

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE FÍSICA: FERRAMENTAS PARA INOVAÇÃO EDUCACIONAL

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-153>

Data de submissão: 14/03/2025

Data de publicação: 14/04/2025

Rodolpho Menegatti Parreira

Mestre em Tecnologias Emergentes em Educação

MUST University

E-mail: rodolphoparreira@gmail.com

ORCID: 0009-0007-6604-5120

LATTES: <https://lattes.cnpq.br/2050307387723584>

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar como a Inteligência Artificial (IA) e outras tecnologias educacionais, como sistemas de recomendação, metodologias ativas e simuladores virtuais, podem ser utilizadas de forma complementar para modernizar o ensino de Física, promovendo uma aprendizagem mais dinâmica, personalizada e significativa. Fundamentada teoricamente em autores como Nogueira (2023), Moreira (2018) e Bardin (2011), a pesquisa qualitativa baseia-se na análise de casos para identificar vantagens, desafios e perspectivas dessas inovações. A investigação revela que a IA pode personalizar a aprendizagem e otimizar o ensino, superando desafios como capacitação docente e infraestrutura tecnológica. Metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e a Sala de Aula Invertida, mostraram-se eficazes para engajar os alunos e desenvolver habilidades críticas, enquanto ferramentas como o Easy YouTube (EYT) e simuladores virtuais, como o Physics Education Technology (PhET), diversificam conteúdos e facilitam a compreensão de conceitos complexos. O texto está estruturado em quatro partes principais: a primeira apresenta os conceitos de IA e metodologias ativas; a segunda discute o papel dos sistemas de recomendação e a eficácia dos simuladores virtuais; a terceira analisa as possíveis transformações no ensino de Física com base nas tecnologias exploradas; e, por fim, a quarta parte discute as condições necessárias para a implementação efetiva dessas ferramentas, com destaque para a formação docente e a infraestrutura escolar. Conclui-se que a integração entre inovação tecnológica e práticas pedagógicas configura um caminho promissor para transformar o ensino de Física no século XXI.

Palavras-chave: Inteligência Artificial (IA). Metodologias Ativas. Ensino de Física.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física tem se deparado com desafios estruturais e metodológicos que dificultam a aproximação dos alunos aos conceitos e práticas da disciplina. Apesar da imensa importância da Física na formação dos cidadãos e no entendimento do mundo ao nosso redor, as metodologias tradicionais, centradas na transmissão passiva de conhecimento, frequentemente resultam em desinteresse por parte dos estudantes (Moreira, 2018). Nesse contexto, a incorporação de tecnologias educacionais, como a IA, sistemas de recomendação e simuladores virtuais, tem se mostrado uma estratégia promissora para inovar o ensino e engajar os alunos de forma mais eficaz e personalizada.

A IA, em especial, tem demonstrado um grande potencial para transformar a maneira como os conteúdos são abordados e como os alunos interagem com a aprendizagem. Conforme ressaltado por Nogueira (2023), ela pode ser utilizada para personalizar o ensino, adaptando-se ao ritmo e às necessidades de cada aluno, proporcionando um aprendizado contínuo e individualizado. No entanto, a efetiva implementação de ferramentas baseadas em IA depende não apenas da infraestrutura tecnológica das escolas, mas também de um processo contínuo de capacitação dos professores, que precisam se adaptar às novas demandas pedagógicas trazidas por essas tecnologias.

Além disso, as metodologias ativas, como a ABP e a Sala de Aula Invertida, complementam perfeitamente o uso desse combo no ensino de Física. Essas abordagens têm como objetivo principal promover o protagonismo do aluno e estimular o desenvolvimento de habilidades críticas, como o raciocínio lógico e a resolução de problemas, que são essenciais no estudo da Física.

A ABP, por exemplo, desafia os alunos a resolverem questões reais ou hipotéticas, incentivando a aplicação dos conceitos físicos de forma prática e significativa. Já a Sala de Aula Invertida permite que os alunos tenham acesso ao conteúdo teórico fora da sala de aula, deixando o tempo de aula para a discussão e a prática ativa dos conceitos. A junção dessas metodologias com as tecnologias emergentes tem o poder de transformar a dinâmica do aprendizado, tornando-o mais colaborativo, interativo e alinhado com as exigências do século XXI.

A utilização de sistemas de recomendação, como o EYT, surge como uma resposta a uma das principais dificuldades dos docentes no contexto educacional digital: a busca e seleção de conteúdos educativos relevantes. Como apontado por Pinheiro et al. (2018), a recomendação automatizada de vídeos e materiais didáticos pode economizar tempo e proporcionar acesso rápido a recursos de qualidade, fundamentais para a construção de uma aprendizagem mais rica e diversificada. Esses sistemas operam por meio de algoritmos de filtragem colaborativa e recomendação baseada em conteúdo, ajustando-se às preferências e necessidades dos usuários para sugerir materiais que complementem o ensino de maneira mais eficiente e personalizada. Simultaneamente, os simuladores

virtuais apresentam uma alternativa inovadora para o ensino de Física, oferecendo aos alunos a oportunidade de interagir com fenômenos que seriam difíceis de observar ou experimentar de outra forma. A plataforma PhET é um exemplo de recurso que permite simular situações físicas complexas, proporcionando um aprendizado mais visual e prático. De acordo com Lopes, Silva e Souza (2023), essas ferramentas ajudam a superar as limitações do ensino tradicional, permitindo que os alunos visualizem conceitos abstratos de forma concreta e interativa.

A incorporação de simuladores educacionais também atende a uma demanda crescente por *feedback* rápido e imediato, aspecto fundamental para manter o interesse e a motivação dos alunos na era digital. Contudo, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos, especialmente em relação à infraestrutura nas escolas e à falta de formação específica dos professores. Apesar do potencial das tecnologias, muitos docentes ainda não estão preparados para utilizá-las de maneira eficaz, o que pode comprometer a qualidade do ensino. Ademais, a necessidade de uma abordagem pedagógica que valorize o uso consciente e integrado das tecnologias é essencial para que elas se tornem ferramentas de transformação real no processo educativo. Como observado por Lopes, Silva e Souza (2023), a formação continuada é um elemento crucial para garantir que o uso de simuladores e IA seja feito de forma que complemente e enriqueça a experiência de aprendizagem, e não substitua o papel do educador.

Diante disso, este trabalho propõe investigar como a IA pode favorecer a melhoria no processo de ensino-aprendizagem de Física no Ensino Médio. Fundamenta-se em uma pesquisa bibliográfica qualitativa, que se apoia na análise de artigos, dissertações e periódicos especializados, conforme os princípios da análise de conteúdo de Bardin (2011). A pesquisa tem como objetivo geral analisar as contribuições da IA e de tecnologias educacionais no ensino de Física e, como objetivos específicos, identificar estratégias metodológicas, discutir os desafios para sua implementação e avaliar os benefícios pedagógicos proporcionados por essas inovações.

O texto está organizado em quatro partes principais: a primeira apresenta os conceitos de IA e metodologias ativas; a segunda aborda os *chatbots*, sistemas de recomendação e os simuladores virtuais; a terceira analisa as transformações potenciais no ensino de Física; e a quarta discute as condições para implementação, com destaque para a capacitação docente e a infraestrutura escolar.

Assim, a integração entre IA, metodologias ativas e ferramentas digitais configura-se como um caminho promissor para transformar o ensino de Física no século XXI, promovendo uma aprendizagem mais dinâmica, colaborativa e alinhada às demandas da sociedade contemporânea.

2 METODOLOGIA

Este estudo tem como objetivo analisar como a IA pode ser utilizada de forma complementar no ensino de Física no Ensino Médio, explorando suas principais vantagens, desafios e perspectivas no contexto educacional. A pesquisa bibliográfica foi escolhida como metodologia por ser fundamental para o embasamento teórico e a estruturação de estudos dessa natureza. Essa abordagem não apenas proporciona um levantamento sistemático e organizado de informações relevantes, mas também possibilita a construção de uma memória rica em registros e apontamentos, essenciais para a redação do trabalho e para o aprofundamento do tema.

A pesquisa bibliográfica constitui-se no embasamento necessário e básico para a realização de estudos monográficos, ressalvando que o levantamento bibliográfico é a essência do estudo exploratório, devendo ser acompanhado de anotações, registros, notas de aulas, além de apontamentos que se relacionem com o tema de interesse, de forma a constituir-se numa memória importante para o registro e a redação do trabalho (Soares, Piccoli e Casagrande, 2018, p.3).

Embora a IA tenha um potencial significativo para transformar o ensino, a análise de artigos acadêmicos e pesquisas bibliográficas evidenciou uma escassez de estudos que abordem diretamente sua aplicação no ensino de Física. Essa lacuna foi apontada por diversos autores, como Nogueira (2023), que destaca a necessidade de pesquisas interdisciplinares que unam Educação, Física e Tecnologia para explorar as possibilidades de integração dessas áreas. Essa ausência de literatura reflete tanto a novidade do tema quanto os desafios inerentes à aplicação prática de ferramentas tecnológicas em contextos educacionais específicos.

Para contornar essa limitação, este estudo refinou as palavras-chave empregadas nas buscas realizadas no Google Acadêmico e em bases de dados como Scopus e SciELO, utilizando termos como “Metodologias Ativas em Física” e “Inteligência Artificial no Ensino Médio”. Essa estratégia permitiu ampliar o espectro de busca e identificar materiais mais abrangentes e atualizados em bibliotecas digitais, garantindo maior profundidade na pesquisa bibliográfica e uma análise mais robusta sobre as aplicações da IA no ensino de Física.

O rigor metodológico não se estabelece apenas pela atribuição de um nome específico, mas pela explicitação detalhada dos passos seguidos na realização da pesquisa, com uma descrição clara e precisa do percurso adotado para alcançar os objetivos. Neste estudo, a pesquisa bibliográfica foi planejada de forma sistemática, com foco em garantir a validade e a relevância das fontes analisadas. A pesquisa fundamenta-se na análise de dissertações, artigos científicos e periódicos especializados que abordam IA, metodologias de ensino de Física e aplicações tecnológicas no ambiente educacional. Gil (2010, p. 43) define a pesquisa bibliográfica como “um conjunto de procedimentos teóricos que

visam a identificar os conhecimentos disponíveis na literatura sobre determinado assunto”. Assim, fontes como dissertações proporcionaram uma base teórica sólida, essencial para aprofundar conceitos e teorias, enquanto artigos de revistas especializadas trouxeram contribuições recentes e dados empíricos que permitem uma análise atualizada e relevante do tema.

Embora o trabalho apresente a IA como uma ferramenta promissora, é necessário explorar com maior profundidade o impacto prático dessa tecnologia no ensino de Física. Como no caso de sistemas de tutoria inteligente, análise de dados educacionais e ferramentas como simuladores interativos podem transformar o ensino em sala de aula. Outrossim, a pesquisa se beneficiou de uma discussão mais ampla sobre os desafios e limitações das metodologias ativas no ensino de Física. Apesar de seu potencial, há barreiras significativas, como a resistência de professores, a necessidade de formação específica e a adequação da infraestrutura escolar para implementar essas abordagens. Aspectos como a falta de tempo para planejar atividades interativas ou a dificuldade em equilibrar teoria e prática também são desafios que merecem destaque.

As metodologias ativas são detalhadas quanto à sua aplicação no ensino de Física. De maneira ilustrativa, a ABP pode ser estruturada de forma a conectar problemas reais do cotidiano dos alunos com conceitos físicos, promovendo tanto o engajamento quanto uma compreensão mais profunda. Outras estratégias, como a utilização de laboratórios virtuais, simuladores interativos e realidade aumentada, também podem ser utilizadas como ferramentas complementares ao ensino de Física.

A integração de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) é outro ponto relevante. Ferramentas como o laboratório virtual PhET exemplificam como simulações interativas podem facilitar a compreensão de conceitos complexos, mas seria interessante expandir essa análise, discutindo como *softwares* de simulação, realidade aumentada e plataformas de ensino adaptativo podem enriquecer o aprendizado. A título de exemplo, como a IA pode ser usada para analisar as respostas dos alunos e propor atividades customizadas para superar dificuldades específicas?

A seleção das fontes seguiu critérios rigorosos de inclusão e exclusão, garantindo a confiabilidade e a relevância dos materiais analisados. A pesquisa bibliográfica qualitativa foi estruturada com o intuito de explorar de maneira sistemática o uso da IA e das metodologias ativas no ensino de Física, com um foco particular no Ensino Médio. A seleção das obras foi realizada com base em critérios rigorosos, priorizando estudos que abordassem especificamente o uso da IA no ensino de Física e as práticas pedagógicas inovadoras que têm ganhado destaque, como as metodologias ativas. A análise dessas fontes seguiu a metodologia de análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), que se caracteriza pela segmentação e organização dos dados de maneira a facilitar a compreensão das

temáticas abordadas. Essa abordagem permitiu uma análise detalhada, organizada em duas categorias principais: Inteligência Artificial no Ensino de Física e Metodologias Ativas no Ensino de Física.

A primeira categoria, focada na Inteligência Artificial no Ensino de Física, incluiu estudos que exploram o uso da IA como uma ferramenta para melhorar o processo de ensino aprendizagem de Física. Entre as obras mais relevantes para essa categoria estão os estudos de Dantas et al. (2019), que discutem a utilização de *chatbots* baseados em IA no auxílio ao ensino de Física, proporcionando uma interação mais personalizada e eficiente no processo de aprendizagem. Outro estudo importante foi o de Nogueira (2023), que investigou a percepção dos estudantes do curso de Física da Universidade Federal do Ceará sobre o uso da IA como ferramenta educacional. Além disso, o trabalho de Tavares, Meira e Amaral (2020) apresenta uma análise mais abrangente sobre o uso da IA na educação, discutindo suas implicações para o ensino de Ciências e suas vantagens no contexto educacional.

A segunda categoria, voltada para as Metodologias Ativas no Ensino de Física, inclui os estudos sobre práticas pedagógicas que buscam tornar o aluno protagonista de seu aprendizado, utilizando tecnologias como simuladores, jogos e a aprendizagem baseada em projetos. O trabalho de Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto (2018) foi um dos principais referenciais para essa análise, pois apresenta uma revisão crítica sobre as metodologias ativas. Gomes, Franco e Rocha (2020) também contribuem de maneira significativa para a compreensão do uso de simuladores como ferramentas para potencializar a aprendizagem de Física, trazendo exemplos de como essas tecnologias podem ser incorporadas no cotidiano escolar para tornar o ensino mais dinâmico e eficaz. A análise de Goulart, Pastorio e Vidmar (2023) foi importante para compreender o impacto das tecnologias digitais no ensino de Física, especialmente no contexto do ensino remoto emergencial, quando o uso das tecnologias se intensificou devido à pandemia.

O trabalho de Darroz, Rosa e Ghiggi (2015), por sua vez, ofereceu uma análise comparativa entre as metodologias tradicionais e as metodologias de aprendizagem significativa, explorando como essas abordagens impactam o ensino e a formação dos professores.

A segmentação dos textos seguiu a proposta de Bardin (2011), que orienta a leitura das obras com o objetivo de identificar as unidades de registro, ou seja, os trechos dos textos que abordam os aspectos centrais das categorias em questão. A partir dessa leitura, as informações foram agrupadas de acordo com os temas mais recorrentes e as ideias principais apresentadas pelos autores. O processo de categorização envolveu a identificação de subtemas, como a personalização do ensino através da IA, a utilização de ferramentas digitais para o ensino remoto, e a aplicação de metodologias ativas para melhorar o engajamento dos alunos nas aulas de Física.

A análise crítica das obras revelou que tanto as metodologias ativas quanto as ferramentas baseadas em IA têm o potencial de transformar o ensino de Física, tornando-o mais interativo e adaptado às necessidades dos alunos. As tecnologias digitais, como *chatbots* e simuladores, permitem uma abordagem mais personalizada e eficaz, ao passo que as metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos, promovem a autonomia dos estudantes e incentivam o pensamento crítico e a colaboração. A integração dessas abordagens no contexto educacional pode proporcionar uma aprendizagem mais significativa, além de preparar os alunos para os desafios de um mundo cada vez mais digital e interconectado.

Em suma, a pesquisa bibliográfica permitiu compreender as contribuições das tecnologias digitais e das metodologias ativas no ensino de Física, especialmente no Ensino Médio, e como elas se complementam para melhorar o processo de ensino-aprendizagem. A análise de conteúdo, conforme a metodologia de Bardin (2011), foi fundamental para organizar as informações e proporcionar uma visão clara e profunda sobre os temas abordados, destacando as obras mais relevantes para cada uma das categorias e oferecendo uma base sólida para futuras investigações e práticas pedagógicas.

Conforme proposto por Fink (2019), esta pesquisa foi planejada com uma definição clara do tema e das questões centrais de investigação. A pergunta norteadora “Como a IA pode favorecer a melhoria no processo de ensino-aprendizagem de Física?” guiou todas as etapas da pesquisa, desde a busca inicial até a síntese dos dados. Dessa forma, o estudo apresenta um percurso metodológico consistente e fundamentado, contribuindo para uma análise crítica do uso da IA no ensino de Física.

Dessa maneira, a metodologia aqui apresentada baseia-se na análise rigorosa de fontes acadêmicas confiáveis, como repositórios universitários e revistas especializadas, garantindo uma abordagem qualitativa robusta para sustentar os objetivos deste trabalho.

3 IA NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Este capítulo baseia-se na pesquisa bibliográfica descrita na metodologia para discutir como a IA tem sido abordada no contexto educacional. As obras analisadas foram selecionadas com base em critérios de relevância e atualidade, seguindo os princípios da análise de conteúdo de Bardin (2011). A partir dessa pesquisa, identificaram-se as principais contribuições, desafios e tendências relacionadas ao uso da IA na educação.

Bates (2015) caracteriza a inteligência artificial como a representação em software dos processos mentais envolvidos na aprendizagem humana. O autor observa que as tentativas de replicar o ensino por meio da IA começaram na década de 1980, inicialmente focando no ensino da aritmética.

Apesar das diversas pesquisas sobre essa ferramenta na educação ao longo das últimas três décadas, os resultados obtidos não têm sido satisfatórios.

A dificuldade das máquinas em lidar com a ampla gama de maneiras pelas quais os estudantes aprendem (ou enfrentam dificuldades para aprender) se revelou um desafio significativo. No entanto, temos começado a notar avanços mais expressivos recentemente, especialmente no que diz respeito à aprendizagem adaptativa.

De acordo com Tavares, Meira e Amaral (2020), o uso de inteligência artificial na educação, conhecido em inglês como *Artificial Intelligence in Education* (AIED), é um tema polêmico. Isso se deve principalmente a fatores como a infraestrutura tecnológica insuficiente, a falta de capacitação docente e as questões éticas que envolvem o uso de dados dos alunos. A aplicação da IA pode ser vista como uma forma de substituição de tarefas humanas, e, sob uma perspectiva objetivista, que se concentra em resultados quantitativos e mensuráveis sem considerar as particularidades do contexto de ensino (Garrison, Anderson e Archer, 2001), pode levar à ideia equivocada de que a máquina poderia substituir o professor. Contudo, existe um grande potencial para a utilização da IA como um suporte valioso nas atividades de aprendizagem, tanto do ponto de vista dos alunos quanto dos educadores.

Aplicações podem ser encontradas no dia a dia de docentes e alunos. A modo de ilustração, sistemas de tutoria inteligente adaptam o conteúdo ao ritmo de aprendizagem de cada aluno, proporcionando uma experiência personalizada.

Por outro lado, a análise de dados educacionais permite que educadores identifiquem padrões de desempenho, facilitando intervenções direcionadas. *Chatbots* são outra ferramenta interessante. Eles são sistemas de IA projetados para simular conversas com os usuários, podendo responder a perguntas em tempo real e oferecer suporte contínuo fora do horário escolar. Essa definição é fundamentada em autores como McTear (2017), que detalha como eles operam utilizando técnicas de processamento de linguagem natural para interagir com os estudantes.

Além disso, plataformas de aprendizado adaptativo utilizam algoritmos para criar trajetórias de aprendizado sob medida, aumentando o engajamento dos estudantes. Essas ferramentas mostram como a IA pode enriquecer o ensino, tornando-o mais acessível e centrado nas necessidades dos alunos. Ao longo das décadas de 1980 até os dias atuais, um dos principais desafios enfrentados pela IA na educação foi sua dificuldade em lidar com a diversidade de formas de aprendizado dos estudantes. Cada indivíduo aprende de maneira única, influenciado por fatores culturais, emocionais e cognitivos. As primeiras iniciativas, como os sistemas de tutoria focados em aritmética nos anos 1980, apresentaram limitações ao não conseguirem se adaptar a essa variabilidade. Um exemplo disso

foi o PLATO (*Programmed Logic for Automatic Teaching Operations*), que surgiu nos anos 1970 e teve maior destaque na década de 1980. Embora inovador para a época, o sistema não tinha a flexibilidade necessária para se ajustar às diferentes formas de aprendizado dos alunos. Em adição, a falta de dados suficientes e a tecnologia menos avançada da época dificultaram o desenvolvimento de soluções eficazes. No entanto, avanços recentes, impulsionados por algoritmos de aprendizagem profunda e grandes volumes de dados, têm superado algumas dessas barreiras.

Outro ponto que gera discussões é o impacto ético e pedagógico da adoção da IA na educação. A personalização promovida por essas tecnologias, embora atraente, levanta preocupações sobre privacidade e proteção de dados dos estudantes. Em um ambiente onde os algoritmos analisam informações pessoais para criar trajetórias de aprendizagem sob medida, surge o risco de exposição ou uso inadequado desses dados. Assim, é fundamental que políticas de segurança robustas acompanhem a implementação dessas ferramentas, garantindo que os benefícios não venham à custa da privacidade.

Igualmente, é essencial preparar os professores para o uso eficaz da inteligência artificial no ensino. Muitos educadores ainda desconhecem o potencial dessas ferramentas ou enfrentam dificuldades em integrá-las às suas práticas. Oferecer capacitações que ensinem não apenas o uso técnico, mas também estratégias para combinar as ferramentas disponíveis com metodologias pedagógicas tradicionais, pode ser a chave para maximizar os benefícios.

Nesse sentido, a IA não deve ser vista como uma substituição, mas como uma extensão das habilidades do professor, permitindo-lhe concentrar-se em atividades que exigem sensibilidade humana e julgamento crítico.

Por fim, o equilíbrio entre o uso da tecnologia e a interação humana no processo educacional deve ser cuidadosamente avaliado. Enquanto as plataformas de aprendizado adaptativo oferecem trajetórias personalizadas e aumentam o engajamento, a figura do professor continua indispensável. Ele é o mediador que interpreta os dados fornecidos, faz ajustes baseados no contexto e oferece apoio emocional que nenhuma máquina pode replicar. Assim, o maior potencial da IA está em enriquecer a prática docente, tornando o ensino mais dinâmico, acessível e eficiente, sem perder a essência humana da educação.

4 APRENDIZAGEM DE FÍSICA

A discussão apresentada neste capítulo é fundamentada na revisão bibliográfica descrita na metodologia, que incluiu obras relevantes sobre ensino de Física e estratégias pedagógicas inovadoras. A análise dos materiais seguiu as diretrizes de Bardin (2011), permitindo a categorização dos

resultados em dois eixos principais: metodologias ativas e metodologias específicas de ensino de Física. Esses eixos estruturam os tópicos subsequentes e estão apoiados em autores centrais, como Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto (2018) e Nogueira (2023).

Moreira (2018) aponta que o ensino de Física no Brasil teve um crescimento significativo na década de 1980, impulsionado por avanços na pesquisa, criação de programas de pós-graduação, realização de encontros nacionais e reconhecimento internacional. No entanto, apesar de ser uma área de pesquisa consolidada, nos últimos anos tem enfrentado desafios, como a redução da carga horária, a escassez de professores e a falta de ambientes adequados para aulas práticas. De maneira similar, muitos conteúdos ainda são ensinados por métodos tradicionais, que podem não atender às necessidades atuais dos alunos. O resultado desse tipo de ensino é que os discentes, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria desejável para uma aprendizagem significativa, acabam gerando uma aversão tão intensa que chegam a afirmar, de forma metafórica, que “odeiam” (grifo nosso) a Física.

É importante destacar que poucos estudantes concluem o ensino médio com uma compreensão clara dos conceitos de Física. Isso acontece porque, muitas vezes, a disciplina é ensinada apenas como um conjunto de fórmulas e informações, sem levar em conta as perspectivas de mundo e experiências dos alunos. Essa abordagem limita o aprendizado a apenas o que foi ensinado em sala de aula, não capacitando-os a entenderem o mundo em que vivem.

De acordo com Leite (2023) a Física está integrada ao nosso dia a dia, influenciando desde ações simples, como ouvir e ver, até atividades mais complexas, como correr, construir coisas e prever fenômenos. Ela desempenha um papel crucial nas tecnologias e na estrutura da sociedade moderna. Assim, aprender Física não é apenas um direito humano que nos liberta de interpretações simplistas e do senso comum; é também uma ferramenta fundamental para estimular o pensamento crítico.

A resistência de muitos professores em adotar métodos de ensino inovadores na Física pode ser atribuída a uma combinação de fatores individuais e políticos, conforme apontado por Santos, Beato e Aragão (2010). Em nível individual, questões como a falta de tempo, a relutância em experimentar novas abordagens e a insegurança decorrente de uma formação inadequada contribuem para a manutenção do ensino tradicional. Ainda mais, a carência de materiais e ambientes adequados para a prática do ensino pode desestimular os educadores a explorarem novas metodologias, limitando a qualidade da aprendizagem dos alunos.

No âmbito das políticas escolares, a situação é igualmente desafiadora. A falta de acesso a recursos, como *hardwares* desatualizados e softwares inadequados, juntamente com a ausência de

ambientes propícios para a implementação de tecnologias educacionais, reforça a resistência dos docentes em inovar.

Santos, Beato e Aragão (2010) destacam que a reorganização institucional é fundamental para facilitar essa transição, permitindo que os professores integrem a TIC em suas práticas, o que poderia resultar em um ensino mais dinâmico e alinhado às necessidades atuais dos estudantes previstas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018).

Inicialmente, a Base estabelece as seguintes unidades temáticas para a área do conhecimento em questão, no Ensino Médio: Matéria e Energia; e Vida, Terra e Cosmos. Na primeira, o foco aparece nas interações entre matéria e energia, como o nome sugere, dando destaque para o uso de modelos mais abstratos (sem mencionar quais) que permitem compreender melhor fenômenos que envolvem conhecimentos das componentes curriculares dessa área. Na segunda unidade, é estabelecido que a proposta é que os estudantes possam compreender a complexidade do surgimento da vida, principalmente da vida humana, na Terra, de modo que necessitam de modelos mais avançados para estudarem processos como reações nucleares, surgimento de estrelas, formação de matéria, entre outros assuntos que envolvem a interação entre a existência humana e o ambiente em que vive (Arruda, 2022, p.47).

A BNCC (Brasil, 2018) estabelece diretrizes específicas para o ensino de Física que buscam promover uma compreensão mais profunda dos fenômenos naturais. Entre os objetivos, está a elaboração de explicações e previsões sobre os movimentos de objetos, utilizando a análise das interações gravitacionais, com ou sem o auxílio de dispositivos digitais, como softwares de simulação e realidade virtual.

Também se enfatiza a importância de analisar a evolução estelar, relacionando-a à origem e distribuição dos elementos químicos no universo, assim como investigar e entender o funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos para avaliar as tecnologias contemporâneas e seus impactos sociais, culturais e ambientais etc. As competências para a área de Ciências da Natureza são três no total e estão listadas abaixo:

Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio
1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. 3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (Brasil, 2018, p. 553).

As duas primeiras competências específicas, diretamente ligadas às unidades temáticas, podem ser enriquecidas com o uso de recursos tecnológicos.

A IA pode contribuir para o desdobramento dessas competências ao oferecer ferramentas que permitem personalizar o aprendizado de acordo com as necessidades e ritmos dos alunos, facilitando a construção de habilidades específicas de maneira mais eficiente e engajadora.

Além do mais, tecnologias como simuladores virtuais, sistemas de tutoria inteligente e análise de dados educacionais podem ajudar a contextualizar o conteúdo de forma mais dinâmica, proporcionando experiências de aprendizagem que conectam a teoria à prática, especialmente em contextos locais e globais (Tavares, 2020).

No caso da terceira competência, que busca integrar a contextualização do conhecimento científico, a IA pode atuar como um mediador entre o saber acadêmico e as questões do cotidiano, permitindo que os alunos explorem problemas locais e globais de maneira interativa e contextualizada. A utilização de ferramentas como *chatbots*, plataformas de simulação e análise de grandes volumes de dados pode ampliar a compreensão sobre como o conhecimento científico se aplica ao mundo real, promovendo uma reflexão mais profunda sobre as implicações de questões globais, como mudanças climáticas e desigualdade social, ao mesmo tempo em que conecta esses tópicos a realidades locais (Leite *et al.*, 2017).

Por meio da IA, seria possível não apenas ensinar "o que deve ser feito" com o conhecimento científico, mas também engajar os alunos em uma aprendizagem ativa e contextualizada, que permite que reflitam sobre como aplicar esse saber em diferentes cenários. A combinação de tecnologias emergentes com práticas pedagógicas inovadoras pode, assim, contribuir significativamente para alcançar os objetivos de ensino e aprendizagem propostos.

Darroz, Rosa e Ghiggi (2015) afirmam que o modelo de ensino atual, que se concentra apenas no desenvolvimento do conteúdo com ênfase na resolução de exercícios, pode levar a bons resultados em avaliações quantitativas. No entanto, essa abordagem é inadequada para a compreensão e a exploração de novos conteúdos.

Zanatta e Neves (2016) complementam essa ideia ao destacar que as competências exigidas para o ensino de Física na era contemporânea, conforme estabelecido pela BNCC (Brasil, 2018), não podem ser plenamente atendidas pelo modelo tradicional. Os alunos demonstram um interesse crescente por métodos mais envolventes e interativos, superando as aulas expositivas convencionais.

4.1 METODOLOGIAS ATIVAS

As metodologias ativas analisadas neste trabalho foram organizadas com base em uma categorização temática que incluiu estratégias como a ABP, a Sala de Aula Invertida e a Aprendizagem por Projetos. Esses métodos foram avaliados considerando suas aplicações práticas no ensino de Física

e o potencial para engajar os estudantes, conforme descrito por autores como Morán (2015) e de Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto (2018).

Morán (2015) informa que, atualmente, as escolas enfrentam incertezas em meio às grandes mudanças que ocorrem na sociedade. As instituições precisam se adaptar para proporcionar uma formação integral aos estudantes, oferecendo uma educação intencional e ajudando-os a perceber a importância de sua presença nesse ambiente. Diante de tantas evoluções, é evidente a necessidade de adaptar as formas de ensino, uma vez que o modelo tradicional já não é capaz de fornecer todas as ferramentas necessárias e esperadas pelos alunos na sua formação no pleno século XXI.

Os métodos tradicionais de ensino, que priorizavam a transmissão de informações pelos professores, eram adequados em tempos em que o acesso à informação era limitado. No entanto, com a popularização da internet e a disponibilização de diversos cursos e materiais, agora podemos aprender em qualquer lugar, a qualquer hora e com diferentes pessoas.

Essa nova realidade é complexa, necessária e, de certa forma, assustadora, pois não contamos com modelos previamente estabelecidos que sejam eficazes para a aprendizagem flexível em uma sociedade altamente conectada (Valente, Almeida e Geraldini, 2017).

Morán (2015) destaca que a tecnologia atual promove uma integração dos espaços e tempos, criando uma interconexão constante entre o mundo físico e o digital. Nesse contexto, o ensino e a aprendizagem se tornam híbridos, ocorrendo não apenas dentro da sala de aula, mas também em diversos ambientes do cotidiano, incluindo os digitais. Para que essa integração seja eficaz, é necessário equilibrar a comunicação face a face e a interação digital, utilizando tecnologias móveis para enriquecer a experiência educacional. No entanto, conforme apontam Avilés e Galembeck (2021), o sucesso dessa estratégia depende não apenas do acesso às tecnologias, mas de um processo amplo e integrado de alfabetização tecnológica de professores e estudantes. Dessa forma, a incorporação de métodos híbridos requer planejamento e formação continuada, garantindo que a escola se abra ao mundo digital de forma acessível e efetiva, ampliando as possibilidades de experimentação didática e democratizando o acesso às ferramentas tecnológicas.

Pelas oportunidades que oferece no processo de democratização e ampliação no acesso à experimentação didática, sendo conceituados como estratégias didáticas que ampliam as possibilidades de acesso e manipulação de experimentos reais a partir do acesso à internet. Não obstante, o sucesso da implementação desta estratégia dependerá não só do acesso às tecnologias, mas também de um processo amplo e integrado de alfabetização tecnológica dos professores e seus estudantes (Avilés e Galembeck, 2021, p. 214).

Morán (2015) esclarece que apesar das deficiências estruturais, há uma busca crescente por alternativas no setor educacional, tanto público quanto privado, em resposta à rejeição das crianças a modelos de ensino autoritários e uniformes.

As instituições estão se dividindo em dois caminhos: um mais gradual, que mantém o currículo disciplinar, mas adota metodologias ativas como ensino por projetos e sala de aula invertida; e outro mais inovador, que propõe a eliminação das disciplinas tradicionais em favor de modelos baseados em atividades práticas e colaborativas, permitindo que os alunos aprendam no seu próprio ritmo e em interação com os outros sob a orientação de professores.

As metodologias ativas, de forma geral, aspiram à formação do ser humano em caráter integral, para além do conhecimento técnico e teórico, à formação de indivíduos com visão global da realidade, preparando-os para buscar sempre conhecimentos que ainda não possuem, fazendo com que aprendam “colocando a mão na massa” (Urias e De Azeredo, 2017, p.80).

Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto (2018) trazem uma explicação sobre as metodologias ativas mais conhecidas, dentre elas, a Aprendizagem Baseada em Times (TBL) é um método colaborativo que envolve a divisão da turma em grupos de 5 a 8 estudantes, mantendo a heterogeneidade entre eles. As equipes são compostas de forma que sua composição se mantenha constante ao longo do curso, e os alunos são incentivados a realizar leituras prévias sobre o tema a ser discutido. Essa abordagem valoriza o conhecimento prévio dos estudantes, promovendo a interação e a troca de ideias. Após discutir as questões levantadas, os grupos apresentam suas respostas para a turma, revisando os principais pontos do assunto.

O TBL não se limita apenas à transmissão de conteúdo, mas também utiliza conceitos da disciplina para a resolução de problemas, proporcionando aos alunos tanto conhecimentos conceituais quanto processuais.

Outra metodologia destacada é a Instrução por Pares (*Peer Instruction*), desenvolvida por Eric Mazur, que visa o envolvimento de todos os alunos durante as aulas. Nesse método, os estudantes são incentivados a explicar os conceitos uns aos outros, promovendo um aprendizado ativo. O professor circula pela sala, estimulando discussões e guiando o pensamento dos alunos, que ao final recebem a explicação correta do professor e podem avançar para novas questões ou tópicos (Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto, 2018).

A Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) também se destaca como uma inovação pedagógica, onde os alunos assistem a vídeos com o conteúdo teórico antes da aula e utilizam o tempo em sala para aplicar o que aprenderam. Essa abordagem foi inicialmente criada para atender estudantes que faltavam às aulas devido a compromissos esportivos, mas evoluiu para uma metodologia de ensino

amplamente aplicada, focando na interação prática durante os encontros (Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto, 2018).

A metodologia *Jigsaw*, desenvolvida por Elliot Aronson, envolve grupos de alunos que se tornam "especialistas" em diferentes partes de um tema e depois ensinam o que aprenderam aos colegas. Essa técnica encoraja a responsabilidade individual e a colaboração, promovendo um ambiente em que cada membro é essencial para o sucesso do grupo (Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto, 2018).

Outra abordagem, a Divisão dos Alunos em Equipes para o Sucesso (STAD), foi desenvolvida por Robert Slavin e enfatiza a responsabilidade individual dentro de grupos colaborativos. Cada aluno contribui para o sucesso coletivo, e o desempenho dos grupos é avaliado através de testes individuais, onde os melhores resultados são recompensados.

Essa metodologia é especialmente benéfica para alunos com necessidades educacionais especiais, mostrando resultados positivos em sua aprendizagem e comportamento (Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto, 2018).

O método dos Torneios de Jogos em Equipes (TGT), desenvolvido por David Devries e Keith Edwards, também se baseia na cooperação, promovendo a interação entre alunos de diferentes níveis de desempenho. Nessa abordagem, as equipes competem em jogos baseados em questões acadêmicas, proporcionando uma maneira lúdica de aprender (Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto, 2018).

Além das metodologias ativas mencionadas, é importante distinguir entre aprendizagem colaborativa e cooperativa. A colaboração implica em um trabalho conjunto em que os membros compartilham a liderança e confiam uns nos outros, enquanto a cooperação pode envolver relações mais hierárquicas. Ambas as abordagens visam resolver problemas em grupo, mas a colaboração tende a ser mais aberta e ativa. A APB e a problematização também são abordagens relevantes, em que os alunos identificam e resolvem problemas reais, desenvolvendo raciocínio crítico e reflexivo.

A APB, originada na McMaster University, permite que os alunos se tornem responsáveis pela sua aprendizagem, enquanto a problematização envolve a observação e análise da realidade para a formulação de questões e soluções (Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto, 2018).

A Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning*) é uma metodologia que incentiva os alunos a resolverem problemas complexos e autênticos por meio da pesquisa e do trabalho em grupo, promovendo um aprendizado dinâmico e ativo. Essa abordagem, defendida por John Dewey, busca desenvolver não apenas o conhecimento acadêmico, mas também habilidades emocionais e sociais (Lovato, Michelotti e Da Silva Loreto, 2018).

Essas metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade e o interesse dos alunos, integrando-os ao processo de ensino-aprendizagem de maneira mais eficaz e colaborativa. Com uma variedade de abordagens disponíveis, é fundamental escolher as que melhor se adequem ao contexto educacional e às necessidades dos alunos, garantindo um aprendizado significativo e duradouro.

4.2 METODOLOGIAS DE ENSINO EM FÍSICA

A revisão bibliográfica realizada identificou estratégias específicas de ensino de Física que integram conceitos teóricos com práticas pedagógicas inovadoras. Essas estratégias foram analisadas considerando sua relevância para o desenvolvimento de competências propostas pela BNCC (Brasil, 2018) e para a promoção de um aprendizado significativo, com base em autores como Gonçalves *et al.* (2020).

Segundo Gonçalves *et al.* (2020), a ABP é uma metodologia que inicialmente foi aplicada nas escolas de Medicina, mas que hoje é amplamente utilizada em diferentes áreas do conhecimento, inclusive no ensino de Física. Um exemplo prático de sua aplicação poderia ser o estudo do movimento de projéteis, onde o professor apresenta uma situação-problema: calcular o ângulo ideal de lançamento de uma bola para que ela alcance uma determinada distância, como em um jogo de futebol. Nesta atividade, os estudantes devem identificar e aplicar princípios de cinemática, como as leis de movimento e a decomposição dos vetores de velocidade, para resolver o problema.

Essa abordagem, além de engajar os alunos na aplicação prática de conceitos físicos, também promove as características descritas por Almeida (2015) para metodologias ativas, como a resolução de problemas, a argumentação, e a realização de tarefas mentais de alto nível, incluindo análise, síntese e avaliação. Ao investigar, discutir e testar hipóteses, os estudantes se ocupamativamente com o processo de aprendizagem, refletindo de maneira fundamentada sobre as ações realizadas, o que está alinhado aos princípios das metodologias ativas que buscam integrar o pensar e o fazer.

[...] o estudante deve ler, escrever, perguntar, discutir, argumentar, contrapor, por meio da resolução de problemas e do desenvolvimento de planos de estudo e/ou projetos. Além disso, o estudante deve realizar tarefas mentais de alto nível, como análise, síntese e avaliação. Nesse sentido, as metodologias que promovem aprendizagem ativa podem ser definidas como sendo um conjunto de atividades, devidamente fundamentadas e articuladas, que ocupam o estudante em fazer alguma coisa e, ao mesmo tempo, o leva a pensar de modo fundamentado sobre as coisas que está fazendo (Almeida, 2015, p. 27).

Esse processo não apenas aumenta a compreensão dos conteúdos teóricos, mas também desenvolve habilidades importantes como a resolução de problemas, o trabalho em equipe e o pensamento crítico.

Valente, Almeida e Geraldini (2017) argumentam que, em uma era de abundância de informações e avanços tecnológicos rápidos, é fundamental adotar metodologias ativas no ensino. Isso significa ir além das limitações tradicionais de tempo e espaço das salas de aula, incorporando novos ambientes para a construção do conhecimento, como laboratórios e espaços digitais, e explorando diversos contextos culturais e formas de saber.

Segundo Nogueira (2023), garantir que as escolas tenham acesso adequado à internet é essencial para a implementação da TIC no ambiente educacional. Essas tecnologias, aliadas a metodologias ativas de ensino, têm o potencial de enriquecer a experiência de aprendizagem e elevar a qualidade da educação.

Soares, Tarouco e Silva (2021) informam a seriedade do contato dos discentes com experimentos e aulas práticas. Uma possibilidade prática é incorporar laboratórios virtuais ao currículo, como a plataforma PhET Interactive Simulations, um projeto da Universidade do Colorado em Boulder. Esse recurso, que é gratuito e acessível online, oferece aos professores diversas ferramentas para enriquecer seus planos de aula com simulações interativas que retratam situações reais, permitindo aos alunos explorarem e experimentar conceitos científicos de forma prática e visualmente atraente.

5 IA NO ENSINO DE FÍSICA

De acordo com Mello, Vallini e Vieira (2022), a TIC é quase sempre baseada no senso comum sobre inovação no ensino e na aprendizagem. Supõe-se que o simples uso dessas tecnologias gera novas metodologias e formas de ensinar, aprender e pensar. Isso sugere que essas ferramentas, por si só, possuiriam valores inerentes, independentemente de como são usadas ou dos contextos sociais e humanos envolvidos.

Nesse sentido, é fundamental discutir o papel das tecnologias em sala de aula, pois não se pode presumir que seu uso, por si só, gere grandes impactos educacionais. É necessário que os docentes as empreguem de forma intencional, associando-as a práticas pedagógicas coerentes para que, de fato, promovam um impacto positivo na aprendizagem dos alunos.

Este capítulo explora as aplicações práticas da IA no ensino de Física, com base na pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo de metodologia. A análise dos materiais seguiu os princípios da análise de conteúdo de Bardin (2011), organizando os resultados em três categorias principais: *chatbots*, sistemas de recomendação e simuladores. A escolha desses eixos foi fundamentada na relevância dessas tecnologias para o contexto educacional, conforme discutido por autores como Dantas *et al.* (2019) e Lopes, Silva e Souza (2023).

Nesse contexto, Goulart, Pastorio e Vidmar (2023) ressaltam que as mudanças na sala de aula, especialmente durante a pandemia, evidenciaram a importância de estratégias formativas que incluem abordagens construtivistas, como o enfoque investigativo e a resolução de problemas reais. Essas abordagens são particularmente eficazes quando integradas ao uso da TIC de maneira planejada e intencional, permitindo que as tecnologias se tornem ferramentas que ampliem o potencial do ensino contextualizado e investigativo.

Assim, os docentes podem fortalecer sua formação e aplicar estratégias pedagógicas que aproveitem a TIC não como fim em si mesma, mas como meios para promover um aprendizado significativo e alinhado às necessidades dos alunos.

As mudanças da sala de aula, associadas à pandemia, recomendam o desenvolvimento de estratégias de formação do professor com abordagens de ensino alternativas, construtivistas, como, por exemplo, o enfoque investigativo e a resolução de problemas reais, que favoreçam o aprendizado baseado no contexto escolar, além de técnicas, procedimentos e aplicação de protocolos. Os docentes perceberam, na pandemia e durante o distanciamento social, um momento para fortalecer sua formação em abordagens e novas estratégias que gerem suporte e contribuições importantes no ato de ensinar Ciências (Goulart, Pastorio e Vidmar, 2023, p. 24).

A teoria da cognição distribuída, originada nos anos 1990, é citada por Nogueira (2023) como um suporte teórico relevante. Essa teoria propõe que o conhecimento é construído não apenas internamente, mas através de interações com o ambiente e artefatos cognitivos (ferramentas que aumentam o desempenho humano), como smartphones e plataformas digitais. Diferente da visão tradicional, que vê o conhecimento como algo incorporado individualmente, a cognição distribuída sugere que ele emerge da interação entre pessoas e tecnologia.

Jho (2020) informa que no ensino de Física, a tecnologia alterou a prática educativa: onde antes os alunos resolviam cálculos manualmente, hoje eles podem usar ferramentas digitais para facilitar a aprendizagem. Nesse contexto, Nogueira (2023) afirma que o papel do professor se transforma de transmissor de informações para orientador no uso de recursos digitais.

Segundo Silva e Lima (2018), essa mudança exige a revisão de currículos e práticas pedagógicas para que o professor atue como mediador, promovendo a interação com novas ferramentas e recursos de conhecimento.

A integração da IA no ensino de Física traz um avanço significativo para a educação, oferecendo novas possibilidades para melhorar o processo de ensino e aprendizagem. Com a IA, é possível personalizar a experiência de professores e alunos, viabilizando abordagens pedagógicas mais eficazes e adaptadas às necessidades individuais (Nogueira, 2023).

5.1 CHATBOTS

A análise dos materiais referentes aos *chatbots* no ensino de Física considerou estudos que exploram sua implementação prática, benefícios e desafios. A categorização incluiu aspectos como usabilidade, potencial de personalização e impacto no engajamento dos alunos, conforme destacado por Dantas *et al.* (2019).

Um *chatbot* é um programa de computador projetado para simular uma conversa humana de forma interativa e natural, seja por meio de texto ou voz. Sua origem remonta a 1966, quando o pesquisador Weizenbaum desenvolveu o ELIZA, um dos primeiros, com a finalidade de realizar diálogos simples. Atualmente, eles são amplamente utilizados em diversos contextos do cotidiano, principalmente em plataformas digitais de comunicação, como WhatsApp, Telegram e Facebook Messenger (Dantas *et al.*, 2019).

Essas ferramentas se popularizaram entre usuários de diferentes faixas etárias, tornando-se parte integrante da rotina diária. Em consequência, a familiaridade e a acessibilidade dessas plataformas abriram caminho para a inclusão de funcionalidades avançadas, especialmente voltadas para a educação. Isso reflete um investimento estratégico, uma vez que essas tecnologias já estão profundamente enraizadas no comportamento do público geral e oferecem grande potencial para enriquecer a experiência educacional (Dantas *et al.*, 2019).

O uso da IA e Processamento de Linguagem Natural tem ampliado significativamente as possibilidades de aplicação dos *chatbots* em diferentes áreas do cotidiano. Essas tecnologias permitem que a interação com o sistema ocorra por meio de áudio, texto, imagens ou uma combinação desses formatos, sendo amplamente utilizadas em sistemas de telefonia automatizada, suporte educacional e plataformas de e-commerce.

Na educação, os *chatbots* baseados em IA e PLN oferecem recursos inovadores, como busca de conteúdos em plataformas como YouTube e Wikipedia, recebimento de notícias e suporte à produtividade por meio de alertas e lembretes. Essas ferramentas atuam como assistentes pessoais interativos e dinâmicos, proporcionando informações personalizadas e relevantes para os estudantes, promovendo maior engajamento no processo de aprendizagem.

No entanto, a disciplina de Física é frequentemente percebida como abstrata e de difícil compreensão pelos estudantes. Isso ocorre, em parte, devido à lacuna existente entre as metas dos alunos e as metodologias tradicionais de ensino, que muitas vezes resultam na memorização de conceitos e fórmulas, sem uma compreensão profunda dos fenômenos físicos. Apesar das tentativas de inovar nos métodos de ensino, a experiência dos alunos com a disciplina frequentemente permanece

desmotivadora e pouco envolvente, evidenciando a necessidade de abordagens mais eficazes e atrativas no ensino de Física (Dantas *et al.*, 2019).

Baseado nas dificuldades enfrentadas pelos professores em tornar a disciplina de Física mais atrativa, Dantas *et al.* (2019), desenvolveram um *chatbot* utilizando técnicas de IA e PLN para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem. A ferramenta foi criada utilizando *Python*, uma linguagem de programação eficiente e de fácil aprendizado, ideal para aplicações interativas. Em complemento, foi implementada uma arquitetura em nuvem, garantindo acessibilidade e funcionamento contínuo em diferentes plataformas, como WhatsApp, Facebook Messenger e Telegram.

O desenvolvimento do *chatbot* incluiu a construção de módulos específicos, como banco de dados, IA e PLN, com funcionalidades distribuídas para garantir um desempenho eficiente. Utilizando o Dialogflow, uma tecnologia do Google, foi possível criar modelos de conversação interativos e personalizáveis. Professores e tutores contribuíram para a elaboração dos diálogos básicos e do conteúdo didático, voltados para o ensino médio, permitindo que ele fosse treinado com conhecimentos específicos da disciplina (Dantas *et al.*, 2019).

Durante o uso, o *chatbot* interage com os estudantes de maneira dinâmica, utilizando recursos multimídia, como imagens, áudio e vídeos. Ele é capaz de responder a perguntas sobre Física e armazenar questões não compreendidas em uma base de dados para análise posterior pela equipe docente. Caso necessário, novos conteúdos são adicionados e ele é reconfigurado para oferecer respostas mais completas.

Além de promover a interação com os alunos, a ferramenta gera relatórios detalhados sobre os conteúdos mais questionados, tempo de resposta e quantidade de dúvidas. Essas informações fornecem aos professores insights valiosos para ajustar suas aulas e estratégias de ensino, tornando o aprendizado mais eficiente e adaptado às necessidades dos estudantes (Dantas *et al.*, 2019).

Dantas *et al.* (2019) realizaram um estudo para avaliar a aplicação de um *chatbot* com inteligência artificial no ensino de Física, seguindo as normas éticas da Universidade Federal de Uberlândia. O experimento envolveu quatro turmas do primeiro ano do ensino médio, totalizando 25 alunos. Durante quatro semanas, os estudantes foram orientados a utilizá-lo para resolver exercícios fora da sala de aula. Essa etapa tinha como objetivo principal auxiliar nas atividades dos alunos e identificar dúvidas frequentes por meio do uso da tecnologia.

Nesse período, o dispositivo recebeu 72 questionamentos, com as principais intenções processadas relacionadas a vetores (25,0%), movimento uniformemente variado (18,75%), trajetória (15,63%), solicitação de ajuda geral (14,6%) e variáveis (9,38%). Essas informações ajudaram o docente a aprimorar seu plano de aula, priorizando os tópicos com maior número de dúvidas. Na

segunda etapa, avaliou-se a viabilidade da ferramenta e as expectativas dos alunos através de um questionário com oito perguntas. As respostas foram categorizadas em cinco níveis de concordância, permitindo analisar as percepções dos participantes sobre a experiência.

Os resultados confirmaram que o uso desse recurso, conforme indicado na literatura, pode colaborar significativamente para o processo de ensino-aprendizagem. Por acréscimo, o levantamento das principais dúvidas contribuiu para o planejamento das aulas. Em futuros estudos, os autores pretendem investigar o impacto do *chatbot* no rendimento acadêmico dos alunos e explorar possíveis limitações dessa abordagem (Dantas *et al.*, 2019).

5.1.1 ChatGPT

De acordo com Leite (2023), o ChatGPT é uma ferramenta de IA generativa que pode ser aplicada em diversas áreas, incluindo atendimento ao cliente, criação de conteúdo e tradução de idiomas. Embora as respostas fornecidas por ele sejam geralmente coesas e compreensíveis, elas não são perfeitas. Isso ocorre porque o modelo coleta informações de diversas fontes, como a internet, livros online e redes sociais, e utiliza essas informações para gerar respostas. A performance do recurso depende das bases de dados de onde essas informações são extraídas, e, embora as respostas possam ser coerentes na maioria das vezes, elas podem não ser totalmente precisas.

O ChatGPT é alimentado por um modelo de aprendizagem por reforço com *feedback* humano, o que lhe permite melhorar suas respostas com o tempo, mas ainda há limitações em sua capacidade de oferecer informações completamente corretas ou precisas.

A pesquisa realizada por Leite (2023) teve como objetivo avaliar as potencialidades e limitações do ChatGPT no contexto do ensino de conceitos químicos. Para isso, o estudo foi desenvolvido em três etapas principais. Na primeira etapa, foi necessário criar um perfil na plataforma, pois se tratava de uma ferramenta fechada, exigindo um cadastro para obter acesso às suas funcionalidades. A segunda etapa consistiu na elaboração de perguntas sobre cinco conceitos químicos específicos: átomo, ligação química, equilíbrio químico, isomeria e ácido-base. Essas perguntas foram submetidas ao *chat*, que forneceu respostas para cada um dos conceitos. Em seguida, foi solicitado ao sistema que melhorasse as definições fornecidas, com o objetivo de avaliar a evolução das respostas em termos de clareza e precisão.

Por fim, na terceira etapa, as respostas geradas pelo ChatGPT foram analisadas e comparadas com as definições contidas no Compêndio de Terminologia Química da IUPAC, uma fonte amplamente reconhecida no campo da química para a definição de termos. Para garantir que as respostas eram originais, ferramentas de verificação de plágio foram usadas para confirmar a

autenticidade do conteúdo gerado por ele. A análise das respostas permitiu compreender as limitações da IA na definição de conceitos químicos e ajudou a identificar áreas nas quais a ferramenta poderia ser útil ou inadequado no contexto educacional.

Leite (2023) destaca que, embora o ChatGPT tenha a capacidade de gerar respostas para uma variedade de perguntas, ele não é especializado em química. Isso implica que as respostas fornecidas precisam ser cuidadosamente verificadas, especialmente quando se trata de temas complexos ou críticos.

Mesmo assim, a ferramenta oferece uma contribuição valiosa ao possibilitar uma abordagem inicial para o aprendizado e ensino de conceitos químicos, especialmente quando utilizada como um recurso complementar, e não como substituto da expertise humana.

No artigo de Leite (2023), o autor explora o uso do ChatGPT no ensino de Química, especialmente para responder a perguntas sobre conceitos químicos. Embora o dispositivo forneça respostas coerentes em muitos casos, ele apresenta limitações, como informações incompletas ou errôneas, o que exige cautela por parte dos professores para garantir que os alunos reconheçam possíveis falhas. O artigo argumenta que, para além de simplesmente questionar e responder, é necessário que o ensino promova discussões e debates mais profundos, algo que a IA, com sua limitação em lógica e abstração, não pode oferecer adequadamente. Ela deve ser vista como uma ferramenta auxiliar, não substituta do ensino, com o professor atuando como mediador para guiar os alunos na análise crítica das informações fornecidas. Em vez de proibir o uso do ChatGPT, a recomendação é que o docente ensine os discentes a selecionarem, analisarem e criticarem as respostas, estimulando habilidades cognitivas avançadas e promovendo um aprendizado mais significativo. A integração da tecnologia no ensino de Ciências da Natureza pode abrir novas possibilidades educacionais, especialmente quando alinhada a metodologias que valorizam a aprendizagem centrada no estudante. O uso responsável e reflexivo dessas tecnologias pode contribuir para um processo educacional mais transformador, em sintonia com as perspectivas de educadores como Seymour Papert e Paulo Freire.

5.2 SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

A pesquisa dos sistemas de recomendação focou em identificar como essas ferramentas podem facilitar o acesso a materiais educativos relevantes e personalizados. Foram considerados os métodos de filtragem colaborativa e recomendação baseada em conteúdo, seguindo os trabalhos de Nogueira (2023) e Pinheiro *et al.* (2018).

De acordo com Nogueira (2023), os sistemas de recomendação (SR) utilizam algoritmos para sugerir conteúdos relevantes aos usuários, baseando-se em suas interações passadas ou nas de indivíduos com interesses semelhantes. No contexto digital atual, essas ferramentas são fundamentais, especialmente em plataformas com grandes volumes de conteúdo, como o YouTube, no qual mais de 720 mil horas de vídeos são carregadas diariamente. Sem sistemas adequados, a escolha de conteúdos pode se tornar confusa e frustrante, impactando negativamente a experiência dos usuários.

No campo educacional, os SRs também desempenham um papel importante, especialmente na recomendação de materiais de qualidade. Um exemplo significativo é o EYT, criado para recomendar vídeos educacionais com valor didático comprovado (Pinheiro *et al.*, 2018). Esse sistema busca lidar com a dificuldade de selecionar conteúdo em um ambiente digital onde a publicação é acessível a todos, independentemente do conhecimento técnico ou pedagógico.

Os SRs operam, principalmente, com dois métodos. O primeiro, denominado filtragem colaborativa, baseia-se nos padrões de preferência compartilhados entre usuários com interesses semelhantes. Essa abordagem permite criar recomendações bidirecionais, onde as escolhas de um usuário influenciam positivamente as sugestões para outros com gostos similares. O segundo método é a recomendação baseada em conteúdo, que analisa as características dos itens consumidos pelo usuário, sugerindo aqueles que apresentam maior semelhança.

Ademais, essas recomendações podem ser refinadas com dados pessoais, como idade, gênero e localização, para torná-las ainda mais precisas (Nogueira, 2023).

A aplicação de SRs, como o EYT, traz benefícios não apenas para os alunos, mas também para os professores. Segundo Moreira (2018), docentes frequentemente gastam muito tempo procurando materiais complementares de estudo. Sistemas como esses facilitam o acesso a conteúdo relevantes, otimizando o tempo de preparo das aulas e contribuindo para um ensino mais eficaz. Assim, esses sistemas representam uma ferramenta promissora para o ensino de Física e a aprendizagem no ambiente digital.

5.3 SIMULADORES

A análise de simuladores virtuais baseou-se na avaliação de seu potencial para enriquecer o ensino de Física, promovendo experiências interativas e práticas. A categorização incluiu os tipos de simuladores disponíveis, suas aplicações em sala de aula e os desafios enfrentados pelos professores, conforme discutido por Lopes, Silva e Souza (2023).

O ensino de Física no Brasil enfrenta desafios significativos, apesar das oportunidades de modernização que surgem a partir da adoção de novas metodologias e tecnologias. Lopes, Silva e

Souza (2023) destacam que, embora as possibilidades de modernização estejam presentes, nem todas as escolas ou profissionais estão adaptados a essas mudanças.

Muitos alunos, em vez de se interessarem pela Física, desenvolvem aversão a ela, frequentemente devido à abordagem tradicional, centrada no professor, que é adotada na maioria das instituições. Como afirmado por Moreira (2018), essa abordagem tradicional de ensino contribui para o desinteresse dos alunos pela matéria.

A pedagogia tradicional, caracterizada por aulas expositivas e sem uma participação ativa dos alunos, impede o desenvolvimento de habilidades essenciais, como a resolução de problemas, o raciocínio lógico e as competências sociais. Segundo Saviani (2021), esse modelo de ensino foca na transmissão de conhecimento de forma unidirecional, sem promover a interação necessária entre estudante e conteúdo. Como resultado, os discentes acabam por se tornar espectadores passivos de suas próprias aprendizagens.

Outrossim, a introdução de tecnologias no ensino de Física poderia, teoricamente, aumentar o interesse dos alunos. Contudo, Lopes, Silva e Souza (2023) apontam que a falta de utilização dessas ferramentas tecnológicas em sala de aula contribui para o distanciamento ainda maior dos estudantes da Física. A pesquisa realizada por esses autores revelou que a falta de contexto no ensino de Física é vista como um dos maiores obstáculos ao aprendizado, com questões relacionadas à falta de equipamentos e laboratórios experimentais, à formação dos professores quanto ao uso de tecnologias e ao currículo, também sendo citadas.

Porém, a utilização de simuladores virtuais, conforme defendem Lopes, Silva e Souza (2023), apresenta uma alternativa interessante para superar essas dificuldades. Eles permitem a simulação de situações cotidianas que seriam difíceis de reproduzir fisicamente, como processos térmicos lentos ou experimentos envolvendo campos magnéticos e elétricos, tornando o aprendizado mais dinâmico e próximo da realidade dos alunos.

No entanto, o uso de simuladores enfrenta obstáculos, como a falta de conhecimento dos professores para manusear esses aplicativos, a necessidade de equipamentos eletrônicos e a restrição da internet nas escolas, que dificultam sua implementação eficaz.

Os simuladores virtuais são *softwares* desenvolvidos para emular equipamentos e situações reais, com o objetivo de facilitar a experimentação e o treinamento. Esses simuladores permitem que os alunos pratiquem conceitos de forma interativa, como acontece no Microsoft Flight Simulator, que simula voos e manobras aéreas de forma similar à realidade. No ensino de Física, os simuladores virtuais podem ser utilizados para representar situações cotidianas que seriam difíceis ou caras de reproduzir no laboratório, permitindo uma prática segura e eficaz.

De acordo com Lopes, Silva e Souza (2023), muitos alunos têm um perfil imediatista, influenciado pela velocidade da informação na era digital. Para manter o interesse e a motivação dos estudantes, é necessário fornecer feedback rápido, e os simuladores atendem a essa demanda. De forma adicional, os simuladores educacionais têm características de jogos, incorporando elementos da gamificação, uma metodologia que utiliza aspectos dos jogos em contextos não lúdicos para engajar, motivar e promover a aprendizagem (Silva e Sales, 2017).

No que diz respeito à pesquisa sobre o uso de simuladores virtuais no ensino de Física, Lopes, Silva e Souza (2023) realizaram um estudo com professores de Ciências, incluindo questões sobre o uso de simuladores em suas aulas. As perguntas abordaram a experiência dos docentes, como a utilização dos simuladores e as condições em que isso ocorreu, além de explorar como eles aprenderam a usar essas ferramentas. O estudo revelou que a maioria dos profissionais não recebeu formação específica sobre o uso de simuladores, o que dificulta sua implementação nas práticas pedagógicas.

A introdução de simuladores virtuais é uma alternativa promissora, e diversas plataformas digitais estão disponíveis para auxiliar no ensino de Física. Lopes, Silva e Souza (2023) mencionam plataformas como Physics at School e PhET, que são recursos valiosos para promover a interação dos alunos com conceitos físicos de forma prática e visual. A plataforma PhET, a título de exemplo, é amplamente utilizada devido à sua simplicidade, acesso gratuito e interface em português, o que facilita seu uso por professores e alunos.

Por outro lado, os professores podem até mesmo construir seus próprios simuladores, como exemplificado pelo projeto PhET e pela criação do simulador “SimulAção”, que foi testado e avaliado em relação à sua eficácia no ensino de conceitos de energia mecânica.

No entanto, a criação de simuladores exige uma equipe multidisciplinar e pode ser um processo complexo e demorado. Embora a utilização de simuladores tenha mostrado resultados positivos na aprendizagem de Física, é fundamental que o professor mantenha o foco nos conceitos físicos, utilizando os simuladores como uma ferramenta para facilitar a compreensão, e não como o centro da aula. Isso foi confirmado por experimentos, como o de Ribeiro (2020), que evidenciaram a eficiência dos simuladores no ensino de Física.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IA tem mostrado um grande potencial para personalizar a aprendizagem e oferecer suporte contínuo aos alunos, mas sua implementação ainda enfrenta barreiras, como a falta de capacitação de professores e preocupações com a privacidade dos dados.

Para que a capacitação seja eficaz, os docentes precisam desenvolver habilidades específicas, como o domínio de ferramentas de IA, a integração de metodologias ativas com suporte tecnológico, e a gestão de plataformas digitais no contexto educacional. Essas competências são essenciais para o uso consciente e planejado dessas tecnologias em sala de aula.

No entanto, além da capacitação, a infraestrutura escolar é um fator determinante para o sucesso dessa integração. Isso inclui acesso à internet de alta velocidade, equipamentos tecnológicos adequados, laboratórios virtuais, e suporte técnico contínuo para professores e alunos. A falta desses recursos em muitas escolas, especialmente em regiões menos favorecidas, é um desafio que precisa ser enfrentado para garantir uma implementação equitativa e eficaz.

Quando bem aplicada, a IA pode ser uma extensão valiosa da prática docente, ajudando a criar experiências de aprendizagem mais dinâmicas e acessíveis. No entanto, é necessário considerar os desafios, como resistência por parte de alguns educadores, altos custos de implementação e desigualdades regionais no acesso à tecnologia.

Para superar essas barreiras, é imprescindível a adoção de políticas públicas que priorizem investimentos em infraestrutura e formação docente, além de parcerias com empresas de tecnologia para tornar essas soluções mais acessíveis.

Metodologias ativas, como a ABP e a sala de aula invertida, têm demonstrado ser eficazes na promoção de um aprendizado mais engajado e colaborativo, essencial para a formação de habilidades críticas em um mundo cada vez mais conectado. Essas abordagens, juntamente com o uso de tecnologias como simuladores virtuais, podem transformar o ensino de Física, tornando-o mais prático e próximo da realidade dos alunos. Em consequência, os simuladores virtuais têm o potencial de superar as limitações do ensino tradicional, oferecendo experiências imersivas e práticas.

A introdução da IA e outras tecnologias digitais no ensino de Física representa uma oportunidade significativa de transformação nas práticas pedagógicas, alinhando-se a um movimento global de inovação educacional. A análise de diferentes ferramentas tecnológicas, como *chatbots*, sistemas de recomendação e simuladores, revela um potencial considerável para melhorar a interação dos alunos com os conteúdos e a personalização do ensino. *Chatbots*, em particular, demonstraram ser soluções eficazes no auxílio ao aprendizado de Física, facilitando a resolução de dúvidas fora do ambiente escolar e proporcionando feedback contínuo.

No contexto do ChatGPT, a ferramenta se destaca pelo potencial de gerar respostas rápidas e contextualizadas, mas deixa claro que a IA ainda necessita de mediação humana, especialmente no que se refere à precisão e profundidade das informações. Assim, o papel do professor permanece central, garantindo a análise crítica das respostas fornecidas pela IA. A integração do ChatGPT como

ferramenta complementar, e não substituta, no ensino de Ciências da Natureza se alinha a uma abordagem pedagógica que valoriza o protagonismo do aluno e o uso consciente da tecnologia.

Os sistemas de recomendação, como o EYT, são igualmente promissores na otimização da busca por conteúdos educativos, permitindo o acesso a materiais de alta qualidade de forma prática. Essa abordagem pode ampliar a diversidade e a personalização do aprendizado, economizando tempo e oferecendo conteúdos mais alinhados às necessidades dos estudantes.

Futuras pesquisas poderiam explorar como superar desafios relacionados à implementação de tecnologias educacionais em diferentes contextos. Investigações que abordem os impactos de longo prazo dessas ferramentas, bem como estratégias para mitigar desigualdades regionais e econômicas, são essenciais para ampliar os benefícios das inovações tecnológicas.

Portanto, a integração da IA e outras tecnologias no ensino de Física não é uma solução mágica, mas representa um passo importante na modernização do processo educativo. Para que essas ferramentas sejam eficazes, é necessário um uso consciente e planejado, que considere as especificidades da disciplina, as necessidades dos alunos e a formação contínua dos docentes. O caminho para uma educação mais inovadora e transformadora depende da colaboração entre tecnologia e pedagogia, com o professor desempenhando o papel de mediador e facilitador da aprendizagem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me incentivaram a continuar estudando ao longo da minha jornada. Em especial, à minha mãe, que sempre esteve ao meu lado; à minha avó Maria; às minhas tias Paula, Simone e Roberta; ao tio Alex; à prima Jéssica; e à minha amiga Mariana, que sempre acreditou no meu potencial.

Agradeço ao meu pai, que infelizmente não está mais aqui pela minha trajetória. A publicação deste trabalho representa a conclusão do ciclo do meu mestrado e, se Deus me permitir e abençoe, que venha o tão sonhado doutorado.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, T. S. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. In: SOUZA, A. I. (Org.). Paulo Freire: vida e obra. São Paulo: Expressão Popular, 2001. p. 217–265.
- ALMEIDA, E. C. S. de. Aprendizagem na educação superior: a auto-transformação do estudante na Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning - PBL). 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.
- ARRUDA, R. S. BNCC e ensino de física: a incógnita do ensino interdisciplinar. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, 2022.
- AVILÉS, I. E. C.; GALEMBECK, E. Formação de professores de ciências em tempos de pandemia: uma estratégia de EAD sobre enfoques construtivistas e remotos do laboratório didático de ciências. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, v. 17, n. 39, 2021.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. Edição revista e ampliada. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>>. Acesso em: 13 abr. 2025.
- BATES, A. W. Teaching in a digital age: guidelines for designing teaching and learning. Tony Bates Associates Ltd., 2015. Disponível em: <<https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/>>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- CATARINO, G. F. de C.; REIS, J. C. de O. A pesquisa em ensino de Ciências e a educação científica em tempos de pandemia: reflexões sobre a natureza da ciência e a interdisciplinaridade. Revista Ciência e Educação, v. 27, 2021.
- DANTAS, A. C. et al. AstroBot: um chatbot com inteligência artificial para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Física. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8., 2019. Anais [...], v. 8, n. 1, p. 1196.
- DARROZ, L. M.; ROSA, C.; GHIGGI, C. M. Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de Física. Aprendizagem Significativa em Revista, v. 5, n. 1, p. 70–85, 2015.
- FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.
- FREIRE, P. Pedagogy of the oppressed. New York: Herder and Herder, 1970.
- FREIRE, P. Education for critical consciousness. New York: Seabury, 1974.
- FREIRE, P. Pedagogy of the heart. New York: Continuum, 1987.
- FINK, A. Realizando revisões de literatura de pesquisa: da internet ao papel. São Paulo: Sage Publicações, 2019.

GARRISON, D. R.; ANDERSON, T.; ARCHER, W. Critical inquiry in a text-based environment: computer conferencing in higher education. *The Internet and Higher Education*, v. 2, n. 2-3, p. 87–105, 2001. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1096-7516\(00\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S1096-7516(00)00016-6)>. Acesso em: 1 dez. 2024.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, K. M.; NETO, J. D. S. C. et al. *ABP: ensino de física moderna*. [S.l.: s.n.], 2020.

GOMES, E. C.; FRANCO, X. L. D. S. O.; ROCHA, A. S. D. Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino de Física. *Educação em Revista*, v. 35, n. 2, p. 27–45, 2020.

GOULART, B. N. K.; PASTORIO, D. P.; VIDMAR, M. P. O papel do professor diante das tecnologias digitais de informação e comunicação no contexto do ensino remoto emergencial de Física e Ciências. *Revista de Enseñanza de la Física*, v. 35, n. 1, p. 17–26, 2023.

JHO, H. Discussion for how to apply artificial intelligence to physics education. *New Physics: Sae Mulli*, v. 70, p. 974–984, 2020.

LEITE, B. S. Inteligência artificial e ensino de química: uma análise propedêutica do ChatGPT na definição de conceitos químicos. *Química Nova*, v. 46, p. 915–923, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170727>>. Acesso em: 30 out. 2024.

LEITE, L. et al. *Contextualizing teaching to improve learning: the case of science and geography*. Nova Science Publishers, 2017.

LOPES, J. S.; SILVA, A. G. da; SOUZA, G. F. D. de. Ensino de Física com uso de simuladores virtuais: potencial de utilização em sala de aula. *Holos*, v. 1, n. 39, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.15628/holos.2023.139>>. Acesso em: 30 out. 2024.

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; SILVA LORETO, E. L. da. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. *Acta Scientiae*, v. 20, n. 2, 2018.

MASSON, T. J. et al. Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (PBL). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém. Anais [...], Belém, PA, 2012. p. 13.

MCTEAR, M. *The conversational interface: talking to smart devices*. Springer, 2017.

MELLO, D. E. de; VALLINI, S. A. de A.; VIEIRA, V. D. As tecnologias digitais: uma análise a partir da teoria da cognição distribuída. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, p. 768–780, 2022.

MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania*, v. 2, n. 1, p. 15–33, 2015.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados*, v. 32, p. 73–80, 2018.

NOGUEIRA, H. D. S. A percepção dos estudantes do curso de Física da Universidade Federal do Ceará sobre o uso da inteligência artificial como ferramenta de ensino e aprendizagem em Física. [S.l.]: [s.n.], 2023.

NUNES, E. T. As potencialidades da experimentação através da videoanálise para o ensino de Física no Ensino Médio por meio do software Tracker. [S.I.]: [s.n.], 2020.

OLIVEIRA-MARTINS, G. Europa – unidade e diversidade, educação e cidadania. Colóquio: Educação e Sociedade, v. 1, p. 41–60, 1992.

PINHEIRO, R. R. A. et al. Sistema de recomendação de vídeos educacionais: um estudo de caso no YouTube. Universidade Federal de Alagoas, 2018.

RIBEIRO, J. P. M. Filmes e softwares educacionais no ensino de Física: uma análise bivariada. Research, Society and Development, v. 9, n. 8, e36984998, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.4998>>. Acesso em: 30 out. 2024.

SANTOS, T. F.; BEATO, Z.; ARAGÃO, R. As TICs e o ensino de línguas. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2010. Anais [...], 2010.

SAVIANI, D. Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações. Campinas: Autores Associados, 2021.

SILVA, A. M. D.; LIMA, C.; MARIA, D. Usos contemporâneos das tecnologias digitais por adolescentes: práticas pedagógicas e formação docente. Plures Humanidades, v. 19, n. 2, 2018.

SILVA, J. B.; SALES, G. L. Um panorama da pesquisa nacional sobre gamificação no ensino de Física. Tecnia, v. 2, n. 1, p. 105–121, 2017.

SOARES, K. M.; TAROUCO, L. M. R.; SILVA, P. F. D. As contribuições de um agente conversacional no ensino e aprendizagem da Física: uma revisão de literatura. Revista Educar Mais, v. 5, n. 5, p. 1313–1329, 2021.

SOARES, S. V.; PICOLLI, I. R. A.; CASAGRANDE, J. L. Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e ensaio teórico em administração e contabilidade. Administração: Ensino e Pesquisa, v. 19, n. 2, p. 308–339, 2018.

TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. do. Inteligência artificial na educação: survey. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 48699–48714, 2020.

URIAS, G. M. P. C.; AZEREDO, L. A. S. de. Metodologias ativas nas aulas de administração financeira: alternativa ao método tradicional de ensino para o despertar da motivação intrínseca e o desenvolvimento da autonomia. Administração: Ensino e Pesquisa, v. 18, n. 1, p. 39–67, 2017.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. D.; GERALDINI, A. F. S. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. Revista Diálogo Educacional, v. 17, n. 52, p. 455–478, 2017.

ZANATTA, S. C.; NEVES, M. C. D. Uma discussão sobre a implantação da BNCC: um olhar para o ensino de Física. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO DE CIÉNCIAS, 1., 2016. Anais [...], p. 1–10.