utilizando técnicas de IA, o sistema empregava uma rede de informações composta por fatos, conceitos e procedimentos, possibilitando um diálogo interativo entre o aluno e o computador. Esse

trabalho não apenas demonstrou a viabilidade da aplicação da IA na educação, mas também abriu caminho para o desenvolvimento de sistemas mais avançados nas décadas seguintes, como os tutores inteligentes (intelligent tutoring systems - ITSs), que continuam a evoluir e influenciar significativamente as práticas educacionais contemporâneas (Corbett; Koedinger; Anderson, 1997).

Embora o uso da IA na educação remonte às décadas passadas, ele tem sido amplamente percebido como algo recente devido ao lançamento de ferramentas de IA generativa como o ChatGPT. Historicamente, a aplicação de IA no ensino exigia conhecimentos avançados de programação ou uma colaboração intensa entre educadores e especialistas em computação, limitando sua acessibilidade. Esse panorama começou a mudar com o lançamento de modelos generativos avançados, como o GPT-3, precursor do ChatGPT, lançado pela OpenAI em 2020. Essas ferramentas introduziram uma abordagem intuitiva e acessível, baseada em comandos de texto simples (prompts), permitindo que professores e estudantes interajam diretamente com a tecnologia, sem necessidade de habilidades técnicas específicas. A popularização de outras IAG, como o Gemini, da Google DeepMind, e o Claude, da Anthropic, consolidou a percepção da IA como uma inovação recente. Além disso, cada vez mais essas tecnologias estão integradas em aplicativos, como visto no recente lançamento da IA da Meta, em outubro de 2024, que foi integrada ao WhatsApp, Instagram, Facebook e Messenger (Fabro, 2024).

A integração da IA em plataformas amplamente utilizadas no ensino, como Canva e Adobe, tem revolucionado a criação de materiais didáticos e recursos visuais, redefinindo sua aplicabilidade no contexto educacional e ampliando seu impacto na sala de aula. No Canva, a IA permite gerar designs personalizados, sugerir layouts adequados e até mesmo criar textos e imagens automaticamente com base em descrições fornecidas pelo usuário (Villarinho, 2024). Já nas ferramentas da Adobe, como Photoshop e Premiere Pro, algoritmos de IA são usados para realizar edições automatizadas, como remoção de elementos indesejados, ajuste inteligente de cores e até a geração de conteúdo visual ou audiovisual a partir de comandos simples. Essas funcionalidades têm democratizado o acesso a recursos avançados de criação, permitindo que educadores sem formação técnica desenvolvam materiais atrativos e interativos com maior rapidez e eficiência, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem.

As IAG oferecem uma ampla gama de possibilidades para os professores, tornando-se ferramentas valiosas tanto no planejamento quanto na execução de suas atividades pedagógicas. Elas podem ser utilizadas para a elaboração de materiais didáticos personalizados, criação de imagens contextualizadas para provas e simulados, produção de resumos ou explicações simplificadas de conceitos complexos e até para a automação de tarefas administrativas, como o planejamento de aulas ou a organização de cronogramas. No entanto, para que essas tecnologias sejam exploradas de maneira eficaz, é fundamental investir em

programas de capacitação contínua para os professores. Muitos educadores ainda apresentam pouca familiaridade com a IA e um nível reduzido de conhecimento técnico, o que pode limitar seu uso ou levar à utilização inadequada das ferramentas. Promover a formação continuada é essencial para que os docentes desenvolvam competências tecnológicas e pedagógicas, permitindo que a IAG seja integrada de forma crítica, criativa e ética ao processo de ensino-aprendizagem.

Além de oferecer grande auxílio aos professores, as IAG também apresentam um enorme potencial para apoiar os alunos. Eles podem se beneficiar significativamente do uso das IAG na educação, aproveitando-as como tutores personalizados capazes de responder dúvidas, fornecer explicações detalhadas e adaptar os conteúdos ao nível de conhecimento de cada estudante. Em adição, as IAG oferecem suporte na correção gramatical de textos, tradução de materiais em diversos idiomas e até na criação de apresentações e resumos, facilitando o aprendizado e economizando tempo. O surgimento de IAG multimodais amplia ainda mais essas possibilidades, permitindo que os estudantes interajam com textos, imagens, áudio e vídeo em uma única interface, tornando a experiência de aprendizagem mais rica e interativa. Contudo, é essencial promover o uso consciente dessas ferramentas, pois sua utilização excessiva pode levar à falta de autonomia, reduzindo a capacidade dos alunos de resolverem problemas de forma independente. Além disso, a dependência das IAG pode enfraquecer a interação entre colegas, comprometer o trabalho em equipe e gerar problemas de autoria, com alunos apresentando conteúdos como próprios sem o devido reconhecimento das ferramentas. Soma-se a isso o fato de que as respostas fornecidas pelas IAG nem sempre são corretas ou confiáveis, reforçando a necessidade de senso crítico e supervisão por parte dos educadores.

Com base nessas ponderações, este artigo discutirá a integração da IAG no ensino de Física e levou em conta a seguinte pergunta de pesquisa: "Quais as potencialidades, desafios e implicações pedagógicas do uso da Inteligência Artificial Generativa no ensino de Física?". Inicialmente, serão abordadas as características da IAG e seu papel como uma ferramenta emergente de apoio ao processo educacional. Em seguida, analisaremos suas potencialidades, destacando como pode favorecer a personalização do aprendizado, a criação de materiais didáticos inovadores e o estímulo ao pensamento crítico. Também apresentaremos boas práticas no uso da IAG, exemplificando estratégias que promovem a aprendizagem significativa e o protagonismo estudantil. Por outro lado, discutiremos práticas não tão efetivas que podem surgir no uso da IAG, como a dependência excessiva da tecnologia ou a utilização inadequada que limita o desenvolvimento de habilidades cognitivas fundamentais. Assim, buscamos oferecer uma reflexão crítica e embasada sobre as implicações pedagógicas da adoção dessa tecnologia no ensino de Física.

Cabe-nos mencionar que o conteúdo deste texto é fortemente influenciado pela literatura específica da área de modo que o mesmo reflete, em certa dimensão, o estado da arte do tema no âmbito do ensino de física. A metodologia de pesquisa consistiu, neste caso, em uma revisão bibliográfica expositiva (Souza; Alvez, 2024). A plataforma utilizada foi o Google Acadêmico (Figueiredo; Kato, 2015). Os textos foram selecionados a partir da ocorrência dos termos “generative artificial intelligence in education” e foram analisados por meio da análise qualitativa reflexiva (Sampaio, et al., 2023).

## **Inteligência Artificial Generativa – Realidades**

### **a) As percepções dos professores**

A revolução cognitiva marcou o momento em que a humanidade desenvolveu a habilidade de comunicação e cognição de maneira integrada, o que possibilitou tanto o surgimento de culturas quanto a cooperação em larga escala (Harari, 2011). Desde então, os instrumentos foram criados com o objetivo de reduzir os esforços, sejam eles físicos ou mentais, enquanto aumentam a produtividade. Na educação, esse processo não seria diferente; pedagogos, professores de diversas áreas, psicólogos e outros profissionais passaram a colaborar para melhorar a qualidade do ensino. Mesmo nos primórdios das tecnologias, já era possível observar um uso tímido na educação. Com o tempo, essas ferramentas assumem um papel de destaque na evolução dos métodos de ensino. Assim, na década de 1920, surgiram as primeiras “máquinas de ensino”, projetadas para apoiar o processo de aprendizagem e fornecer feedback imediato aos alunos (Petrina, 2004, p. 305). Com a disseminação dos computadores, programas específicos foram usados na educação, como os simuladores para o ensino de Física. Aqui vale destacar que os simuladores foram e são uma importante ferramenta no ensino de Física, uma vez que muitas escolas não possuem laboratório didático. No entanto, foi apenas no século XXI que a Inteligência Artificial (IA) passou a ser amplamente utilizada em instituições de ensino, com a evolução para modelos generativos, como o ChatGPT, que permite uma interação dinâmica e personalizada com os estudantes (Chen et al., 2020). Isso levou a uma quebra de paradigma, uma vez que as IA generativas viabilizaram uma interação mais fluida e intuitiva, aumentando o engajamento dos alunos e oferecendo novos caminhos para o ensino e uma aprendizagem mais autônoma (Tavares et al., 2020).

Após esse breve histórico sobre a evolução do uso das tecnologias, voltaremos nossa atenção para as percepções dos professores sobre o uso dos IAG em suas práticas docentes. Primeiramente, serão discutidos os resultados apresentados por Castanheira et al. (2024) e Monteiro et al. (2024), que realizaram uma pesquisa com 507 professores de Física, Ciências e Matemática de escolas públicas (73% da amostra) e privadas (27% da amostra) que atuam no ensino fundamental e médio. Vale destacar que a pesquisa foi realizada com professores de todas as regiões do Brasil, configurando assim uma amostra de amplitude nacional. Esses

estudos em conjunto avaliam aspectos como: (1) motivações e obstáculos para o uso do ChatGPT, (2) a formação continuada e a capacitação docente para o uso do ChatGPT, (3) o impacto do ChatGPT na qualidade da educação, (4) a possível influência do ChatGPT nos métodos de avaliação e (5) se o uso do ChatGPT para determinados fins pode ser considerado plágio. Em seguida iremos fazer um breve relato sobre as percepções dos professores, de diversos países, em relação ao uso das IAG na educação.

De acordo com Castanheira et al. (2024), ao serem questionados sobre as motivações e obstáculos para o uso do ChatGPT em suas práticas docentes, a maioria dos professores (52,37%) relataram ter utilizado o ChatGPT apenas por "curiosidade" para entender seu funcionamento, enquanto 31,48% o empregaram de forma prática na elaboração de materiais didáticos. Os 16,16% restantes nunca utilizaram a ferramenta. Esses dados indicam que, embora uma parcela significativa dos professores tenha curiosidade ou interesse em testar o ChatGPT, cerca de apenas um terço desses professores o utilizaram com fins de incrementar suas atividades pedagógicas, mesmo que de forma tímida. O fato de a maioria dos respondentes terem usado o ChatGPT por "curiosidade" revela um certo interesse inicial em explorar suas potencialidades e limitações. Esse comportamento é comum quando se introduz novas tecnologias nos ambientes escolares, primeiro os educadores tentam compreender seu funcionamento antes de adotá-la para atividades em sala de aula (Giraffa; Khols-Santos, 2023). Uma baixa porcentagem de professores (31,48%) que usaram o ChatGPT para desenvolver materiais didáticos pode ser atribuída à falta de capacitação ou divulgação sobre as potencialidades da IAG na educação. De acordo com Tozetto Neto (2023), muitos professores sentem-se despreparados para utilizarem o ChatGPT. De fato, não é incomum encontrar professores que não se interessam por nenhum tipo de tecnologia da informação, logo não tem interesse em usá-las em sua prática docente. Com relação aos respondentes que nunca utilizaram o ChatGPT podemos intuir que talvez exista uma resistência natural ao novo por parte destes professores, ou mesmo aspectos relacionados a sobrecargas de trabalho devido ao excesso de turmas e a pulverização da carga horária. No estado do Ceará professores de Física chegam a lecionar em até 16 turmas para completar sua carga horária. A literatura afirma que condições extremas de trabalho como, tempo limitado e a carga horária elevada são obstáculos frequentes para a adoção de tecnologias na educação (Rodrigues; Rodrigues, 2023). A pesquisa de Castanheira et al. (2024) destaca a importância da promoção de capacitação contínua, pois 77% dos professores concordaram que é necessário investir em formação para maximizar o potencial de uso pedagógico da IA.

Monteiro et al. (2024) revelaram que as percepções dos professores sobre o impacto do uso do ChatGPT na qualidade da educação estão divididas. A maioria dos professores da rede pública e privada, concordaram parcialmente que o ChatGPT influenciará a qualidade do ensino, enquanto 50% dos professores, tanto da rede pública quanto da rede privada, se



declararam neutros quanto à afirmação de que o ChatGPT pode realmente melhorar a qualidade do aprendizado dos alunos. Este ceticismo, quanto a possibilidades de o ChatGPT promover melhoria na qualidade da educação, parece refletir uma incerteza sobre o potencial transformador da IAG. Talvez isso ocorra devido à falta de conhecimento dos recursos avançados dessa tecnologia, como fornecidos por Laupichler et al. (2022). Em relação à influência do ChatGPT nos métodos de avaliação, pode-se destacar que de acordo com Monteiro et al. (2024), 61% dos professores de escolas públicas seguidos de e 63% de professores de escolas privadas concordam parcialmente que o ChatGPT irá promover grandes impactos na forma de avaliação. Essa forma de ver está de acordo com as preocupações levantadas por Yu e Guo (2023) sobre a criação de metodologias criativas para acompanhar o avanço tecnológico. Ainda de acordo com Monteiro et al. (2024) o questionamento relacionado ao uso do ChatGPT ser considerado plágio deu origem ao surgimento de um debate significativo entre os professores. Algo em torno de 50% dos entrevistados, das escolas públicas e privadas, consideram o uso do ChatGPT uma forma de plágio ou infração semelhante, por outro lado os outros 50% discordam, destacando a necessidade de uma discussão ética mais profunda junto à comunidade educacional. Acredita-se que com o passar do tempo o uso da IA nas instituições de ensino será devidamente regulamentado evitando assim possíveis processos envolvendo autoria de trabalhos acadêmicos. Mas existe uma tendência conforme Khalil e Er (2023), de que a IAG, pode gerar textos originais, o que pode dificultar o encaixe destes trabalhos nas definições tradicionais de plágio.

Agora serão discutidos alguns trabalhos relacionados às percepções dos professores, em diferentes países, sobre o uso das IAG na educação. De fato, os professores têm demonstrado diferentes pontos de vista quanto ao uso de Inteligência Artificial Generativa (IAG) na educação. Em diversos estudos, observa-se tanto o otimismo quanto o ceticismo em relação aos benefícios e desafios quanto à utilização dessa tecnologia.

Iniciaremos com uma discussão sobre as percepções dos professores quanto ao uso da IAG na educação, baseada no estudo realizado por Chounta et al. (2022) na Estônia. O trabalho envolveu 140 professores que atuam no ensino fundamental e médio e trouxe as percepções, expectativas e principalmente os desafios relacionados à implementação desta tecnologia na educação. Chounta et al (2022) destacam que 47% dos professores possuem pouca familiaridade com a IA e baixo nível de conhecimento técnico. Isso está de acordo com a literatura que afirma que os professores necessitam de formação continuada em áreas ligadas ao uso de tecnologia (OCDE, 2019). Contudo os professores entendem que essa tecnologia pode ser útil em suas atividades como por exemplo, ajudar em tarefas administrativas e personalização de ensino. Com efeito, não saber utilizar a IA como ferramenta de ensino compromete a capacidade dos professores de a utilizarem como instrumento para aprofundar a compreensão dos alunos em relação a conceitos físicos complexos, como conservação de



energia e interações entre forças (Giraffa; Khol-Santos, 2023). Uma possível solução para atenuar essa falta de proficiência dos professores seria oferecer cursos de formação continuada na área. Os professores entendem que a IA pode ser usada como ferramenta de personalização do ensino de forma a atuar como “professor particular” que pode oferecer feedback instantâneo 24 horas por dia 7 dias por semana. Sob o ponto de vista ético, existe um receio em como se daria o manejo dos dados dos estudantes bem como uma possível queda de interação humana. Os professores acreditam que a IA pode vir a substituir algumas funções tipicamente humanas, como por exemplo o acompanhamento pedagógico personalizado, o que poderia causar algum impacto na interação entre professores e alunos (Bulger, 2016). Além disso, deve-se considerar o risco de dependência destas tecnologias por parte de professores e alunos. Ao expressar as percepções dos professores, Chounta et al. (2022) aponta que para que a IA seja relevante, é fundamental que os professores recebam formação adequada e que as soluções de IA sejam destinadas a apoiar, e não substituir, o professor. A formação dos professores e a consideração das questões éticas são essenciais para que essa tecnologia seja utilizada de maneira responsável eficiente na educação.

Seguimos agora com os resultados de estudos interessados em compreender as percepções dos professores em relação ao uso de IA na educação que revelam diversos pontos de vista adicionados e preocupações, influenciados por fatores culturais, institucionais e pelo nível de proficiência ligado à tecnologia.

No Paquistão, Iqbal et al. (2023) destacaram que os professores tinham interesse em usar o ChatGPT para tarefas administrativas obtendo assim feedback em tempo real, porém demonstraram algumas reservas quanto à possibilidade da IAG em substituir o valor humano do aprendizado. Essa preocupação com a possível troca de pessoas por máquinas é contemplada no trabalho de Chounta et al. (2022). De maneira semelhante, na Arábia Saudita, Alwaqdani (2024) em um estudo com 1.101 professores revelou a crença de que a IA pode auxiliar na organização dos planos de ensino e das atividades burocráticas, reduzindo a carga de trabalho dos professores. Afirmaram ainda existirem preocupações sobre a possibilidade de perda de criatividade e de pensamento crítico entre os alunos. Por questões como essas levantadas anteriormente deve-se estabelecer critérios claros quanto ao uso desta tecnologia por parte da comunidade escolar. Questões sobre a eficiência da IA e o impacto no emprego de professores também foram levantadas. Isso revela uma preocupação natural e legítima sobre a manutenção dos postos de trabalho.

Estudos realizados na China (Lin et al., 2022) mostraram uma visão otimista sobre a IA, os professores acreditam que a ferramenta pode ajudar os alunos na construção do futuro com mais tecnologia. Porém, destacaram a existência de barreiras culturais e a necessidade em focar no caráter ético das práticas pedagógicas. Em Marrocos, Fakhar (2024) revelou entusiasmo dos professores em relação ao uso da IAG para lidar com a diversidade cognitiva

dos alunos, porém com uma clara necessidade de uma boa capacitação dos docentes. Todos esses estudos apresentam alguns pontos em comum. Como exemplo pode-se citar que embora haja consenso sobre o potencial inovador da IAG para incrementar o ensino, sua eficácia depende de uma implementação cuidadosa e de políticas públicas que promovam formação continuada adequada e garantam um uso ético e promissor da IA na educação. Além disso, observam-se questões recorrentes em relação como usar, plágio, privacidade e impacto no pensamento crítico, ressaltando a necessidade de uma abordagem equilibrada que valorize o papel humano no processo de aprendizagem. Ainda existe um longo caminho a ser percorrido até que se tenha uma real dimensão dos benefícios gerados pela IAG no mundo e também na educação.

### **b) Potencialidades no uso da IAG**

O futuro das IAG se constitui em um tema bastante controverso. De um lado, há quem sustente que nos encaminhamos para o desenvolvimento de uma inteligência artificial geral - o mais próximo que chegaríamos da Skynet (Zhang; Zhu; Su, 2023). Do outro lado, se encontram aqueles que sequer consideram as IAG inteligências propriamente ditas e que entendem os avanços nesta área, particularmente nos modelos de linguagem, na verdade, apenas que os erros cometidos por elas sejam cada vez mais difíceis de detectar (Amin; Cambria; Schuller, 2023; Hunter; Bowen, 20224). Sem querer assumir um lado nesta disputa um tanto quanto especulativa, resolvemos criar um prompt de comando e perguntar ao próprio ChatGPT 4.0 (neste momento a IAG mais utilizada) quais são na opinião dele algumas perspectivas do uso deste tipo de tecnologia na educação. O prompt utilizado foi o seguinte: “Considerando o contexto<sup>27</sup>, por favor, pode sugerir algumas potencialidades para o uso de IAG no aprendizado de ciências em nível da educação básica no futuro? Se possível, tente relacionar sua resposta à literatura existente. Seja criativo, mas se apegue apenas à literatura real e verificável. Apresente as referências em uma tabela<sup>28</sup>. Se não houver referência real indique que não há referência disponível.”

### **As respostas oferecidas pelo ChatGPT 4.0 foram as seguintes:**

**Laboratórios Virtuais com Realidade Aumentada** Laboratórios virtuais permitem que estudantes realizem experimentos em um ambiente seguro e controlado. Isso é apoiado por tecnologias de realidade aumentada, que têm mostrado melhorar o engajamento e a

---

27 Por contexto entende-se todas as informações prévias que são informadas ao chat antes de fazer a pergunta. Pode-se tratar, portanto, de conversas já realizadas no mesmo chat, arquivos em pdf carregados no mesmo ou informações mais detalhadas fornecidas na pergunta. Este procedimento geralmente circunscreve os resultados obtidos.

28 Solicitar que os resultados sejam apresentados na forma de tabela evita alucinações, particularmente, quando solicitamos que referências sejam indicadas.

compreensão dos alunos em disciplinas como química e biologia. A literatura existente, como revisões sobre o uso de realidade aumentada na educação, destaca seus benefícios em tornar o aprendizado mais interativo e envolvente (Billinghurst & Dünser, 2012).

**Assistentes de Pesquisa Científica** IAG podem atuar como assistentes de pesquisa, auxiliando estudantes na formulação de hipóteses e na busca de literatura relevante. Ferramentas de IA já são amplamente utilizadas para análise de grandes volumes de dados, como em projetos que utilizam processamento de linguagem natural para revisar literatura científica. Não há uma referência específica disponível para esta ideia.

**Exploração Espacial Simulada** Simulações espaciais são utilizadas para educar estudantes sobre ciências planetárias e astronômicas. Não há uma referência específica disponível para esta ideia.

**Criação de Conteúdo Educacional Dinâmico** IAG podem gerar conteúdo educacional que se adapta às necessidades dos alunos, ajustando explicações e fornecendo exemplos personalizados. Não há uma referência específica disponível para esta ideia.

**Narrativas Interativas para Aprendizagem de Ciências** Narrativas interativas podem transformar o aprendizado de ciências em experiências envolventes, permitindo que os alunos explorem conceitos através de histórias. Isso é semelhante ao uso de jogos educacionais, que têm sido mostrados como eficazes em aumentar a motivação e o engajamento dos alunos (Gee, 2003).

**Desenvolvimento de Habilidades de Pensamento Crítico** IAG podem ser programadas para desafiar os alunos com questões que estimulam o pensamento crítico, incentivando a análise e solução de problemas complexos. Estudos sobre o uso de tutores inteligentes mostram que eles podem melhorar significativamente as habilidades de pensamento crítico dos alunos (Graesser et al., 2005).

**Cultivo de Jardins Virtuais Inteligentes** Em biologia, simulações de jardins virtuais permitem que os alunos experimentem com variáveis ambientais para estudar o crescimento das plantas, promovendo uma compreensão prática de ecossistemas e botânica. Não há uma referência específica disponível para esta ideia.

**Exploração de História da Ciência com Personagens Virtuais** IAG podem criar avatares de cientistas históricos que interagem com os alunos, proporcionando uma compreensão rica do contexto histórico das descobertas científicas. Isso é semelhante a projetos de museus virtuais que utilizam IA para guiar visitantes através de exposições interativas (Schwan & Riempp, 2004).

**Simulações de Catástrofes Naturais** Simulações de desastres naturais, como terremotos e furacões, são usadas para ensinar geociências, permitindo que os alunos estudem os efeitos e as respostas a esses eventos em um ambiente controlado. Não há uma referência específica disponível para esta ideia.

**Plataformas de Colaboração Global** IAG podem facilitar a colaboração global entre estudantes, permitindo que eles trabalhem em projetos científicos conjuntos, compartilhando dados e insights em tempo real. Isso é exemplificado por plataformas como o eTwinning, que conecta escolas e estudantes de diferentes países para projetos colaborativos (Kreijns et al., 2003).

Em relação às respostas do chat, cabe-nos fazer alguns comentários. Algumas das ideias propostas pelo chat, por mais disruptivas que pareçam, são relacionadas por eles a trabalhos publicados há mais de duas décadas. Tendo em vista a forma como funcionam os modelos de linguagem, isto seguramente deveria fazer-nos refletir no que deve ser considerado uma novidade. Por vezes o que chamamos de novidade é uma releitura de algo que já foi feito, de modo diferente, em outro lugar ou em outro tempo. Isso parece valer tanto para humanos quanto para IAG. É também notável que os artigos mencionados no chat acumulam centenas ou até milhares citações. Parece valer para as IAG o *preferential attachment* que vale para humanos, a saber, quanto maior o número de citações de um artigo científico tanto mais provável é que seja citado novamente<sup>29</sup>.

Finalmente, é preciso mencionar que as IAG não devem ser entendidas de nenhum modo como algum tipo de evolução dos buscadores de informações como google ou bing que tanto se popularizaram nas últimas décadas (Gwon et. al, 2024). O cerne dos modelos de linguagem é gerar informação nova a partir de informação pré-existente sem o compromisso a priori de que o conteúdo gerado tenha aderência a qualquer noção de realidade. Se os ingredientes necessários para a resposta não estiverem disponíveis, as IAG vão gerar a resposta a partir do que estiver disponível e, eventualmente, oferecer respostas estapafúrdias que são chamadas comumente de “alucinações” (Siontis et. al, 2024). Embora existam dispositivos que se podem utilizar para mitigar a possibilidade de alucinação, esta não deve, em nossa opinião, ser tomada necessariamente como algo ruim. A capacidade das IAG de gerar conteúdo a partir de correlações exóticas e talvez até inexistentes se constitui, em nossa opinião, seu verdadeiro e maior potencial. É justamente sua capacidade de gerar conteúdo seguindo padrões contraintuitivos que a torna uma ferramenta complementar ao intelecto humano

### c) Boas práticas no ensino no uso de IAG

Nesta seção, apresentamos os resultados de alguns estudos recentes que apontam na direção do que pode-se consistir em boas práticas no uso de IAG na educação. Por exemplo,

---

29 O preferential attachment proposto para explicar o crescimento de redes complexas por Barabási e Albert (1999) e é especialmente aplicável a redes como a Internet, redes sociais e redes de colaboração científica. Basicamente, a rede começa com um pequeno número de nós conectados entre si, e à medida que novos nós são adicionados, eles se conectam aos nós já existentes. No entanto, essa conexão não é aleatória; a probabilidade de um novo nó se ligar a um nó existente é proporcional ao número de conexões que este nó já possui. Nós com muitas conexões temos mais chances de receber ainda mais conexões, gerando o efeito "quem mais tem, mais recebe".

Bitzenbauer (2023) apresenta uma abordagem inovadora para a integração do ChatGPT em aulas de física, focando na produção e análise crítica de textos gerados pela IA. O método proposto, inspirado na técnica think-pair-share, consiste em várias etapas detalhadas. Inicialmente, os alunos são instruídos a gerar um texto sobre fótons usando o ChatGPT, com um prompt específico como "Explique o conceito de fóton em física quântica". Em seguida, os estudantes analisam criticamente o conteúdo gerado, identificando conceitos-chave, possíveis erros e comparando as informações com o conhecimento adquirido em aula. O autor enfatiza a importância de os alunos buscarem inconsistências ou imprecisões no texto gerado pela IA. Na fase seguinte, os estudantes trocam seus textos em pequenos grupos, discutindo as diferenças nas respostas do ChatGPT baseadas em variações nos prompts utilizados. Isso permite que os alunos percebam como pequenas mudanças na formulação da pergunta podem levar a respostas significativamente diferentes da IA.

Posteriormente, os alunos são incentivados a revisar o texto usando fontes adicionais confiáveis, como livros didáticos, artigos científicos e recursos online, aprendendo a citar fontes adequadamente e a distinguir entre informações geradas por IA e fontes científicas confiáveis. O processo culmina em uma discussão em classe, onde os alunos compartilham suas descobertas, insights sobre as limitações e potenciais do ChatGPT em explicar conceitos científicos. Como tarefa adicional, Bitzenbauer (2023) sugere que os alunos usem o ChatGPT para gerar argumentos a favor de uma posição específica (por exemplo, uma visão ingênua do fóton como partícula esférica) e depois desenvolvam contra-argumentos baseados em evidências científicas, promovendo assim o pensamento crítico e a compreensão mais profunda dos conceitos de física quântica.

O mesmo autor propõe uma abordagem inovadora para o uso do ChatGPT no desenvolvimento de questionários conceituais em aulas de física. O método consiste em várias etapas: primeiramente, o professor utiliza o ChatGPT para gerar um conjunto de perguntas sobre física quântica, incluindo questões de múltipla escolha. O autor exemplifica com uma questão gerada sobre interferência quântica. Em seguida, os alunos são orientados a analisar criticamente as questões geradas, discutindo sua clareza, relevância e precisão científica, propondo melhorias ou correções quando necessário.

Um aspecto crucial da abordagem é a inclusão deliberada de algumas questões geradas pelo ChatGPT que contêm erros científicos, desafiando os alunos a identificá-los e explicar por que são incorretos. Isso visa desenvolver habilidades de pensamento crítico e aprofundar a compreensão dos conceitos. Além disso, os estudantes são incentivados a usar o ChatGPT para criar suas próprias questões sobre física quântica, trocando-as com colegas e avaliando a qualidade e precisão das perguntas uns dos outros. O processo culmina com uma reflexão sobre os desafios e benefícios de usar IA para criar materiais educacionais, permitindo que os alunos considerem como essa experiência afeta sua compreensão tanto do conteúdo

científico quanto das capacidades e limitações da IA. Bitzenbauer (2023) enfatiza que esta abordagem não apenas auxilia na avaliação da compreensão dos alunos, mas também oferece uma oportunidade valiosa para desenvolver habilidades de pensamento crítico e avaliar a precisão das informações geradas por IA.

Além disso, Gregorcic, Polverini e Sarlah (2024) conduziram um estudo piloto envolvendo 17 professores em formação de física e matemática de universidades na Suécia e na Eslovênia, utilizando o ChatGPT-3.5 como ferramenta para praticar habilidades de diálogo socrático. Os participantes foram instruídos a encontrar pelo menos uma questão de física que o chatbot respondesse corretamente e outra incorretamente, usar perguntas orientadoras para melhorar as respostas insatisfatórias e refletir sobre como o diálogo se desenvolveu. A atividade resultou em 27 diálogos, dos quais 21 foram iniciados por uma resposta incorreta do ChatGPT. Os diálogos variaram de 2 a 21 prompts, com uma média de 8 prompts para diálogos iniciados por respostas incorretas. Os autores analisaram as interações, identificando benefícios como alto engajamento, oportunidades de aprendizagem colaborativa e desenvolvimento de habilidades de escuta ativa e pensamento crítico.

Notavelmente, o que foi praticado pelos autores pode ser adaptado para uma aplicação no ensino básico. Antes de iniciar a atividade principal, seria crucial realizar uma sessão de treinamento com os estudantes sobre o conceito de diálogo socrático e como utilizar o ChatGPT. Esta seção poderia incluir exemplos de boas práticas de questionamento e explicações sobre como formular perguntas eficazes para guiar o chatbot em direção a respostas mais precisas ou completas.

A atividade principal consistiria em três etapas principais, seguindo o modelo do estudo original:

1. Os estudantes deveriam encontrar pelo menos uma questão de física de nível de ensino médio que o ChatGPT respondesse corretamente e outra que respondesse incorretamente. Isso exigiria que os estudantes revissem o conteúdo de física do ensino médio e testassem diferentes tipos de perguntas.
2. Para as questões que o ChatGPT respondesse incorretamente, os estudantes deveriam usar perguntas orientadoras para tentar melhorar as respostas do chatbot. Isso simularia um diálogo socrático, onde o "professor" (neste caso, o estudante) guia o "aluno" (o ChatGPT) em direção a uma compreensão mais profunda ou correta.
3. Após cada interação, os estudantes deveriam refletir sobre como o diálogo se desenvolveu, anotando suas observações sobre o processo, os desafios encontrados e as estratégias que funcionaram melhor.

Para facilitar a coleta de dados, poderia ser criado um formulário online onde os estudantes registrariam seus diálogos com o ChatGPT, incluindo a questão inicial, as respostas do chatbot, as perguntas orientadoras utilizadas e suas reflexões sobre a interação.



O professor responsável pela replicação do estudo deveria monitorar as interações, oferecendo suporte quando necessário e garantindo que os estudantes estejam seguindo as diretrizes estabelecidas. Seria importante também estabelecer um cronograma claro para a atividade, possivelmente distribuindo-a ao longo de várias sessões para evitar fadiga e permitir tempo para reflexão entre as interações. Após a conclusão das interações, seria valioso realizar uma sessão de debriefing com todo o grupo, onde os estudantes poderiam compartilhar suas experiências, discutir os desafios enfrentados e as estratégias que consideraram mais eficazes.

Finalmente, Borovský, Hanč e Hančová (2024) realizaram um estudo exploratório sobre o uso de IA e ferramentas de ciência aberta em competições de física do ensino médio. Os autores testaram chatbots de IA avançados, como ChatGPT, Bard e Claude, na resolução de problemas da Olimpíada de Física (PhO) e do Torneio Jovem Físico (YPT). Os resultados mostraram que os chatbots foram capazes de fornecer soluções estruturadas e anotadas para problemas de física, mas apresentaram limitações em cálculos numéricos e manipulações algébricas. Por exemplo, na resolução de um problema da PhO, o GPT-3.5 e o Bard forneceram soluções rápidas, mas com erros numéricos significativos.

O Claude e o GPT-4 (com plugin Wolfram) produziram soluções mais precisas após ajustes nas instruções. Para um problema mais complexo do YPT, os modelos pagos do ChatGPT (GPT-4 e GPT-4 com interpretador de código) conseguiram resolver usando uma abordagem de modelagem avançada. Os pesquisadores também exploraram a integração desses chatbots com ferramentas de computação científica, como SageMath e Jupyter Notebooks, demonstrando como essa combinação pode superar as limitações matemáticas dos chatbots e facilitar a interação durante a computação científica. O estudo utilizou um design de métodos mistos, com foco na análise qualitativa apoiada por dados quantitativos. Os autores sugerem que essa abordagem pode ser adaptada para uso em sala de aula, enfatizando a importância de usar a IA como facilitadora da aprendizagem ativa, e não como uma autoridade absoluta. Eles também destacam a necessidade de desenvolver modelos de linguagem específicos para as demandas da educação em física e competições, à semelhança do Khanmigo, uma versão ajustada do ChatGPT para o ensino de matemática.

d) Práticas não tão boas no ensino com relação ao uso de IAG - Cuidados relacionados ao uso da IAG na educação

Polverini e Gregorcic (2024) realizaram um estudo abrangente para avaliar o desempenho do ChatGPT-4 no Teste de Compreensão de Gráficos em Cinemática (TUG-K), uma ferramenta diagnóstica bem estabelecida na área de educação em física. Os pesquisadores submeteram os 26 itens do TUG-K ao ChatGPT 60 vezes, resultando em um total de 1560 respostas individuais. Cada item foi apresentado como uma imagem PNG em uma nova conversa para evitar que o ChatGPT baseasse suas respostas em textos gerados anteriormente.



A análise quantitativa incluiu a avaliação do desempenho geral (pontuação média, mediana e distribuição), a distribuição da dificuldade dos itens, a frequência de seleção das opções de resposta e a dificuldade dos objetivos do teste. Além disso, os autores conduziram uma análise qualitativa detalhada de 780 respostas, avaliando separadamente a correção do raciocínio e da interpretação visual. Para garantir a confiabilidade da codificação, ambos os autores codificaram independentemente todas as 780 respostas, alcançando um alto nível de concordância (kappa de Cohen de 0,809 para raciocínio e 0,967 para visão). Os resultados foram comparados com o desempenho de 471 estudantes de um curso de física de nível médio, conforme relatado por Zavala et al. (2017).

O estudo revelou que, embora o ChatGPT tenha uma pontuação média semelhante à dos estudantes (10,85 pontos ou 41,7%, comparado a 12,25 pontos ou 47% dos estudantes), existem diferenças significativas na distribuição das respostas (intervalo interquartil de 2 para o ChatGPT vs. 10 para os estudantes) e na capacidade de interpretar visualmente os gráficos (correta em apenas 30,9% das respostas). Os autores também realizaram uma regressão logística para determinar a influência da visão e do raciocínio incorretos na incorreção das respostas. Para testar a hipótese de que a interpretação visual era o principal problema, os pesquisadores transcreveram um item gráfico em texto e observaram uma melhoria significativa no desempenho do ChatGPT. O estudo conclui recomendando cautela no uso do ChatGPT como tutor, modelo de estudante ou ferramenta de assistência em tarefas envolvendo interpretação de gráficos em física.

Os autores Wheeler e Scherr (2023) conduziram um estudo para avaliar o desempenho do ChatGPT no Force Concept Inventory (FCI), um teste padrão de conceitos físicos. Eles submeteram as questões do FCI ao ChatGPT em múltiplos ensaios, incluindo variações experimentais, e analisaram as respostas tanto quantitativa quanto qualitativamente. O estudo revelou que o ChatGPT obteve uma pontuação média de 51% no FCI, abaixo do limiar de 60% considerado como entrada para a física newtoniana. Os pesquisadores identificaram que as respostas do ChatGPT frequentemente refletiam concepções errôneas comuns entre estudantes, especialmente em tópicos como cinemática e a Segunda Lei de Newton. Além disso, observaram que o IA por vezes fornecia explicações teóricas precisas, mas aplicava incorretamente esses conceitos a sistemas específicos. Com base nesses resultados, os autores sugerem possíveis aplicações educacionais do ChatGPT, como a criação de problemas práticos onde os estudantes identificam e corrigem erros cometidos pela IA, enfatizando a importância do pensamento crítico no uso dessas ferramentas para o aprendizado de física (Wheeler; Scherr, 2023).

Sato (2024) investigou como modelos de linguagem de grande porte (LLMs - Large Language Models) explicam a lei da conservação do momento e apontou diversas limitações. Seis modelos de IA utilizados na pesquisa foram: ChatGPT 3.5 turbo, ChatGPT 4.0 turbo, Coral

(Command R+), Gemini 1.0 Pro, Gemini 1.5 Flash e Gemini 1.5 Pro. A seguinte pergunta, em japonês, foi feita a cada um dos citados modelos: "Explique a lei de conservação do momento.". O autor justifica a escolha do japonês por permitir verificar como esses modelos lidam com conceitos científicos em um contexto não inglês. O prompt foi repetido 50 vezes para explicar possíveis variações nas respostas e garantir uma adequada análise estatística. O estudo revelou uma variação considerável nas respostas fornecidas pelos modelos de IA. Essa diversidade pode resultar em inconsistências na compreensão dos estudantes, pois diferentes modelos tendem a destacar aspectos variados do conceito, o que pode levar a possíveis confusões. Como exemplo, o autor destaca que o ChatGPT-4.0 foi o que citou mais vezes o conceito de força resultante (total de 14), enquanto os modelos Gemini não citaram nenhuma vez. Esse fato é fundamental para o entendimento da conservação do momento linear não somente quando não há forças externas presentes, mas também quando existem forças externas, desde que a força resultante seja nula. Apesar dos avanços na capacidade dos modelos de IA em gerar explicações, ainda há uma necessidade de padronização nas respostas para garantir que todos os estudantes recebam informações consistentes, evitando lacunas conceituais que possam prejudicar o aprendizado.

Mustofa, Bilad e Grendis (2024) estudaram a utilização de ferramentas de IA, notadamente o ChatGPT, na resolução de problemas de Física e no aprimoramento de práticas educacionais. Utilizando uma revisão sistemática da literatura seguindo as diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), a pesquisa identifica tendências atuais e aplicações práticas de IA no ensino de Física. A principal fonte de dados foi o banco de dados SCOPUS e a palavra-chave "AI in Physics Education". A revisão abordou o período de janeiro de 2023 a 25 de maio de 2024. Embora tenha demonstrado vantagens para o ensino de Física, existem limitações que merecem destaque. Uma dessas principais limitações é a precisão e confiabilidade do conteúdo gerado. Por exemplo, o GPT-3.5-turbo teve um desempenho de 83,4% em questões de nível GCSE (General Certificate of Secondary Education, ou seja, trata-se de uma qualificação acadêmica do Reino Unido e é equivalente ao ensino médio no Brasil com estudantes na faixa etária de 14 a 16 anos), mas o desempenho cai para 37,4% para questões de nível universitário. Ademais, como ferramenta de correção apresentou inconsistências, com precisão de 50,8% ao avaliar perguntas de múltipla escolha. A incapacidade da IA de gerar recursos visuais úteis, prejudica a visualização gráfica de fenômenos físicos.

Outro ponto que merece destaque é o baixo desempenho na resolução de problemas de Física relacionados ao mundo real, com uma precisão de apenas 8,3%, evidenciando a limitação da IA em fazer suposições realistas quando os dados estão ausentes. Apesar dos benefícios da IA no ensino de física, suas desvantagens, como problemas de precisão,

limitações em aplicações práticas, excesso de confiança por parte dos alunos, desafios técnicos e preocupações éticas, precisam ser abordadas para maximizar seu potencial.

### **Considerações**

Neste artigo, analisamos a integração da Inteligência Artificial Generativa (IAG) no ensino de Física, enfatizando suas funcionalidades, vantagens e desafios. Os estudos discutidos evidenciam que, embora as aplicações da IAG possuam um potencial significativo para transformar a educação, sua eficácia está condicionada a uma implementação criteriosa. Além disso, é imprescindível o desenvolvimento de políticas públicas que assegurem a formação continuada de professores, promovam o uso ético dessas tecnologias e fomentem sua aplicação de maneira que potencialize os resultados educacionais.

Em particular, destacamos que, para maximizar os benefícios pedagógicos da IAG, é fundamental que os educadores recebam formação contínua, capacitando-os a aprimorar suas práticas e a se adaptarem às novas abordagens de ensino. Além disso, o estabelecimento de diretrizes claras para o uso da IAG é essencial para garantir uma utilização responsável, ética e eficiente dessa tecnologia, contribuindo para resultados educacionais mais significativos.

Ademais, é crucial ter cautela ao utilizar as IAG como tutores personalizados, uma vez que, conforme discutido neste trabalho, essas ferramentas ainda apresentam limitações, como a possibilidade de fornecer respostas incorretas ou estereotipadas. Por essa razão, é imprescindível que os estudantes estejam cientes dessas restrições e utilizem essas tecnologias sob a supervisão de um professor ou monitor, garantindo que seu uso seja crítico e orientado para a aprendizagem.

Além disso, futuras pesquisas devem investigar o impacto a longo prazo das IAG na educação, bem como buscar o desenvolvimento de modelos de IA mais adequados às demandas específicas do ensino de Física e de outras disciplinas. É fundamental manter um foco constante em metodologias e abordagens que favoreçam a aprendizagem significativa e estimulem a autonomia dos estudantes. De fato, um dos maiores desafios na implementação de tecnologias na educação reside em garantir que os usuários não transformem potenciais soluções em novos problemas.

Por fim, é essencial adotar uma perspectiva equilibrada que valorize a inovação tecnológica sem comprometer a interação humana e os princípios fundamentais da educação. A implementação bem-sucedida da IAG no contexto educacional deve equilibrar os benefícios da tecnologia com a preservação das interações humanas, ao mesmo tempo em que aborda questões éticas de maneira abrangente e responsável.

## Referências

- ALWAQDANI, M. Investigating teachers' perceptions of artificial intelligence tools in education: potential and difficulties. *Educ Inf Technol* (2024). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12903-9>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- AMIN, M. M.; CAMBRIA, E.; SCHULLER, B. W. Will affective computing emerge from foundation models and general artificial intelligence? A first evaluation of ChatGPT. *IEEE Intelligent Systems*, v. 38, n. 2, p. 15-23, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2303.03186>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- BARABÁSI, A.-L.; ALBERT, R. Emergence of scaling in random networks. *science*, v. 286, n. 5439, p. 509-512, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1126/science.286.5439.509>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- BILLINGHURST, M.; DÜNSER, A. Augmented Reality in the Classroom. *IEEE*, 2012. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6171143>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- BITZENBAUER, P. ChatGPT in physics education: A pilot study on easy-to-implement activities. *Contemporary Educational Technology*, v. 15, n. 3, ep430, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.30935/cedtech/13176>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- BULGER, M. Personalized Learning: The Conversations We're Not Having. *Data & Society Research Institute*, 1-33, 2016. Disponível em: [https://datasociety.net/pubs/ecl/PersonalizedLearning\\_primer\\_2016.pdf](https://datasociety.net/pubs/ecl/PersonalizedLearning_primer_2016.pdf). Acesso em: 28 nov. 2024.
- BOROVSKÝ, D.; HANČ, J.; HANČOVÁ, M. Innovative approaches to high school physics competitions: Harnessing the power of AI and open science. In: *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2024. p. 012011. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.02986>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- CARBONELL, J. R. AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, v. 11, n. 4, p. 190-202, 1970. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4081977>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- CASTANHEIRA, M.; SOUZA, P. V. S.; MAIA, J. R.; GIRARDI, D.; MONTEIRO, F. F. A revolução da inteligência generativa artificial e do aprendizado na educação básica: o caso do ChatGPT no contexto brasileiro. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 1, 2024. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1378>. Acesso em: 28 nov. 2024.

- Chen, L.; Chen, P.; Lin, Z. Artificial Intelligence in Education: A Review. IEEE Access, 8, 75264-75278, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- CHOUNTA, I.-A.; BARDONE, E.; RAUDSEP, A.; PEDASTE, M. Exploring teachers' perceptions of artificial intelligence as a tool to support their practice in Estonian K-12 education. International Journal of Artificial Intelligence in Education, v. 32, p. 725-755, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s40593-021-00243-5>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- CORBETT, A. T.; KOEDINGER, K. R.; ANDERSON, J. R. Intelligent tutoring systems. In: HELANDER, M. G.; LANDAUER, T. K.; PRABHU, P. V. (Eds.). Handbook of human-computer interaction. 2. ed. North-Holland, 1997. p. 849-874. Disponível em: [http://act-r.psy.cmu.edu/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/173Chapter\\_37\\_Intelligent\\_Tutoring\\_Systems.pdf](http://act-r.psy.cmu.edu/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/173Chapter_37_Intelligent_Tutoring_Systems.pdf). Acesso em: 28 nov. 2024.
- FABRO, C. Meta AI: confira tudo sobre IA do WhatsApp, Instagram e Facebook. TechTudo, 19 out. 2024. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br>. Acesso em: 22 nov. 2024.
- FAKHAR, H.; LAMRABET, M.; ECHANTOUFI, N.; EL KHATTABI, K.; AJANA, L. Artificial intelligence from teachers' perspectives and understanding: Moroccan study. International Journal of Information and Education Technology, v. 14, n. 6, p. 856-862, 2024. Disponível em: <https://www.ijiet.org/vol14/IJiet-V14N6-2111.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- GEE, J. P. What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. Computers in Entertainment, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1145/950566.950595>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- GIRAFA, L.; KHOLS-SANTOS, P. Inteligência Artificial e Educação: conceitos, aplicações e implicações no fazer docente. Educação em Análise, 8(1), 116-134, 2023. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/educanalise/article/view/48127>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- GRAESSER, A. C., et al. AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language. Behavior Research Methods, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3758/BF03195563>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- GREGORCIC, B.; POLVERINI, G.; SARLAH, A. ChatGPT as a tool for honing teachers' Socratic dialogue skills. Physics Education, v. 59, n. 4, p. 045005, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.11987>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- GWON, Y. N. et al. The Use of Generative AI for Scientific Literature Searches for Systematic Reviews: ChatGPT and Microsoft Bing AI Performance Evaluation. JMIR Medical

- Informatics, v. 12, p. e51187, 2024. Disponível em: <https://medinform.jmir.org/2024/1/e51187/>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- HARARI, Y. N. Sapiens: uma breve história da humanidade. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.
- HUNTER, C.; BOWEN, B. E. We'll never have a model of an AI major-general: Artificial Intelligence, command decisions, and kitsch visions of war. *Journal of Strategic Studies*, v. 47, n. 1, p. 116-146, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/01402390.2023.2241648>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- KREIJNS, K., et al. Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments: a review of the research. *Computers in Human Behavior*, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(02\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(02)00057-2). Acesso em: 28 nov. 2024.
- IQBAL, N.; AHMED, H.; AZHAR, K. A. Exploring teachers' attitudes towards using ChatGPT. *Global Journal for Management and Administrative Sciences*, v. 3, n. 4, p. 97-111, 2022. Disponível em: <https://gjasuok.com/index.php/gjmas/article/view/163>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- KHALIL, M.; ER, E. Will ChatGPT get you caught? Rethinking of plagiarism detection. In: ZAPHIRIS, Panayiotis; IOANNOU, Andri (Eds.). *\*Learning and Collaboration Technologies\**. Cham: Springer, 2023. p. 475-487. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-34411-4\\_32](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-34411-4_32). Acesso em: 28 nov. 2024.
- LAUPICHLER, M. C.; ASTER, A.; SCHIRCH, J.; RAUPACH, T. Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping literature review. *Comput. Educ.: Artif. Intell.*, 3, 100101, 2022. Disponível em: <https://doaj.org/article/2ca8c286af754b7c84fee83f9307oad5>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- LIN, X. -F. et al. Teachers' Perceptions of Teaching Sustainable Artificial Intelligence: A Design Frame Perspective. *Sustainability*, 14(13), 7811, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14137811>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- MILL, D. Educação a distância: cenários, dilemas e perspectivas. *Revista Educação Pública*, v. 25, n. 59, supl. 2, p. 432-454, 2016. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/3821>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- MONTEIRO, F. F.; SOUZA, P. V. S.; SILVA, M. C.; MAIA, J. R.; GIRARDI, D. ChatGPT in Brazilian K-12 science education. *Frontiers in Education*, v. 9, p. 1321547, 2024. Disponível em:



- <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1321547/full>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- MUSTOFA, H. A.; BILAD, M. R.; GRENDIS, N. W. B. Utilizing AI for Physics Problem Solving: A Literature Review and ChatGPT Experience. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, v. 12, n. 1, p. 78-97, 2024. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e57f/7f5063e3dfc8781f1a24ff117a774f96odd8.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2024.
- OCDE. TALIS 2018 Results (Volume I): Teachers and School Leaders as Lifelong Learners. OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/1d0bc92a-en>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- PETRINA, S. Sidney Pressey e a automação da educação, 1924-1934. *Technology and Culture*, Baltimore, v. 45, n. 2, p. 305-330, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/236827543\\_Sidney\\_Pressey\\_and\\_the\\_Automation\\_of\\_Education\\_1924-1934](https://www.researchgate.net/publication/236827543_Sidney_Pressey_and_the_Automation_of_Education_1924-1934). Acesso em: 28 nov. 2024.
- POLVERINI, G.; GREGORCIC, B. Performance of ChatGPT on the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Physics Education Research*, v. 20, n. 1, p. 010109, 2024. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010109>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- RODRIGUES, K. S.; RODRIGUES, O. S. A inteligência artificial na educação: os desafios do ChatGPT. *Texto Livre*, 16, e45997-e45997, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivre/article/view/45997>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- SANT'ANA, F. P.; SANT'ANA, I. P.; SANT'ANA, C. C. Uma utilização do ChatGPT no ensino. **Com a Palavra, o Professor**, [S. l.], v. 8, n. 20, p. 74-86, 2023. DOI: 10.23864/cpp.v8i20.951. Disponível em: [http://revista.geem.mat.br/index.php/\\_CPP/article/view/951](http://revista.geem.mat.br/index.php/_CPP/article/view/951). Acesso em: 21 dez. 2024.
- SATO, K. Exploring the Educational Landscape of AI: Large Language Models' Approaches to Explaining Conservation of Momentum in Physics. *arXiv*, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2407.05308v1>. Acesso em: 13 nov. 2024.
- SCHWAN, S.; RIEMPP, R. The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction*, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959475204000337>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- SIONTIS, K. C. et al. ChatGPT hallucinating: can it get any more humanlike?. *European heart journal*, v. 45, n. 5, p. 321-323, 2024. Disponível em:



- <https://academic.oup.com/eurheartj/article/45/5/321/7471676>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. do. Inteligência Artificial na Educação: Survey / Artificial Intelligence in Education: Survey. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 7, p. 48699–48714, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13539>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- TOZETTO NETO, L. Potenciais usos e limitações éticas do ChatGPT na educação. Trabalho de conclusão de curso. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo. Campus Reitoria, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/server/api/core/bitstreams/38890f9d-4844-4186-a641-e1e1ff7830b2/content>. Acesso em: 20 dez. 2024.
- VILLARINHO, J. Canva: 3 recursos de inteligência artificial que você pode usar de graça. *TechTudo*, 24 ago. 2024. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br>. Acesso em: 25 nov. 2024. Disponível em: . Acesso em: 28 nov. 2024.
- WHEELER, S.; SCHERR, R. E. ChatGPT reflects student misconceptions in physics. In: *Proceedings of the Physics Education Research Conference (PERC)*. 2023. p. 386-390. Disponível em: <https://www.per-central.org/items/perc/5794.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- YU, H.; GUO, Y. Generative Artificial Intelligence Empowers Education Reform: Current Status, Issues and Prospects. *Frontiers in Education*, 8, 1183162, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1183162>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- ZAVALA, G.; TEJEDA, S.; BARNIOL, P.; BEICHNER, R. J. Modifying the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Physics Education Research*, v. 13, n. 2, p. 020111-1–020111-16, 2017. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020111>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- ZHANG, B.; ZHU, J.; SU, H. Toward the third generation artificial intelligence. *Science China Information Sciences*, v. 66, n. 2, p. 121101, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11432-021-3449-x#citeas>. Acesso em: 28 nov. 2024.

---

### ***Biografia Resumida***

**Jose Robson Maia:** Doutor em Física e Professor Adjunto na Universidade Estadual do Ceará, onde realiza atividades de pesquisa na área de Ensino de Física. Atualmente é membro da

Comissão de Pós Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/3723324225721478>

**Contato:** jose.robson@uece.br

**Marcelo Castanheira da Silva:** Doutor em Física e Professor Associado do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza da Universidade Federal do Acre. Atua nas áreas de Ensino de Física (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) e de Biotecnologia (Bionorte - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal).

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/7144949691918084>

**Contato:** marcelo.silva@ufac.br

**Wagner Ferreira da Silva:** Doutor em Física Experimental e Professor Associado do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas. Desenvolve pesquisas nas áreas de Óptica e Ensino de Ciências. Na área de Óptica, atua em estudos relacionados ao uso de nanopartículas luminescentes; já na área de Ensino de Ciências, trabalha com a criação de jogos educacionais, o uso de inteligência artificial na educação, entre outros temas.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/4219887347412130>

**Contato:** wagner@fis.ufal.br

**Fábio Ferreira Monteiro:** Doutor em Física teórica e professor Associado do Instituto de Física da Universidade de Brasília. Desenvolve atividades de pesquisa nas áreas de estrutura da matéria e ensino de ciências. Atualmente coordena o Programa de Pós Graduação Ensino de Física do IF-UnB.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/9000219428086548>

**Contato:** fmonteiro@unb.br

**Daniel Girardi:** Doutor em Física Computacional e professor Associado da Universidade Federal de Santa Catarina. Desenvolve atividades de pesquisa nas áreas de mecânica estatística, sistemas complexos, física computacional e

desenvolvimento de produtos educacionais para o ensino de ciências.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/5636463588776882>

**Contato:** [d.girardi@ufsc.br](mailto:d.girardi@ufsc.br)

**Paulo Victor Santos Souza:** Doutor em Física Computacional e sistemas complexos pela Universidade Federal Fluminense. Desenvolve atividades de pesquisa nas áreas física computacional, sistemas complexos, teoria de jogos e ensino de ciências.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/0631397141390775>

**Contato:** [paulo.victor@ifrj.edu.br](mailto:paulo.victor@ifrj.edu.br)