GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JEFERSON DE JESUS TEIXEIRA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PLATAFORMA PhET NO ENSINO DA FÍSICA

BARRA DO BUGRES/MT

2026

JEFERSON DE JESUS TEIXEIRA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PLATAFORMA PhET NO ENSINO DA FÍSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) – Campus de Barra do Bugres/MT.

Orientador: Dr. José Fernandes Torres da Cunha
Linha de Pesquisa: Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências e Matemática.

BARRA DO BUGRES/MT

2026

Ficha catalográfica elaborada pela Supervisão de Bibliotecas da UNEMATCatalogação de Publicação na Fonte.
UNEMAT - Unidade padrão

T266i Teixeira, Jeferson de Jesus.
Inteligência Artificial e plataforma PhET no ensino da física / Jeferson de Jesus Teixeira. - Barra do Bugres, 2026.
120f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Ensino de Ciências e Matemática/BBG-PPGECM - Barra do Bugres - Mestrado Academico, Campus Universitário de Barra do Bugres "Deputado Renê Barbour".
Orientador: José Fernandes Torres da Cunha.

1. Ensino de Física. 2. Inteligência Artificial. 3. PhET. 4. Formação Continuada. 5. Tecnologias Digitais. I. Cunha, José Fernandes Torres da. II. Título.

UNEMAT / MT- SCB CDU 004.8:53(07)

JEFERSON DE JESUS TEIXEIRA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PLATAFORMA PhET NO ENSINO DA FÍSICA.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM - da Universidade do Estado de Mato Grosso CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO, *Câmpus* Univ. Dep. Est. "Renê Barbour" – Barra do Bugres - MT, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em: 30 de junho de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
JOSE FERNANDES TORRES DA CUNHA
Data: 01/07/2026 11:06:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. José Fernandes Torres da Cunha (PPGECM/UNEMAT)
Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br
FERNANDO SELLERI SILVA
Data: 30/06/2026 22:22:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Fernando Selleri Silva (PPGECM/UNEMAT)
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br
DEBORA PELLI
Data: 30/06/2026 16:51:22-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Dra. Débora Pelli (UFVJM)
Examinadora Externa à Instituição

AGRADECIMENTOS

A construção desta dissertação foi, acima de tudo, uma jornada de aprendizado e transformação intelectual. Ao longo deste percurso, muitas pessoas contribuíram de forma direta ou indireta para a concretização deste trabalho, e é com gratidão sincera que registro aqui meus agradecimentos.

À minha esposa, Aline de Paula Ribeiro, pela paciência, compreensão e apoio incondicional durante cada etapa deste processo. Sua presença ao meu lado foi essencial para que eu me mantivesse firme diante dos desafios e confiante nos momentos de dúvida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Fernandes Torres da Cunha, por sua dedicação, orientações precisas e incentivo constante, sua escuta atenta e respeito à minha autonomia acadêmica foram fundamentais para o amadurecimento deste trabalho.

Outrossim, não poderia faltar agradecimento especial aos Professores Dr. José Wilson P. Carvalho e ao Professor Dr. José Fernandes Torres Da Cunha, cujas aulas nas disciplinas iniciais do mestrado foram determinantes para ampliar minha visão crítica e aprofundar meus conhecimentos, e aos demais professores e colegas do PPGCM 2024/1 que diante de todas as incertezas e angústias vivenciadas nesse período, têm levado adiante o propósito de contribuir para a melhoria da Educação voltada ao Ensino de Ciências e Matemática, suas contribuições permanecem como alicerces importantes na construção da minha prática docente e da minha pesquisa.

Aos meus amigos que me incentivam e acompanham minha trajetória e aos colegas do mestrado, com quem compartilhei dúvidas, descobertas e conquistas, nossas trocas de experiências, debates e apoio mútuo tornaram este percurso mais leve e enriquecedor.

Agradecimento à Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) pelo apoio, pela formação acadêmica e pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa, a CAPES, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, que possibilitou a dedicação exclusiva à pesquisa e à formação acadêmica de qualidade.

A todos que, de alguma forma, estiveram presentes ao longo dessa trajetória, meus sinceros agradecimentos.

"Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre."

(Paulo Freire)

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar as contribuições e os desafios percebidos por professores da Educação Básica sobre a integração da Inteligência Artificial (IA) e das simulações interativas do PhET ao ensino de Física, no contexto de uma formação continuada. Para alcançar esse objetivo, adotou-se a seguinte questão de pesquisa: Quais contribuições e desafios são percebidos por professores da Educação Básica na integração da Inteligência Artificial e das simulações interativas do PhET ao ensino de Física, no contexto de uma formação continuada? A pesquisa, de abordagem qualitativa, foi realizada com professores da Educação Básica participantes de um curso de formação continuada, caracterizados por diferentes formações acadêmicas e distintos níveis de habilidade com tecnologias digitais. A produção dos dados incluiu a aplicação de questionário inicial e final, a realização de entrevistas, o desenvolvimento de atividades formativas e a análise dos registros produzidos ao longo do curso. Os dados foram analisados por meio da Análise Textual Discursiva, possibilitando a construção de três categorias principais: (i) barreiras estruturais para o ensino de Física com tecnologias digitais; (ii) descompasso entre a formação docente e as demandas para a integração tecnológica no ensino de Física; e (iii) ressignificação do ensino de Física com tecnologias digitais e simuladores. Os resultados indicaram que a formação continuada contribuiu para ampliar o repertório pedagógico dos participantes, favorecendo a incorporação de práticas investigativas apoiadas por Inteligência Artificial e simulações interativas no planejamento e na condução das aulas de Física. Por outro lado, também foram identificados desafios associados às condições estruturais das escolas, às limitações da formação inicial para o uso pedagógico de tecnologias digitais e à necessidade de mediação docente qualificada para evitar abordagens superficiais ou automatizadas. Adicionalmente, os resultados desta pesquisa indicam que a integração entre Inteligência Artificial e simulações do PhET pode favorecer a construção de práticas investigativas no ensino de Física, desde que esteja articulada a processos formativos contínuos e a uma mediação pedagógica intencional. Por fim, o estudo apresenta contribuições para a formação continuada de professores e para a formulação de políticas educacionais voltadas à integração crítica e reflexiva das tecnologias digitais no contexto escolar.

Palavras-chave: Ensino de Física; Inteligência Artificial; PhET; Formação continuada; Tecnologias digitais.

ABSTRACT

This study aims to analyze the contributions and challenges perceived by K–12 teachers regarding the integration of Artificial Intelligence (AI) and PhET interactive simulations into Physics teaching within the context of a continuing professional development program. To achieve this objective, the following research question was adopted: What contributions and challenges are perceived by K–12 teachers in the integration of Artificial Intelligence and PhET interactive simulations into Physics teaching within the context of a continuing professional development program? This qualitative study was conducted with K–12 teachers who participated in a continuing professional development course and who presented diverse academic backgrounds and varying levels of proficiency with digital technologies. Data production included the administration of initial and final questionnaires, interviews, the development of training activities, and the analysis of records produced throughout the course. The data were analyzed using Discursive Textual Analysis, which enabled the construction of three main categories: (i) structural barriers to Physics teaching with digital technologies; (ii) a mismatch between teacher education and the demands of technological integration in Physics education; and (iii) the resignification of Physics teaching through digital technologies and simulations. The results indicated that the continuing professional development program contributed to expanding participants' pedagogical repertoire, fostering the incorporation of inquiry-based practices supported by Artificial Intelligence and interactive simulations in the planning and implementation of Physics lessons. On the other hand, challenges were also identified, including issues related to school infrastructure, limitations of initial teacher education for the pedagogical use of digital technologies, and the need for qualified teacher mediation to avoid superficial or automated approaches. Additionally, the findings suggest that the integration of Artificial Intelligence and PhET simulations can promote the development of inquiry-based practices in Physics education, provided that it is supported by ongoing professional development processes and intentional pedagogical mediation. Finally, the study offers contributions to teacher professional development and to the formulation of educational policies aimed at the critical and reflective integration of digital technologies in school contexts.

Keywords: Physics Education; Artificial Intelligence; PhET; Teacher Education; Digital Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resultado das buscas 28
Figura 2 - WhatsApp utilizado para comunicação e organização da pesquisa 38
Figura 3 - Sala de Aula Digital 42
Figura 4 - Sequências Didáticas do Mini Curso 43
Figura 5 - Demonstração prática de IA durante o minicurso 49
Figura 6 - Elaboração de aula com Chat GPT Integrando Simulador Phet 50
Figura 7 - Feedbacks dos professores no google classroom. 51
Figura 8 - A Plataforma de Simulação 52
Figura 9 - PhET - FÍSICA - Calor & Termometria 54
Figura 10 - Movimento de Projéteis – Lançamento Oblíquo 55
Figura 11 - Leis de Kepler – 2º Lei de Kepler 57
Figura 12 - Laboratório Eletromagnético de Faraday – Gerador 59
Figura 13 - Registro da Entrevista em Formato de Podcast com Professor Participante 60
Figura 14 - Organização do processo analítico da ATD na pesquisa 61
Figura 15 - Registro de Atividade do Minicurso-IA em sala “P3” 85
Figura 16 - Interação dos professores com as atividades de IA no google classroom. 86
Figura 17 - Registro da Aplicação do PhET em Sala “P1” 88
Figura 18 - Registro da Aplicação do PhET em Sala “P2” 89
Figura 19 - Registro da Aplicação do PhET em Sala “P3” 90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Formação docente 65
Gráfico 2 - Faixa Etária Docente 66
Gráfico 3 - Formação Docente com uso de Tecnologias digitais em Física 67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dissertações que compõem o *corpus* analítico 29
Quadro 2 - Habilidades BNCC Competência Específica 3 47
Quadro 3 – Processo de categorização na Análise Textual Discursiva 63
Quadro 4 – Perfil dos Participantes do Minicurso 74
Quadro 5 - Desafios do Uso de IA e PhET na Prática Docente 79

LISTA DE SIGLAS

ATD	Análise Textual Discursiva
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DRE	Diretoria Regional de Educação
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IA	Inteligência Artificial
IF-MS	Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
PhET	Physics Education Technology
PISA	Programme for International Student Assessment
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SEE	Sistema Estruturado de Ensino
SEDUC-MT	Secretaria de Estado da Educação de Mato Grosso
TD	Tecnologias Digitais
UNEMAT	Universidade do Estado de Mato Grosso
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14
1.1 Percurso Até O Mestrado 16
1.2 Estrutura da dissertação 17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 20
2.1 O Ensino de Física: desafios históricos e demandas contemporâneas 20
2.2 Tecnologias Digitais na Educação 21
2.3 Simulações Digitais e o Ensino de Física: a contribuição do PhET 22
2.4 Inteligência Artificial e o Ensino de Física 24
3. REVISÃO DA LITERATURA 27
3.1 Inteligência Artificial na Educação e na Formação de Professores 30
3.2 Simulações Científicas e Tecnologias Digitais no Ensino de Física 33
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS 36
4.1 Contexto e Sujeitos da Pesquisa 37
4.2 Procedimento de Produção de Dados 38
4.3 Minicurso Formativo 40
4.4 Estrutura e Conteúdo da Formação 43
4.5 BNCC e o Desenvolvimento de Competências Científicas no Ensino de Física 45
4.6 Integração da Inteligência Artificial na Formação Docente 48
4.6.1 Atividades Práticas com IA e Implicações Didáticas 48
4.7 Exploração da Plataforma PhET: Experimentos Virtuais e Práticas Investigativas 51
4.7.1 Simulação 1: Movimento de Projéteis – Lançamento Oblíquo 55
4.7.2 Simulação 2: Gravitação Universal e Leis de Kepler 56
4.7.3 Simulação 3: Laboratório Eletromagnético de Faraday 57
4.8 Sobre o processo de Análise dos Dados 60
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 65
5.1 Caracterização dos participantes e contexto 65
5.2 Barreiras estruturais para o ensino de Física com tecnologias digitais 68
5.3 Descompasso entre formação docente e as demandas para integração tecnológica no ensino da Física 73

5.4 Ressignificação do ensino de Física com tecnologias digitais 80
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 92
7 REFERÊNCIAS 96
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL..... 102
APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO MINICURSO – IA E PHET NO ENSINO DA FÍSICA..... 107
APÊNDICE C – ATIVIDADE NO GOOGLE CLASSROOM..... 109
APÊNDICE D – ELABORAÇÃO DE PLANO DE AULA IA+PhET..... 110
APÊNDICE E – ROTEIRO DE ENTREVISTA PODCAST 113
APÊNDICE F – REGISTRO DO CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO..... 116

1. INTRODUÇÃO

"*Não se pode ensinar nada a um homem; pode-se apenas ajudá-lo a encontrar a resposta dentro de si*."

(Galileu Galilei)

Nas últimas décadas, a educação básica brasileira tem sido impactada pela expansão das Tecnologias Digitais (TD) no processo educacional. Evidências recentes indicam que o uso das TDs no contexto escolar promove novas formas de acesso, interação e construção do conhecimento. Nos últimos anos, essas tecnologias têm influenciado as formas de ensinar e aprender no contexto educacional (Cani; Lima, 2019), especialmente impulsionada por demandas formativas e pela sua utilização em ambientes escolares.

Kenski (2012) destaca que as tecnologias digitais redefinem tempos, espaços e práticas pedagógicas. Aliado a isso, Bacich e Moran (2018) complementam essa perspectiva ao enfatizar a necessidade de integração pedagógica crítica desses recursos no processo educativo. Nessa mesma perspectiva, Pretto (2022) argumenta que a transformação digital na educação exige uma escola conectada com a cultura participativa e colaborativa da sociedade contemporânea.

Nesse contexto, a Inteligência Artificial (IA), especialmente em sua vertente generativa[1], emerge como um dos temas do debate educacional contemporâneo. Esses Sistemas computacionais são capazes de produzir textos, resolver problemas e gerar explicações em linguagem natural, ampliando possibilidades de interação entre estudantes, professores e conhecimento (Souto, Cunha, Borba, 2025). Tais Tecnologias deslocam concepções tradicionais de autoria, acesso ao conhecimento e mediação pedagógica, exigindo que o ensino de ciências desenvolva competências críticas e investigativas. Como aponta a UNESCO (2023), a incorporação da IA na educação requer políticas estruturadas, formação docente e compreensão crítica das implicações éticas, epistemológicas e sociais dessa tecnologia. Embora as tecnologias digitais e simulações interativas tenham se popularizado, sua integração pedagógica ainda é limitada nos ambientes escolares.

A plataforma *PhET Interactive Simulations*, desenvolvida pela Universidade do Colorado Boulder, destaca-se como artefato digital capaz de aproximar teoria e prática, favorecendo a experimentação virtual e a visualização dinâmica de fenômenos físicos. No

[1] A vertente generativa da Inteligência Artificial refere-se a sistemas capazes de produzir novos conteúdos, como textos, imagens, códigos e respostas, a partir de padrões aprendidos em grandes volumes de dados.

entanto, Silva e Leite (2024) esclarecem que integração de TD no ensino de Ciências ainda carece de planejamento pedagógico e formação docente específica. Nessa perspectiva, compreender o papel das tecnologias no processo educativo torna-se fundamental, uma vez que o conhecimento pode ser entendido como resultado da interação entre sujeitos e artefatos tecnológicos, que atuam conjuntamente na produção do saber (Borba; Souto; Cunha; Domingues, 2023).

Simultaneamente, a Inteligência Artificial tem sido discutida em polos antagônicos, ora celebrada como solução automática, ora percebida como ameaça à docência. Entretanto, autores como Luckin (2018) defendem que seu potencial educacional depende da mediação pedagógica e da valorização da inteligência humana no processo educativo. Estudos no campo das tecnologias digitais na educação indicam que esses artefatos devem ser compreendidos como participantes ativos nos processos de construção do conhecimento, capazes de influenciar e reorganizar práticas cognitivas e pedagógicas (Borba; Souto; Cunha; Domingues, 2023). Diante dessa conjuntura, torna-se necessário investigar como formar professores para integrar IA e simulações PhET de modo crítico, investigativo e dialógico, ampliando possibilidades didáticas, promovendo análise de dados, formulação de hipóteses, argumentação científica e construção ativa do conhecimento. A pergunta de pesquisa que orienta esta investigação foi formulada da seguinte maneira: Quais contribuições e desafios são percebidos por professores da Educação Básica na integração da Inteligência Artificial e das simulações interativas do PhET ao ensino de Física, no contexto de uma formação continuada? partir desse problema, definiu-se como objetivo analisar as contribuições e os desafios percebidos por professores da Educação Básica sobre a integração da Inteligência Artificial (IA) e das simulações interativas do PhET ao ensino de Física, no contexto de uma formação continuada.

A pesquisa possui natureza qualitativa e o seu percurso metodológico se inicia com a aplicação de um questionário diagnóstico junto aos participantes, com a finalidade de identificar conhecimentos prévios e percepções iniciais sobre o uso de IA e simulações PhET no ensino. A partir dos dados obtidos com esse instrumento, foi desenvolvido um minicurso formativo composto por quatro encontros realizados de forma on-line, voltado à integração entre Inteligência Artificial e o uso pedagógico das simulações PhET no ensino de Física. Ao final do minicurso, realizou-se uma entrevista em formato de podcast com os professores que participaram da formação, buscando identificar percepções, dificuldades e possíveis

transformações nas concepções docentes acerca do uso dessas tecnologias no contexto educacional.

O conjunto de dados foi complementado por registros de aula e relatórios produzidos pelos participantes ao longo da experiência. O procedimento analítico foi conduzido com base na Análise Textual Discursiva (Moraes; Galiazzi, 2007; Silva, Marcelino, 2022).

A relevância deste estudo se situa em diferentes dimensões. No campo teórico, contribui para o debate contemporâneo sobre o uso da Inteligência Artificial na educação, especialmente no que se refere às suas implicações pedagógicas e epistemológicas (Luckin, 2018). No campo do ensino de Física, o trabalho busca ampliar a reflexão sobre práticas mediadas por tecnologias digitais, destacando possibilidades de articulação entre simulações computacionais, investigação científica e processos de aprendizagem.

No plano social e profissional, a pesquisa dialoga diretamente com a realidade da escola pública e com a necessidade de qualificação da prática docente diante das transformações trazidas pela cultura digital. O estudo também procura tensionar usos meramente instrumentais da Inteligência Artificial e das simulações, defendendo uma formação de professores que seja capaz de integrar tecnologia, investigação e pensamento científico no cotidiano da sala de aula, considerando que a produção do conhecimento ocorre em interação entre sujeitos e tecnologias digitais (Borba; Souto; Cunha; Domingues, 2023).

Nesse sentido, compreender como professores percebem e integram essas tecnologias em suas práticas torna-se fundamental para o desenvolvimento de propostas formativas que dialoguem com as demandas contemporâneas do ensino de Ciências.

Nesse contexto, torna-se pertinente investigar de que modo tais percepções se constituem ao longo da trajetória formativa dos docentes, considerando que as práticas pedagógicas são atravessadas por experiências formativas, concepções de ensino e condições concretas de trabalho. A compreensão desses processos contribui para o avanço das discussões teóricas sobre o uso de tecnologias no ensino de Ciências e subsidia a elaboração de propostas formativas mais coerentes com as demandas reais do trabalho docente.

1.1 Percurso Até o Mestrado

"Deixem que o futuro diga a verdade e avalie cada um de acordo com o seu trabalho e realizações. O presente pertence a eles, mas o futuro pelo qual eu sempre trabalhei pertence a mim"

(Nikola Tesla).

No exercício da docência, busco estabelecer relações entre os conteúdos de Física e a realidade dos estudantes, adotando estratégias que favoreçam uma aprendizagem mais contextualizada e investigativa. Contudo, a prática escolar evidencia desafios estruturais e pedagógicos, como a desmotivação discente, a limitação de recursos didáticos e as lacunas na formação docente frente às demandas da cultura digital.

Nesse contexto, o ingresso no Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática pela UNEMAT representa um movimento de aprofundamento teórico e investigativo, voltado à análise de metodologias que integrem tecnologias digitais ao ensino de Física. A pesquisa desenvolvida articula a Inteligência Artificial e as simulações interativas do PhET como recursos mediadores da aprendizagem, com potencial para favorecer a investigação científica e o protagonismo discente.

Durante o percurso investigativo, foram identificados desafios relacionados à participação de professores de Física na pesquisa, evidenciando limitações impostas pela sobrecarga de trabalho e pelas condições estruturais da profissão docente no Brasil. Ainda assim, as interlocuções estabelecidas contribuíram significativamente para a compreensão do contexto investigado, reforçando a relevância de estudos que considerem a realidade concreta da prática docente.

Nesse percurso formativo e profissional, consolidou-se o interesse em investigar de forma mais sistemática os processos de ensino e aprendizagem em Física, especialmente diante dos desafios contemporâneos relacionados à integração de tecnologias digitais e à formação docente.

Como desdobramento acadêmico, projeta-se a continuidade da formação em nível de doutorado, com interesse em investigações voltadas à implementação de um laboratório móvel de Física, com vistas à ampliação das práticas experimentais e ao fortalecimento de uma cultura científica investigativa nas escolas.

1.2 Estrutura da dissertação

Este estudo está estruturado de modo a articular fundamentos teóricos, revisão de literatura, procedimentos metodológicos, desenvolvimento da intervenção formativa e análise crítica dos resultados, mantendo coerência entre o problema de pesquisa, os objetivos e o

percurso investigativo. A organização adotada busca oferecer ao leitor um movimento progressivo de compreensão: inicia-se pelo enquadramento conceitual e pela revisão das pesquisas relevantes na área, segue-se para os fundamentos metodológicos, apresenta-se a intervenção realizada, analisam-se as evidências produzidas e, ao final, discutem-se as contribuições, limites e implicações do estudo para o ensino de Física mediado por tecnologias digitais.

A seguir, apresenta-se a organização geral dos capítulos que compõem esta dissertação.

O Capítulo 1 apresenta a introdução da pesquisa, situando o contexto do estudo e discutindo o uso das tecnologias digitais na educação, com destaque para a Inteligência Artificial e as simulações interativas no ensino de Física. São expostos o problema de pesquisa, os objetivos, a abordagem metodológica, o percurso acadêmico do pesquisador e a organização geral da dissertação.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que sustenta a pesquisa, discutindo conceitos relacionados ao uso de tecnologias digitais na educação, à Inteligência Artificial no ensino, às simulações interativas da plataforma PhET e às perspectivas investigativas no ensino de Ciências. O capítulo também aborda discussões sobre formação docente mediada por tecnologias digitais, situando os principais referenciais teóricos que orientam a análise desenvolvida neste estudo.

O Capítulo 3 desenvolve a revisão da literatura, examinando produções acadêmicas recentes sobre o uso da Inteligência Artificial na educação, a utilização de simulações interativas no ensino de Física e iniciativas de formação docente voltadas à integração de tecnologias digitais. A revisão busca situar a pesquisa no estado da arte, identificar tendências investigativas e evidenciar lacunas que justifiquem a realização deste estudo.

O Capítulo 4 apresenta os aspectos metodológicos da pesquisa, descrevendo a abordagem qualitativa adotada, o contexto de realização do estudo, os participantes envolvidos, os instrumentos de coleta de dados e os procedimentos de análise. Neste capítulo também é apresentado o mini curso formativo, detalhando seus objetivos, estrutura e princípios didático-metodológicos.

O Capítulo 5 reúne a análise e discussão dos resultados, apresentando as categorias analíticas construídas a partir da Análise Textual Discursiva. Os dados produzidos na pesquisa são interpretados à luz do referencial teórico adotado, discutindo as percepções docentes sobre

o uso da Inteligência Artificial e das simulações PhET no ensino de Física, bem como as potencialidades e limitações observadas durante o processo formativo.

O Capítulo 6 apresenta as considerações finais, destacando as principais contribuições da pesquisa para o campo do ensino de Física e para a formação de professores, além de apontar limites do estudo e possibilidades para investigações futuras.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

"A educação não é o enchimento de um balde, mas o acendimento de uma chama."
(William Butler Yeats)

2.1 O Ensino de Física: desafios históricos e demandas contemporâneas

O ensino de Física no Brasil carrega um histórico de desafios pedagógicos e estruturais que atravessam décadas e permanecem presentes nas salas de aula. A disciplina, reconhecida como eixo fundamental para a formação científica e tecnológica, frequentemente se apresenta aos estudantes como um conjunto de fórmulas e procedimentos matemáticos descontextualizados, conduzindo a um modelo de aprendizagem baseado na memorização mecânica e na execução de algoritmos (Pietrocola, 2005; Carvalho, 2018). Essa forma de abordagem contrasta com perspectivas contemporâneas da psicologia educacional, segundo as quais a aprendizagem deve ser compreendida como um processo ativo, investigativo e socialmente situado.

Nesse sentido, há convergência entre Bransford *et al*. (2000) e Mercer e Littleton (2007) ao destacarem que o conhecimento se constrói em contextos de investigação, reflexão e interação social, nos quais o diálogo desempenha papel central na formação do pensamento. De forma complementar, Hattie (2012) evidencia que a aprendizagem se fortalece quando novos conhecimentos são articulados a saberes prévios, reforçando a necessidade de práticas pedagógicas intencionalmente estruturadas. Em conjunto, essas perspectivas indicam a necessidade de superar abordagens centradas na memorização e na reprodução algorítmica. Contudo, observa-se que tal transformação ainda não se consolidou de forma efetiva no ensino de Física, mantendo-se uma distância significativa entre os referenciais teóricos da área e as práticas pedagógicas desenvolvidas na educação básica.

As dificuldades se intensificam diante de problemas estruturais típicos da educação pública nacional, como ausência de laboratórios, escassez de materiais experimentais e sobrecarga docente. A BNCC (Brasil, 2018) reconhece esse cenário ao propor a formação para a cultura científica e digital, mas a distância entre orientação normativa e a realidade cotidiana das escolas permanece expressiva. Indicadores do PISA (OECD, 2019) e do SAEB (INEP, 2022) evidenciam baixos níveis de alfabetização científica, corroborando a necessidade de reconstrução metodológica.

Além das limitações estruturais, a qualidade do ensino de Física está intrinsecamente ligada à formação inicial e continuada dos professores. Estudos apontam que muitos docentes chegam às salas de aula com conhecimento conceitual fragmentado e domínio limitado de metodologias investigativas, o que compromete a implementação de práticas ativas e experimentais (Lima; Moreira, 2010; Shulman, 1986). A formação docente deve, portanto, integrar o desenvolvimento de competências científicas, pedagógicas e digitais, capacitando o professor a mediar a aprendizagem de forma significativa, contextualizada e crítica. Políticas públicas e programas de atualização profissional são determinantes para reduzir a distância entre as orientações normativas da BNCC e a realidade das escolas, promovendo a construção de ambientes de aprendizagem mais investigativos e colaborativos.

Nesse contexto, a superação do ensino transmissivo demanda práticas investigativas, experimentação, argumentação e problematização (Giordan, 1999). O estudante deve produzir hipóteses, testar explicações, manipular variáveis e interpretar fenômenos, assumindo papel ativo na construção do pensamento científico, alinhado a uma epistemologia formativa emancipatória (Freire, 1996). Diante da ausência de infraestrutura experimental em muitas escolas, torna-se imperativo utilizar recursos tecnológicos capazes de simular fenômenos, promover visualizações dinâmicas e garantir acesso equitativo ao conhecimento científico. É nesse cenário que emergem as TD, os simuladores interativos e, mais recentemente, a IA como mediadores do processo educativo.

2.2 Tecnologias Digitais na Educação

A incorporação das TD na educação não se restringe à adoção instrumental de dispositivos e plataformas. Representa uma transformação epistemológica e metodológica que redefine práticas, papéis e expectativas pedagógicas (Kenski, 2012; Valente, 2018). Nesse contexto, a tecnologia atua como elemento estruturante de ambientes de aprendizagem orientados à autonomia intelectual, à investigação e ao pensamento crítico (Valente, 2018).

Bacich e Moran (2018) reforçam que as TD ampliam o alcance de metodologias ativas, como aprendizagem baseada em problemas, experimentação e colaboração, deslocando o estudante para a posição protagonista na construção do conhecimento. Borba, Souto, Cunha e Domingues (2023) complementam essa perspectiva, ao argumentar que as tecnologias digitais possibilitam a visualização dinâmica de conceitos, a modelagem de situações complexas e o

desenvolvimento de raciocínio investigativo, em disciplinas como ciências e matemática, que demandam construção conceitual, experimentação e análise crítica.

Contudo, essa transição demanda do professor domínio conceitual, técnico e didático (Kenski, 2012). Nessa perspectiva, Selwyn (2019) e Williamson, Macgilchrist e Potter (2020) alertam para o risco de uma racionalidade tecnocrática que posiciona a tecnologia como solução universal, desconsiderando desigualdades estruturais, limitações de formação docente e interesses corporativos. Freire (1996) já advertia que ferramentas, isoladamente, não promovem emancipação: apenas práticas mediadoras humanizadoras podem fazê-lo.

A integração das tecnologias digitais ao ensino de Física requer, portanto, reconhecer seu potencial formativo e investigativo, assim como seus limites e contradições. Seu uso demanda análise crítica, articulando possíveis inovações pedagógica, ética, inclusão digital e responsabilidade social.

Nesse contexto, o uso das TD no ensino de Física abre espaço para o desenvolvimento de recursos específicos voltados à visualização e à modelagem de fenômenos científicos. Entre esses recursos, destacam-se as simulações computacionais, que permitem representar situações complexas de forma dinâmica e interativa, favorecendo a exploração de variáveis e a construção de relações conceituais. Esses artefatos se configuram como importantes mediadores do processo de ensino, quando articuladas a propostas investigativas que valorizam a experimentação e a participação ativa do estudante.

2.3 Simulações Digitais e o Ensino de Física: a contribuição do PhET

A plataforma PhET Interactive Simulations, desenvolvida pela Universidade do Colorado Boulder, consolidou-se como referência internacional no ensino de Ciências, especialmente física, ao integrar princípios de pesquisa em aprendizagem, interatividade e visualização dinâmica (Wieman; Perkins, 2006; Finkelstein *et al*., 2005). Seu desenho pedagógico visa permitir que o estudante manipule variáveis, formule hipóteses, teste modelos e observe efeitos em tempo real, uma lógica investigativa que contrasta com o ensino transmissivo predominante no contexto brasileiro.

A plataforma PhET é de acesso gratuito para uso educacional, disponibilizada pela Universidade do Colorado Boulder, o que favorece sua ampla adoção em diferentes contextos escolares. Desde sua criação, a plataforma tem passado por atualizações contínuas, incluindo a

transição de simulações baseadas em tecnologias anteriores para versões mais atuais em ambiente web, ampliando sua acessibilidade em diferentes dispositivos e sistemas operacionais. Essa evolução tecnológica tem contribuído para a manutenção de sua relevância pedagógica, especialmente no contexto de ensino de Ciências e Física, ao garantir maior estabilidade, interatividade e compatibilidade com práticas educacionais contemporâneas.

Pesquisas indicam que simulações digitais podem gerar níveis de compreensão equivalentes ou superiores aos de laboratórios físicos, sobretudo quando estes são inexistentes ou pedagogicamente ineficientes (Wieman; Adams; Perkins, 2008; De Jong; Van Joolingen, 1998). Todavia, assumir que simulações substituem experimentos materiais seria reducionista: práticas presenciais envolvem manipulação concreta, incerteza experimental e domínio de instrumentos, dimensões essenciais da cultura científica. Assim, o PhET deve ser concebido como recurso complementar, e não como sucedâneo da experimentação real. Além disso, seu uso não é intrinsecamente pedagógico. Seu potencial formativo se amplia quando articuladas a metodologías investigativas, especialmente quando articulado a metodologias investigativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas, investigações guiadas e ciclos experimentais (HMelo-Silver, 2004; De Jong; Van Joolingen, 1998; Prince; Felder, 2006).

No contexto brasileiro, estudos apontam a subutilização do PhET em razão de lacunas formativas, limitações de infraestrutura e concepções tecnicistas sobre o uso das tecnologias digitais no ensino (Silva; Borges, 2022; Moura; Farias, 2023). Nesse cenário, o desafio envolve a formação pedagógica necessária para mobilizar o recurso de forma crítica e epistemologicamente fundamentada. O simples acesso às simulações não garante seu uso educativo. Ao possibilitar a articulação entre níveis fenomenológico, gráfico e matemático, o PhET favorece a compreensão de conceitos tradicionalmente complexos no ensino de Física, como relações funcionais, grandezas físicas e fenômenos abstratos, incluindo campos e interações microscópicas (Wieman; Perkins, 2006; Finkelstein *et al.*, 2005).

Simulações digitais configuram instrumentos relevantes para ampliar o acesso e qualificar o ensino de Física. Seu valor educativo depende da mediação docente, do planejamento pedagógico e da concepção epistemológica que orienta seu uso. Esse princípio orienta a presente pesquisa, voltada à formação de professores capazes de integrar simulações de maneira crítica, investigativa e significativa no ensino.

O avanço das simulações digitais no ensino de Física insere-se em um movimento mais

amplo de transformação das TD na educação. Nesse contexto, outras tecnologias vêm sendo incorporadas às discussões educacionais, entre elas a Inteligência Artificial, que amplia o debate sobre novas possibilidades de mediação nos processos de ensino e aprendizagem.

2.4 Inteligência Artificial e o Ensino de Física

A presença crescente da Inteligência Artificial (IA) e de simulações interativas, como as disponibilizadas pelo PhET, tem ampliado o debate sobre inovação no ensino de Física. Trata-se de tecnologias de naturezas distintas: enquanto as simulações do PhET são baseadas em modelos computacionais que representam fenômenos físicos de forma interativa e visual, a Inteligência Artificial envolve sistemas capazes de processar informações, gerar respostas e apoiar diferentes etapas do processo educativo. Em conjunto, esses recursos podem ampliar as possibilidades de organização de atividades de aprendizagem, embora operem a partir de princípios e funcionalidades diferentes.

Entretanto, a introdução dessas tecnologias em contextos educativos não pode ser compreendida apenas como um avanço técnico. Sua incorporação às práticas pedagógicas envolve escolhas didáticas, concepções de ensino e condições concretas de uso nas escolas, além de diferentes formas de apropriação no cotidiano docente. Nesse contexto, tais tecnologias podem contribuir para o planejamento didático, a proposição de atividades, a elaboração de exercícios, a explicação de conteúdos e o fornecimento de feedbacks imediatos aos estudantes (Souto; Cunha; Borba, 2025).

Apesar desse potencial, a articulação entre IA e simulações interativas não se estabelece de maneira automática. O uso desses recursos exige planejamento didático e compreensão dos objetivos conceituais que orientam a atividade proposta. Quando essa dimensão pedagógica não é considerada, observa-se um processo de “domesticação” das tecnologias digitais, no qual a Inteligência Artificial passa a ser utilizada apenas como mecanismo de obtenção rápida de respostas, enquanto as simulações assumem uma função meramente ilustrativa, afastando-se de propostas investigativas que caracterizam o ensino de Ciências. Nesse contexto, as tecnologias acabam sendo incorporadas às práticas tradicionais sem promover mudanças na dinâmica pedagógica, reduzindo seu potencial formativo e investigativo (Silverstone, 1994).

Outro aspecto que merece atenção são as limitações inerentes aos sistemas de Inteligência Artificial. Embora modelos de linguagem possam gerar explicações bem

estruturadas do ponto de vista textual, nem sempre essas explicações são conceitualmente precisas. A fluência do discurso pode, muitas vezes, mascarar simplificações ou interpretações equivocadas, tornando imprescindível uma análise crítica das respostas produzidas (Freire, 1996). Situação semelhante ocorre no uso de simulações digitais quando exploradas de forma superficial, restritas à manipulação de parâmetros sem discussão sobre os modelos científicos representados. Esses desafios se tornam ainda mais relevantes em contextos educacionais marcados por desigualdades de infraestrutura e lacunas na formação docente, reforçando a necessidade de mediação pedagógica qualificada e intencional.

Diante desse quadro, é possível identificar diferentes formas de apropriação dessas tecnologias no ensino. Em alguns contextos, elas são incorporadas sobretudo como instrumentos de automação e otimização de tarefas pedagógicas. Em outros, passam a integrar propostas voltadas à investigação, à análise conceitual e ao desenvolvimento do pensamento científico. A direção assumida por essas práticas depende das concepções pedagógicas e epistemológicas que orientam o trabalho docente.

As discussões apresentadas indicam que a incorporação de Inteligência Artificial e de simulações interativas no ensino de Física envolve decisões pedagógicas e conceituais que vão além da simples dimensão técnica dos recursos digitais. Quando articuladas a propostas investigativas e a objetivos de aprendizagem claramente definidos, essas ferramentas podem ampliar as possibilidades de exploração de fenômenos físicos, promover a análise crítica de modelos e aprofundar a compreensão de conceitos científicos. É nesse contexto que se insere esta pesquisa, que busca compreender como professores podem integrar IA e simulações do PhET ao ensino de Física de forma reflexiva, intencional e pedagogicamente consistente, garantindo que a tecnologia atue como mediadora do aprendizado e não como substituta da ação docente (Mishra; Koehler, 2006; Freire, 1996).

O desafio contemporâneo não se limita a incorporar IA e PhET ao ensino de Física; é necessário integrá-los de forma intencional, reflexiva e teoricamente fundamentada. Quando utilizados com rigor conceitual e mediação consciente, esses recursos podem ampliar repertórios didáticos, fortalecer práticas investigativas e promover maior engajamento cognitivo. Nessa perspectiva, esta pesquisa considera IA e PhET instrumentos que, longe de oferecer soluções automáticas, podem contribuir para a construção da aprendizagem científica quando integrados à mediação docente e ao desenvolvimento da autonomia intelectual dos

estudantes (Giordan, 1999).

Compreender como professores podem integrar a Inteligência Artificial e as simulações interativas do PhET em práticas pedagógicas investigativas torna-se, portanto, um campo relevante de investigação no ensino de Física. O estudo propõe um processo formativo voltado à exploração pedagógica desses recursos digitais, buscando analisar como os docentes mobilizam tais artefatos tecnológicos em contextos de ensino e quais potencialidades e desafios emergem dessa integração. Essa investigação fundamenta-se na revisão da literatura, que constitui o próximo capítulo, oferecendo subsídios teóricos sobre ensino de Ciências, formação docente e uso de tecnologias digitais para orientar a análise empírica.

3. REVISÃO DA LITERATURA

"Se eu vi mais longe, foi por estar
sobre ombros de gigantes."
(Isaac Newton)

Esta revisão da literatura insere a pesquisa no conjunto de discussão contemporânea sobre o uso de TD na educação, com ênfase na IA e nas simulações interativas do PhET *Interactive Simulations* no ensino de Física e na formação de professores. Embora a presença dessas tecnologias no contexto educacional não seja recente, observa-se que o debate tem se intensificado diante do avanço dos artefatos tecnológicos baseados em IA e da ampliação do uso de ambientes computacionais de simulação. Nesse contexto, a revisão de literatura configura-se como etapa essencial da pesquisa científica, uma vez que permite ao pesquisador conhecer, analisar e sistematizar as contribuições já produzidas sobre o tema, além de fundamentar teoricamente o estudo e orientar a construção do problema de pesquisa (Lakatos; Marconi, 2010).

Para a realização da busca dos dados, utilizou-se o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. O processo de levantamento foi organizado em quatro etapas: (i) definição dos descritores utilizados nas buscas; (ii) realização das buscas combinando os descritores; (iii) aplicação dos critérios de inclusão e exclusão; e (iv) seleção final do *corpus* analítico.

As buscas foram realizadas por meio de diferentes combinações de descritores relacionados ao objeto de investigação. Na primeira busca, utilizando os descritores "PhET" AND "Ensino" AND "Física", foram identificados 109 trabalhos. Na segunda busca, realizada com os descritores "Inteligência Artificial" AND "Formação de Professores", foram encontrados 32 trabalhos. Já na terceira busca, empregando os descritores "Inteligência Artificial" AND "PhET", não foram localizados trabalhos. De forma semelhante, a quarta busca, realizada com os descritores "Inteligência Artificial" AND "Formação de Professores" AND "PhET", também não retornou resultados. Os resultados das buscas são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Resultado das buscas



Fonte: Imagem gerada por Inteligência Artificial ChatGPT (OpenAI, 2026).

Dando continuidade ao processo de revisão, em seguida, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos das produções identificadas. Nesse processo, foram aplicados critérios de inclusão como: (i) aderência temática ao ensino de Física, às tecnologias digitais e à formação de professores; (ii) relação direta com o objeto de investigação desta dissertação; (ii) publicações em programas da área de Ensino; e (ii) recorte temporal entre os anos de 2019 e 2025, visando contemplar produções recentes sobre o tema.

Como critérios de exclusão, foram desconsiderados: (i) trabalhos duplicados; (ii) estudos que abordavam o uso de tecnologias digitais em áreas distintas do ensino de Física; (iii) trabalhos não relacionados com a formação de professores da Educação Básica; (iv) estudos que mencionavam Inteligência Artificial ou simulações PhET apenas de forma secundária, sem constituírem elementos centrais da investigação.

Após aplicação dos critérios e inclusão e exclusão, foram selecionados seis estudos que apresentavam maior proximidade com o foco desta pesquisa, especialmente aqueles que discutem o uso de tecnologias digitais no ensino de Ciências, a utilização de simulações interativas como as disponibilizadas pelo PhET *Interactive Simulations* e as implicações desses artefatos no contexto da formação de professores. Assim, as dissertações que dialogam

diretamente com os eixos centrais desta investigação, constituem o *corpus* analítico desta revisão de literatura, conforme apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Dissertações que compõem o *corpus* analítico

Autor/ Ano	**Título**	**Fonte de dados**
PAZ, L. F., 2022	PROCESSOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM MEDIADOS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	CAPES
SOUSA, R. L. P., 2023	A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A EDUCAÇÃO: UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE COMO DOCENTES PERCEBEM A IA E SUAS POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS EDUCATIVAS	CAPES
LEMOS, B. T. A., 2022	CONTRIBUIÇÕES PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA E FÍSICA SOBRE AS HABILIDADES CIENTÍFICAS COM ABORDAGEM INVESTIGATIVA MEDIADAS POR TECNOLOGIAS	CAPES
LIMA, S. I. P. S., 2025	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE MATEMÁTICA: POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA PROFESSORES	CAPES
FERREIRA, R. C., 2023	UMA ANÁLISE DA SIMULAÇÃO PHET COLORADO COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE FÍSICA: UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO COM A REALIDADE	CAPES
OLIVEIRA, C. N.S., 2023	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA COM O USO DO SIMULADOR COMPUTACIONAL PHET NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO MÉDIO	CAPES

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A análise das dissertações selecionadas foi realizada a partir da leitura de seus objetivos, referenciais teóricos e procedimentos metodológicos, com o propósito de identificar aproximações temáticas, recorrências conceituais e perspectivas investigativas presentes nas pesquisas. Esse levantamento permitiu compreender como diferentes estudos vêm abordando o uso de tecnologias digitais no ensino de Ciências, especialmente no campo da Física, bem como as formas pelas quais esses recursos têm sido incorporados aos processos de ensino, aprendizagem e formação docente.

A organização da revisão de literatura baseou-se em eixos analíticos definidos a partir dos temas que emergiram das pesquisas examinadas, permitindo estabelecer relações entre os estudos, evidenciar convergências teóricas e identificar contribuições e limites presentes na produção acadêmica da área.

A leitura das dissertações revelou três dimensões recorrentes nas discussões sobre tecnologia e ensino de Ciências: o avanço da Inteligência Artificial no campo educacional e suas implicações para o trabalho docente; o uso de simulações computacionais como recursos didáticos para a aprendizagem de conceitos científicos, com destaque para ambientes interativos e os fundamentos pedagógicos que orientam a integração dessas tecnologias ao ensino, no âmbito da mediação docente, da investigação científica e da formação crítica de professores.

3.1 Inteligência Artificial na Educação e na Formação de Professores

A partir da análise de estudos recentes sobre o uso da Inteligência Artificial na educação, destaca-se a pesquisa de Sousa (2023), que investiga a percepção de professores da Educação Básica sobre a IA e suas implicações pedagógicas. Trata-se de um estudo de caso, de abordagem qualitativa, com amostragem por conveniência, envolvendo docentes participantes de formações continuadas ofertadas pela rede pública do Distrito Federal.

A coleta de dados ocorreu em duas etapas: inicialmente, por meio de um questionário eletrônico com questões abertas e fechadas, que obteve 133 respostas válidas de um total de 1080 professores; posteriormente, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com 10 docentes selecionados, permitindo aprofundar as percepções identificadas na fase inicial. Os resultados indicam que os professores reconhecem o potencial da IA como apoio às práticas pedagógicas, especialmente na organização de conteúdos e produção de materiais. Contudo, evidenciam limitações no domínio conceitual e na aplicação prática, revelando uma lacuna

entre o reconhecimento da importância da IA e sua efetiva integração no ensino. Também emergem preocupações relacionadas a aspectos éticos, tecnicização da educação e possíveis impactos no trabalho docente.

De modo geral, a pesquisa evidencia um cenário de compreensão ainda superficial sobre a IA e fragilidades na formação docente, marcadas pela ausência de discussões sistemáticas sobre o tema. Assim, reforça-se a necessidade de formações que articulem domínio técnico e reflexão crítica, favorecendo uma apropriação mais consciente dessas tecnologias no contexto educacional.

A pesquisa de Lima (2025) analisa o uso de inteligências artificiais no ensino de Matemática em um contexto marcado por limitações estruturais e formativas. O estudo adotou abordagem qualitativa, articulando análise de tecnologias digitais com um estudo de caso realizado com professores da rede estadual de Alagoas. A coleta de dados ocorreu por meio de um questionário aplicado a 19 docentes e, posteriormente, por uma formação prática remota com 26 professores, acompanhada de avaliações e relatos de experiência.

Os dados iniciais evidenciam um cenário de precariedade, com falta de materiais didáticos, insuficiência de suporte tecnológico e ausência de infraestrutura adequada. Em relação ao Novo Ensino Médio, 94,7% dos participantes relataram não ter recebido formação para sua implementação, além de apontarem baixo impacto no engajamento dos estudantes. Quanto à IA, a maioria dos docentes já teve contato com ferramentas como o ChatGPT, ainda que de forma limitada.

Os resultados indicam que as IAs são percebidas como úteis, sobretudo pela economia de tempo na elaboração de atividades, avaliações e planejamentos. No entanto, também emergem limitações, como superficialidade das respostas, erros conceituais e dificuldades operacionais, evidenciando a necessidade de mediação crítica. A formação prática mostrou-se central, favorecendo maior apropriação das ferramentas e ampliando a disposição dos docentes para utilizá-las.

Por fim, o estudo aponta desafios como dependência tecnológica, questões éticas e riscos de desinformação. Conclui-se que, embora as IAs apresentem potencial no apoio à prática docente, sua efetividade depende da formação dos professores e de um uso crítico, sendo compreendidas como ferramentas de apoio, e não substitutas do docente.

No âmbito da formação inicial, Lemos (2022) investiga o uso de tecnologias digitais em

uma proposta de ensino baseada em abordagem investigativa. De acordo com o autor, a pesquisa foi realizada com licenciandos, envolvendo atividades que exigiam a formulação de hipóteses, análise de fenômenos e discussão de resultados. A análise dos dados mostrou que os participantes conseguiram levantar hipóteses e interagir com as atividades propostas, porém apresentaram dificuldades na interpretação dos resultados e na articulação entre conceitos teóricos e situações práticas.

De modo complementar, Paz (2002) analisa a inserção das tecnologias digitais no contexto educacional, considerando práticas pedagógicas mediadas por recursos tecnológicos. De acordo com a autora, a investigação foi desenvolvida a partir da observação de práticas docentes e análise de processos formativos. Os resultados indicam que o uso das tecnologias ocorreu de forma associada a estratégias já consolidadas de ensino, com pouca exploração de suas potencialidades interativas, evidenciando a centralidade da mediação do professor no desenvolvimento das atividades.

As pesquisas analisadas evidenciam que o uso da Inteligência Artificial e de outras tecnologias digitais tem sido incorporado às práticas educativas, sobretudo como suporte ao planejamento e à execução de atividades. Entretanto, de acordo com os estudos, essa utilização ocorre, em grande medida, de forma instrumental, sendo recorrentes dificuldades relacionadas à interpretação de resultados, validação de informações e articulação com os conteúdos de ensino. Além disso, observa-se que são ainda limitadas as investigações que relacionam o uso da Inteligência Artificial a práticas pedagógicas mais interativas e voltadas à compreensão de fenômenos científicos, especialmente no ensino de Física.

As pesquisas analisadas evidenciam que a Inteligência Artificial e outras tecnologias digitais vêm sendo incorporadas às práticas educativas como apoio ao planejamento, à elaboração de atividades e à organização de conteúdo. Os estudos de Sousa (2023) e Lima (2025) convergem ao demonstrar que, embora os professores reconheçam o potencial pedagógico dessas ferramentas, ainda existem dificuldades relacionadas ao domínio conceitual, à validação crítica das informações e à integração efetiva da IA ao ensino. Além disso, ambos os trabalhos destacam fragilidades na formação docente, evidenciando a necessidade de processos formativos que articulem aspectos técnicos, pedagógicos e éticos no uso dessas tecnologias.

De forma complementar, Lemos (2022) e Paz (2002) ressaltam a importância da

mediação docente no uso das tecnologias digitais em contextos educacionais. As pesquisas indicam que, quando não orientadas por objetivos pedagógicos investigativos, as tecnologias tendem a ser utilizadas apenas como suporte a metodologias tradicionais, limitando seu potencial interativo e formativo. Em comum, os estudos revelam dificuldades na articulação entre teoria e prática, na interpretação de resultados e na exploração investigativa dos recursos digitais, especialmente no ensino de Ciências.

Nesse contexto, a presente pesquisa diferencia-se ao propor a articulação entre Inteligência Artificial, plataforma PhET e formação continuada de professores de Física, buscando compreender como essas tecnologias podem contribuir para práticas pedagógicas mais investigativas e interativas. Assim, a revisão de literatura torna-se relevante ao apontar lacunas nas pesquisas já realizadas, sobretudo quanto à integração entre IA, simulações computacionais e formação docente, reforçando a relevância desta investigação para o campo do Ensino de Física e das tecnologias educacionais.

3.2 Simulações Científicas e Tecnologias Digitais no Ensino de Física

Analisando o uso de simulações computacionais no ensino de Física, Ferreira (2023) investiga a simulação *Energy Skate Park*, do PhET Colorado, com o objetivo de analisar o modelo teórico associado ao movimento de um corpo em um plano inclinado com atrito. De acordo com a autora, a pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso, no qual foram estabelecidas diferentes situações no simulador, variando parâmetros como comprimento da rampa, altura, ângulo, velocidade e tempo, a fim de coletar dados e realizar cálculos do coeficiente de atrito cinético.

No desenvolvimento da investigação, os dados fornecidos pelo simulador foram analisados com auxílio do *software WxMaxima*, permitindo a determinação do coeficiente de atrito a partir das variáveis disponibilizadas. Diante dessa constatação, a autora realizou a comparação com valores de referência da literatura, verificando que o valor encontrado não corresponde à situação física representada visualmente, como no caso de um skate em contato com uma superfície de concreto, cujo coeficiente esperado seria significativamente maior. Ao final da investigação, Ferreira (2023) conclui que o modelo teórico implementado na simulação não corresponde diretamente à situação visual apresentada, indicando que o simulador opera com simplificações que não são explicitadas ao usuário. A análise também evidencia que a

simulação representa um sistema distinto daquele interpretado visualmente, aproximando-se mais de um modelo de deslizamento do que de rolamento, o que implica diferenças significativas na interpretação dos fenômenos físicos.

Em perspectiva distinta, Oliveira (2023) investiga o uso do simulador PhET no ensino de força e movimento a partir da elaboração de um roteiro de atividades voltado à prática docente. De acordo com o autor, a proposta foi desenvolvida no contexto do ensino de Física, envolvendo a organização de atividades estruturadas para utilização do simulador em situações de aprendizagem. A pesquisa considera aspectos como a participação dos estudantes, a interação durante os encontros e a compreensão das relações entre as variáveis físicas presentes nas simulações.

No desenvolvimento da proposta, o autor organiza atividades que orientam o uso do simulador em sala de aula, contemplando a exploração de conceitos relacionados à força e movimento. A análise do processo evidencia que os estudantes interagem com o simulador e estabelecem relações entre as variáveis físicas envolvidas, como força, velocidade e movimento, a partir das situações propostas nas atividades. Além disso, o uso do PhET é associado à organização de sequências didáticas que buscam favorecer a compreensão conceitual por meio da exploração guiada das simulações.

As pesquisas de Ferreira (2023) e Oliveira (2023) apresentam aproximações importantes ao reconhecerem as simulações computacionais como recursos relevantes para o ensino de Física, favorecendo a visualização de fenômenos, da manipulação de variáveis e da construção de relações conceituais. Ambas convergem com os referenciais discutidos nesta pesquisa, como Wieman e Perkins (2006), De Jong e Van Joolingen (1998) e Araújo e Veit (2020), ao defenderem que o potencial pedagógico das simulações depende da mediação docente e da organização de propostas investigativas.

Entretanto, os trabalhos diferenciam-se quanto aos seus focos metodológicos e epistemológicos: Ferreira (2023) realiza uma análise crítica do modelo teórico presente na simulação Energy Skate Park, evidenciando discrepâncias entre a representação visual e os princípios físicos implementados no sistema, enquanto Oliveira (2023) concentra-se na elaboração de atividades didáticas voltadas à interação dos estudantes com conceitos de força e movimento. Dessa forma, Ferreira aproxima-se de discussões epistemológicas sobre modelagem científica, enquanto Oliveira enfatiza aspectos didático-metodológicos

relacionados ao uso pedagógico do PhET.

Apesar das contribuições apresentadas, ambas as pesquisas se distanciam da presente investigação ao tratarem o uso das simulações de forma isolada, sem estabelecer articulações com a Inteligência Artificial e com processos de formação continuada de professores. Enquanto Ferreira (2023) analisa os limites conceituais do simulador e Oliveira (2023) explora sua aplicação em atividades didáticas, esta pesquisa busca compreender como IA e PhET podem ser integrados de maneira crítica, investigativa e fundamentada no ensino de Física.

Nesse sentido, a presente investigação amplia as discussões desenvolvidas nos estudos analisados ao considerar simultaneamente aspectos epistemológicos, metodológicos e formativos, defendendo que o uso das tecnologias digitais deve ultrapassar a dimensão instrumental e contribuir para práticas investigativas alinhadas à mediação docente, à construção ativa do conhecimento e ao desenvolvimento da autonomia intelectual dos estudantes.

O capítulo seguinte apresenta os procedimentos metodológicos que orientaram a realização da pesquisa, descrevendo os caminhos adotados para a construção, desenvolvimento e análise do processo investigativo

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

"O conhecimento não é transmitido: ele é construído na interação e na experiência."
(Lev Vygotsky)

Este capítulo apresenta os caminhos metodológicos adotados no desenvolvimento desta pesquisa. Inicialmente, descrevo a abordagem de pesquisa e a opção metodológica, considerando a natureza do fenômeno investigado. Em seguida, apresento o contexto da pesquisa e os participantes envolvidos, bem como os procedimentos e instrumentos de coleta de dados. Por fim, são explicitados os critérios adotados para a análise dos dados.

Neste estudo, foi adotada uma abordagem qualitativa de pesquisa, de caráter exploratório e descritivo. A escolha por essa abordagem justifica-se pela natureza do fenômeno investigado, que envolve a compreensão das experiências formativas e das práticas docentes relacionadas ao uso da Inteligência Artificial e das simulações PhET no ensino de Física.

De acordo com Bogdan e Biklen (2018), a pesquisa qualitativa tem como característica a valorização do contexto, das interpretações dos sujeitos e dos processos vivenciados ao longo da investigação. Nessa perspectiva, o interesse da pesquisa se concentra nas compreensões, contribuições e desafios nas percepções dos participantes sobre de Inteligência Artificial e simulações PhET no ensino de Física.

O caráter exploratório da pesquisa está relacionado à necessidade de aproximação com o fenômeno investigado, considerando que a integração entre Inteligência Artificial e simulações PhET ainda constitui um campo pouco explorado no contexto educacional. Segundo Gil (2022), pesquisas exploratórias são adequadas quando há lacunas teóricas e necessidade de maior familiarização com o objeto de estudo. Além disso, o estudo assume um caráter descritivo, ao buscar registrar e analisar as práticas, interações e experiências desenvolvidas ao longo do processo formativo.

A investigação foi desenvolvida a partir de um processo de formação continuada, compreendido como espaço de reflexão e produção de saberes docentes. Conforme Nóvoa (1992), a formação deve estar articulada à prática profissional, possibilitando a reflexão sobre o fazer docente. Nesse sentido, o processo formativo foi utilizado como contexto de produção de dados da pesquisa.

Com base nessas considerações, descrevo, na seção seguinte, o contexto da pesquisa e

os participantes envolvidos.

4.1 Contexto e Sujeitos da Pesquisa

A pesquisa foi realizada na Diretoria Regional de Educação de Pontes e Lacerda – MT, inicialmente contando com a participação de dez professores do Ensino Médio, dos quais oito seguiram com a pesquisa, (Flick, 2019). Os participantes atuam no ensino de Física, independentemente da formação inicial, o que reflete a realidade das redes públicas de ensino.

Os estudos de abordagem qualitativa pressupõem a compreensão dos fenômenos em seus contextos de ocorrência. De acordo com Bogdan e Biklen (2018), o ambiente em que as ações se desenvolvem constitui elemento fundamental para a interpretação dos dados, uma vez que o comportamento dos sujeitos está diretamente relacionado ao contexto em que se insere.

A pesquisa foi desenvolvida em ambientes presencial e virtual. O contexto institucional esteve vinculado à Diretoria Regional de Educação (DRE) de Pontes e Lacerda – MT, responsável pela mediação inicial do contato com os participantes e pelas escolas pertencentes à sua abrangência. As atividades presenciais ocorreram nas unidades escolares vinculadas à DRE, enquanto o ambiente virtual foi constituído por meio do Google Classroom, utilizado para a organização dos materiais, realização das atividades, comunicação e acompanhamento dos participantes. Além disso, o minicurso formativo foi desenvolvido de forma on-line, por meio da plataforma Google Meet, possibilitando interações síncronas, discussões e momentos de formação continuada com os professores participantes.

Inicialmente, foi realizado contato formal com a Diretoria Regional de Educação, com a apresentação dos objetivos da pesquisa e encaminhamento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o parecer nº 7.770.678. Após a autorização institucional, foi disponibilizada a lista de contatos das coordenações pedagógicas dos municípios vinculados à DRE.

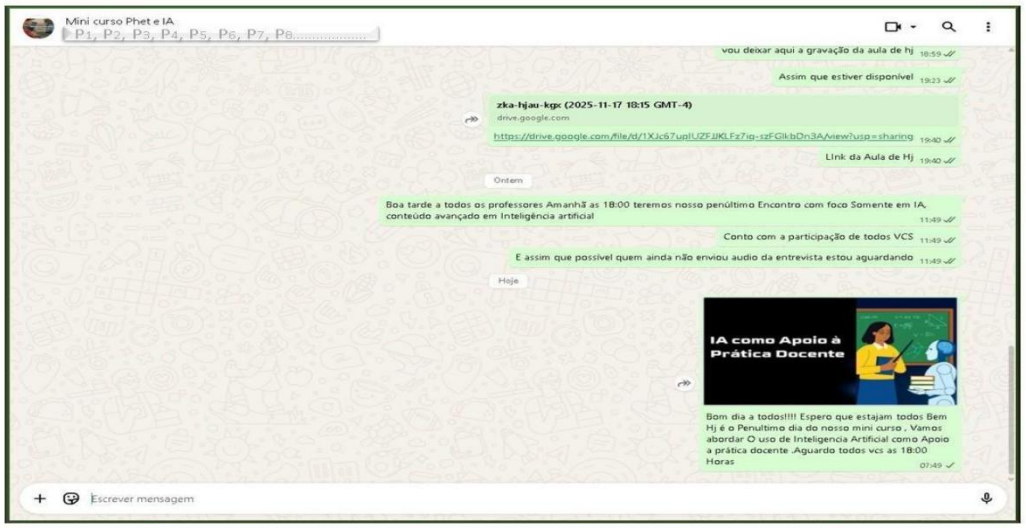
Na etapa seguinte, foi realizado contato com os coordenadores pedagógicos de cada município, com o objetivo de intermediar a aproximação com os professores que atuam no ensino de Física. Posteriormente, os docentes foram convidados a participar da pesquisa, sendo informados sobre os objetivos do estudo, a proposta formativa e os aspectos éticos envolvidos.

A partir desse processo, constituiu-se um grupo de oito professores participantes, atuantes no Ensino Médio, provenientes dos municípios de Figueirópolis d’Oeste, Jauru, Vale

de São Domingos, Pontes e Lacerda e Comodoro. Os participantes lecionam conteúdos de Física, independentemente de sua formação inicial, o que reflete a organização da rede pública de ensino.

Após a confirmação dos participantes e a assinatura do TCLE, foi criado um grupo em aplicativo de mensagens para organização da comunicação, envio de orientações e compartilhamento de materiais relacionados ao minicurso. Esse espaço também foi utilizado para o alinhamento das etapas da pesquisa e acompanhamento das atividades desenvolvidas. A Figura 2 apresenta o grupo criado para esse fim, evidenciando o ambiente de interação utilizado ao longo da investigação.

Figura 2 - WhatsApp utilizado para comunicação e organização da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Esse espaço virtual contribuiu para a organização das atividades e para a comunicação entre os participantes ao longo do processo formativo. Além disso, foi criado um ambiente de sala de aula virtual na plataforma Google Classroom, utilizado para disponibilização de materiais, organização das atividades e acompanhamento das propostas desenvolvidas durante o minicurso. Nesse contexto, o mini curso foi estruturado como espaço de desenvolvimento das atividades da pesquisa, envolvendo interações, discussões e propostas didáticas com o uso da Inteligência Artificial e das simulações PhET no ensino de Física.

4.2 Procedimento de Produção de Dados

A produção dos dados ocorreu ao longo do desenvolvimento do minicurso formativo, orientada por uma abordagem qualitativa, com foco na compreensão das percepções e práticas docentes no uso da Inteligência Artificial articulada à plataforma PhET no ensino de Física. Para isso, foram utilizados diferentes instrumentos de produção possibilitando a construção de um conjunto diversificado de dados empíricos.

Inicialmente, foi aplicado um questionário diagnóstico, composto por questões abertas e fechadas, com o objetivo de caracterizar o perfil dos participantes, suas experiências prévias com TD e suas concepções iniciais sobre o uso da IA no contexto educacional. Esse levantamento permitiu identificar tendências iniciais e subsidiar o planejamento das etapas seguintes do processo formativo.

|Após o questionário inicial foi a realização do minicurso, sendo conduzidos observações sistemáticas, registradas em diário de campo, com foco nas interações, nas estratégias mobilizadas pelos participantes, nas dificuldades apresentadas e nas formas de apropriação das tecnologias propostas. Complementarmente, serão realizadas entrevistas semiestruturadas, possibilitando aprofundar aspectos emergentes e compreender os significados atribuídos pelos docentes às experiências vivenciadas.

Além disso, foram considerados como dados os registros produzidos ao longo das atividades formativas, incluindo interações no ambiente virtual, respostas às tarefas e produções dos participantes. Esse conjunto constitui o *corpus* da pesquisa foi analisado à luz da ATD, permitindo a identificação de padrões de sentido e a construção de categorias relacionadas às percepções e práticas docentes no uso da IA no ensino de Física.

Além dos instrumentos mencionados, será realizada uma entrevista em formato de podcast com os participantes, com o objetivo de aprofundar as percepções, experiências e reflexões construídas ao longo do minicurso formativo. Essa estratégia buscou favorecer um ambiente mais dialógico e espontâneo, permitindo a emergência de relatos sobre as tendências e tensões vivenciadas durante o processo, tais como dificuldades de uso, resistências, apropriações e mudanças de postura frente às tecnologias. As entrevistas serão gravadas, mediante consentimento dos participantes, e posteriormente transcritas, constituindo parte do *corpus* da pesquisa. Os dados produzidos possibilitam compreender, de forma mais aprofundada, as percepções dos docentes sobre o uso da IA e da plataforma PhET, bem como os sentidos atribuídos a esses artefatos no contexto de suas práticas pedagógicas ao longo do

minicurso.

4.3 Minicurso Formativo

Com essas informações organizadas, estruturou-se o minicurso na plataforma Google Classroom, em um ambiente intitulado “Tecnologias Digitais no Ensino de Física: PhET e IA na Prática Docente”. Os materiais utilizados ao longo da pesquisa foram organizados pelo pesquisador no ambiente virtual Google Classroom, que funcionou como espaço de apoio ao minicurso e às atividades formativas. Nesse ambiente, foram disponibilizados artigos e tutoriais produzidos pelo pesquisador, videoaulas sobre Inteligência Artificial e sobre o uso pedagógico das simulações PhET, além das atividades propostas ao longo da formação. É importante destacar que parte dos professores apresentou dificuldade para acessar e utilizar a plataforma, assim constituiu-se evidência empírica relevante sobre limitações no domínio de TD, diretamente relacionadas ao problema de pesquisa.

O minicurso foi realizado em quatro encontros síncronos via Google Meet com duração de 3 horas cada. O primeiro apresentou a estrutura da formação, os objetivos investigativos e uma atividade inicial postada no Classroom. O segundo encontro concentrou-se exclusivamente no uso da Inteligência Artificial em práticas de ensino, com demonstrações e discussão crítica. O terceiro encontro abordou especificamente as simulações PhET, com exploração guiada e construção de atividades didáticas baseadas em cenários investigativos, por fim o último foi utilizado para debates e contribuições finalizando o mini curso. Todos os encontros contaram com registro audiovisual e fotografias do pesquisador, compondo material complementar da ATD.

Assim, o processo de organização e desenvolvimento do minicurso constituiu-se como parte essencial do dispositivo metodológico desta pesquisa, permitindo observar barreiras, engajamentos, tensões, apropriações tecnológicas e dinâmicas formativas reais do contexto educacional investigado, fortalecendo a investigação e ampliando a compreensão sobre como professores de Física se relacionam com TD emergentes.

A formação continuada de professores é importante para o fortalecimento da qualidade educativa, sobretudo em um contexto marcado pela aceleração tecnológica e pela crescente presença de sistemas digitais e inteligentes nos processos sociais e escolares. Nesse cenário, permite-se que os docentes dominem tecnologias digitais: torna-se indispensável que

compreendam criticamente suas finalidades, limitações e implicações pedagógicas, articulando-as a perspectivas epistemológicas e socioculturais que orientem o ensino de Física no século XXI. Autores como Imbernón (2010), Nóvoa (1992) e Freire (1996) defendem que a formação docente precisa transcender o adestramento técnico, promovendo reflexão, autonomia, colaboração e reconstrução prática, de modo que o professor seja capaz de situar tecnologicamente sua própria ação pedagógica.

É nesse horizonte que se insere o mini curso formativo desenvolvido nesta pesquisa, concebido como espaço dialógico, crítico e experiencial para prática docente mediada por tecnologias digitais. A proposta integrou, de maneira articulada, a exploração da plataforma PhET *Interactive Simulations* reconhecida por favorecer visualização, experimentação virtual e investigação conceitual de fenômenos físicos e o uso de artefatos como de Inteligência Artificial educacional voltadas ao apoio no planejamento, na mediação didática e na reflexão sobre práticas de ensino. Essa integração dialoga diretamente às discussões de Kenski (2012), que defendem que a tecnologia só adquire sentido formativo quando usada de maneira consciente, contextualizada e intencionalmente pedagógica.

Participaram da formação oito professores de Física atuantes na Diretoria Regional de Educação de Pontes e Lacerda – MT, abrangendo também docentes dos municípios de Jauru, São Domingos e Comodoro. Em sua maioria vinculados à rede estadual, tinham formação em Licenciatura em Física ou Ciências da Natureza e entre três e oito anos de experiência profissional. Houve a recusa de dois convidados não respondendo às comunicações posteriores encaminhadas pelo pesquisador, sendo assim a pesquisa contou efetivamente com a participação de oito professores, evidenciando dimensões de resistência, insegurança e lacunas de formação continuada ainda presentes na realidade escolar, aspectos amplamente registrados na literatura sobre adoção de tecnologias digitais no ensino de Ciências e Matemática. Esse dado reforça a pertinência do minicurso como estratégia para enfrentar barreiras estruturais, culturais e pedagógicas relacionadas ao uso de simulações e IA no ensino da Física.

O curso, intitulado “Tecnologias Digitais no Ensino de Física: PhET e IA na Prática Docente”, teve carga horária de oito horas distribuídas em quatro encontros síncronos via Google Meet, apoiados pelo Google Classroom, mais 2 horas propostas para resolução de atividades. Sua organização metodológica seguiu uma lógica progressiva que articulou familiarização, problematização, exploração guiada, aplicação prática e reflexão crítica. Ao

longo do percurso, os participantes transitaram entre discussão teórica, análise de potencialidades e limites das tecnologias, experimentação de recursos e elaboração de sequências didáticas integrando PhET e IA.

O diálogo constante, o caráter colaborativo das atividades e a valorização das experiências profissionais dos participantes favoreceram a constituição de um ambiente formativo orientado por uma perspectiva crítico-reflexiva. Nessa dinâmica, o processo de formação se estruturou a partir da troca de experiências, da problematização das práticas pedagógicas e da reflexão coletiva sobre o ensino, aproximando-se das concepções de formação docente defendidas por Freire, Imbernón e Nóvoa, nas quais o desenvolvimento profissional se constrói no diálogo, na interação entre pares e na análise crítica da própria prática (Freire, 1996; Imbernón, 2000; Nóvoa, 1992).

Para a organização das atividades do minicurso formativo foi utilizado o ambiente virtual Google Classroom, escolhido por possibilitar a sistematização dos materiais didáticos, a disponibilização de tarefas e a mediação das interações entre os participantes em um espaço digital estruturado. A plataforma também permitiu integrar momentos de estudo individual, discussões coletivas e registro das produções desenvolvidas ao longo da formação, favorecendo o acompanhamento do processo formativo. A seguir, apresenta-se uma imagem do ambiente virtual utilizado, com o objetivo de ilustrar a estrutura organizacional adotada para a condução das atividades do minicurso.

Figura 3 - Sala de Aula Digital



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Figura 3 exibida acima ilustra o ambiente virtual do Google Classroom utilizado no minicurso “Tecnologias Digitais no Ensino de Física: PhET e IA na Prática Docente”. Observa-se a organização das atividades em módulos, a distribuição de conteúdo teóricos, tarefas práticas e espaços de interação entre os participantes. O layout evidencia a articulação entre momentos síncronos e assíncronos, permitindo acompanhamento das produções, compartilhamento de materiais pedagógicos e registro das discussões colaborativas. A figura apresenta o ambiente digital como espaço formativo estruturado, articulando mediação docente, uso de recursos tecnológicos e reflexão crítica sobre a prática, constituindo a base organizacional dos tópicos e atividades que compõem a sequência didática apresentada a seguir.

4.4 Estrutura e Conteúdo da Formação

Para facilitar a visualização da estrutura geral do minicurso, a Figura 4 apresenta a organização sequencial dos tópicos formativos, evidenciando a lógica progressiva das atividades desenvolvidas. O diagrama sintetiza as etapas que compõem o percurso formativo, desde o diagnóstico inicial até a elaboração final das sequências didáticas integrando IA e PhET, a seguir, apresenta-se o detalhamento dos tópicos trabalhados:

Figura 4 - Sequências Didáticas do Mini Curso



Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A Figura 4 apresenta a organização sequencial do minicurso, distribuída em seis tópicos

formativos. O diagrama exibe, em ordem progressiva, os blocos que estruturam o percurso.

Tópico 0 – Apresentação e Diagnóstico Inicial

- Apresentação dos objetivos do minicurso
- Conversa inicial sobre experiência prévia com TD
- Aplicação de questionário diagnóstico
- Ambientação ao Google Classroom

Tópico 1 – Integração de Tecnologias Digitais no Ensino de Física

- Discussão teórica sobre TDs na educação
- Debate sobre práticas docentes e modernização curricular
- Exemplificação de usos pedagógicos inovadores

Tópico 2 – Inteligência Artificial como Apoio Pedagógico

- Introdução crítica à IA na educação
- Demonstração prática de IA para:
    - planejamento de aulas
    - elaboração de questões
    - simulação de diálogos explicativos

Tópico 3 – Simulador PhET no Ensino de Física

- Exploração prática de simulações
- Orientações metodológicas para uso investigativo
- Atividade: elaboração de roteiro experimental virtual

Tópico 4 – Integração IA + PhET

- Construção de sequências didáticas
- Socialização e feedback coletivo
- Reflexão metodológica sobre personalização e investigação científica

Tópico 5 – Encerramento e Avaliação

- Discussão de aprendizagens
- Reflexões sobre desafios e avanços
- Exercício prático: criação de plano de aula com apoio da IA

A estrutura do minicurso expressa um conjunto de escolhas pedagógicas orientadas para o desenvolvimento de competências científicas compatíveis com as exigências da BNCC. Ao integrar diagnóstico, exploração de TD, uso crítico de IA e investigação com simulações PhET, o percurso formativo cria condições para que os professores mobilizem habilidades analíticas, experimentais e reflexivas. Nesse sentido, a estrutura do minicurso adota uma concepção de ensino que enfatiza raciocínio científico, resolução de problemas e tomada de decisão informada. É a partir dessa articulação que a próxima seção discute explicitamente como tais competências se relacionam às orientações da BNCC para o ensino de Física

4.5 BNCC e o Desenvolvimento de Competências Científicas no Ensino de Física

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece uma orientação clara para que o ensino de Ciências da Natureza no Ensino Médio se afaste de práticas centradas em transmissão de conteúdos e memorização de fórmulas, promovendo uma formação científica crítica, investigativa e socialmente situada. Na competência específica 3 de Ciências da Natureza, a BNCC estabelece que os estudantes devem:

> Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico [...] para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e 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)

Essa diretriz se relaciona diretamente à proposta deste minicurso, que combinou IA e simulações interativas (PhET) para favorecer a investigação, a modelagem e o uso da linguagem científica em contextos didáticos. Ao realizar atividades práticas com simulações e IA, os docentes vivenciaram experiências de ensino alinhadas ao que a BNCC denomina práticas científicas e argumentação, desenvolvendo habilidades como: formular hipóteses, testar variáveis, analisar dados, justificar conclusões e comunicar resultados.

Esse movimento converge com autores como Moreira (2009), que argumenta que o ensino de Física deve favorecer a aprendizagem significativa por meio de situações desafiadoras e conectadas ao mundo real. De forma semelhante, Zabala (2010) defende que um currículo formativo precisa desenvolver pensamento crítico e tomada de decisão fundamentada, não apenas transmitir procedimentos. A BNCC reforça essa exigência ao destacar a necessidade de análise crítica do uso da tecnologia, de reflexão ética e de posicionamento fundamentado — dimensões igualmente valorizadas por Hodson (2014) ao conceber o ensino experimental como espaço de debate e construção de sentido.

No entanto, é importante reconhecer que o simples alinhamento formal à BNCC não garante práticas transformadoras. Conforme alerta Selwyn (2022), tecnologias educacionais podem facilmente se tornar extensões do ensino tradicional, reforçando abordagens expositivas e práticas mecanizadas. Assim, a integração de IA e simulações digitais, tal como proposta no minicurso, buscou evitar o tecnicismo pedagógico e assumir um caráter reflexivo e investigativo, garantindo coerência com o que a BNCC propõe — mas que muitas vezes não se materializa no cotidiano escolar por falta de formação docente e condições estruturais.

As habilidades específicas da BNCC para Ciências da Natureza (EM13CNT301 a EM13CNT310) explicitam a importância de competências relacionadas à resolução de problemas, argumentação, interpretação de dados, compreensão de fenômenos físicos e avaliação crítica das tecnologias. Nesse sentido, os professores participantes do minicurso mobilizaram, especialmente, as habilidades descritas no Quadro 2 logo abaixo:

Quadro 2 - Habilidades BNCC Competência Específica 3

Habilidades	Descrição da Habilidade BNCC
EM13CNT301	Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
EM13CNT302	Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)
EM13CNT303	Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
EM13CNT306	Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.
EM13CNT308	Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.
EM13CNT309	Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Essas habilidades serão apresentadas na íntegra no Apêndice 2, preservando a fidelidade ao documento oficial da BNCC e permitindo que o leitor consulte as orientações originais. Aqui, optou-se por destacar aquelas diretamente mobilizadas nas experiências formativas, evidenciando a coerência entre a proposta do minicurso e os referenciais curriculares nacionais.

Assim, a presente pesquisa dialoga com a BNCC como um marco fundamento teórico-metodológico para a construção de uma prática de ensino de Física orientada pela investigação, pela argumentação e pelo uso crítico de tecnologias. Trata-se de compreender que o ensino contemporâneo deve articular ciência, tecnologia, sociedade e ética, promovendo a autonomia intelectual e a capacidade de tomada de decisão diante de fenômenos do mundo real.

4.6 Integração da Inteligência Artificial na Formação Docente

A Inteligência Artificial (IA) constituiu um eixo estruturante da ação formativa desenvolvida. Sua funcionalidade foi operar na mediação didática, subsidiando os participantes no planejamento e sistematização de intervenções, na elaboração de atividades investigativas e roteiros de exploração das simulações PhET.

Nessa perspectiva, a IA possibilitou ampliar as possibilidades pedagógicas, à medida que os participantes atuaram como curadores e críticos, não como operadores passivos. Além disso, no decorrer do minicurso, destacou-se limites e riscos da IA, como alucinações, vieses, falta de rigor conceitual, dependência tecnológica e a necessidade de validação constante das respostas. A discussão foi orientada por exemplos reais, retirados de perguntas espontâneas dos próprios professores, o que favoreceu engajamento e problematização.

4.6.1 Atividades Práticas com IA e Implicações Didáticas

Após a apresentação conceitual, foram realizadas atividades práticas com IA generativa em tempo real, adotando uma dinâmica expositivo-dialógica que permitiu aos professores acompanhar o processo de construção das respostas, identificar padrões, limites e potencialidades e discutir coletivamente os resultados. As demonstrações incluíram a comparação entre prompts genéricos e refinados, a geração de explicações de conteúdos de Física em diferentes níveis de complexidade, a produção de erros típicos de estudantes e o uso da IA para transformar explicações abstratas em analogias, modelos e sequências de raciocínio.

A Figura 5 demonstra como o uso de IA para planejamento ainda requer conhecimento sobre prompts para um *template* utilizado pelas DRes, sendo padronizados os planejamentos da SEDUC.

Figura 5 - Demonstração prática de IA durante o minicurso



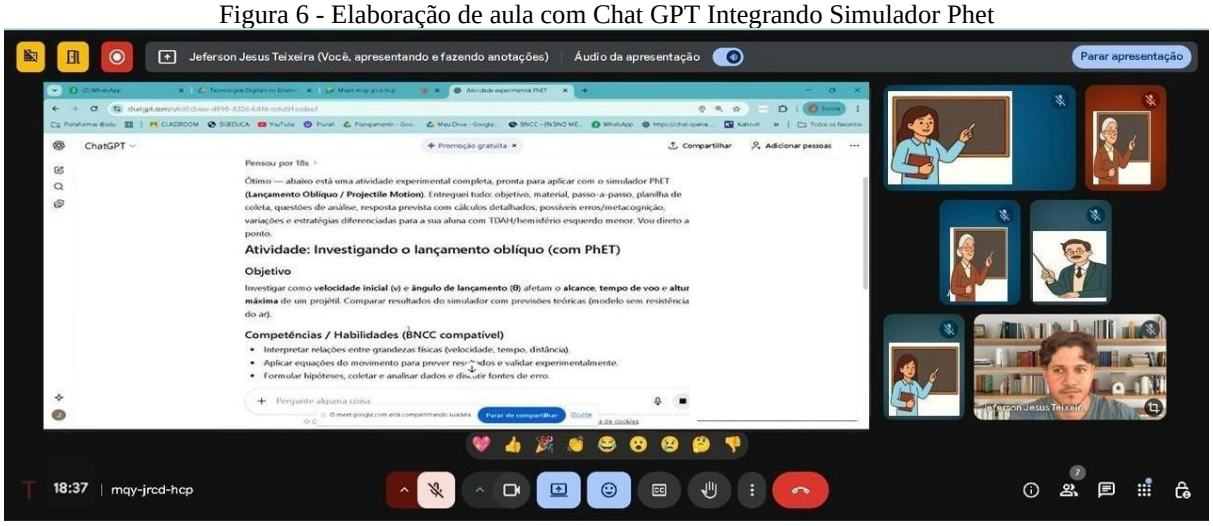
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura anterior apresenta o modelo de planejamento de aula adotado pela DRE, o qual orientou a atividade formativa. Na etapa seguinte, os professores analisaram como a IA poderia apoiar a elaboração desse planejamento dentro do próprio *template* institucional, permitindo gerar versões completas e coerentes para posteriormente inserir no documento oficial. As aplicações exploradas incluíram: elaboração de roteiros de exploração para as simulações PhET, formulação de questões investigativas, organização de sequências observacionais, proposição de hipóteses, definição de variáveis manipuláveis, criação de rubricas de análise e produção de questões conceituais, preditivas ou de cálculo.

O modelo de planejamento utilizado supracitado encontra-se no Anexo 3.

Essa discussão sobre o uso da IA para estruturar o planejamento conduz diretamente ao elemento central apresentado na Figura seguinte: a integração do simulador PhET como artefato pedagógico. A Figura 6 ilustra como o planejamento gerado passa a orientar, de modo sistemático, a exploração investigativa na simulação. Assim, a Figura sintetiza a passagem do plano elaborado para sua materialização na prática didática.

Figura 6 - Elaboração de aula com Chat GPT Integrando Simulador Phet



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As imagens registradas durante a atividade com a identidade dos participantes devidamente preservada evidenciam um momento de intensa interação formativa, marcado por debate qualificado, análise colaborativa e experimentação prática com diferentes estratégias de prompts. Nesta etapa do minicurso, utilizou-se alguns prompts de comando e também um aprofundamento sobre suas utilizações, após essa análise um prompt foi direcionado para que a IA sugerisse uma atividade de lançamento oblíquo empregando o simulador PhET *Simulation.* A resposta gerada apresentou um artefato pedagógico e também ofereceu um ‘passo a passo’ estruturado para a condução didática da investigação.

Os dados evidenciam que, embora parte dos docentes já tivesse tido contato prévio com ferramentas de IA, esse uso ainda ocorria de forma pontual e pouco sistematizada. A atividade proposta no minicurso possibilitou uma ampliação desse repertório, permitindo que os participantes explorem a IA como apoio ao planejamento didático, especialmente na organização de conteúdos, elaboração de questões e diversificação de estratégias de ensino. Esses aspectos revelam um movimento simultâneo de aproximação e cautela, indicando que a integração dessas tecnologias demanda também formação crítica e pedagógica para seu uso significativo.

A Figura 7 abaixo apresenta a devolutiva dos professores sobre a atividade com IA proposta durante o minicurso formativo, evidenciando percepções, usos prévios, potenciais benefícios e limites apontados pelos docentes na aplicação da ferramenta ao planejamento de aulas de Física.

Figura 7 - Feedbacks dos professores no Google Classroom.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.7 Exploração da Plataforma PhET: Experimentos Virtuais e Práticas Investigativas

O uso da plataforma PhET Interactive Simulations constituiu um dos eixos centrais do minicurso formativo, oferecendo aos professores do Ensino Médio possibilidades de desenvolvimento de práticas investigativas mediadas por tecnologias digitais, especialmente em contextos escolares marcados pela limitação de infraestrutura laboratorial. A proposta pedagógica do minicurso foi fundamentada em perspectivas de aprendizagem ativa e investigação científica, nas quais o estudante assume papel participativo na construção do conhecimento, por meio da formulação de hipóteses, manipulação de variáveis, observação de fenômenos e interpretação de resultados (Bransford *et al*., 2000; De Jong; Van Joolingen, 1998).

A organização das atividades buscou articular experimentação guiada, mediação docente e reflexão crítica sobre os fenômenos simulados, aproximando-se das discussões de Prince e Felder (2006), que defendem o uso das tecnologias digitais em propostas investigativas e colaborativas. Além da exploração técnica das ferramentas, o minicurso promoveu discussões sobre os limites e potencialidades das simulações computacionais, enfatizando que a compreensão conceitual depende da mediação pedagógica e da intencionalidade didática que orienta seu uso. Assim, o PhET foi utilizado como recurso para estimular o raciocínio científico, a análise de relações entre variáveis físicas e a construção de interpretações fundamentadas em evidências, evitando uma utilização restrita à mera visualização de fenômenos.

A Figura 8 apresenta a interface inicial do PhET, que serviu como ponto de partida para a seleção e o acesso às simulações exploradas durante as atividades formativas do minicurso. A Figura demonstra a organização das opções disponíveis, permitindo que os docentes navegassem pelas diferentes simulações, escolhendo aquelas mais adequadas para planejar e conduzir experiências investigativas em sala de aula.

Figura 8 - A Plataforma de Simulação



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Durante o minicurso, o trabalho com o PhET foi orientado para o domínio conceitual de conteúdos centrais do Ensino Médio em Física, privilegiando resolução de problemas, formulação de hipóteses, experimentação controlada, registro sistemático de resultados e argumentação fundamentada. Hodson (2014) enfatiza que a experimentação deve servir à construção intelectual, e não apenas à validação ritualística de fórmulas ou procedimentos pré-estabelecidos, reforçando a necessidade de práticas que integrem conhecimento teórico, operacional e investigativo. Além disso, a exploração da plataforma envolveu a busca ativa por simulações relacionadas aos conteúdos de Física previstos no currículo do Ensino Médio, como movimento, forças, campos elétricos, circuitos e ondas.

Essa etapa teve como finalidade aproximar os professores das possibilidades reais de incorporação das simulações à prática docente, considerando tanto a pertinência conceitual quanto a adequação didática das tecnologias disponíveis. Outro aspecto considerado foi a

acessibilidade tecnológica, o site de simulações utilizadas pertencem à geração HTML5, o que garante compatibilidade com diferentes dispositivos, incluindo Chromebooks[2] distribuídos pelo governo federal aos estudantes da rede pública, essa característica torna o PhET uma alternativa viável para contextos escolares com infraestrutura limitada, permitindo que experimentos virtuais sejam incorporados mesmo em salas de aula sem laboratórios equipados ou computadores de alto desempenho.

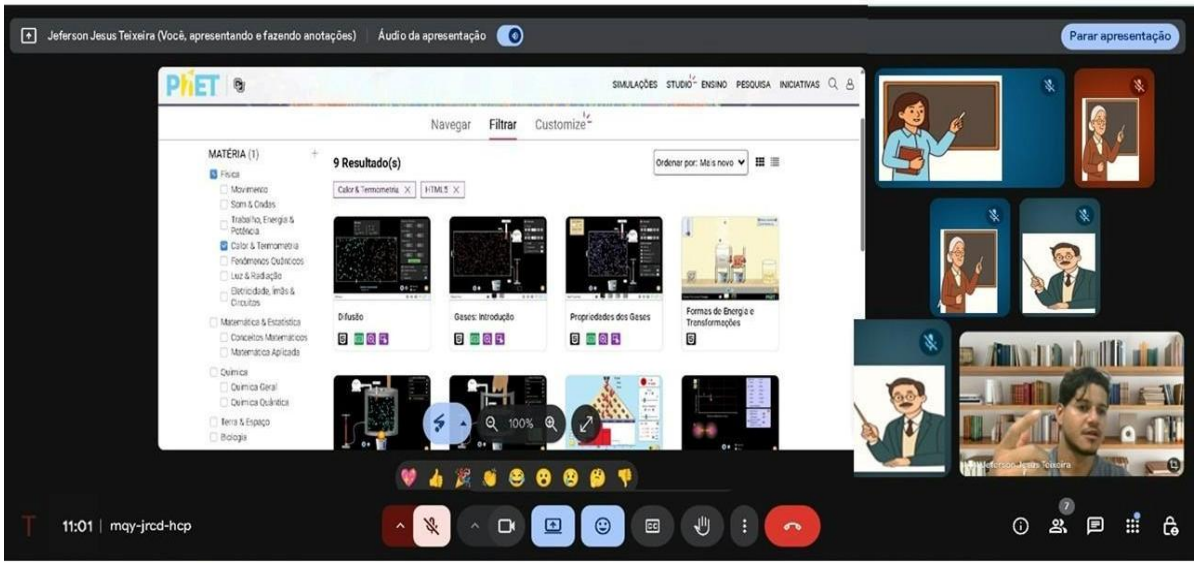
As atividades foram organizadas de maneira sequencial, contemplando: introdução ao fenômeno, levantamento de hipóteses pelos participantes, manipulação orientada da simulação com controle de variáveis, registro de dados em tabelas e gráficos, discussão coletiva e reflexão. Essa sequência metodológica buscou alinhar a prática docente ao modelo de ensino por investigação, promovendo postura reflexiva e investigativa. O minicurso também considerou a BNCC como referencial orientador, enfatizando que a aprendizagem em Ciências deve transcender a memorização mecânica, promovendo autonomia intelectual, participação ativa do estudante e construção de conhecimento baseado em investigação e análise crítica. Zabala (2010) complementa ao apontar que práticas formativas efetivas exigem que o estudante pense, discuta, justifique e tome decisões, características incorporadas nas atividades de exploração do PhET durante a formação.

A exploração da plataforma PhET no minicurso foi organizada a partir de atividades orientadas com simuladores interativos, estruturadas com foco em práticas investigativas. As atividades foram conduzidas de forma mediada, com momentos de orientação, discussão coletiva e problematização, de modo a incentivar a participação ativa dos professores e a articulação entre os conceitos físicos abordados e o uso de TD no ensino.

A Figura 9 apresenta a página da área de Física na plataforma PhET, já com os filtros aplicados e as simulações organizadas por conteúdo. Essa visualização permite identificar rapidamente os temas disponíveis e selecionar a simulação desejada para o desenvolvimento das atividades do minicurso.

[2] Chromebook é um computador portátil desenvolvido para utilização prioritária em ambientes conectados à internet, operando por meio do sistema ChromeOS, da Google. Esses dispositivos são amplamente utilizados em contextos educacionais devido à integração com ferramentas digitais, armazenamento em nuvem e acesso facilitado a plataformas de ensino e aprendizagem.

Figura 9 - PhET - FÍSICA - Calor & Termometria



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura acima ilustra o processo de navegação e seleção de simulações na área de Física da plataforma PhET, utilizada como ferramenta central durante o minicurso formativo. Essa visualização permite demonstrar aos professores como explorar filtros e ferramentas de busca, garantindo que pudessem localizar rapidamente os conteúdos desejados e selecionar simulações adequadas para desenvolver atividades investigativas com os estudantes. A apresentação prática da interface não apenas familiarizou os docentes com a plataforma, mas também reforçou estratégias de exploração orientada, planejamento pedagógico contextualizado e reflexão sobre a mediação didática.

Para ilustrar essa aplicação, a seguir são apresentadas três simulações selecionadas de acordo com os conteúdos do Sistema Estruturado de Ensino (SEE), evidenciando como os docentes puderam explorar conceitos de Física de maneira investigativa. Cada simulação foi cuidadosamente escolhida para articular objetivos específicos de aprendizagem, promover a experimentação ativa e fortalecer a compreensão visual dos fenômenos, possibilitando ao professor organizar sequências pedagógicas que integrassem planejamento, análise de dados e construção de conhecimentos em um contexto investigativo e centrado no estudante.

4.7.1 Simulação 1: Movimento de Projéteis – Lançamento Oblíquo

Conteúdos trabalhados: Cinemática, lançamentos, componentes horizontal e vertical da velocidade, trajetória e alcance.

Objetivos didáticos:

- Compreender a decomposição do movimento bidimensional;
- Relacionar parâmetros iniciais (ângulo, velocidade, massa) ao alcance;
- Interpretar a influência da gravidade no movimento.

Descrição da Atividade Realizada no Minicurso:

Durante o encontro “x” do minicurso, o pesquisador conduziu a atividade utilizando a simulação de lançamento oblíquo no PhET, manipulando variáveis como velocidade inicial, ângulo e resistência do ar. Foram demonstradas as diferentes respostas do sistema, registradas observações e comparadas previsões teóricas com o comportamento simulado, permitindo que os professores acompanhassem de forma ativa o processo investigativo e refletissem sobre a aplicação pedagógica da ferramenta.

Figura 10 - Movimento de Projéteis – Lançamento Oblíquo



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 10 apresenta a interface da simulação “Movimento de Projéteis”, composta

por um painel central que exibe a trajetória parabólica resultante do lançamento de um objeto em diferentes ângulos e velocidades. À esquerda, a simulação dispõe de controles para ajustar massa, velocidade inicial, ângulo de disparo, resistência do ar e tipo de projétil. A parte inferior mostra parâmetros numéricos instantâneos, como alcance, tempo e altura máxima. Marcadores visuais destacam a evolução da posição e a curva da trajetória, permitindo comparar trajetórias sob diferentes condições. A imagem ilustra os recursos disponíveis para analisar, de forma exploratória, a cinemática do lançamento oblíquo.

A simulação de lançamento de projéteis possibilitou aos participantes explorar, de forma interativa, os princípios fundamentais da Cinemática bidimensional, com foco em trajetória, decomposição vetorial e influência de parâmetros físicos no movimento.

4.7.2 Simulação 2: Gravitação Universal e Leis de Kepler

Conteúdos trabalhados: Lei da Gravitação Universal de Newton; Leis de Kepler (1ª, 2ª e 3ª leis); dinâmica orbital; força gravitacional; órbitas elípticas; velocidade orbital e período orbital.

Objetivos didáticos:

- Compreender a relação entre força gravitacional, massa e distância.
- Identificar a natureza elíptica das órbitas e os parâmetros que as definem.
- Aplicar as leis de Kepler para interpretar o movimento de corpos celestes.
- Relacionar variações de massa, distância e velocidade com o comportamento orbital.

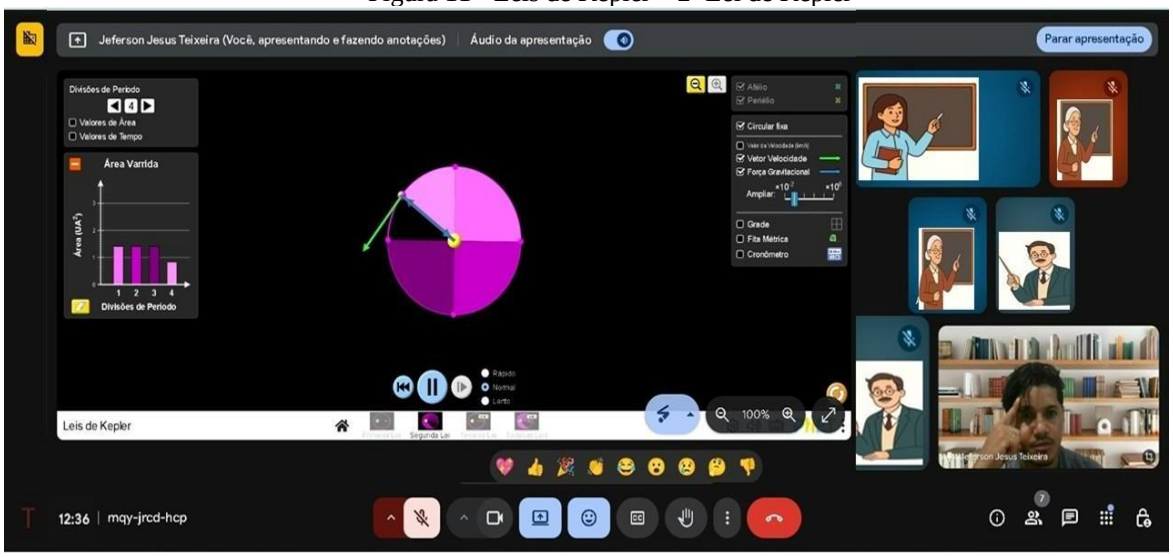
Descrição da atividade realizada no minicurso:

Exploração de simulações sobre dinâmica orbital, demonstrando aos professores como ajustar variáveis como massa dos corpos, distância orbital e excentricidade. Foram observadas as alterações na trajetória, no período de revolução e no comportamento gravitacional, permitindo comparar previsões matemáticas com os resultados apresentados pela simulação. A atividade evidenciou a articulação entre modelos teóricos e fenômenos astronômicos, destacando a transição entre o paradigma newtoniano e a descrição empírica kepleriana.

Além disso, a atividade possibilitou discutir as limitações dos modelos utilizados,

analisando discrepâncias entre previsões ideais e condições reais de sistemas astronômicos. Foram enfatizados conceitos como raciocínio proporcional e interpretação gráfica para compreender variações orbitais. Por fim, a experiência reforçou a importância de integrar simulações digitais e registros analíticos como prática investigativa na formação docente, mostrando aos professores como essas ferramentas podem ser articuladas ao planejamento pedagógico de forma crítica e reflexiva.

Figura 11 - Leis de Kepler – 2º Lei de Kepler



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 11 apresenta a interface da simulação “Leis de Kepler”, composta por um painel central que representa a órbita elíptica de um planeta em torno de uma estrela e por controles laterais que permitem ajustar excentricidade, massa, velocidade inicial e parâmetros orbitais. A interface exibe vetores de velocidade e aceleração, além de marcadores que destacam áreas iguais percorridas em tempos iguais, ilustrando a segunda lei de Kepler. Os gráficos auxiliares, posicionados na parte inferior, mostram a variação temporal de distância e velocidade, permitindo acompanhar a dinâmica orbital em tempo real. A imagem revela o potencial da simulação para apoiar a exploração investigativa das leis do movimento planetário no ensino de Física.

4.7.3 Simulação 3: Laboratório Eletromagnético de Faraday

Conteúdos trabalhados:

Indução eletromagnética; fluxo magnético; Lei de Faraday-Lenz; variação do campo magnético; relação entre movimento e corrente elétrica.

Objetivos didáticos:

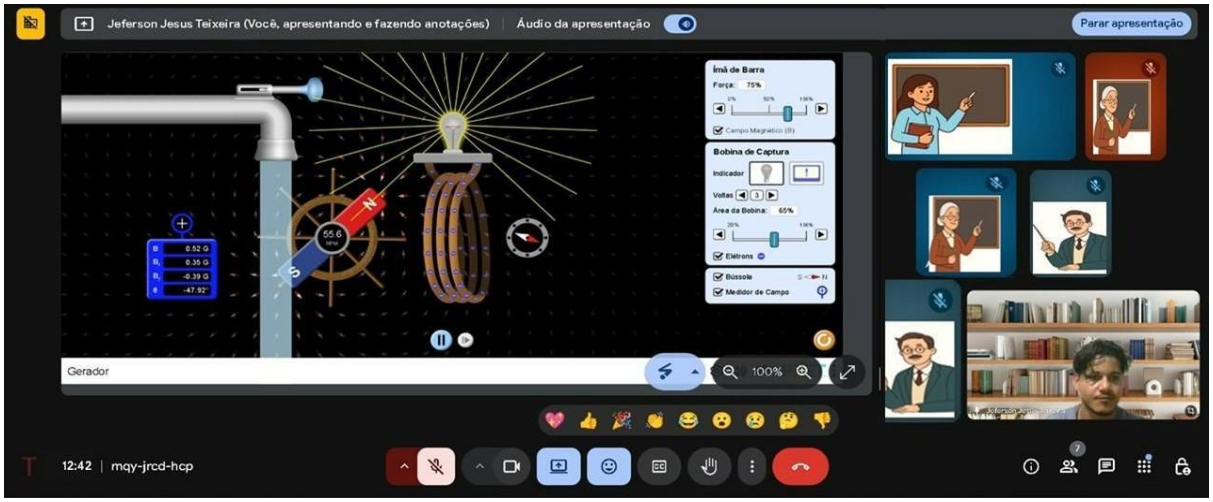
- Compreender a relação entre movimento relativo, campo magnético e corrente induzida.
- Identificar fatores que influenciam a indução (velocidade, número de espiras, intensidade do ímã).
- Reconhecer o papel da variação do fluxo magnético na produção de corrente elétrica.
- Relacionar a indução eletromagnética a aplicações tecnológicas do cotidiano.

Descrição da atividade realizada no minicurso:

Condução e demonstração da simulação sobre indução eletromagnética no PhET, manipulando diferentes configurações do simulador para ilustrar o efeito de aproximar e afastar ímãs de bobinas. Foram exploradas variações na intensidade do campo magnético, no número de espiras e na velocidade de movimento, permitindo observar o comportamento da corrente elétrica e o sentido do fluxo elétrico. A atividade possibilitou que os professores acompanhassem de forma ativa o processo investigativo, compreendendo visualmente a indução eletromagnética e sua dependência da variação do fluxo magnético, articulando o fenômeno às leis de Faraday-Lenz e aos princípios de geração de energia elétrica.

A Figura abaixo sintetiza esse processo exploratório, ilustrando as configurações utilizadas no PhET para analisar a indução eletromagnética e observar, em tempo real, os efeitos da aproximação e afastamento do ímã sobre a corrente induzida.

Figura 12 - Laboratório Eletromagnético de Faraday – Gerador



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 12 apresenta a interface da simulação “Laboratório Eletromagnético de Faraday”, exibindo um conjunto de elementos característicos do fenômeno eletromagnético: ímãs, bobinas, galvanômetro, fontes de movimento e opções de ajuste de parâmetros. O painel central mostra a interação entre campo magnético e indução elétrica, enquanto os controles laterais permitem modificar velocidade, polaridade e intensidade. A organização visual destaca o comportamento dinâmico das variáveis, possibilitando observar, em tempo real, a relação entre fluxo magnético e corrente induzida.

Todos os participantes do minicurso foram convidados a participar da etapa de entrevistas, concebida em formato de gravação semelhante a podcast, com interação guiada por um roteiro semiestruturado. As questões foram elaboradas com base nas respostas do questionário inicial, bem como nas participações dos professores ao longo do minicurso e nas atividades por eles desenvolvidas, buscando estabelecer uma articulação entre os diferentes momentos da pesquisa.

As entrevistas ocorreram, prioritariamente, de forma presencial nesse formato, favorecendo maior fluidez na interação e aprofundamento das respostas. No entanto, diante da indisponibilidade de alguns participantes para essa modalidade, foi realizada uma adaptação para o formato digital, mantendo-se o mesmo roteiro de questões. Todas as entrevistas foram registradas mediante consentimento dos participantes e posteriormente transcritas, constituindo o *corpus* de análise utilizado na etapa seguinte da pesquisa, com o objetivo de exemplificar o

procedimento adotado na etapa de entrevistas, apresenta-se, na sequência, um registro do momento de produção de dados realizado com um dos professores participantes, evidenciando o formato de gravação utilizado na pesquisa.

Figura 13 - Registro da Entrevista em Formato de Podcast com Professor Participante



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A imagem apresenta a organização do ambiente de produção de dados, destacando a disposição dos equipamentos de gravação e a interação entre pesquisador e participante durante a entrevista. Observa-se a condução do processo em formato dialogado, conforme previsto no delineamento metodológico, garantindo condições para o registro das falas e posterior transcrição. Esse procedimento assegurou a obtenção de material empírico estruturado, que fundamenta a etapa de análise apresentada no capítulo seguinte.

Assim, o conjunto de procedimentos apresentados neste capítulo de abordagem qualitativa, dispositivo de pesquisa-formação, instrumentos de coleta e método de análise, constitui a arquitetura metodológica que sustenta esta investigação. A articulação entre minicurso, registros docentes e análise de conteúdo permitiu captar percepções, tensões e movimentos de transformação das práticas ao longo do processo formativo.

4.8 Sobre o processo de Análise dos Dados

Os dados desta pesquisa foram analisados com base na Análise Textual Discursiva (ATD), conforme proposta por Moraes e Galiazzi (2006), compreendida como um processo interpretativo de desconstrução e reconstrução dos discursos. Inicialmente, realizou-se a leitura

integral dos materiais produzidos durante a pesquisa, incluindo questionários, registros das atividades e interações desenvolvidas no minicurso formativo. Em seguida, ocorreu a unitarização dos dados, etapa em que os textos foram fragmentados em unidades de sentido, considerando ideias, expressões e posicionamentos relacionados aos objetivos da investigação. Posteriormente, essas unidades foram agrupadas por aproximação semântica e recorrências discursivas, dando origem às categorias analíticas.

As categorias não foram definidas previamente, mas emergiram do movimento interpretativo entre os dados empíricos e os referenciais teóricos que fundamentam a pesquisa, especialmente aqueles relacionados ao ensino investigativo, às tecnologias digitais, à Inteligência Artificial e ao uso pedagógico das simulações PhET. O processo analítico ocorreu de forma recursiva, com retomadas constantes aos dados e ao referencial teórico, permitindo revisar interpretações e refinar as categorias construídas. Como forma de validação, buscou-se garantir coerência entre os objetivos da pesquisa, os dados produzidos e as interpretações realizadas, culminando na elaboração dos metatextos analíticos que sustentam a discussão dos resultados.

Figura 14 - Organização do processo analítico da ATD na pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 14 apresentada sintetiza as etapas do processo analítico, evidenciando o movimento de desconstrução e reconstrução dos dados, desde a constituição do *corpus* até a produção do metatexto.

A partir do processo de unitarização, as falas dos participantes foram fragmentadas em unidades de sentido e, posteriormente, organizadas por aproximação semântica no processo de categorização, possibilitando a emergência de categorias analíticas construídas a partir das recorrências e relações identificadas no *corpus*. Esse movimento interpretativo, característico da ATD, permitiu a reconstrução dos dados à luz do referencial teórico adotado, evidenciando aspectos estruturais, formativos e pedagógicos relacionados ao uso da IA e das simulações PhET no ensino de Física.

Nesse sentido, a fim de visualizar o processo de construção das categorias analíticas, o quadro a seguir apresenta exemplos de unidades de sentido e suas respectivas categorias, evidenciando o percurso interpretativo desenvolvido durante a análise dos dados e as recorrências identificadas no *corpus* da pesquisa.

Quadro 3 – Processo de categorização na Análise Textual Discursiva

Unidade de sentido (fala)	Categoria analítica	Interpretação
“Não temos laboratório nenhum na escola.” (P2)	Limitações estruturais do ensino de Física	Evidencia precariedade material que restringe práticas experimentais
“Temos uma sala, mas não tem nenhum material.” (P3)	Limitações estruturais do ensino de Física	Ausência de recursos compromete ensino investigativo
“Já tentei usar o PhET e tive dificuldade, então desisti.” (P4)	Fragilidade formativa e insegurança tecnológica	Indica ausência de formação continuada e apoio pedagógico
“Falta formação específica para professores.” (P4)	Fragilidade formativa e insegurança tecnológica	Aponta lacuna na formação para uso de tecnologias
“Às vezes é prático, mas o aluno pega a resposta pronta.” (P1)	Ambivalência pedagógica da IA	Reconhece potencial e risco da IA no ensino
“Acredito que auxilia sim quando conduzido corretamente.” (P3)	Mediação pedagógica como condição de uso	Destaca papel do professor na aprendizagem
“Nunca utilizei, mas penso que será bem utilizado.” (P2)	Potencial pedagógico dos simuladores	Expectativa positiva mesmo sem experiência prévia
“Simuladores ajudam a mostrar o que seria impossível.” (P3)	Simulação como mediação da experimentação Científica	Substituição parcial da ausência de laboratório de Ciências
“Aprendi muito vendo como meus colegas se estruturam.” (P7)	Aprendizagem colaborativa docente	Formação coletiva como elemento estruturante
“Passei a estruturar sequências mais investigativas.” (P6)	Ressignificação da prática pedagógica	Mudança qualitativa na organização do ensino

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A construção das categorias analíticas ocorreu a partir de um movimento contínuo de leitura, fragmentação e reorganização dos dados produzidos durante a pesquisa. Após a etapa de unitarização, as falas dos participantes, os registros das atividades e as respostas aos

questionários foram analisados em busca de recorrências discursivas, aproximações semânticas e elementos relacionados aos objetivos da investigação. Nesse processo, foram identificadas unidades de sentido associadas às percepções dos professores sobre o uso da IA, às potencialidades e limitações das simulações PhET, às dificuldades estruturais presentes no contexto escolar e às possibilidades de desenvolvimento de práticas investigativas no ensino de Física.

As categorias emergiram do diálogo entre os dados empíricos e o referencial teórico que fundamenta esta pesquisa, especialmente as discussões relacionadas às TDs na educação, à mediação pedagógica, ao ensino investigativo e à formação docente. Dessa forma, as interpretações foram construídas a partir da frequência de determinadas falas e da relevância dos sentidos produzidos pelos participantes em relação ao fenômeno investigado.

O processo analítico ocorreu de maneira recursiva, exigindo constantes retomadas ao *corpus* da pesquisa, reorganização das unidades de sentido e refinamento das categorias, buscando garantir coerência entre os dados produzidos, os objetivos da investigação e os referenciais teóricos adotados.

Essa organização orienta a análise desenvolvida no capítulo seguinte, no qual as categorias analíticas são aprofundadas a partir dos discursos e experiências compartilhadas pelos participantes durante o minicurso formativo. A discussão dos resultados busca compreender como os professores percebem a integração entre Inteligência Artificial e simulações PhET no ensino de Física, evidenciando desafios, potencialidades e formas de apropriação pedagógica dessas tecnologias em contextos educativos marcados por demandas formativas e estruturais específicas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

"A ciência é feita de dados como uma casa é feita de tijolos, mas uma pilha de tijolos não é uma casa."
(Henri Poincaré)

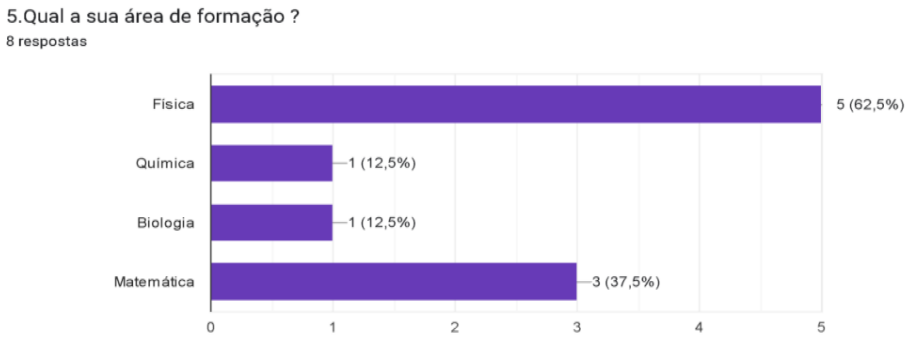
Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa a partir da análise dos dados produzidos ao longo do questionário inicial, do minicurso formativo com ênfase nas entrevistas realizadas com os professores participantes. A investigação busca analisar as contribuições e os desafios percebidos por professores da Educação Básica sobre a integração da Inteligência Artificial (IA) e das simulações interativas do PhET ao ensino de Física, no contexto de uma formação continuada.

5.1 Caracterização dos participantes e contexto

Esta seção tem como objetivo apresentar a caracterização dos participantes da pesquisa e o contexto em que se desenvolveu a proposta formativa. Esses elementos são relevantes para situar o leitor quanto às condições iniciais dos docentes, sem, contudo, constituírem o foco central da análise, que se orienta pelos pressupostos da Análise Textual Discursiva. Os dados obtidos por meio do formulário foram sistematizados em gráficos, apresentados a seguir, acompanhados de descrições analíticas que destacam padrões, contrastes e implicações relevantes para a etapa formativa.

O Gráfico 1 apresenta a formação acadêmica dos professores participantes da pesquisa, evidenciando as áreas de licenciatura que compõem o grupo investigado.

Gráfico 1 - Formação docente

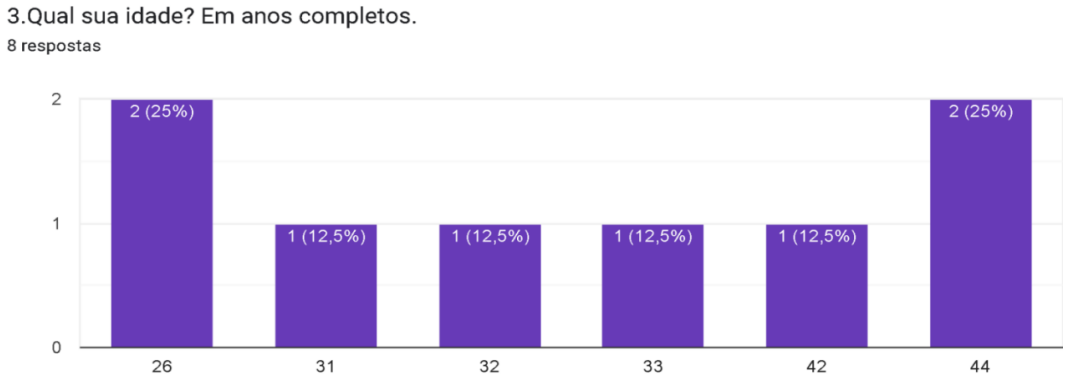


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Verifica-se que 62,5% (5 pessoas) dos participantes são licenciados em Física, enquanto 37,5% (3 pessoas) têm formação em Matemática e 12,5% (1 pessoa) em Biologia e Química. Esses números mostram que nem todos os professores que lecionam física possuem formação específica na área, situação ainda comum nas escolas brasileiras. Como aponta Gatti (2014), muitos docentes atuam fora de sua formação original, o que pode trazer desafios no domínio dos conteúdos e no uso de recursos pedagógicos adequados, esse cenário chama atenção especialmente no contexto desta pesquisa, pois o uso de simulações como o PhET exige compreensão conceitual para orientar os estudantes, assim, os dados reforçam a importância de ações formativas voltadas ao ensino de Física, contribuindo para maior segurança teórica e melhor mediação das atividades em sala de aula.

No que se refere à faixa etária, o Gráfico 2 contribui para caracterizar o grupo participante, evidenciando uma distribuição relativamente equilibrada entre professores com menos de 40 anos e docentes acima dessa faixa etária. Os dados indicam a presença de profissionais em diferentes momentos da trajetória docente, reunindo tanto professores com menor tempo de atuação quanto docentes com experiências mais consolidadas no ensino de Física. Essa diversidade pode favorecer diferentes formas de percepção e apropriação das tecnologias digitais no contexto educacional.

Gráfico 2 - Faixa Etária Docente



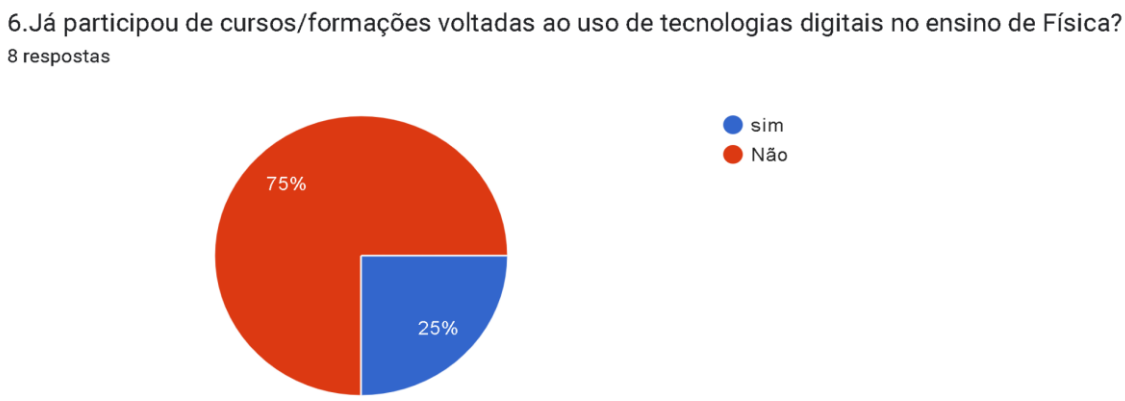
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A faixa etária dos docentes variou entre 26 e 44 anos, evidenciando um grupo composto por professores em diferentes momentos da trajetória profissional. Apesar dessa diversidade

geracional, observou-se que o uso pedagógico das tecnologias digitais ocorreu, em muitos casos, de forma eventual e não sistemática. Esse resultado sugere que a presença das tecnologias no cotidiano ou o contato prévio com recursos digitais não garantem, por si só, sua integração efetiva às práticas pedagógicas. Nesse sentido, os dados dialogam com a literatura que aponta que os desafios relacionados à inovação tecnológica na educação ultrapassam questões estritamente técnicas ou geracionais, envolvendo aspectos formativos, institucionais e pedagógicos, como formação continuada, condições de infraestrutura, tempo para planejamento e mediação docente qualificada.

Em seguida, o Gráfico 3 apresenta a porcentagem de participação de cursos/formações voltadas ao uso de tecnologias digitais no ensino de Física, com um dado particularmente relevante para esta pesquisa: 75% dos docentes nunca participaram de formações específicas, enquanto apenas 25% afirmam ter tido algum tipo de capacitação nesse campo.

Gráfico 3 - Formação Docente com uso de Tecnologias digitais em Física



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse resultado evidencia um aspecto recorrente na literatura sobre formação docente: a distância entre as demandas contemporâneas do ensino e a preparação efetiva oferecida aos professores. Conforme argumenta Tardif (2014), o trabalho docente exige a articulação entre saberes profissionais, pedagógicos e experienciais, o que não se desenvolve de forma espontânea, mas por meio de processos formativos sistemáticos.

Nesse contexto, o fato de 75% dos professores não terem participado de formações específicas em tecnologias digitais aplicadas ao ensino de Física evidencia uma lacuna

formativa relevante. Tal condição pode comprometer a apropriação crítica de recursos como o PhET, favorecendo usos pontuais ou superficiais das tecnologias, como já apontado por Gatti (2014). Essa discussão também se aproxima das reflexões de Imbernón (2011), ao defender que a formação continuada precisa estar vinculada às demandas concretas da prática docente e à reconstrução crítica das metodologias de ensino. Assim, observa-se que a integração de artefatos digitais no ensino está diretamente relacionada à formação do professor e à sua capacidade de mediação pedagógica.

Os dados também indicam que o uso de tecnologias digitais nas aulas ocorre, predominantemente, de forma eventual, sem integração sistemática ao planejamento didático. Esse cenário reforça a compreensão de que a presença de recursos tecnológicos, por si só, não garante inovação pedagógica, sendo necessária uma intencionalidade formativa que articule tais ferramentas a práticas investigativas no ensino de Física. Tal compreensão dialoga com Freire (1996), ao afirmar que o uso de recursos educacionais deve estar associado à reflexão crítica e à construção ativa do conhecimento, e não apenas à reprodução técnica de ferramentas.

De modo geral, a análise do perfil dos participantes evidencia um contexto marcado por limitações formativas, uso incipiente de tecnologias digitais e ausência de experiências sistemáticas com simulações interativas. Esses elementos caracterizam o grupo investigado e justificam a proposição do minicurso formativo como estratégia de ampliação do repertório pedagógico dos docentes. Nesse sentido, os dados corroboram as discussões de Nóvoa (1992), ao destacar que a formação docente se constitui em processo contínuo de reflexão sobre a prática e de reconstrução da identidade profissional frente às transformações educacionais e tecnológicas.

Diante desse cenário, torna-se relevante compreender como os professores percebem o uso da Inteligência Artificial e das simulações PhET no ensino de Física, bem como de que forma essas tecnologias são incorporadas ou não em suas práticas pedagógicas. Nesse sentido, a próxima seção traz a análise das percepções e reflexões docentes, a partir dos dados produzidos ao longo da pesquisa.

5.2 Barreiras estruturais para o ensino de Física com tecnologias digitais

O diagnóstico inicial teve como objetivo compreender o contexto de atuação dos professores de Física das escolas jurisdicionadas pela DRE de Pontes e Lacerda–MT,

considerando tanto as condições materiais disponíveis quanto às percepções, crenças, expectativas e limitações relacionadas ao uso de tecnologias digitais, simuladores e recursos de IA. Os dados produzidos por meio do questionário inicial, das atividades do minicurso e das entrevistas compõem o *corpus* desta pesquisa e foram analisados à luz da Análise Textual Discursiva (ATD).

No processo analítico, as informações foram inicialmente fragmentadas em unidades de sentido, a partir das quais se tornaram visíveis elementos recorrentes nas falas dos participantes.

A partir dessa organização inicial, observou-se que uma das questões mais recorrentes se refere às condições materiais das escolas. A primeira pergunta da entrevista, relacionada à existência de laboratórios de Física ou Matemática, evidenciou um cenário de precariedade generalizada. Nenhum dos professores relatou possuir laboratório funcional, indicando a ausência de espaços estruturados para a realização de práticas experimentais, o que impacta diretamente o ensino de Física.

O professor P1 sinalizou uma possível mudança ao afirmar: "*Ano que vem tem projeto para construir um laboratório na escola*." Contudo, o uso do termo "*projeto*" indica que o laboratório ainda é uma intenção futura, não uma realidade concreta, o que mantém os docentes dependentes de metodologias predominantemente expositivas e de recursos didáticos limitados.

As falas dos demais professores reforçam essa realidade. P2 declarou: "*Não temos laboratório nenhum na escola*." Já P3 explicou: "*Temos uma sala, mas não tem nenhum material*." Esses relatos revelam uma condição estrutural deficitária, que impacta o fazer pedagógico e a identidade profissional do professor de Física, que historicamente se apoia na experimentação como elemento constitutivo da área (Araújo; Veit, 2019). Na ausência de laboratórios, o ensino de Física tende a assumir um caráter mais abstrato, apoiado predominantemente na exposição oral e em representações simbólicas, o que pode dificultar a compreensão dos fenômenos pelos estudantes. Conforme discute Kenski (2012), a limitação de recursos e de mediações pedagógicas diversificadas tende a restringir as possibilidades de aprendizagem, mantendo práticas centradas na transmissão de conteúdo.

Essa situação ajuda a explicar por que muitos professores demonstram pouco contato prévio com simuladores e tecnologias digitais. Ao serem questionados sobre a utilização prévia de simuladores, como o PhET, a resposta predominante foi a de que *"não utilizaram"* tanto por falta de familiaridade quanto por ausência de formação específica. Apenas **P7** mencionou já ter

utilizado alguns recursos, afirmando: *"Sim, PhET, Solar System, Stellarium..."*; porém o tempo para planejar e conhecer mais a fundo os simuladores é o ponto crucial para não aplicação em sala segundo professor identificado como "**P7** (2025)".

A dificuldade em utilizar tecnologias digitais aparece de forma explícita na fala de **P4**, que relatou: *"Nota 6, já tentei usar o PhET e tive uma certa dificuldade, então desisti."* Essa desistência precoce, associada à falta de acompanhamento formativo, confirma o que Kenski (2012) aponta como um dos maiores desafios para a inovação educacional: tecnologias sem orientação podem gerar frustração e afastar o professor, ao invés de aproximá-lo. A mesma docente reforça a percepção de insuficiência formativa ao indicar que as principais barreiras envolvem a falta de capacitação específica: *"Falta formação específica para professores, tanto nos aspectos técnicos como pedagógicos."*

Apesar disso, o diagnóstico revelou abertura para aprender e para repensar práticas. Quando questionados sobre suas percepções sobre a IA, muitos professores apresentaram opiniões equilibradas, reconhecendo potencialidades, mas também limitações. **P1** expressou um olhar ambivalente ao afirmar: "*Às vezes é prático o uso da IA, porém às vezes acaba atrapalhando, pois o aluno vai no chat e pega a resposta pronta.*" Essa percepção evidencia tensões já discutidas na literatura sobre tecnologias digitais na educação, que apontam que seu uso pode tanto favorecer práticas investigativas quanto reforçar processos automatizados quando desvinculado de uma mediação pedagógica intencional (Kenski, 2012; Valente, 2018; Selwyn, 2022). Nessa perspectiva, a mediação docente assume papel central para que a tecnologia contribua para a construção do conhecimento, e não para sua reprodução mecânica (Freire, 1996).

Apesar das incertezas, a maioria vê a IA como instrumento de apoio pedagógico. **P3** destacou: *"Acredito que auxilia sim quando conduzido de maneira correta."* **P2** complementou a ideia ao afirmar que a IA *"contribui, desde que seja um uso para ajudar a compreender melhor alguma experiência e não apenas para copiar a resposta pronta."* Em ambas as falas aparece a noção freireana de mediação consciente: a tecnologia, por si só, não emancipa; é o uso crítico, reflexivo e orientado que possibilita o aprendizado significativo. Essa compreensão também se articula com as discussões apresentadas por Souto, Cunha e Borba (2025), ao defenderem que a Inteligência Artificial, no contexto educacional, deve ser compreendida como

um recurso mediador do pensamento matemático e científico, e não como um mecanismo de substituição do raciocínio do estudante.

Segundo os autores, quando utilizada de forma acrítica e instrumental, a IA tende a reforçar práticas de reprodução de respostas, esvaziando o potencial formativo da experiência pedagógica; por outro lado, quando integrada a propostas investigativas e reflexivas, pode ampliar a compreensão conceitual e favorecer processos de aprendizagem mais significativos. Outra análise diz respeito às barreiras percebidas pelos docentes. Para P8, a principal dificuldade é *"a falta de orientação"*. Essa resposta, apesar de breve, é simbólica: ela aponta para um cenário de formação fragmentada, distante das necessidades reais da prática docente. Já o **P2** possui visão distinta, e mais complexa, afirmando que: *"As formações existem, mas demandam tempo para concretizar o uso dessas ferramentas. Não é só chegar na sala e usar."*Essa fala explicita a tensão entre oferta de formação e sua efetiva incorporação à prática docente, indicando que o uso de tecnologias não se traduz automaticamente em transformação pedagógica. Nessa direção, estudos apontam que as tecnologias digitais atuam como cooparticipantes na produção do conhecimento, exigindo processos de apropriação que envolvem interação, reorganização do pensamento e mediação pedagógica (Borba; Souto; Cunha; Domingues, 2023).

A percepção inicial sobre o uso de simulações também reforça as possibilidades pouco exploradas antes do minicurso. As respostas dos professores mostram tanto desconhecimento quanto expectativas positivas:

- *Nunca utilizei, mas penso que será bem utilizado* (P2);
- *Penso que pode contribuir muito* (P5);
- *Útil para o envolvimento dos estudantes* (P8);
- *Procura um melhor entendimento da teoria* (P7).

Essas falas convergem para um reconhecimento de que simuladores têm potencial para suprir, ao menos parcialmente, a ausência de laboratórios e tornar a Física mais visual e acessível aos estudantes. De acordo com Wieman, Adams e Perkins (2010), as simulações computacionais, quando bem planejadas pedagogicamente, possibilitam a exploração de fenômenos físicos de forma interativa, favorecendo a visualização de conceitos abstratos e promovendo maior engajamento dos estudantes. Nesse sentido, as percepções iniciais dos

docentes dialogam com a literatura ao indicarem que o uso de simuladores pode contribuir para a compreensão conceitual e para a aproximação entre teoria e prática no ensino de Física.

No que diz respeito às expectativas para o minicurso, os professores demonstraram grande motivação. Entre as respostas, destacam-se:

> *- Novas ideias para serem aplicadas nas aulas de Física (P1);*
> *- Ampliar meus conhecimentos e habilidades tecnológicas (P2);*
> *- Uso das ferramentas educacionais como simuladores" (P6);*
> *- Buscar aperfeiçoamento no ensino de Física (P5);*
> *- Ter conhecimento sobre, visto que nunca trabalhei com a ferramenta (P3);*
> *- Gostaria de aprender mais sobre uso de IA e simuladores (P7)*

Tais expectativas indicam que os docentes reconhecem lacunas formativas que esperam suprir com a formação proposta e que veem o minicurso como oportunidade para aprimorar suas práticas. Esse movimento evidencia que a incorporação de tecnologias digitais depende de processos formativos que articulem dimensões pedagógicas, conceituais e contextuais (Kenski, 2012; Valente, 2018).

Dessa forma, o diagnóstico inicial revelou um conjunto de dificuldades estruturais e pedagógicas. A ausência de laboratórios e a limitação de recursos experimentais não eliminam a potencialidade da prática investigativa; ao contrário, reforçam a necessidade de utilização de recursos mediadores, como simuladores e Inteligência Artificial, capazes de ampliar possibilidades de exploração conceitual e experimentação (Giordan, 1999).

As falas dos professores demonstram que, apesar das restrições, há disposição para aprender, refletir e ressignificar práticas, o que dialoga com a perspectiva de que a transformação pedagógica depende da ação crítica e intencional do docente frente às tecnologias (Freire, 1996). À luz do método de análise textual discursiva, que parte das evidências empíricas para a construção progressiva de interpretações teóricas, evidencia-se que o minicurso foi recebido como uma possibilidade de autonomia e transformação profissional.

A partir das expressões dos participantes, torna-se possível compreender sentidos que emergem do conjunto das falas, indicando uma abertura dos docentes para a incorporação

crítica de novas práticas pedagógicas mediadas pela tecnologia, em consonância com perspectivas que defendem a aprendizagem como processo ativo, investigativo e socialmente construído (Moreira, 2010).

Assim, esta seção estabelece a base interpretativa para compreender os resultados discutidos a seguir, no qual serão analisadas as percepções emergentes durante e após o minicurso, evidenciando o movimento formativo produzido pela integração entre IA e simulações PhET.

5.3 Descompasso entre formação docente e as demandas para integração tecnológica no ensino da Física

Em continuidade à análise das práticas desenvolvidas durante o minicurso, a caracterização do perfil dos professores participantes permitiu compreender as condições concretas que influenciam a forma como esses docentes mobilizam as tecnologias em sala de aula. Observa-se um grupo marcado por trajetórias formativas distintas, níveis variados de familiaridade com recursos digitais e diferentes formas de apropriação da Inteligência Artificial e das simulações do PhET. Essas diferenças não apenas refletem percursos individuais, mas também ajudam a explicar as aproximações e limites identificados nas práticas analisadas. Nesse contexto, o Quadro 4 explicita essa heterogeneidade ao evidenciar as assimetrias presentes nas experiências dos docentes participantes da pesquisa.

Quadro 4 – Perfil dos Participantes do Minicurso

Participantes	Experiência IA	Experiência PhET / Simulações	Dificuldades Relatadas IA e PhET	Resumo do Perfil
P1	Planejamento Elaboração de aula	Nenhuma	Sem dificuldades em IA/Nunca Utilizou PhET	Pouca experiência tecnológica/engajado durante o minicurso.
P2	Planejamento Elaboração de aula	Nenhuma	Sem dificuldades em IA/Nunca Utilizou PhET	Demanda formação continuada /acompanhamento.
P3	Planejamento Elaboração de aula	Nenhuma	Sem dificuldades em IA/Nunca Utilizou PhET	Familiarizado com IA, porém iniciante no uso de simulações.
P4	Planejamento Elaboração de aula	Nenhuma	Sem dificuldades em IA/Nunca Utilizou PhET	Familiarizado com IA, porém iniciante no uso de simulações.
P5	Planejamento Elaboração de aula	Utilizou sem êxito	Sem dificuldades em IA/Tentou utilizar Simulador sem êxito	Dificuldade tecnológica; precisa de formação continuada/ TCIs.
P6	Planejamento Elaboração de aula	Já utilizou Phet	Já utilizou Phet, sem dificuldades	Boa base tecnológica, habituado ao simulador PhET.
P7	Planejamento Elaboração de aula	Utilizou outro Simulador “vascak”	Já utilizou outro simulador , porém o phet é mais prático	Boa base tecnológica, embora habituado a outro simulador.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Como pode ser visto no Quadro 4, o grupo era composto por sete docentes com distintas experiências em relação ao uso de tecnologias de Inteligência Artificial e simuladores voltados ao ensino de física. Essa heterogeneidade formativa e tecnológica do grupo influencia diretamente o desenvolvimento do minicurso e condiciona a forma como cada docente se apropria da IA e das simulações PhET. Embora todos os participantes declarassem utilizar a Inteligência Artificial para planejamento e elaboração de aulas, aspecto que se explica pela ampla disponibilidade dessas tecnologias digitais no cotidiano escolar, o domínio técnico e pedagógico desses recursos variava significativamente.

Os participantes **P1, P2, P3 e P4** (2025) apresentaram um padrão semelhante: possuíam experiência prévia apenas com IA e nunca haviam utilizado o PhET ou qualquer outro simulador. Esse perfil demonstra que, apesar da familiaridade crescente com tecnologias de IA generativa, o uso de tecnologias investigativas próprias do ensino de Ciências da Natureza permanece restrito, indicando uma lacuna recorrente na formação docente. No caso de **P1 e P2**, essa lacuna manifesta-se de forma ainda mais acentuada, já que ambos relataram inexistência de experiência com qualquer tipo de simulação e necessidade de acompanhamento formativo mais sistemático. Os perfis de **P3 e P4**, embora semelhantes aos anteriores quanto à ausência de contato com o PhET, revelam docentes com maior desenvoltura no uso de IA, mas ainda inseguros quanto à transposição desse repertório para atividades experimentais digitais. Nesses casos, o minicurso funcionou como espaço de iniciação ao uso de simulações, evidenciando que a barreira não era apenas técnica, mas também pedagógica ligada à dificuldade de integrar a lógica investigativa do PhET à organização da aula.

No extremo oposto do grupo, os participantes **P6 e P7** configuram o segmento tecnicamente mais avançado. P6 já havia utilizado o PhET anteriormente e não demonstrou dificuldades operacionais, o que lhe permitiu concentrar-se em aspectos mais profundos do minicurso, como a articulação entre simulação, análise de dados e estruturação de sequências investigativas. **P7**, por sua vez, possuía experiência com outro simulador (VASCak) e avaliou o PhET como mais prático, indicando que a familiaridade com ambientes computacionais de modelagem facilita a transição entre plataformas, mesmo quando suas estruturas diferem.

Um caso intermediário, porém, significativamente relevante, é o de **P5**, que relatou tentativas mal sucedidas de uso do PhET e dificuldades simultâneas de ordem técnica e pedagógica. Seu perfil evidencia o impacto das desigualdades na formação tecnológica:

mesmo utilizando IA para planejamento, não conseguiu transformar esse repertório em práticas de natureza investigativa. Esse participante sintetiza o ponto estrutural revelado pelo minicurso: a presença da IA não supre, por si só, a ausência de formação consistente em tecnologias educacionais voltadas às Ciências da Natureza. Assim, a leitura do quadro demonstra que o grupo possuía ampla abertura para uso de tecnologia, mas encontrava-se distribuído em diferentes níveis de habilidades, cuja distância se expressava em competências técnicas e em repertório pedagógico para o uso das tecnologias. Esses contrastes explicam, simultaneamente, o impacto formativo positivo do minicurso e os desafios para sua continuidade, uma vez que práticas inovadoras não se consolidam quando dependem apenas da iniciativa individual do professor.

Além de evidenciar assimetrias nas experiências dos docentes participantes da pesquisa, os resultados da pesquisa também apontam limites de ordem estrutural, formativa e organizacional que podem comprometer o ensino física com tecnologias digitais. O primeiro obstáculo refere-se às condições materiais das escolas, marcadas pela ausência de laboratórios e pela precariedade de equipamentos, situação reiterada nas falas do participante P3 (“Não temos laboratório nenhum na escola”; “Temos uma sala, mas não tem nenhum material”).

A inexistência de ambientes experimentais, elemento historicamente estruturante do ensino de Física, desloca para o professor a responsabilidade de suprir lacunas institucionais, restringindo suas possibilidades de desenvolver práticas investigativas mais complexas. Hodson (2014) argumenta que a ausência de experimentação sistemática compromete o ensino investigativo, ao reduzir a Física a um corpo de conceitos abstratos dissociados da prática científica. De modo convergente, De Jong e van Joolingen (1998) ressaltam que a falta de ambientes adequados de experimentação dificulta a construção de modelos mentais [3] consistentes e limita o desenvolvimento do raciocínio científico dos estudantes, sobrecarregando o professor com a tarefa de compensar deficiências estruturais do sistema educacional. Embora o PhET ofereça alternativas viáveis para esse cenário, sua eficácia

[3] Modelos mentais correspondem a representações cognitivas construídas pelos indivíduos para interpretar, explicar e prever fenômenos do mundo real. No contexto educacional, esses modelos auxiliam na compreensão de conceitos científicos, permitindo que os sujeitos organizem informações, estabeleçam relações entre ideias e atribuam significado aos fenômenos estudados.

depende de infraestrutura mínima (internet estável, computadores funcionais), igualmente limitada na maior parte das escolas da região.

Outro condicionante diz respeito à fragilidade da formação continuada. Os professores relataram insegurança técnica e pedagógica para utilizar os simuladores antes da intervenção, como sintetizado na fala de P4, que "teve dificuldade e desistiu" ao tentar usar o PhET. Essa desistência revela que, na ausência de acompanhamento sistemático, a experimentação docente tende a ser interrompida, confirmando que formações pontuais não são suficientes para promover mudanças metodológicas duradouras. Em consonância com as reflexões de Souto, Cunha e Borba (2025), a efetivação da integração pedagógica de tecnologias como a IA vai além da simples apresentação de tecnologias: ela demanda processos formativos contínuos, mediados por reflexão epistemológica, articulação com as práticas de sala de aula e diálogo crítico permanente entre docentes, recursos e contextos educativos. A IA, apesar de reconhecida como recurso potencialmente útil, também suscita inquietações éticas e epistemológicas relacionadas ao uso indiscriminado pelos estudantes ("pegar resposta pronta"), o que reforça a necessidade de mediação intencional e contínua.

Além das dimensões técnicas e estruturais, emergem desafios de ordem organizacional e cultural. Nos questionários e entrevistas realizados, os docentes relataram que o tempo destinado ao planejamento pedagógico é insuficiente para incorporar tecnologias digitais às aulas, especialmente quando essas ferramentas demandam estudo prévio, adaptação de materiais e reorganização das estratégias didáticas. A integração entre IA e PhET exige que o professor formule perguntas investigativas, selecione comandos adequados, teste os simuladores e ajuste atividades, etapas que não se consolidam sem condições institucionais de trabalho e sem uma cultura escolar que valorize a experimentação pedagógica. Assim, mesmo quando motivados pelo minicurso, os professores enfrentam um ambiente que nem sempre favorece o aprofundamento das práticas iniciadas.

O conjunto dessas evidências indica que mudanças na prática pedagógica não decorrem apenas do interesse individual do professor nem da simples introdução de tecnologias digitais. Os estudos analisados na revisão de literatura mostram que a utilização dessas tecnologias tende a ocorrer de forma associada a práticas já consolidadas, com limitada exploração de suas potencialidades interativas, o que evidencia a centralidade da mediação docente nesse processo (Paz, 2022; Sousa, 2023).

Além disso, as pesquisas apontam que, embora a Inteligência Artificial e outros recursos digitais sejam utilizados como apoio ao planejamento e à resolução de atividades, persistem dificuldades relacionadas à interpretação dos resultados e à articulação com os conteúdos de ensino (Lima, 2025; Lemos, 2022). Esse cenário indica que a incorporação dessas tecnologias exige mais do que acesso ou formação pontual, envolvendo processos de uso orientado e integração às práticas pedagógicas.

No que se refere às simulações computacionais, os estudos evidenciam que seu potencial formativo depende da forma como são utilizadas em sala de aula. Enquanto podem favorecer a exploração de conceitos e a interação com variáveis físicas, também exigem mediação docente para que os estudantes compreendam os modelos teóricos subjacentes e não interpretem os resultados de maneira superficial (Ferreira, 2023; Oliveira, 2023).

Dessa forma, os resultados desta pesquisa convergem com a literatura analisada ao indicar que o uso de IA e simuladores no ensino de Física tende a permanecer pontual quando não há condições que favoreçam sua continuidade na prática docente. O minicurso evidenciou possibilidades de uso desses recursos, mas também revelou limites relacionados à sua incorporação no cotidiano escolar, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Desafios do Uso de IA e PhET na Prática Docente

Participantes	Desafios de IA e PhET na Prática Docente
P1	Falta de formação
P3	Formação docente na área de ciências da natureza
P4	A maior barreira sou eu mesmo, porque não tenho prática. Fico confuso com tantas coisas ao mesmo tempo. A internet da escola também atrapalha. A IA fala umas coisas erradas e o PhET eu ainda apanho pra mexer.
P5	Acredito que uma formação voltada a tecnologias digitais não somente em física mas em ciências da natureza
P7	A principal barreira é a diferença de interface entre os simuladores. Como eu vinha do VASCAK, precisei me adaptar ao estilo do PhET, que é mais intuitivo, bem mais fácil de utilizar.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026) /Entrevista podcast (2025).

Os relatos do Quadro 4 evidenciam que a principal barreira para a integração da IA e do PhET na prática docente está relacionada à falta de formação específica em tecnologias educacionais para Ciências da Natureza. **P1** afirma simplesmente: *"Falta de formação",* enquanto **P3** reforça: "*Formação docente na área de ciências da natureza*". **P5** amplia a perspectiva, indicando que é necessário um preparo que vá além da Física: "*Acredito que uma formação voltada a tecnologias digitais em ciências da natureza"*. Mesmo professores com experiência prévia relatam dificuldades de adaptação, como **P2**, que precisou se familiarizar com a interface do PhET, e **P4**, que atribui suas limitações à falta de prática e ao suporte formativo insuficiente: "*A maior barreira sou eu mesmo, porque não tenho prática. Fico confuso com tantas coisas ao mesmo tempo. A internet da escola também atrapalha.*"

Esses depoimentos confirmam que, sem formação estruturada, contínua e contextualizada, o uso de tecnologias digitais tende a permanecer superficial e episódico, independentemente da motivação ou experiência individual do docente. Como ressalta Gatti (2014), "a atuação de professores fora de sua formação específica constitui desafio central para

o desenvolvimento de práticas pedagógicas eficazes e inovadoras" (p. 87). As falas dos participantes reforçam que a falta de preparo adequado limita a apropriação investigativa e o potencial transformador das tecnologias no ensino de Ciências (Paz, 2022; Sousa, 2023; Lima, 2025), bem como na exploração pedagógica das simulações (Ferreira, 2023; Oliveira, 2023).

Ademais, a BNCC (2018) enfatiza que os componentes de Ciências da Natureza devem promover investigações, experimentações e uso de tecnologias digitais para a construção do conhecimento científico, enfatizando que "o professor deve mediar experiências que desenvolvam competências e habilidades de forma contextualizada, crítica e reflexiva" (Brasil, 2018, p. 142).

Nesse contexto, os desafios evidenciados reforçam a necessidade de políticas de formação continuada que contemplem não apenas o domínio instrumental das tecnologias, mas também sua articulação epistemológica e metodológica com o ensino de Física em uma perspectiva investigativa. Tais políticas podem contribuir para que professores se apropriem criticamente das Inteligências Artificiais, ressignificando o ensino de Física. É nessa perspectiva que se insere a discussão apresentada na próxima seção.

5.4 Ressignificação do ensino de Física com tecnologias digitais

Embora os participantes tenham relatado experiências ainda incipientes com o uso de tecnologias digitais no ensino de Física, conforme discutido na seção anterior, os dados revelam uma postura favorável à incorporação desses recursos e indicam que o minicurso contribuiu para a ressignificação de suas práticas pedagógicas. Os relatos evidenciam movimentos de reflexão sobre o fazer docente, despertando novas possibilidades de integração entre tecnologias digitais, metodologias investigativas e conteúdos de Física.

A fala de **P1** ilustra como a formação funcionou como porta de entrada para suprir lacunas estruturais: *"Ajudou bastante porque não sou formada em Física e sim Matemática; poderia ter mais curso voltado para essa área."* Esse relato sugere que a formação inicial não é suficiente para garantir segurança conceitual e metodológica, especialmente na integração entre conteúdos de Física, mediação pedagógica e uso de tecnologias digitais em contextos de ensino, aspecto já evidenciado por estudos que apontam dificuldades na articulação entre

conhecimento científico, prática docente e recursos tecnológicos (Lemos, 2022; Paz, 2022; Kenski, 2012; Valente, 2018).

Outros participantes revelaram movimentos de transição entre um uso intuitivo e um uso mais estruturado das tecnologias. P4, por exemplo, sintetizou essa mudança ao afirmar: “Eu utilizo para planejamentos e criação de slides; vou fazer a atividade nesse sentido investigativo.” Sua fala sugere que a IA deixou de atuar apenas como ferramenta auxiliar de produção de materiais e passou a integrar o próprio processo de organização do planejamento didático. Tal movimento pode ser compreendido à luz de Borba e Villarreal (2005), que defendem que as tecnologias digitais não são meros instrumentos externos, mas elementos que participam da reorganização do pensamento matemático.

Nessa perspectiva, a incorporação da IA ao planejamento representa uma ampliação técnica e uma transformação na forma como o professor estrutura e concebe a prática investigativa, assim como relata P6, que possuía experiência prévia mais consolidada, destacou que o minicurso atuou como espaço de refinamento: *“Já utilizava IA e PhET com relativa autonomia, mas o minicurso refinou meu planejamento: passei a estruturar sequências mais investigativas, com melhor articulação entre simulação, análise de dados e validação conceitual.”* Nesse caso, observa-se que a formação contribuiu para a reorganização de práticas pedagógicas, deslocando o trabalho docente de abordagens predominantemente expositivas para propostas mais investigativas. Os relatos evidenciam maior preocupação com a problematização, a exploração de fenômenos e a participação ativa dos estudantes, aproximando o ensino da lógica do fazer científico. Esse movimento dialoga com as discussões de Giordan (1999) e Moreira (2010), ao defenderem práticas fundamentadas na investigação, na experimentação e na construção ativa do conhecimento científico.

Além disso, a incorporação de TD, quando mediada de forma intencional, favorece a criação de ambientes de aprendizagem mais interativos e exploratórios, ampliando as possibilidades de experimentação e análise conceitual (Valente, 2018). Nessa perspectiva, a formação contribui para o uso pedagógico dos artefatos e para a reorganização das práticas docentes em direção a abordagens mais investigativas, alinhadas à natureza do conhecimento científico.

Entretanto, dificuldades estruturais e de infraestrutura também emergiram como elemento decisivo no modo como os professores atribuem sentido ao uso das tecnologias. **P3**

(2025) destacou uma limitação recorrente na escola pública: "*Na nossa escola não temos laboratório de ciências; esses simuladores ajudam a mostrar o que seria impossível fazer com os materiais que temos*."

A fala do professor evidencia que o minicurso possibilitou vislumbrar uma nova possibilidade pedagógica: utilizar as simulações como meio de tornar exploráveis fenômenos que, no contexto escolar, permanecem inacessíveis. Essa percepção dialoga diretamente com as discussões apresentadas no Capítulo 2, especialmente no que se refere ao potencial do PhET de permitir manipulação de variáveis, visualização de modelos dinâmicos e realização de experimentos inviáveis ou perigosos no espaço físico da escola.

Conforme discutido por Ferreira (2023) e Oliveira (2023), as simulações oferecem representações computacionais que ampliam as possibilidades de exploração conceitual, mas não constituem uma reprodução direta da realidade física. Assim, ao afirmar que é possível "mostrar o que seria impossível", o professor reconhece a simulação como mediação pedagógica que expande as condições de experimentação. No entanto, como apontam esses estudos, seu uso não substitui a experimentação concreta, exigindo mediação docente para a interpretação dos fenômenos e compreensão dos modelos envolvidos. Nessa direção, a efetividade das simulações depende de sua articulação com práticas investigativas estruturadas e com o acompanhamento do professor, aspecto também evidenciado na revisão da literatura.

As dificuldades formativas também se manifestaram nas percepções sobre o próprio processo de apropriação tecnológica. P4 relatou insegurança inicial ao afirmar: *"No início me senti perdido com os comandos da IA, mas aos poucos fui entendendo como ela poderia ajudar na aula."* A mesma fragilidade aparece na fala de P5, marcada pela sensação de sobrecarga: *"A maior barreira sou eu mesmo, porque não tenho prática. Fico confuso com tantas coisas ao mesmo tempo. A internet da escola também atrapalha."* Esses relatos mostram que a inserção da IA e dos simuladores não se reduz ao domínio técnico; envolve relação com o erro, com a confiança docente e com condições materiais de trabalho.

Em meio às dificuldades, a colaboração emergiu como elemento estruturante do processo de aprendizagem. P7 afirmou: *"Aprendi muito vendo como meus colegas estruturam os planos de aula com IA e PhET; é diferente de aprender sozinho."* Essa perspectiva reforça a importância de práticas formativas dialógicas e coletivas, contribuições diretamente alinhadas à concepção freireana de educação, na qual a construção do saber ocorre na interação, na troca

e na problematização conjunta. Nesse sentido, Freire (1996, p.79) afirma que *"ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo"*, evidenciando o caráter relacional, crítico e coletivo do processo educativo. As percepções dos docentes sobre a integração entre IA e PhET também revelaram tensões entre potencialidades e limites. P2 (2025), por exemplo, destacou o caráter produtivo da IA na elaboração de materiais, ao mesmo tempo em que alertou para a necessidade de avaliação crítica: A utilização da Inteligência Artificial no contexto educacional tem se mostrado potente no que se refere à personalização e à agilidade na produção de materiais didáticos diferenciados, especialmente quando associada a estratégias que consideram os ritmos e necessidades dos estudantes. Contudo, essa potencialidade não se concretiza de forma automática ou autônoma. Conforme discutem Souto, Cunha e Borba (2025), a eficácia pedagógica dos artefatos digitais está diretamente condicionada à mediação docente e à revisão conceitual rigorosa dos conteúdos gerados, de modo a assegurar coerência epistemológica, precisão conceitual e alinhamento didático.

Nesse sentido, a IA não substitui o trabalho intelectual do professor, mas o tensiona e o amplia, exigindo uma postura crítica e reflexiva para que os materiais produzidos transcendam a rapidez técnica e se consolidem como instrumentos efetivos de aprendizagem. Em contraste, P5 explicitou preocupação quanto à dependência e à confiabilidade das respostas: *"A IA até ajuda a explicar diferente pros alunos, mas se depender dela demais a gente nem pensa direito. Eu mesmo já peguei respostas que estavam erradas."* Já o P6, analisando especificamente a relação entre IA e simulação, sintetizou o risco de interferência no caráter investigativo: "*Na atividade de lançamento oblíquo, a IA ajuda a gerar tabelas, questões e variações da tarefa. Porém, pode atrapalhar quando o aluno a usa para obter respostas prontas.*"

O depoimento evidencia a ambivalência pedagógica da IA: ao mesmo tempo em que amplia possibilidades de planejamento e diversificação de tarefas, pode comprometer o desenvolvimento do raciocínio científico quando utilizada como atalho cognitivo. Essa tensão converge com as discussões apresentadas no Capítulo 2, especialmente no que se refere ao risco de superficialização do conhecimento e à substituição de processos cognitivos complexos por respostas automatizadas. Como evidenciado por Paz (2022), as tecnologias digitais não possuem valor educativo intrínseco, sendo frequentemente incorporadas às práticas docentes de forma associada a estratégias já consolidadas, com limitada exploração de suas potencialidades

interativas. De modo convergente, a perspectiva sociocultural de Lev Vygotsky (1991) reforça que instrumentos externos só assumem função cognitiva quando mediados intencionalmente pelo professor, orientando a construção de significados. Assim, o uso da IA no contexto investigativo exige curadoria docente, critérios epistemológicos claros e delimitação de sua função pedagógica, de modo que os artefatos tecnológicos não substituem o raciocínio científico, mas o potencializam.

Os dados desta pesquisa também revelaram percepções diversas dos participantes. P1(2025), valorizou a proposta e sugeriu continuidade: *"Fui bem, conduziu bem; poderíamos ter mais encontros, mas os três que tivemos já foram bons para ter uma ideia e aplicar na sala."* Em contrapartida, P5 evidenciou a necessidade de ritmos diferenciados na formação: *"Achei bom, mas rápido demais pra mim. Entendi algumas partes, outras não."* Essa divergência reforça que a heterogeneidade não está apenas no domínio tecnológico, mas também nas formas de aprender e nos tempos necessários para apropriação dos recursos.

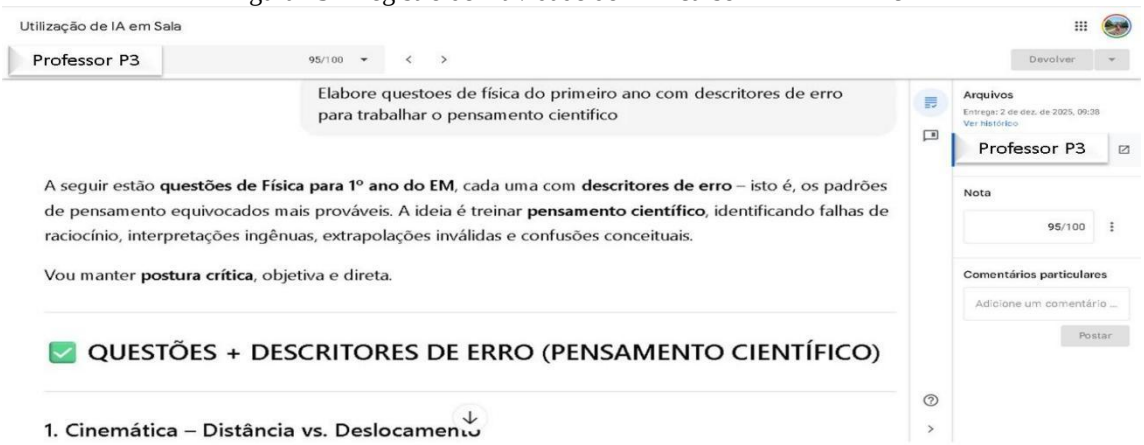
Essas falas sugerem que o minicurso operou simultaneamente como dispositivo formativo e investigativo. Do ponto de vista formativo, ampliou autonomia, criatividade e consciência crítica, permitindo que os docentes experimentassem, errassem, refinassem estratégias e refletissem sobre novas possibilidades pedagógicas. Do ponto de vista investigativo, forneceu elementos concretos para compreender como as tecnologias digitais, especialmente a IA e o PhET, são incorporadas no cotidiano escolar, revelando limites estruturais, desigualdades formativas e demandas por políticas permanentes de formação continuada.

Os resultados da pesquisa também apontam que a integração entre IA e PhET se fortalece quando inserida em espaços formativos colaborativos, nos quais os professores possam compartilhar experiências, discutir estratégias didáticas e refletir coletivamente sobre o uso pedagógico das tecnologias. Nesse contexto, a interação entre docentes mostrou-se relevante para ampliar a segurança docente e favorecer a construção de práticas investigativas mais articuladas ao ensino de Física.

A seguir, são apresentados alguns registros das devolutivas produzidas pelos professores durante o desenvolvimento das atividades do minicurso, as Figuras 15 e 16 apresentam registros da participação dos professores durante o desenvolvimento das atividades com uso de IA evidenciando momentos de interação, exploração e aplicação dos recursos digitais. A análise

dessas produções permite observar como os docentes se envolveram com as propostas, mobilizando a IA tanto como apoio ao planejamento quanto como ferramenta para elaboração de atividades didáticas.

Figura 15 - Registro de Atividade do Minicurso-IA em sala “P3”

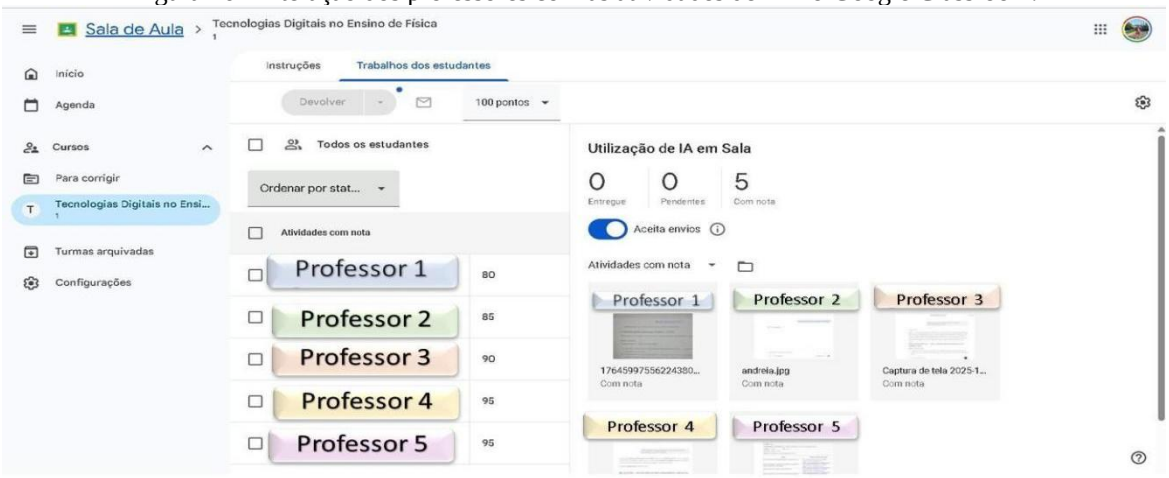


Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A Figura 15 apresenta o professor P3 durante a aplicação de atividade mediada por IA em sala de aula. Observa-se a utilização do artefato digital como suporte à construção de questões e à problematização dos conteúdos, articulando tecnologia e intencionalidade pedagógica. Diferentemente de um uso meramente operacional, a cena sugere uma mediação ativa, em que a IA funciona como instrumento de apoio à reflexão conceitual e ao desenvolvimento do pensamento científico. O registro reforça o objetivo central da pesquisa: analisar como o desenvolvimento de um curso de formação continuada influencia a percepção dos professores sobre o Ensino de Física com IA e plataformas digitais.

A Figura 16 apresenta registros da interação dos professores com as atividades envolvendo o uso de Inteligência Artificial no ambiente do Google Classroom, evidenciando momentos de exploração dos recursos, elaboração de respostas e acompanhamento das propostas do minicurso. A análise desse material permite observar como os docentes se envolveram com as tarefas, testando possibilidades de uso da IA e ajustando suas ações conforme os objetivos pedagógicos definidos, o que oferece indícios sobre os processos iniciais de apropriação dessa tecnologia no contexto da prática docente.

Figura 16 - Interação dos professores com as atividades de IA no Google Classroom.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura acima apresenta a devolutiva dos professores sobre o uso da IA na atividade proposta durante o minicurso formativo. A análise dessa devolutiva permitiu compreender de que modo os docentes já utilizavam a ferramenta antes da formação, principalmente no planejamento de suas aulas. A discussão final evidenciou que, quando empregada de forma crítica, a IA atua como suporte estratégico ao trabalho docente, ampliando possibilidades sem substituir o professor. Os participantes relataram que a ferramenta auxiliou na organização de planos de aula mais estruturados, na formulação de hipóteses e questões investigativas, no detalhamento de etapas experimentais e na adaptação de explicações a diferentes níveis de compreensão dos estudantes. Ao mesmo tempo, reforçaram que o professor permanece como o provedor do conhecimento disciplinar, responsável pela validação conceitual, interpretação pedagógica e adequação metodológica das sugestões geradas pela IA.

A partir dessas evidências, percebe-se que o uso da IA ocorreu de forma orientada, com os participantes testando comandos, analisando respostas e ajustando suas solicitações conforme os objetivos das atividades. Esse movimento indica um processo inicial de apropriação da tecnologia, no qual o professor deixa de ocupar apenas a posição de usuário passivo e passa a exercer maior controle sobre o uso pedagógico da tecnologia.

Esse comportamento dialoga com os estudos analisados na revisão de literatura, que apontam que o uso da Inteligência Artificial na educação tende a se consolidar quando associado a práticas orientadas e à mediação docente, especialmente no que se refere à interpretação e validação das informações produzidas (Lima, 2025; Sousa, 2023). Nesse

sentido, os dados desta pesquisa dão indicativos de desenvolvimento de estratégias de uso crítico e intencional da IA no contexto educacional.

Os resultados apresentados neste capítulo demonstram que o mini curso formativo contribuiu para a transformação das práticas dos docentes participantes. Os resultados apontam que a formação, quando articulada de forma integrada, combinando tecnologia, investigação e prática situada, contribui para ampliar a compreensão e aplicação de recursos digitais em sala de aula. Tal constatação reforça a relevância de propostas formativas que rompam com abordagens puramente instrucionais e promovam reflexão crítica sobre o papel das tecnologias na mediação do conhecimento (Gusso, 2021).

Ao mesmo tempo, emergiram limites estruturais e contextuais que exigem atenção: restrições de infraestrutura, desigualdades de acesso e lacunas institucionais evidenciam que a eficácia da formação docente digital não depende apenas da iniciativa individual, mas também do alinhamento com políticas públicas e suporte institucional adequados (Rede, 2019; Almeida, 2022).

Os docentes também reconheceram limites inerentes à utilização da IA incluindo a possibilidade de erros conceituais, a necessidade de revisão cuidadosa do material produzido e o risco de dependência excessiva caso o planejamento não seja sustentado por domínio teórico prévio. Essas reflexões indicam que, embora a IA possa otimizar e agilizar o processo de criação pedagógica, não substitui a expertise nem o julgamento profissional do professor.

A incorporação de simulações, quando integradas a atividades orientadas e mediadas pelo professor, podem contribuir para aprendizagem da Física, possibilitando observar fenômenos e estabelecer relações entre conceitos físicos (Oliveira, 2023; Ferreira, 2023). Essas possibilidades foram experimentadas pelos participantes do curso, como ilustra a Figura 17.

Figura 17 - Registro da Aplicação do PhET em Sala “P1”



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A Figura 17 apresenta três alunas do 3º ano do Ensino Médio utilizando simuladores do PhET em *Chromebooks* disponibilizados pela escola, durante uma aula de Física ministrada por um dos professores participantes após a conclusão do minicurso formativo. Observa-se a interação direta das estudantes com o ambiente de simulação, explorando conceitos relacionados à geração de energia, ao eletromagnetismo e ao funcionamento de geradores elétricos. Esse registro evidencia a transposição das discussões realizadas no minicurso para a prática pedagógica, demonstrando como a formação contribuiu para a incorporação de tecnologias digitais no ensino de Física e para a promoção de experiências de aprendizagem mais interativas e investigativas.

Outro exemplo da integração das tecnologias digitais à prática docente pode ser observado no registro realizado pelo professor P2 após sua participação no minicurso. Na Figura 18, três estudantes do 1º ano do Ensino Médio utilizam um simulador PhET para investigar conceitos relacionados ao lançamento oblíquo e ao movimento de projéteis, explorando aspectos como a decomposição vetorial da velocidade, a trajetória parabólica e a influência da gravidade sobre o movimento. A atividade evidencia o potencial das simulações interativas para favorecer a visualização de fenômenos físicos e estimular a participação ativa dos estudantes na construção de explicações para os conceitos estudados.

Figura 18 - Registro da Aplicação do PhET em Sala “P2”



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A cena ilustrada na Figura 18 evidencia a aplicação das estratégias do minicurso, mostrando que, mesmo em turmas iniciais, o professor pode utilizar tecnologias digitais no desenvolvimento de atividades práticas com os estudantes. Mais do que um exemplo pontual de uso de recursos tecnológicos, esse registro revela o potencial da formação continuada para promover mudanças nas práticas pedagógicas, incentivando os docentes a explorar abordagens mais investigativas e centradas na participação ativa dos alunos.

A formação continuada de professores é reconhecida como elemento central para a melhoria da prática pedagógica, sobretudo no ensino de Ciências, em que a complexidade conceitual exige estratégias diversificadas de mediação (Gatti, 2014). Nesse contexto, o uso de Tecnologias digitais permite a exploração de simulações, visualizações dinâmicas e experiências investigativas que ampliam o engajamento dos alunos e apoiam a construção de conceitos científicos (Valente, 2005; Kenski, 2013).

A incorporação das estratégias discutidas no minicurso também pode ser observada no registro realizado pelo professor P3, como ilustra a Figura 19. A imagem registra o momento da aplicação do simulador PhET pelo professor em uma turma do 2º ano do Ensino Médio, no contexto do conteúdo de gases.

Figura 19 - Registro da Aplicação do PhET em Sala “P3”



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Na Figura 19, observa-se a utilização da simulação projetada em uma televisão, possibilitando a visualização coletiva do fenômeno e a exploração de variáveis como pressão, volume e temperatura. Essa estratégia favorece a participação de toda a turma e evidencia uma abordagem mediada pelo professor, que orienta a interação com o simulador, promove questionamentos e conduz a análise dos conceitos envolvidos e dos comportamentos observados. Tal utilização está alinhada aos estudos que apontam o potencial das simulações interativas para a compreensão de conceitos abstratos, especialmente quando articuladas à mediação docente e a atividades que incentivam a observação, a análise e a construção de explicações pelos estudantes (Oliveira, 2023).

Os registros analisados reforçam as evidências de que a formação continuada contribuiu para a ressignificação das práticas docentes no ensino de Física. As experiências desenvolvidas após o minicurso demonstram que os participantes passaram a incorporar, ainda que em diferentes níveis, a Inteligência Artificial e as simulações interativas do PhET em suas aulas, explorando possibilidades de ensino mais investigativas, interativas e centradas na participação dos estudantes. Observa-se que a formação não se limitou à apresentação das tecnologias digitais, mas favoreceu processos de reflexão sobre o planejamento, a mediação pedagógica e o papel das tecnologias na construção do conhecimento científico.

Os exemplos apresentados nas Figuras 17, 18 e 19 evidenciam que a apropriação das tecnologias digitais ocorreu de forma contextualizada, articulada às necessidades da prática docente e às condições reais das escolas. Em um cenário marcado pela ausência de laboratórios e por limitações estruturais, os simuladores passaram a ser percebidos como recursos capazes de ampliar as possibilidades de experimentação, visualização e investigação de fenômenos

físicos, contribuindo para aproximar os estudantes de práticas características da produção do conhecimento científico.

Entretanto, os dados também revelam que a consolidação dessas mudanças depende da superação de desafios já discutidos ao longo deste capítulo, especialmente aqueles relacionados à formação docente, à infraestrutura tecnológica e às condições institucionais de trabalho. Nesse sentido, os resultados indicam que a integração entre IA, simulações interativas e ensino de Física não constitui um processo automático, mas uma construção gradual que exige acompanhamento formativo, mediação pedagógica qualificada e espaços permanentes de reflexão sobre a prática.

As evidências produzidas nesta pesquisa apontam que o minicurso contribuiu para ampliar o repertório pedagógico dos participantes e para fomentar novas formas de pensar o ensino de Física com tecnologias digitais. Assim, as contribuições e os desafios identificados ao longo deste capítulo oferecem elementos relevantes para compreender as potencialidades e os limites da integração da Inteligência Artificial e das simulações PhET em contextos de formação continuada, aspectos que serão retomados e aprofundados nas considerações finais deste estudo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

"Nunca pare de questionar."
(Albert Einstein)

A presente pesquisa que orienta esta investigação foi formulada da seguinte maneira: Quais contribuições e desafios são percebidos por professores da Educação Básica na integração da Inteligência Artificial e das simulações interativas do PhET ao ensino de Física, no contexto de uma formação continuada? A partir desse problema, definiu-se como objetivo geral analisar as contribuições e os desafios percebidos por professores da Educação Básica sobre a integração da Inteligência Artificial (IA) e das simulações interativas do PhET ao ensino de Física, no contexto de uma formação continuada.

O estudo conduzido com uma abordagem qualitativa permitiu evidenciar que os professores já utilizavam IA antes do minicurso, porém de modo instrumental e limitado, predominantemente voltado ao planejamento e à elaboração de atividades, e não à investigação ou à experimentação no ensino de Física. Os próprios participantes afirmaram usar a IA como recurso de apoio para "compreender melhor alguma experiência" ou para "planejar" atividades, mas expressaram preocupações com seu uso inadequado pelos estudantes (como "pegar respostas prontas"), revelando tensões entre potencial pedagógico e risco de superficialização conceitual.

Esse dado é fundamental, pois demonstra que o minicurso realizado ao longo da investigação ampliou o horizonte de possibilidades para além do uso preliminar e restrito que já realizavam, o diagnóstico inicial também revelou que a realidade escolar enfrentada pelos participantes é marcada por precariedade estrutural, incluindo ausência de laboratórios de Física e falta de materiais adequados para experimentação científica.

Nesse contexto, as simulações PhET emergem como recurso capaz de suprir lacunas materiais e possibilitar práticas investigativas mais próximas da cultura científica. Entretanto, os dados mostram que, antes do minicurso, a maior parte dos docentes não utilizam simuladores ou os exploram de forma superficial, alguns relataram nunca ter utilizado o PhET; outros mencionaram já ter acessado simuladores, mas com dificuldades técnicas que desmotivaram o uso.

A falta de formação específica aparece como barreira recorrente, especialmente no que diz respeito à construção de roteiros investigativos e à exploração sistemática das simulações,

as expectativas para o minicurso reforçaram essa percepção de lacunas formativas. Os docentes buscaram ampliar conhecimentos, aprender a utilizar simuladores e aperfeiçoar suas práticas pedagógicas (“novas ideias para aplicar nas aulas de Física”, “ampliar meus conhecimentos e habilidades tecnológicas”, “gostaria de aprender mais sobre IA e simuladores”). Tais expectativas revelam um desejo de superação das limitações técnicas e pedagógicas que atravessam o uso das tecnologias digitais no cotidiano escolar.

Ao longo do processo formativo, observou-se que os professores ampliaram suas percepções sobre a função pedagógica da IA e dos simuladores. Apesar de já utilizarem IA previamente, o minicurso permitiu ressignificar seu uso, deslocando-o de uma prática centrada somente na elaboração de materiais para uma abordagem que articula planejamento, investigação e mediação pedagógica. Um dos participantes afirmou ter compreendido melhor como estruturar aulas com IA, enquanto outro enfatizou ter aprendido observando colegas planejarem com IA e PhET, o que evidencia o caráter colaborativo e formativo do processo (“Aprendi muito vendo como meus colegas estruturam os planos de aula com IA e PhET; é diferente de aprender sozinho”)

Do ponto de vista epistêmico, essa mudança é significativa. Como defende Freire (1996), a prática educativa não pode ser reduzida ao uso técnico de ferramentas, mas deve promover reflexão crítica, diálogo e autoria. Os dados da pesquisa demonstram que o minicurso favoreceu justamente esse movimento: os professores passaram a reconhecer que a IA exige curadoria e mediação consciente, e que o PhET demanda intencionalidade investigativa para evitar usos superficiais ou puramente demonstrativos. Além disso, ao vivenciarem situações de formulação de perguntas, análise de fenômenos e construção de sequências investigativas, os docentes aproximaram-se da cultura científica e fortaleceram seu papel de mediadores do processo de aprendizagem.

O minicurso também provocou reflexões sobre os limites institucionais que fragilizam a integração de tecnologias digitais. Os professores destacaram a falta de tempo para planejamento, o excesso de demandas administrativas e a ausência de apoio técnico e pedagógico contínuo. Essas condições externas ao indivíduo revelam que a inovação não depende da existência de políticas institucionais que assegurem condições de trabalho, formação permanente e espaços de experimentação, como argumentam Imbernón (2011) e Nóvoa (1992). Apesar desses limites, os resultados indicam que a integração crítica entre IA e

PhET tem efetivo potencial formativo. A articulação entre explicações geradas pela IA, roteiros investigativos e exploração sistemática das simulações favoreceu a compreensão dos conceitos físicos e ampliou a capacidade dos professores de estruturar atividades exploratórias, superando, ainda que parcialmente, as limitações materiais de suas escolas.

Do ponto de vista científico, esta pesquisa contribui ao demonstrar que a integração entre IA e PhET deve ser entendida como prática pedagógica mediada. O estudo também mostra que formações de curta duração, quando bem estruturadas e conectadas à realidade dos professores, podem promover mudanças nas concepções e práticas docentes.

Entre as limitações desta pesquisa, destaca-se o fato de o estudo ter sido realizado com um número reduzido de participantes e em um contexto específico de formação continuada, o que não permite generalizações amplas sobre a realidade do ensino de Física em diferentes redes e contextos educacionais. Além disso, o tempo de acompanhamento dos professores ocorreu de forma pontual, concentrando-se no período do minicurso e nas percepções produzidas durante a formação, sem possibilitar uma análise longitudinal sobre a permanência das mudanças nas práticas pedagógicas ao longo do tempo. Também se reconhece que as análises se fundamentam predominantemente em relatos, percepções e produções docentes, não abrangendo diretamente a aprendizagem dos estudantes em sala de aula após a aplicação das atividades elaboradas no processo formativo.

Para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar o acompanhamento longitudinal dos professores após a formação, investigando de que modo as práticas desenvolvidas durante o minicurso permanecem, se transformam ou encontram obstáculos no cotidiano escolar. Também se sugere analisar o impacto das atividades construídas com IA e PhET na aprendizagem conceitual e investigativa dos estudantes, especialmente em contextos de escolas públicas marcadas por limitações estruturais. Outra possibilidade consiste em investigar como diferentes modelos de formação continuada podem favorecer a integração crítica das tecnologias digitais no ensino de Ciências da Natureza, considerando aspectos como colaboração docente, cultura escolar e apoio institucional. Além disso, torna-se relevante ampliar pesquisas voltadas à formulação e análise de políticas públicas que assegurem infraestrutura, conectividade, suporte técnico e tempo pedagógico para o desenvolvimento de práticas investigativas mediadas por tecnologias digitais.

Além disso, os resultados desta pesquisa apontam para a necessidade de políticas

públicas que sustentem práticas pedagógicas inovadoras mediadas por tecnologias digitais. A integração crítica entre IA e simulações PhET não depende apenas da competência individual do professor, mas de condições estruturais garantidas pelo sistema educacional, como infraestrutura adequada, conectividade estável, tempo institucionalizado para planejamento colaborativo e formações continuadas que dialoguem com a realidade escolar. Políticas que promovam investimentos em laboratórios digitais, programas estaduais de formação em tecnologias educacionais e apoio pedagógico permanente podem fortalecer a autonomia docente e ampliar o uso investigativo das tecnologias nas escolas públicas. Sem essas condições, práticas inovadoras tendem a permanecer isoladas e dependentes do esforço individual, limitando sua sustentabilidade ao longo do tempo.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre IA e simulações PhET, quando mediada por intencionalidade pedagógica, formação continuada e políticas institucionais adequadas, constitui um caminho promissor para fortalecer práticas investigativas no ensino de Física em ambientes escolares.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa indicam que a integração entre a Inteligência Artificial e as simulações interativas do PhET, quando sustentada por intencionalidade pedagógica, processos de formação continuada e condições institucionais favoráveis, apresenta potencial para fortalecer práticas investigativas no ensino de Física. Mais do que ampliar o acesso a recursos tecnológicos, essa integração possibilita a construção de ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e participativos, favorecendo a exploração de fenômenos científicos e o protagonismo dos estudantes na produção dos conhecimentos.

7. REFERÊNCIAS

ANTUNES, Maria Madalena da Silva. **Habilidades do pensamento computacional em planos de aulas de geometria:** uma formação on-line para professores. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, [ano]. Disponível em: https://portal.unemat.br/media/files/MARIA_MADALENA_DA_SILVA_ANTUNES.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

AZEVEDO, Sinelza Gonzaga de Melo. **Vinte anos de software GeoGebra:** um olhar para as dissertações e teses no Brasil. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2022. Disponível em: https://portal.unemat.br/media/files/SINELZA_GONZAGA_DE_MELO_AZEVEDO.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora:** uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BORBA, Marcelo de Carvalho.; VILLARREAL, Mônica. Ester. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking:** information and communication technologies, modeling, visualization and experimentation. New York: Springer, 2005.

BORBA, Marcelo de Carvalho; SILVA, Ricardo Scucuglia Rodrigues da; GADANIDIS, George. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática:** sala de aula e internet em movimento. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

BORBA, Marcelo de Carvalho.; SOUTO, Daise Lago P.; CUNHA, José Fernandes T.; DOMINGUES, Nilton S. Humans-with-media: twenty-five years of a theoretical construct in mathematics education. In: PEPIN, Birgit; GUEUDET, Ghislaine; CHOPPIN, Jérôme (org.). **Handbook of Digital Resources in Mathematics Education**. Cham: Springer, 2023. p. 1–26. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-45667-1_7. Acesso em: 3 dez. 2025.

BORBA, Marcelo de Carvalho.; SOUTO, Daise Lago Pereira.; CUNHA, José Fernandes Torres.; DOMINGUES, Nilton Silveira**. Humans-with-Media**: Twenty-Five Years of a Theoretical Construct in Mathematics Education. In: PEPIN, B.; GUEUDET, G.; CHOPPIN, J. (Eds.). **C**. Cham: Springer, 2023. p. 1–26.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

CABRAL, Ana Lúcia Tinoco; LIMA, Nelci Vieira de; ALBERT, Sílvia. TDIC na educação básica: perspectivas e desafios para as práticas de ensino da escrita. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, v. 58, n. 3, p. 1134-1163, 2019.

CHAVIER, Marcela Madanês. **Fabricação digital como processo pedagógico para ensino de geometria espacial por meio do Tinkercad e da impressão 3D**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do

Bugres, 2024. Disponível em: https://portal.unemat.br/media/files/MARCELA_MADAN%C3%8AS_CHAVIER.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

CONCEIÇÃO, Romualdo José dos Santos. **Percepções dos professores de Física do município de Vilhena-RO sobre as necessidades de formação contínua em tecnologias digitais no ensino**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2020. Disponível em: https://shre.ink/LN0b. Acesso em: 3 dez. 2025.

DE JONG, Ton; VAN JOOLINGEN, Wouter Reinder. **Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains.** Review of educational research, v. 68, n. 2, p. 179-201, 1998.

DENZIN, Norman Kent. The research act: a theoretical introduction to sociological methods. New York: **Routledge**, 2017.

FERREIRA, Rafaela Cícera. Uma análise da simulação PhET Colorado como ferramenta para o ensino de Física: um estudo de caso comparativo com a realidade. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2023. Disponível em: https://shre.ink/LN0u. Acesso em: 2 fev. 2026.

FINKELSTEIN, Noah David. *et al.* When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. **Physical Review Special Topics—Physics Education Research**, v. 1, n. 1, p. 010103, 2005.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIORDAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999.

Google Classroom. Google LLC. Disponível em: https://classroom.google.com. Acesso em: 14 nov. 2025.

Google Meet. Google LLC. Disponível em: https://meet.google.com. Acesso em: 14 nov. 2025.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque.; ARAÚJO, Ives Solano.; VEIT, Eliane Angela. **Ciclos de modelagem:** uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2012.Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85292/000862514.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 06 junho. 2026.

HEIDMANN, Marciele Keyla. ***F-LIBRAS:*** aplicativo móvel como instrumento didático-tecnológico no ensino de Física em Libras para estudantes surdos e ouvintes. Dissertação

(Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática*)* – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2021. Disponível em: https://portal.unemat.br/media/files/MARCIELE_KEYLA_HEIDMANN.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

HIDALGO, Josemar Pereira. **Pensamento computacional na produção de um objeto de aprendizagem sobre circuito elétrico e eletrônico para o ensino de Ciências.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2024. Disponível em: https://sigaa.unemat.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?id=651. Acesso em: 3 dez. 2025.

HMELO-SILVER, Cindy Esther. Problem-based learning: What and how do students learn?. **Educational psychology review**, v. 16, n. 3, p. 235-266, 2004.

HODSON, Derek. **Teaching and learning science**: Towards a personalized approach. McGraw-Hill Education (UK), 1998.

IMBERNÓN, Francisco. **Formação docente e profissional:** formar-se para a mudança e a incerteza. São Paulo: Cortez, 2010.

INEP. Relatório SAEB 2022. Brasília, DF: INEP, 2022.

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

KENSKI, Vani Moreira. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. 9. ed. Campinas: Papirus, 2012.

LEMOS Bruna Teixeira de Araujo. **Contribuições para a formação inicial de professores de Química e Física sobre as habilidades científicas com abordagem investigativa mediadas por tecnologias**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9185. Acesso em: 3 dez. 2025.

LIMA, Symon Igor Pinheiro da Silva. **Inteligência artificial no ensino de matemática:** potencialidades e desafios para professores. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2025. Disponível em: https://shre.ink/LN0j. Acesso em: 3 dez. 2025.

LUCKIN, Rosemary. **Machine Learning and Human Intelligence. The future of education for the 21st century**. UCL institute of education press, 2018.

MATTIA, Maria Cláudia Maquêa Rocha. **Formação continuada de professores:** desafios para modificar práticas pedagógicas com TDICs. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2018. Disponível em: https://portal.unemat.br/media/files/PPGEdu/Dissertacoes/Defendidas_2018/Maria_Claudia_Maquea_Rocha_Mattia.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

MILHOMEM, André Luiz Borges. **A formação inicial de professores nos cursos de Licenciatura do Campus Universitário Jane Vanini UNEMAT/Cáceres-MT em relação ao uso do computador na educação.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2012. Disponível em: https://portal.unemat.br/media/oldfiles/educacao/docs/dissertacao/2012/andre_luiz_borges_milhomem.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers college record**, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. ***Aprendizagem significativa crítica*.** 2. ed. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2010. ISBN 85-904420-7-1.Disponível em: https://icex.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/433/2018/08/aprendsignif_moreira.pdf?utm_source=chatgpt.com

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa:** subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de Ciências. Porto Alegre, 2009/2016.Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf?utm_source

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007

NÓVOA, Antônio. Os professores e a sua formação. Lisboa: Dom Quixote, 1995. NÓVOA, Antônio. **Formação de professores e formação docente**. In: Nóvoa, Antônio.(org.) Os professores e sua formação. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

OECD. PISA 2019 results. Paris: OECD Publishing, 2019.

OLIVEIRA, C. N. dos S. **Experimentação no ensino de Física com o uso do simulador computacional PhET na aprendizagem de força e movimento no ensino médio.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. Disponível em: https://shre.ink/LN0t. Acesso em: 3 dez. 2025.

PAZ, Leandro F. **Processos de ensino e de aprendizagem mediados por inteligência artificial.** Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal Farroupilha, Jaguari, 2022. Disponível em:https://arandu.iffarroupilha.edu.br/jspui/bitstream/itemid/663/1/Leandro%20Paz%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

PERKINS, Kathy. Transforming STEM learning at scale: PhET interactive simulations. **Childhood Education**, v. 96, n. 4, p. 42-49, 2020.

PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu. Acesso em: 3 dez. 2025.

PRETTO, Nelson De Luca; BONILLA, Maria Helena Silveira. Tecnologias e educação: um caminho em aberto. **Em Aberto**, Brasília, v. 35, n. 113, p. 17–31, 2022.

PRINCE, Michael J.; FELDER, Richard M. Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. **Journal of engineering education**, v. 95, n. 2, p. 123-138, 2006.

RUTTEN, N.; VAN JOOLINGEN, W. R.; VAN DER VEEN, J. T**.** The learning effects of computer simulations in science education. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 136–153, 2012. doi:10.1016/j.compedu.2011.07.017

SELWYN, Neil. **Education and technology**: key issues and debates. 3. ed. London: Bloomsbury, 2022.

SILVA, Arthur Rezende; MARCELINO, Valéria de Souza (org). **Análise Textual Discursiva (ATD):** teoria na prática. Campos dos Goytacazes, RJ: Encontrografia, 2022

SILVA, Kaline; LEITE, Bruno Silva. Contribuições, percepções e práticas sobre tecnologias no ensino das ciências: uma revisão sistemática envolvendo a formação docente. **Revista Espaço Pedagógico**, v. 31, p. e15665-e15665, 2024.

SILVERSTONE, Roger; HADDON, Leslie. Design and the domestication of information and communication technologies: technical change and everyday life. In: MANSELL, Robin; SILVERSTONE, Roger (org.). **Communication by design: the politics of information and communication technologies**. Oxford: Oxford University Press, 1996. p. 44–74.

SOUSA Ricardo Lima Praciano. **A inteligência artificial e a educação:** uma investigação sobre como os docentes percebem a IA e suas potenciais consequências educativas**.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2023. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/45949. Acesso em: 3 dez. 2025.

VALENTE, José Armando. O computador na sociedade do *conhecimento*. Campinas: NIED/UNICAMP, 2019.

VECCHI, Michelle. **Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) em escolas públicas e privadas de ensino médio de Tangará da Serra-MT**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2019. Disponível em: https://portal.unemat.br/media/files/WILLYAN_ALVES_DA_SILVA.pdf. Acesso em: 3 dez. 2025.

WIEMAN, Carl Edwin.; ADAMS, Wendy Kaarin.; PERKINS, Katherine K. PhET: Simulations that enhance learning. **Science**, v. 322, n. 5902, p. 682-683, 2008.

WIEMAN, Carl Edwin; PERKINS, Katherine. Transforming physics education. **Physics today**, v. 58, n. 11, p. 36-41, 2005.

WILLIAMSON, Ben; MACGILCHRIST, Felicitas; POTTER, John. Re-examining AI, automation and datafication in education**. Learning, Media and Technology**, v. 48, n. 1, p. 1–5, 2023. DOI: 10.1080/17439884.2023.2167830.Disponível em:

https://www.tandfonline.com/doi/epub/10.1080/17439884.2023.2167830?needAccess=true

ZABALA, Antoni. **A prática educativa:** como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 2010.,

8. APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL

Inscrição e Questionário Inicial

Prezado(a) professor(a), alguns detalhes sobre:

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada "**A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E A PLATAFORMA PhET NO ENSINO DA FÍSICA**" que tem como pesquisador responsável o professor Dr. José Fernandes Torres da Cunha, docente no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) campus UNEMAT/Barra do Bugres/MT e por Jeferson de Jesus Teixeira, mestrando e bolsista CAPES.

A proposta do questionário tem como objetivo compreender experiências, percepções e práticas atuais no ensino de Física, especialmente no que se refere ao ensino com tecnologias digitais, como a Inteligência Artificial (IA) e plataformas de simulação como o PhET. As respostas e interações durante o curso serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos no âmbito da pesquisa de mestrado, desenvolvida no PPGECM.

Ao participar da pesquisa, você estará ciente que:

Garantimos o total sigilo das informações fornecidas. Nenhum nome será divulgado ou associado às respostas, e a identificação dos participantes ocorrerá apenas por meio de códigos como **NOME1=“P1”, “P2”**. Dessa forma, assegura-se o anonimato e a ética na condução da pesquisa, em conformidade com os princípios estabelecidos pelas diretrizes de pesquisa com seres humanos, assim como em toda pesquisa que está devidamente cadastrada e aprovado no CEP (Comitê de Ética em Pesquisa) sob número **7.770.678** . - Sua participação é inteiramente voluntária.

- Não haverá despesas para sua participação nesta pesquisa, assim como você não será remunerado por realizá-la.
- As respostas do questionário serão utilizadas apenas para a pesquisa e poderão ser divulgadas anonimamente em publicações e eventos científicos, sem realizar sua identificação.
- Quaisquer riscos aos participantes, tais como algum constrangimento pelas respostas fornecidas ou aborrecimento pelo número de questões ao responder, você poderá abandonar a pesquisa e/ou se recusar a responder qualquer pergunta do questionário, ou qualquer solicitação que lhe seja feita, sem que lhes traga prejuízo algum.
- Você tem direito a ser informado sobre os resultados da pesquisa de forma acessível e compreensível, para isso basta informar ao pesquisador informado seu interesse.

DECLARAÇÃO

Eu declaro que fui informado(a) sobre os objetivos desta pesquisa e concordo em participar voluntariamente. Eu li e compreendi este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido anexo e concordo em participar.

Sua colaboração é fundamental para o sucesso desta investigação e para a construção de práticas pedagógicas mais significativas e inovadoras no ensino da Física. O tempo estimado para preenchimento é de 10 minutos.

Desde já, agradecemos imensamente sua participação!

Os arquivos enviados por upload serão compartilhados fora da organização a que pertencem.

*** Indica uma pergunta obrigatória**

E-mail *

PESQUISA DE MESTRADO PPGECM-BARRA DO BUGRES

Termo Livre Esclarecido (TCL) é um documento para proteger você, leia, e ao concordar com os termos devolva assinado digitalmente.

Faça dowload da cópia do TCL em:
https://drive.google.com/file/d/1mTpHUIJpNVU4pt-8K98FxjWO2-v3xDXN/view?usp=drive_link

e assine digitalmente (pode ser com o https://sso.acesso.gov.br/)

Anexe aqui o Termo livre esclarecido (TCL) assinado digitalmente. *

Para prosseguir com a inscrição você precisará anexar o arquivo anexo Arquivos enviados:

1.Qual seu nome completo:

2.Escola onde atua: *

3.Qual sua idade? Em anos completos. * Em anos completos.

4.Qual o tempo de atuação no ensino de Física? * Em anos.

5.Qual a sua área de formação ? *

Marque todas que se aplicam.

☐ Física
☐ Química
☐ Biologia
☐ Matemática
☐ Outro:

6.Já participou de cursos/formações voltadas ao uso de tecnologias * digitais no ensino de Física?

☐ Sim
☐ Não

Descreva brevemente o curso ou o seu título.

7.Com que frequência você utiliza recursos digitais em suas aulas de * Física?

☐ Nunca
☐ Raramente
☐ Às vezes
☐ Frequentemente

8.Você já utilizou simuladores, como o PhET, ou algum outro em sala de * aula?

Marque todas que se aplicam.

☐ Sim
☐ Não

Qual?

9.Se sim, qual finalidade? (Descreva brevemente) *

10.Qual sua percepção sobre o uso de simulações digitais no processo * de ensino-aprendizagem da Física?

11.Você conhece ou já utilizou alguma ferramenta de Inteligência * Artificial (como ChatGPT, Gemini ou outros)?

Marque todas que se aplicam.

☐ Sim
☐ Não

12.Se sim, para quais finalidades? (Descreva) *

13.Em sua opinião, qual é o potencial da IA para auxiliar o ensino de * Física?

14.Quais são suas maiores dificuldades com o uso de IAs no ensino?

15.Quais são suas expectativas em relação ao minicurso sobre IA e a * plataforma PhET? Descrição: O que você gostaria de aprender?

16.Quais dificuldades você acredita que poderiam surgir na integração * dessas tecnologias em sua atuação "entre você e o aluno"?

17.Quais são, em sua opinião, as maiores dificuldades que seus alunos * enfrentam para aprender Física?

18.Como você avalia o nível de interesse e participação dos seus alunos * nas aulas tradicionais de Física?

☐ Muito baixo

☐ Baixo

☐ Moderado

☐ Alto

☐ Muito alto

19. Como você acredita que as simulações Phet podem influenciar na aprendizagem dos seus alunos? Por quê? *

20.Como a IA pode influenciar nas atividades com os alunos? Por quê? *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

9. APÊNDICE B – SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO MINICURSO – IA E PHET NO ENSINO DA FÍSICA

Sequência Didática do Minicurso – IA e PhET no Ensino da Física

Público-alvo: Professores de Física (Ensino Médio)

Carga horária: 12h (ajustável)

Objetivo geral: Promover a integração da Inteligência Artificial (IA) e do simulador PhET como ferramentas pedagógicas no ensino de Física.

Etapa 1 – Integração de Tecnologias Digitais (2h e 30 min)

● **Objetivos:**

○ Refletir sobre o papel das tecnologias digitais no ensino de Ciências/Física.

○ Identificar experiências prévias dos professores com recursos digitais.

● **Atividades:**

○ Discussão inicial: "Quais tecnologias você já utiliza em sala de aula?"

○ Exposição dialogada sobre recursos digitais (IA, PhET, laboratórios virtuais, plataformas).

○ Registro coletivo em mural virtual ou quadro físico com vantagens/desafios.

● Produto: Mapa inicial das percepções dos docentes.

Etapa 2 – IA como Apoio na Prática Docente (2h e 30 min)

● **Objetivos:**

○ Apresentar formas de uso da IA na prática docente.

○ Explorar a IA para elaboração de materiais didáticos e avaliação.

● **Atividades:**

○ Demonstração: como a IA pode criar questões, adaptar atividades, sugerir metodologias diferenciadas.

○ Prática em grupo: cada equipe elabora um roteiro curto de aula com apoio da IA.

● Produto: Roteiro/atividade inicial criado com auxílio da IA.

Etapa 3 – Simulador PhET no Ensino de Física (2h e 30 min)

● **Objetivos:**

○ Explorar os simuladores PhET como recurso para experimentação virtual.

○ Criar situações investigativas a partir do PhET.

● **Atividades:**

○ Navegação orientada em um simulador (ex: Forças e Movimento, Circuito, Energia).

○ Elaboração de perguntas investigativas para exploração do simulador.

○ Discussão coletiva: potencialidades e limites do PhET.

● Produto: Mini-roteiro de exploração do PhET.

Etapa 4 – IA + PhET: Ensino Personalizado (2h e 30 min)

● **Objetivos:**

○ Integrar IA e PhET em uma sequência curta de aula.

○ Experimentar possibilidades de ensino personalizado.

● **Atividades:**

○ Orientação: como a IA pode gerar questões, feedback e adaptações diferenciadas a partir de dados do PhET.

○ Trabalho em grupo: elaboração de sequência didática curta (3 passos) integrando IA + PhET.

○ Socialização das propostas.

● Produto: Sequência curta de ensino personalizado.

Etapa 5 – Conclusão do Minicurso (2 horas)

● **Objetivos:**

○ Sistematizar os aprendizados.

○ Refletir sobre a aplicabilidade em sala de aula.

● **Atividades:**

○ Debate coletivo: potencialidades e desafios da integração IA + PhET.

○ Registro individual: plano de ação para aplicar com os alunos.

○ Feedback rápido sobre o minicurso.

● Produto: Plano de ação docente + avaliação do curso.

10. APÊNDICE C – ATIVIDADE NO GOOGLE CLASSROOM

Instruções:

1. **Escolha um tema** da sua área (ex: densidade, funções, circuitos elétricos, movimento, óptica etc.).

2. Utilize uma **IA generativa** (como Chat GPT, Gemini, Copilot, etc.) para:
    - Elaborar um plano de aula ou roteiro com base na simulação;
    - Criar perguntas investigativas ou atividades;
    - Produzir materiais de apoio (textos, questionários, instruções etc.).

3. Acesse uma **simulação PhET** relacionada:
   🔗 https://phet.colorado.edu/pt_BR/

4. **Registre o resultado** do seu trabalho:
    - Descreva brevemente o processo (tema, simulação e IA usada);
    - Mostre **como a IA contribuiu** na criação;
    - Inclua **links, fotos ou prints** da atividade desenvolvida.

📎 **Entrega:**

Envie **um dos seguintes formatos**:

- Documento (Google Docs, PDF ou Slides) com o plano de aula e imagens;
- Link (Google Drive, Canva, Padlet, vídeo curto, etc.);
- Fotos/prints anexadas diretamente na tarefa.

11. APÊNDICE D – ELABORAÇÃO DE PLANO DE AULA IA+PhET

Atividade – Elaboração de Plano de Aula com IA e PhET

🧠 **Tema: Densidade e Flutuação dos Materiais**

🔗 Simulação PhET:

“Densidade”
https://phet.colorado.edu/sims/html/density/latest/density_pt.html

🤖 Ferramenta de IA Utilizada:

ChatGPT

📘 Plano de Aula

Disciplina: Física
Ano/Série: 1º ano do Ensino Médio
Duração: 2 aulas de 50 minutos

---

1. Objetivos de Aprendizagem

- Compreender o conceito de densidade como relação entre massa e volume.
- Relacionar densidade à flutuação dos corpos em diferentes líquidos.
- Utilizar a simulação PhET para investigar experimentalmente a variação da densidade.

---

2. Etapas da Aula

A) Introdução (10 min)

- Exibir objetos diferentes (madeira, metal, plástico) e questionar:
  “Por que alguns flutuam e outros afundam?”

- Registrar hipóteses dos alunos.

B) Investigação com o PhET (25 min)

- Acessar a simulação *"Densidade"*.
- Orientar os alunos a alterar massa e volume dos blocos, observando o comportamento de flutuação.
- Solicitar que registrem dados em uma tabela (massa, volume, densidade).

C) Discussão Guiada (10 min)

- Comparar resultados.
- Discutir o conceito matemático de densidade ($\rho = m/V$).

D) Síntese e Avaliação (5 min)

- IA (ChatGPT) gera perguntas de revisão como:
    - "O que acontece com a densidade se dobrarmos a massa mantendo o volume?"
    - "Por que um objeto com densidade menor que a da água flutua?"
- Alunos respondem oralmente e registram conclusões no caderno.

---

3. Recursos

- Computadores, notebooks ou celulares com internet.
- Simulação PhET "Densidade".
- ChatGPT para gerar perguntas e textos de apoio.

---

4. Avaliação

- Participação nas discussões e atividades práticas.
- Registro das observações na tabela.
- Respostas às perguntas geradas pela IA.

---

12. APÊNDICE E – ROTEIRO DE ENTREVISTA PODCAST

🎙️ Introdução Revisada — Versão Alinhada à Pesquisa

Olá, . Sejam bem-vindo.
Antes de começarmos as perguntas, quero explicar rapidamente o propósito desta entrevista.

Meu objetivo aqui é **identificar, com precisão**, como professores de Física estão se relacionando com as ferramentas de Inteligência Artificial no processo de ensino-aprendizagem. Não busco respostas genéricas ou discursos idealizados sobre inovação. O interesse é compreender:

- o **nível real de preparo docente** para trabalhar com IA;
- as **condições estruturais** das escolas, principalmente no que diz respeito a laboratórios e recursos;
- as **barreiras pedagógicas, técnicas e éticas** que influenciam o uso (ou a não adoção) dessas tecnologias;
- e as **percepções críticas** dos professores incluindo dúvidas, riscos percebidos e limites práticos.

As perguntas foram elaboradas para produção de dados sobre como cada professor usa Tecnologias Digitais no âmbito escolar. Assim, busco entender de que maneira fatores como infraestrutura, familiaridade com ferramentas, concepções de ensino e carga de trabalho impactam o uso da IA em atividades experimentais, simulações e resolução de problemas de Física.

A intenção é gerar dados que permitam uma análise rigorosa: tanto das potencialidades reais dessas tecnologias quanto de seus limites e tensões no contexto da prática docente.

Para começar, por favor, se apresente com seu nome, formação, cidade e escola onde atua. Fique à vontade para responder com sinceridade, pois aqui não existe certo ou errado, existe experiência profissional real.

🧩 Pergunta 1 — Estrutural

Jeferson:
Pra começar, preciso de um dado básico que vai orientar toda a análise:

Na escola de vocês existe laboratório específico de Física ou um laboratório multidisciplinar minimamente equipado para experimentações?

🤖 Pergunta 2 — Uso Real da IA

Jeferson:
Agora, sendo bem direto:

Você já utilizou alguma ferramenta de Inteligência Artificial tipo Chat GPT, Gemini, Copilot — para planejar, conduzir ou avaliar uma aula de Física?

📊 **Pergunta 3 — Nível de Confiança (0 a 10)**

Jeferson:
Numa escala de **0 a 10**, quanto você se sente confiante para usar IA em:

- Atividades experimentais,
- Simulações (como o PhET),
- Ou resolução de problemas de Física?

⛔ **Pergunta 4 — Barreiras Reais**

Jeferson:

Quais barreiras você considera mais limitantes para usar IA no ensino de Física?

Pode ser:

- falta de formação,
- falta de orientação pedagógica,
- restrições da gestão,
- infraestrutura,
- questões éticas,
- falta de confiabilidade da tecnologia…

Quero ouvir a leitura crítica de vocês.

🎓 **Pergunta 5 — Na sua Perspectiva Docente a IA ajuda ou atrapalha o professor em sala?**

Jeferson:
E pra fechar com uma pergunta que separa opinião rasa de visão pedagógica:

Na sua opinião, a IA contribui para o aprendizado conceitual de Física, ou corre o risco de gerar dependência e superficialidade?

Justifique.
Aqui eu quero argumentos.

Quero agradecer a participação de vocês. Essas respostas vão nos ajudar a entender com mais profundidade como a IA está ou não sendo integrada ao ensino de Física.
Mais do que mapear práticas, a entrevista busca enxergar **as tensões éticas, didáticas e estruturais** que moldam esse processo.

Obrigado, e até a próxima conversa.

13. APÊNDICE F – REGISTRO DO CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

REGISTRO DO CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

(Resolução CNS 510/2016)

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido(a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra do pesquisador responsável.

Em caso de recusa você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida, você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Unemat pelo telefone: (65) 3221-0067.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA

Título do projeto: A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PLATAFORMA PhET NO ENSINO DA FÍSICA.

Na necessidade de contatar os pesquisadores, para qualquer dúvida ou manifestação que deseja expressar, poderá fazê-lo a qualquer momento com o mestrando Jeferson de Jesus Teixeira telefone (65) 98125-7428. E-mail jeferson.teixeira@unemat.br e com o Professor Dr. Décio Schaffer, telefone: (65) 55 8100-3423, E-mail schaffer@unemat.br, ou ainda diretamente ao Programa de Pós-Graduação da Unemat-Barra do Bugres pelo telefone (65) 3361-1413 ou e-mail ppgecm@unemat.br.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo geral da pesquisa consiste em: Investigar de que maneira a integração da Inteligência Artificial (IA) e das simulações da plataforma PhET pode contribuir para o planejamento, a condução e o aprimoramento das práticas pedagógicas no ensino de Física,

promovendo um ambiente educacional mais interativo e alinhado às demandas contemporâneas da aprendizagem.

Os seguintes objetivos específicos são:

- Analisar as percepções de professores de Física sobre o uso da Inteligência Artificial e das simulações PhET como artefatos pedagógicas no contexto escolar;
- Apresentar, por meio de um minicurso, o potencial didático da IA e das simulações PhET para a elaboração de aulas mais dinâmicas e investigativas;
- Avaliar, a partir de um questionário, o impacto das tecnologias apresentadas no minicurso quanto à sua aplicabilidade no ensino da Física;
- Refletir sobre os possíveis benefícios e limitações da utilização conjunta da IA e da plataforma PhET para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais personalizadas e significativas.

Contudo e a partir da Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde que considera o respeito pela dignidade humana e pela especial proteção devida aos participantes das pesquisas científicas envolvendo seres humanos, ressaltamos que toda pesquisa contém riscos. Assim, destacamos a seguir possíveis riscos reais e/ou em potencial a medidas de mitigação.

Riscos e medidas mitigadoras

Assim como toda pesquisa envolvendo pessoas podem ocorrer riscos de natureza psicológica, intelectual ou emocional, os quais, caso identificados, deverão ser devidamente esclarecidos aos participantes antes do início da pesquisa, garantindo seu direito à informação e ao consentimento livre e esclarecido. como:

- Possibilidade de constrangimento ou desconforto ao responder questionários e entrevistas;
- Medo ou receio de julgamento por parte de colegas ou superiores;
- Cansaço ou aborrecimento devido à participação em atividades online;

- Quebra de sigilo e/ou anonimato.

Medidas para minimizar os riscos:

- Garantir a confidencialidade e a privacidade, assegurando que não haverá identificação nominal nos formulários ou nos bancos de dados;

- Informar claramente que a participação é voluntária e que o participante pode interromper sua participação a qualquer momento, sem qualquer prejuízo ou penalidade;

- Assegurar a proteção da imagem, evitando qualquer exposição pública ou divulgação de informações que possam gerar estigmatização;
- Adotar armazenamento seguro dos dados, com acesso restrito ao pesquisador e à equipe diretamente envolvida;

- Disponibilizar suporte e diálogo aberto para acolher eventuais desconfortos ou dúvidas durante todo o processo;

Em caso de percepção de dano ou desconforto significativo, será discutida com os participantes a possibilidade de interrupção ou adaptação das atividades, conforme previsto no Art. 19, §1º da Resolução 510/2016.

Ressaltamos ainda que a pesquisa não trará ônus a nenhum dos sujeitos participantes. Sua importância enquanto integrante do processo de construção do conhecimento, visto que suas percepções, conhecimentos, experiências e apontamentos permitirão aprimorar as discussões e desenvolver um trabalho que irá contribuir com o fortalecimento da prática docente da Física.

Sua participação é voluntária e não haverá compensação financeira. A qualquer momento o (a) senhor (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não lhe trará nenhum prejuízo profissional, seja em sua relação ao

pesquisador, à Instituição em que trabalha ou à Universidade do Estado de Mato Grosso. Faremos o tratamento confidencial de todas as informações obtidas durante a pesquisa, assegurando o sigilo sobre a participação dos envolvidos em todas as etapas do estudo. A menção do nome nos resultados e publicações será opcional do entrevistado (com intuito de valorização do conhecimento).

Solicito sua autorização para gravação em áudio das entrevistas e dos encontros. Os registros realizados durante a entrevista não estruturados serão transcritos pelo pesquisador, garantimos que se manterá o mais fidedigno possível. Depois de transcrita será apresentada aos participantes para validação das informações. Apesar de ser transcrita as gravações serão utilizadas apenas o discurso interpretado pelo pesquisador.

Como medida para assegurar a confidencialidade, a privacidade, a proteção dos dados e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, asseguramos aos participantes que todas informações produzidas ficarão da posse do pesquisador e serão utilizadas estritamente para objetivo da pesquisa, sendo o que a declaração do nome será opcional do pesquisado.

Durante as entrevistas serão tomados todos os cuidados minimizando-se qualquer transtorno, sem ferir os seus direitos, suas condições sociais, culturais, concepções e opiniões, entre outras características. Diante das situações expostas destacamos que você enquanto participante tem plena liberdade para decidir a respeito da sua participação voluntária.

As entrevistas serão analisadas a fim de identificar as relações indivíduo-ambiente e não serão publicadas, e sua identidade não será divulgada, será guardada em sigilo profissional, conforme as normas éticas e a legislação vigente. Devemos ressaltar ainda que não temos a intenção de divulgar a imagem do entrevistado, sendo as gravações de registro da pesquisa sem divulgação, servindo apenas para subsidiar a produção de informações. O período de participação compreende as etapas de entrevistas e análise das informações, estimando-se iniciar em julho de 2024. acessível aos participantes da pesquisa.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento.

Este projeto de pesquisa foi aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes de pesquisas. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da UNEMAT que está vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa da universidade, localizado na sede administrativa Avenida Tancredo Neves, 1095, Cavalhada II - Cáceres-MT, CEP: 78.200-000. Telefone: (65) 3221-0067; (65) 99944-3605 – Whatsapp. Email: cep@unemat.br. Horário de

atendimento: das 08:30 às 11:30.

O CEP está vinculado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e o seu funcionamento e atuação são regidos pelas normativas do CNS/Conep. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP- é uma comissão do Conselho Nacional de Saúde - CNS, criada através da Resolução 196/96 e com constituição designada pela Resolução 246/97, com a função de implementar as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, aprovadas pelo Conselho. Tem função consultiva, deliberativa, normativa e educativa, atuando conjuntamente com uma rede de Comitês de Ética em Pesquisa - CEP- organizados nas instituições onde as pesquisas se realizam. A CONEP tem a função de implementar as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, aprovadas pelo CNS, também atuando conjuntamente com uma rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) organizados nas instituições onde as pesquisas se realizam. Endereço: SRTV 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar - Asa Norte - CEP: 70719-040 - Brasília-DF. Telefone: (61) 3315-5877 E-mail: conep@saude.gov.br.

Esse termo é assinado em duas vias, sendo uma do(a) Sr.(a) Participante e a outra para os pesquisadores.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Local e data:

Nome do participante Assinatura do participante ou responsável	Data: _____/_____/_____

Eu, Jeferson de Jesus Teixeira, declaro cumprir as exigências contidas na Resolução nº 510/2016.

Assinatura do Pesquisador	Data: _____/_____/_____