



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS, E TECNOLOGIA DE
RORAIMA
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LUCAS DOS SANTOS PINHEIRO
JOSÉ PAULO FERREIRA PINHEIRO JÚNIOR

CONTRIBUIÇÕES DO SIMULADOR VIRTUAL PhET PARA O ENSINO DE
BIOLOGIA: UMA REVISÃO DA LITERATURA COM ENFOQUE NA REALIDADE
DAS ESCOLAS DA REGIÃO NORTE DO BRASIL.

SÃO LUIZ DO ANAUÁ - RR
2026

LUCAS DOS SANTOS PINHEIRO
JOSÉ PAULO FERREIRA PINHEIRO JÚNIOR

**CONTRIBUIÇÕES DO SIMULADOR VIRTUAL PhET PARA O ENSINO DE
BIOLOGIA: UMA REVISÃO DA LITERATURA COM ENFOQUE NA REALIDADE
DAS ESCOLAS DA REGIÃO NORTE DO BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Roraima — IFRR, como requisito
parcial para obtenção do título de Licenciada em
Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Rosinildo Galdino da Silva

SÃO LUIZ DO ANAUÁ - RR

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Biblioteca do Instituto Federal de Roraima - IFRR)

P654c Pinheiro, Lucas dos Santos.

Contribuições do simulador virtual PhET para o ensino de biologia: uma revisão da literatura com enfoque na realidade das escolas da Região Norte do Brasil / Lucas dos Santos Pinheiro, José Paulo Ferreira Pinheiro Júnior. – São Luiz do Anauá - RR, 2026.

25 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Rosinildo Galdino da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima. Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Campus Boa Vista, 2026.

Bibliografia: f. 22-25.

1. Plataforma PhET. 2. Simulações virtuais. 3. Ensino de biologia. 4. Aulas práticas. 5. Escolas - Região Norte do Brasil. I. Pinheiro Júnior, José Paulo Ferreira. II. Silva, Rosinildo Galdino. III. Título.

CDD – 570.78

Elaborada por Maria de Fátima Freire de Araújo - CRB 11/374

LUCAS DOS SANTOS PINHEIRO

JOSÉ PAULO FERREIRA PINHEIRO JUNIOR

**CONTRIBUIÇÕES DO SIMULADOR VIRTUAL PhET PARA O ENSINO DE
BIOLOGIA: UMA REVISÃO DA LITERATURA COM ENFOQUE NA REALIDADE
DAS ESCOLAS DA REGIÃO NORTE DO BRASIL.**

Aprovado em 17 de julho de 2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ROSINILDO GALDINO DA SILVA
Data: 12/08/2026 11:46:46-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Rosinildo Galdino da Silva
(Presidente/Orientador)

Documento assinado digitalmente
 LUCILIA DIAS PACOBABHYBA
Data: 06/08/2026 12:05:54-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.^a Dra. Lucília Dias Pacobahyba
(Professora avaliadora)

Documento assinado digitalmente
 SEMIRAMYS MOREIRA SILVA
Data: 12/08/2026 10:07:27-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

M.^a Semiramys Moreira Silva
(Professora avaliadora)

Boa Vista, RR, 17 de Julho de 2026

RESUMO

O ensino de Biologia enfrenta grandes desafios nas escolas públicas brasileiras: predomínio de aulas apenas expositivas, dificuldade de abordar conceitos abstratos, ausência de laboratórios e escassez de materiais para atividades práticas. Na Região Norte do Brasil, realidade marcada por limitações estruturais, acesso irregular à internet e dificuldades na formação docente, esses obstáculos tornam-se ainda mais graves. Diante disso, este trabalho tem como objetivo geral analisar a contribuição do simulador virtual PhET para o processo de ensino e aprendizagem de Biologia, verificando seu potencial como recurso didático. Como objetivos específicos: investigar os entraves para a realização de aulas práticas; examinar evidências sobre o uso de simulações; e analisar até que ponto limitações locais podem dificultar essa ferramenta. Trata-se de pesquisa bibliográfica, qualitativa, desenvolvida a partir de 34 artigos científicos selecionados nas bases SciELO, Portal CAPES e repositórios institucionais. A literatura consultada mostra que: aulas práticas são fundamentais para articular teoria e vivência; o PhET permite visualizar e manipular processos invisíveis, como estrutura celular e regulação gênica; é gratuito, intuitivo e pode ser usado inclusive sem rede; estudantes apresentam compreensão mais profunda e desempenho superior ao método tradicional; porém não substitui o laboratório físico, depende de mediação e planejamento do professor. Conclui-se que o PhET é alternativa consistente: ajuda a superar lacunas estruturais, dinamiza o ensino e aproxima o conhecimento científico da realidade das escolas da Região Norte.

Palavras-chave: Plataforma PhET. Simulações virtuais. Ensino de Biologia. Aulas práticas. Escolas - Região Norte do Brasil.

ABSTRACT

Biology teaching faces major challenges in Brazilian public schools, including the predominance of lecture-based classes, difficulties in addressing abstract concepts, the absence of laboratories, and the lack of resources for practical activities. In the Northern Region of Brazil, where structural limitations, irregular internet access, and challenges in teacher training are common, these obstacles become even more significant. This study aims to analyze the contribution of the PhET virtual simulator to the teaching and learning process in Biology, assessing its potential as a pedagogical resource. Specifically, it seeks to investigate the barriers to conducting practical classes, examine evidence regarding the use of virtual simulations, and analyze the extent to which local limitations may affect the implementation of this tool. This research is a qualitative bibliographic study based on the analysis of 34 scientific publications selected from SciELO, the CAPES Journal Portal, and institutional repositories. The reviewed literature indicates that practical activities are essential for connecting theoretical knowledge with real-world experiences, while the PhET simulator enables students to visualize and manipulate biological processes that are otherwise difficult to observe, such as cell structure and gene regulation. The platform is free, user-friendly, and can be used offline, contributing to deeper conceptual understanding and improved student performance compared to traditional teaching methods. However, the findings also show that virtual simulations do not replace physical laboratories and require careful pedagogical planning and effective teacher mediation. It is concluded that the PhET simulator is a valuable educational resource capable of mitigating structural limitations, promoting more dynamic teaching practices, and making scientific knowledge more accessible to students in public schools in the Northern Region of Brazil.

Keywords: PhET Platform; Virtual Simulations; Biology Teaching; Practical Classes; Schools – Northern Region of Brazil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	7
2.1. OBJETIVO GERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1 ENSINO DE BIOLOGIA	8
3.2 PRÁTICA NO ENSINO DE BIOLOGIA	9
3.3. SIMULAÇÕES VIRTUAIS NA BIOLOGIA	11
3.4. SIMULADORES VIRTUAIS	12
3.5. CONTRIBUIÇÕES DO PHET PARA A APRENDIZAGEM	12
3.6. EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS	13
4. MOTODOLOGIA	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6. CONCLUSÃO	22
7. REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a educação brasileira vem sendo marcada por muitas dificuldades, no processo de ensino-aprendizagem nas escolas públicas, que impactam diretamente na aprendizagem dos alunos. É nítida que em algumas práticas pedagógicas a utilização unicamente da corrente tradicional de ensino, contribui para que o professor seja o protagonista no processo de ensino-aprendizagem e o aluno um receptor de informações (Becker, 2001 *apud* Sousa *et al.*, 2016 p. 1).

No ensino de Biologia, os principais problemas estão a complexidade dos conteúdos, o excesso de conceitos abstratos, o predomínio de aulas teóricas e o uso de linguagem técnica. Além disso, a fragmentação dos conteúdos e a valorização da memorização, muitas vezes sem relação com o cotidiano dos alunos, dificultam a compreensão e a aplicação do conhecimento. Como consequência, há menor interesse dos estudantes e uma aprendizagem mais superficial (Silva; Cavalcante, 2020 *apud* Almeida *et al.*, 2025).

Somam-se a esses fatores a carência de infraestrutura adequada, como laboratórios equipados e materiais didáticos diversificados, o que compromete a realização de atividades práticas experimentais, fundamentais para o desenvolvimento de habilidades investigativas (Franco; Moro, 2017; Silva *et al.*, 2025 *apud* Almeida *et al.*, 2025).

Sousa *et al.* (2025) destacam que na Região Norte do Brasil, marcada por sua vasta extensão territorial, diversidade sociocultural e contextos ambientais singulares, esse processo educativo enfrenta inúmeros desafios que exigem soluções contextualizadas e inovadoras.

Dentro desse contexto, os laboratórios virtuais e as simulações surgem como ferramentas inovadoras que permitem a realização de experimentos e simulações que, de outra forma, seriam inviáveis em ambientes tradicionais devido às limitações físicas, financeiras ou de tempo (Fonseca *et al.*, 2025, p. 3).

Estudos indicam que uso de simuladores como o *Physics Education Technology* (PhET) no ensino são alternativas muito importantes para a aprendizagem dos alunos,

pois proporcionam uma sensação de envolvimento, aproximando o estudante da realidade estudada e permitindo que o aluno realize ações, tome decisões, manipule objetos e responda a desafios. Para Kenski (2012), a revolução digital transforma o espaço educacional.

O PhET é um projeto desenvolvido pela Universidade do Colorado que disponibiliza diversas simulações com a intenção de auxiliar no ensino de disciplinas científicas, como física, química, matemática e biologia (Weizenmann, 2018 *apud* Ferreira, 2024).

Além de ser um recurso gratuito e interativo, a plataforma foi desenvolvida com base em extensa pesquisa em educação e busca envolver os estudantes em um ambiente intuitivo, no qual eles aprendem por meio da exploração e da descoberta (PhET, 2026).

No contexto do ensino de Biologia, esse tipo de ferramenta ganha relevância porque permite superar dificuldades relacionadas à abordagem de conteúdos abstratos e favorece a compreensão de fenômenos que nem sempre podem ser observados diretamente em sala de aula (Cravo; Espartosa 2021; Dantas, 2023).

Assim, o uso de simuladores virtuais pode contribuir para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e acessível, especialmente em contextos com limitações estruturais (Cravo; Espartosa, 2021).

Diante disso, surge o seguinte problema de pesquisa: de que maneira as simulações virtuais, especialmente a plataforma PhET, podem contribuir para o ensino de Biologia em escolas da região Norte do Brasil? A relevância desta investigação justifica-se pela necessidade de compreender como recursos tecnológicos podem auxiliar o processo de ensino-aprendizagem em um contexto marcado por limitações estruturais, escassez de laboratórios e desafios na formação docente. Além disso, considera-se que o estudo sobre o uso de simulações virtuais pode oferecer contribuições importantes para a prática pedagógica, uma vez que esses recursos possibilitam a visualização de experiências intangíveis e ampliam as oportunidades de aprendizagem em Biologia.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Compreender a contribuição do simulador virtual PhET para o processo de ensino e aprendizagem de biologia, verificando seu potencial como recurso didático na compreensão de conceitos biológicos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar quais os desafios enfrentados pelas escolas públicas brasileiras para a realização de aulas práticas.
- Examinar evidências sobre as contribuições desses métodos pedagógicos para o ensino e aprendizagem.
- Analisar as limitações estruturais e tecnológicas que dificultam a implementação de simuladores virtuais nas escolas públicas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico está estruturado de modo a abordar os principais conceitos. Inicialmente, será apresentada a importância do ensino de Biologia, com ênfase na evolução dos métodos pedagógicos e na incorporação de recursos educacionais inovadores. Em seguida, será discutida a relevância do ensino prático, destacando seus benefícios para a aprendizagem dos estudantes, bem como as limitações e dificuldades que podem surgir na ausência de atividades práticas. O referencial também tratará das simulações virtuais no ensino de Biologia, evidenciando sua importância para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem e os benefícios pedagógicos percebidos no uso dessas ferramentas, como o aumento da motivação, o maior interesse dos alunos e o desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas. Por fim, serão apresentadas evidências científicas que sustentam a utilização de simuladores virtuais como recurso didático eficiente e significativo no contexto educacional.

3.1 ENSINO DE BIOLOGIA

Muito antes da Biologia ser um componente curricular, os conhecimentos relacionados aos seres vivos, os fenômenos naturais e as relações entre os organismos já despertavam o interesse humano e eram estudados de maneira integrada em diferentes áreas do saber (Silva, 2023, p. 11).

Com o avanço da ciência e a necessidade de sistematização desses conhecimentos, a biologia passou a ocupar um lugar específico na grade curricular escolar, tornando-se uma disciplina fundamental para a compreensão da vida e suas múltiplas dimensões (Silva, 2023, p. 17).

Nesse processo de institucionalização, a disciplina assumiu não apenas a função de transmitir conteúdos, mas também a de formar leitores críticos da realidade natural e social, capacitando os estudantes a interpretar evidências, elaborar hipóteses e tomar decisões informadas sobre questões relacionadas à saúde, conservação ambiental e à tecnologia. Assim, o ensino de biologia contemporâneo articula saberes conceituais, procedimentos efetivos e atitudes éticas, enfatizando competências

científicas que favorecem a cidadania e a responsabilidade socioambiental (Lima; Garcia, 2011).

Em consonância com essa perspectiva formativa, novas abordagens didáticas e recursos tecnológicos, entre eles as simulações virtuais, têm sido incorporados ao ensino com objetivo de ampliar possibilidades de investigação e promover aprendizagem significativa em contextos escolares (Sousa *et al.*, 2025).

Dessa forma o ensino de biologia se torna uma ferramenta essencial que contribui significativamente para formação crítica e científica dos estudantes, na medida em que possibilita a compreensão dos fenômenos naturais, o desenvolvimento do raciocínio investigativos e a análise reflexiva sobre questões relacionadas à vida, à saúde ao meio ambiente e à sociedade (Lima; Garcia, 2011).

3.2 PRÁTICA NO ENSINO DE BIOLOGIA

Com o advento da Biologia moderna e o surgimento de novas áreas de investigação como a genética, a biologia celular e os estudos de ecossistemas, tornou-se cada vez mais evidente a necessidade de práticas pedagógicas que favorecessem uma compreensão mais clara e aprofundada desses conteúdos (Silva *et al.*, 2024). Nesse contexto, as práticas laboratoriais assumem papel de destaque no ensino de Biologia, uma vez que possibilitam a articulação entre teoria e prática, além de contribuírem para a construção de conhecimentos científicos de forma mais concreta e significativa. Para se ter uma dimensão de sua relevância, é importante destacar que as práticas laboratoriais surgiram inicialmente nas universidades com o objetivo principal de formar futuros cientistas, evidenciando, desde sua origem, sua função investigativa e formativa no processo educacional (Lima; Garcia, 2011).

No ensino de Biologia, muitos conceitos apresentam elevado grau de complexidade, o que dificulta a assimilação de todo o conteúdo pelos alunos apenas por meio da teoria. Nesse contexto, as aulas práticas constituem um dos pilares do ensino de Biologia, pois favorecem a aprendizagem ativa e a articulação entre os conhecimentos teóricos e os recursos concretos.

As práticas laboratoriais são ferramentas auxiliadoras que potencializam o aprendizado, facilitando a compreensão dos conceitos biológicos pelos alunos.

Segundo Santos *et al.*, (2016), alunos em aulas práticas absorvem conteúdos com mais facilidade, tornando as aulas mais prazerosas para os estudantes e professores.

Experimentos laboratoriais são fundamentais para desenvolver competências investigativa prevista na BNCC, como elaboração de hipóteses, coleta sistêmica de dados e análise crítica de resultados em contexto biológicos reais (Brasil, 2018).

Essas práticas treinam não apenas habilidades técnicas, (observação microscópica, titulação, dissecação), mas também, competências socioemocionais, persistência diante de falhas experimentais e colaboração em grupo durante protocolos padronizados. Cravo e Espartosa (2020), reforçam que práticas bem conduzidas tornam o invisível visível, acelerando compreensão de processos vivos e abstratos como difusão celular, fotossínteses e seleção natural. Segundo os autores, manipular variáveis em tempo real, gera compreensão súbita e profunda, impossíveis via aulas expositivas tradicionais.

A falta de aulas práticas no ensino de biologia limita a compreensão de conceitos abstratos, tornando a disciplina excessivamente teórica focada em memorização e menos atrativa. Essa carência, agravada por infraestrutura precária e falta de tempo para preparo, impede que alunos conectem conteúdos como, genética e ecossistemas, ao cotidiano (Lira; Senna Junior, 2024, p. 4).

Por outro lado, não é suficiente que a escola disponha de equipamentos modernos e de uma infraestrutura adequada se os professores não estiverem comprometidos com sua prática profissional e não conseguirem mobilizar o interesse dos alunos pelas aulas. (Lima; Garcia, 2011).

Nesse sentido, a efetividade dos recursos pedagógicos depende não apenas de sua disponibilidade, mas também da intencionalidade didática com que são utilizados. Quando isso não ocorre, tais recursos tornam-se pouco significativos, reduzindo-se a uma proposta que permanece apenas no plano formal, sem contribuir de maneira concreta para o processo de ensino-aprendizagem e para a formação dos estudantes (Lima; Garcia, 2011).

3.3. SIMULAÇÕES VIRTUAIS NA BIOLOGIA

Com a chegada da atualidade e o avanço das tecnologias digitais, diversas ferramentas de ensino e aprendizagem passaram a assumir papel cada vez mais

relevante no contexto educacional, entre elas as simulações virtuais e os laboratórios virtuais. Esses recursos vêm se consolidando como estratégias pedagógicas inovadoras, capazes de ampliar as possibilidades de ensino, especialmente ao contribuir para a superação de barreiras estruturais que ainda limitam a realização de atividades práticas em muitas instituições (Bastos *et al.*, 2025).

As simulações virtuais podem constituir uma ferramenta poderosa para o ensino de Ciências, desde que sejam utilizadas de forma intencional e mediada pelo professor. Nesse sentido, estudos recentes indicam que ferramentas digitais favorecem uma aprendizagem mais ativa, crítica e reflexiva, além de ampliarem a participação dos estudantes e a construção de conhecimentos significativos (Dutra, 2025; Lima *et al.*, 2022).

Nesse sentido, o uso do PhET tem sido apontado como um recurso didático capaz de favorecer a aprendizagem ativa e a compreensão de conceitos científicos, além de ampliar as possibilidades de ensino em contextos escolares que carecem de laboratórios físicos (Faiões, 2022).

Dutra (2025), Lima *et al.*, (2022) e Faiões, (2022) defendem o uso de tecnologias na aprendizagem pode ser de grande relevância, claro que, quando usado da maneira certa e por pessoas capacitadas, caso contrário ela pode se tornar uma ferramenta que em vez de ajudar pode atrapalhar o aprendizado.

Alguns anos atrás o mundo passou por um momento bem delicado, que foi a pandemia. Pudemos observar que as tecnologias e simulações virtuais foram muito importantes para que os alunos conseguissem dar continuidade ao ano letivo, especialmente no contexto pandêmico, quando o uso de recursos digitais se tornou essencial para a manutenção das atividades educacionais (Tarouco *et al.*, 2024)

3.4. SIMULADORES VIRTUAIS

Com a consolidação da era digital, surgiram inúmeros simuladores virtuais destinados à educação, que têm contribuído significativamente para o processo de ensino-aprendizagem. Entre as plataformas mais citadas na literatura encontram-se PhET, *Biology Simulation*, Learn.Genetics, Ask a Biologist, Virtual Microscope e Praxilabs (Lima *et al.*, 2022).

Esses simuladores representam um recurso pedagógico eficaz no contexto contemporâneo, pois possibilitam a realização de experimentos e atividades práticas que, presencialmente, seriam de difícil execução, apresentariam riscos à saúde ou demandariam infraestrutura inexistente em áreas remotas. Desse modo, tais ferramentas ampliam o acesso a experiências laboratoriais, promovem a segurança e favorecem a inclusão educacional, especialmente em locais com recursos limitados (Gomes *et al.*, 2020)

3.5. CONTRIBUIÇÕES DO PHET PARA A APRENDIZAGEM

O PhET foi criado em 2002 pelo físico Carl Wieman, ganhador do Prêmio Nobel, na cidade de Boulder, nos Estados Unidos. Inicialmente, sua proposta estava voltada para o ensino de Física, porém, com o passar do tempo, a plataforma expandiu-se para outras áreas do conhecimento, como Matemática, Química, Biologia e Ciências da Terra e do Espaço. Atualmente, é utilizada internacionalmente e teve ampla adesão durante o período da pandemia, conforme apontam (Medeiros *et al.*, 2024).

O simulador PhET se destaca por suas simulações interativas, como Seleção Natural, Fundamentos da Expressão Gênica e Máquina Gênica, entre outras. Trata-se de um recurso de fácil manuseio, que pode ser utilizado até mesmo em laboratórios de informática escolares. Entre suas principais características, destacam-se a possibilidade de visualização de conceitos abstratos, a oferta de um ambiente seguro para experimentação, o caráter multidisciplinar e a acessibilidade offline, além de ser disponibilizado gratuitamente. Dessa forma, constitui-se em uma ferramenta importante para professores que necessitam de recursos práticos para ministrar seus conteúdos (Santos, 2016).

No ensino de Ciências, o uso do PhET tem contribuído significativamente para a ampliação do conhecimento científico no processo de ensino-aprendizagem, possibilitando a visualização e a análise de fenômenos em nível macroscópico (Souza, 2025). De acordo com Ramos (2020), as atividades práticas representam um ponto de partida para a compreensão de conceitos, e, nesse contexto, a plataforma

PhET desempenha papel relevante ao facilitar a aprendizagem de conteúdos de maior complexidade por meio de simulações interativas.

3.6. EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS

As simulações virtuais vêm sendo amplamente utilizadas no contexto educacional como recurso metodológico capaz de favorecer a compreensão de conteúdos complexos e abstratos. Por meio de ambientes interativos, esses recursos permitem que o estudante observe fenômenos, teste hipóteses, manipule variáveis e acompanhe resultados de maneira dinâmica, contribuindo para uma aprendizagem mais ativa e significativa. Além disso, as simulações virtuais podem tornar o processo de aprendizagem mais acessível, pois possibilitam a visualização de fenômenos que, muitas vezes, não seriam facilmente demonstrados em sala de aula (Souza, 2024).

Cravo e Espartosa, (2020), afirmam que simulações virtuais trazem benefícios de aceleração a visualização de conceitos biológicos tornando conceitos abstratos como genética mais concretos para estudantes do ensino médio e beneficiando especialmente escolas sem infraestrutura laboratorial

Simuladores virtuais consistem na junção da teoria com a prática de forma dinâmica e interativa em que fenômenos biológicos são trabalhados em formato de laboratório virtual. Diferentemente das aulas expositivas tradicionais, essas ferramentas permitem que o estudante assuma papel ativo na construção do conhecimento, testando hipóteses e observando resultados em tempo real. No contexto brasileiro, especialmente em escolas públicas sem infraestrutura laboratorial adequada, representam solução viável para suprir limitações estruturais crônicas do ensino médio. (Dantas, 2023, p.45).

Segundo Dantas (2023), simuladores virtuais são o futuro das aulas práticas no ensino de ciências, as novas tecnologias estão abrindo caminho para uma nova era na aprendizagem educacional, trazendo possibilidades que outrora eram impossíveis com laboratórios tradicionais, com o simulador PhET os conceitos biológicos teriam um melhor aproveitamento dos alunos.

Diante do exposto, evidencia-se que as práticas laboratoriais ocupam um lugar central no ensino de Biologia, sobretudo por favorecerem a articulação entre teoria e prática, o desenvolvimento de habilidades investigativas e a compreensão de conceitos que, muitas vezes, apresentam elevado grau de abstração (Almeida; Filho; 2025).

Além disso, quando associadas a uma mediação pedagógica adequada, essas práticas contribuem para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico, significativo e próximo da realidade dos estudantes (Silva *et al.*, 2024).

Assim, torna-se fundamental refletir sobre estratégias que ampliem as possibilidades de realização dessas atividades no contexto escolar, especialmente diante das limitações estruturais enfrentadas por muitas instituições de ensino. Nesse cenário, as simulações virtuais emergem como uma alternativa promissora, capaz de complementar as práticas tradicionais e de fortalecer a aprendizagem em Biologia (Dantas, 2023).

4. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa, desenvolvida por meio da análise de estudos científicos sobre a utilização de simuladores virtuais no ensino de Biologia, com ênfase na plataforma PhET para identificar as contribuições, potencialidades, limitações e desafios dessa ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem no contexto educacional de Roraima.

O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados Portal de Periódicos da CAPES, SciELO e Google Scholar, utilizando os seguintes descritores: "ensino de Biologia", "laboratórios virtuais", "simuladores virtuais", "PhET", "tecnologias digitais na educação" e "aprendizagem".

A busca inicial resultou em 60 estudos. Após a leitura dos títulos e resumos, foram excluídos 20 trabalhos por não apresentarem relação direta com o tema da pesquisa. Em seguida, procedeu-se à leitura integral dos estudos selecionados, sendo excluídos 6 artigos por não atenderem aos critérios de inclusão. Ao final, 34 artigos compuseram o corpus da pesquisa.

Como critérios de inclusão, foram considerados estudos publicados entre 2016 e 2026, além de alguns trabalhos clássicos considerados relevantes para a fundamentação teórica, disponíveis na íntegra, em português, e que abordassem a utilização de simuladores virtuais, laboratórios virtuais, tecnologias digitais e o ensino de Biologia. Foram excluídos trabalhos duplicados, resumos de eventos, estudos sem acesso ao texto completo e pesquisas que não apresentavam relação direta com o objetivo deste estudo.

A análise dos artigos foi realizada por meio de análise temática, organizando os estudos em categorias relacionadas às contribuições dos simuladores virtuais para o ensino de Biologia, às potencialidades pedagógicas, às limitações encontradas e aos desafios para sua implementação no ambiente escolar, especialmente na realidade educacional de Roraima.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura permitiu identificar que as aulas práticas constituem um dos principais recursos metodológicos para o ensino de Biologia, favorecendo a compreensão dos conteúdos, o desenvolvimento do pensamento científico e a aproximação entre teoria e prática.

Nesse contexto, Interaminense (2019) aponta que as aulas práticas constituem um recurso metodológico essencial, pois tornam os conceitos biológicos mais compreensíveis, dinâmicos e próximos da realidade dos estudantes. Essa visão converge com os achados de Oliveira e Gomes (2020), os quais também reforçam que a vivência prática é indispensável para a construção do conhecimento biológico. Além disso, Interaminense (2019) destaca que a ausência de laboratórios, a escassez de materiais e a insuficiente formação docente estão entre os principais obstáculos para realizar essas atividades. Dessa forma, a articulação entre teoria e prática é fundamental para promover uma aprendizagem significativa no ensino de Biologia.

Oliveira e Gomes (2020), com base em entrevistas realizadas com ex-professores, afirmam que o microscópio constitui um recurso essencial para o desenvolvimento de atividades práticas, pois possibilita a observação de estruturas invisíveis a olho nu, como células e microrganismos. Além disso, os autores destacam que esse instrumento contribui para a consolidação da cultura disciplinar da Biologia e para a aproximação do ensino escolar ao conhecimento científico. Ao contrário de abordagens que priorizam apenas a transmissão teórica, esses autores demonstram que a visualização concreta é base para entendimento, ponto que também é defendido por Interaminense (2019) ao tratar da necessidade de dinamizar o ensino.

Nessa perspectiva, uma das professoras entrevistadas evidencia a relevância desse recurso ao relatar:

Você não pode abrir mão porque daí você vai dizer: como é que eu vou dar aula dessa forma? Como é que eu vou fazer o experimento, se eu não tenho material óptico? Eu acho que o material óptico, na época que a gente tinha, que eram bons para a época, eu acho que a gente não podia abrir mão porque sem eles a gente não podia realmente fazer tudo aquilo que a gente gostaria de trabalhar com os alunos. Então, eu acho que isso era uma das coisas que a gente não podia abrir mão. (Oliveira; Gomes, 2020, p. 10).

O depoimento evidencia que a disponibilidade de recursos laboratoriais, é indispensável para a realização de atividades práticas que favoreçam a observação, a investigação e a construção do conhecimento científico pelos estudantes. Dessa forma, a infraestrutura laboratorial constitui um elemento essencial para a qualidade do ensino de Biologia. Nesse ponto, Amaral *et al.*, (2025) e Souza *et al.*, (2025) complementam essa análise. Diferente de Oliveira e Gomes (2020) que investigam uma única instituição em período passado, os autores mais recentes demonstram que a falta de infraestrutura persiste como um problema generalizado em todo o território brasileiro, sendo ainda mais acentuada na região Norte.

Amaral *et al.*, (2025) apontam que a fragilidade da infraestrutura das escolas brasileiras, a ausência de espaços adequados para laboratórios e a escassez de materiais didáticos constituem barreiras significativas para a implementação de aulas práticas. Segundo os autores, muitos professores concluem sua formação inicial sem o preparo necessário para planejar e desenvolver atividades laboratoriais, o que dificulta a realização dessas práticas no contexto escolar. Isso dialoga com o que expõe Sousa *et al.*, (2025), embora esses autores aprofundem o problema ao mostrar que a falta de preparo não se restringe apenas a práticas laboratoriais, mas também ao domínio de conteúdos específicos e à formação continuada.

Dessa forma, evidencia-se que superar esses desafios depende tanto de investimentos em infraestrutura quanto da valorização e qualificação permanente dos professores. Assim como Amaral *et al.*, (2025), Sousa *et al.*, (2025) rejeitam a ideia de que o problema seja apenas material: ambos concordam que a formação docente é um pilar central. Os autores destacam que muitos docentes não se sentem preparados para temas complexos como Biologia Molecular, além de ser comum a atuação de profissionais de outras áreas na disciplina, situação que agrava os obstáculos, especialmente na região Norte.

Oliveira e Gomes (2020) e Interaminense (2019) destacam que as limitações de infraestrutura e as dificuldades para realização de aulas práticas comprometendo o ensino de Biologia, especialmente no que se refere à vivência experimental dos conteúdos. No entanto, ambos os estudos evidenciam que, mesmo diante dessas restrições, o professor pode recorrer a estratégias pedagógicas que tornem o

processo de ensino-aprendizagem mais significativo, como recursos didáticos, atividades práticas adaptadas e metodologias interativas.

Nesse ponto, Oliveira e Gomes (2025) e Interaminense (2019) divergem de uma visão mais pessimista que apontaria a falta de estrutura como um obstáculo intransponível, e antecipam a solução que será detalhada por Cravo e Espartosa (2021) e Martins e Araújo (2025): a busca por alternativas viáveis ao laboratório tradicional. Nesse sentido, tais propostas contribuem para um ensino mais dinâmico e contextualizado, favorecendo a construção do conhecimento científico pelos estudantes.

Diante desse cenário, observa-se que as dificuldades enfrentadas pelas escolas não estão relacionadas apenas à falta de recursos materiais, mas também às condições de trabalho e de formação dos professores. Esses fatores limitam a utilização de metodologias práticas e investigativas, comprometendo a aproximação dos estudantes com o conhecimento científico e reduzindo as oportunidades de uma aprendizagem mais significativa (Amaral, 2025). Essa conclusão é compartilhada por Souza *et al.*, (2025), que acrescenta que, sem estratégias alternativas, essas limitações tendem a perpetuar um ensino descontextualizado e baseado apenas na memorização.

Nesse contexto, torna-se necessário buscar estratégias didáticas capazes de minimizar as limitações estruturais presentes em muitas instituições de ensino. Entre essas alternativas, destacam-se os simuladores virtuais, que vêm sendo utilizados como ferramentas de apoio ao ensino de Biologia, especialmente na abordagem de conteúdos abstratos e de difícil compreensão (Martins; Araújo, 2025). Essa proposta alinha-se aos achados de Cravo e Espartosa (2021), que já haviam identificados que plataformas como o PhET são capazes de suprir lacunas quando não há possibilidades de atividades presenciais ou materiais concretos.

Dentre as plataformas disponíveis, o PhET destaca-se por possibilitar a visualização interativa de fenômenos e processos científicos, favorecendo a participação ativa dos estudantes e a construção do conhecimento. Nesse sentido, Martins e Araújo (2025, p. 3), com base nos estudos de Moura e Lavor (2021), Feitosa *et al.*, (2020), Gregório *et al.*, (2014) e Araújo *et al.*, (2021), afirmam que os simuladores da plataforma PhET promovem maior envolvimento dos alunos e

contribuem para uma melhor compreensão dos conteúdos. Conforme destaca Cravo e Espartosa (2021), essa vantagem se deve justamente ao fato de a ferramenta transformar conceitos abstratos em elementos manipuláveis, o que também é ressaltado por Medeiros Júnior, Naia e Lopes (2024)

Medeiros Junior, Naia e Lopes (2024) também afirmam que as simulações PhET são ferramentas interativas que facilitam a aprendizagem ativa e a compreensão de conceitos abstratos, tornando visuais fenômenos que, na prática, seriam invisíveis, a exemplo da presença de campos ou manifestações do mundo microscópico. Essa característica faz com que o simulador cumpra a função similar à do microscópio descrita por Oliveira e Gomes (2020), com a vantagem adicional de não depender de equipamentos físicos raros ou caros.

Falchi e Fortunato (2018 *apud* Souza, 2024) afirmam que o simulador PhET possibilita aos professores integrarem aulas teóricas e práticas, tornando o processo de ensino mais dinâmico e favorecendo uma aprendizagem interativa. Os autores também destacam que a plataforma pode ser utilizada como ferramenta de apoio em laboratórios escolares sem a necessidade de acesso à internet durante as aulas. Cravo e Espartosa (2021) reforçam essa versatilidade, observando que a ferramenta se adapta tanto a escolas com boa estrutura quanto aquelas com recursos limitados.

Martins e Araújo (2025) investigaram a contribuição da simulação "Fundamentos da Expressão Gênica", disponível na plataforma PhET, para o ensino de Biologia em turmas do ensino médio. Os resultados demonstraram que os estudantes que utilizaram a simulação (grupo intervenção) apresentaram melhor compreensão dos conceitos relacionados à regulação da expressão gênica quando comparados aos alunos que participaram de aulas expositivas tradicionais (grupo controle).

O grupo intervenção demonstrou melhor compreensão do conceito de regulação gênica, uma vez que 89,9% dos participantes relacionaram corretamente a regulação da expressão gênica às diferenças morfológicas e fisiológicas das células, em comparação com 47,8% no grupo controle. O grupo controle distribuiu suas respostas entre todas as opções, diferente do grupo intervenção, que concentrou suas respostas entre duas alternativas, demonstrando menor dificuldade em responder à questão (Martins; Araújo, 2025, p. 8).

Medeiros Junior, Naia e Lopes (2024), ao realizarem uma meta-análise sobre o uso das simulações interativas do PhET no ensino, verificaram que os estudantes que utilizaram essa ferramenta apresentaram desempenho significativamente superior em comparação àqueles que foram submetidos apenas a métodos convencionais de ensino, sejam eles teóricos ou experimentais. A análise de 23 estudos revelou uma vantagem média de aproximadamente 95% para o grupo que utilizou o PhET, indicando que as simulações virtuais contribuem de forma expressiva para a aprendizagem. Embora tenha sido observada elevada heterogeneidade entre os estudos analisados, os autores concluíram que as evidências favorecem o uso do PhET como recurso didático, mesmo considerando a presença de um estudo com resultados discrepantes (outlier).

Ainda que apresentem dados mais robustos, esses autores não negam as limitações da ferramenta, como já havia sido feito por Cravo e Espartosa (2021), que alertam, o simulador não resolve todos os problemas se usado de forma descontextualizado.

Por fim, Oliveira e Gomes (2020) ressaltam que a simulação, por si só, não garante aprendizagem, sendo indispensável o papel do professor na mediação do conteúdo. Assim, o uso do PhET deve ser compreendido como um recurso complementar, capaz de potencializar as aulas quando associado a um planejamento pedagógico adequado. Essa ressalva é compartilhada por Cravo e Espartosa (2021), que destaca que as eventuais deficiências da ferramenta podem ser contornadas justamente pela atuação consciente e planejada do docente.

Em síntese, a literatura analisada evidencia que as aulas práticas permanecem essenciais para o ensino de Biologia, porém sua efetivação ainda encontra obstáculos relacionados à infraestrutura escolar, à disponibilidade de recursos e à formação docente. Nesse contexto, os simuladores virtuais, especialmente a plataforma PhET, apresentam-se como uma alternativa pedagógica capaz de minimizar parte dessas limitações, desde que utilizados de forma planejada e mediados pelo professor. Assim, a integração entre recursos tecnológicos e metodologias ativas amplia as possibilidades de construção do conhecimento científico, contribuindo para um processo de ensino e aprendizagem mais dinâmicos, contextualizado e significativo.

6. CONCLUSÃO

No contexto educacional de Roraima, caracterizado por desafios relacionados à infraestrutura escolar e ao acesso a laboratórios físicos, os simuladores virtuais apresentam-se como uma alternativa viável para ampliar as possibilidades de experimentação e investigação científica. Ferramentas como o PhET podem contribuir para tornar o ensino de Biologia mais dinâmico, interativo e acessível, permitindo que os estudantes visualizem fenômenos que muitas vezes não poderiam ser observados em ambientes escolares convencionais.

Assim, a literatura analisada indica que os simuladores virtuais apresentam potencial para contribuir para a aprendizagem, aumentar o engajamento dos estudantes e favorecer a compreensão de conceitos biológicos complexos. Contudo, sua efetividade depende da integração com práticas pedagógicas planejadas e da atuação do professor como mediador do processo de ensino e aprendizagem.

Como limitações desta pesquisa, destacam-se o tempo reduzido para a realização do estudo, o recorte específico analisado e o acesso limitado a algumas fontes e materiais. Mesmo assim, essas restrições não diminuem a contribuição do trabalho, mas indicam caminhos para futuras investigações.

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação do simulador em aulas de Biologia nas escolas de Roraima. Dessa forma, será possível avaliar, em um contexto real de ensino, sua efetividade como ferramenta de apoio ao processo de ensino e aprendizagem da Biologia no estado.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M.; SILVA, C. D. D.; TAVARES, G. T. P.; TORRES, C. L. O.; SANTOS, D. B. **Simulação e modelização como recurso didático no ensino de biologia**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), Campina Grande: Realize Editora, 2025 ISSN 2358-8829.

AMARAL, F. M. F.; QUEIROZ, G. M. A.; ARAUJO, M. M.; SILVA, J. C. D.; CONCEIÇÃO, M. S. **Os desafios da falta de laboratório na qualidade do ensino de Biologia na educação básica: uma análise da literatura**. *Interference Journal*, v. 11, n. 2, p. 8267-8284, 2025. DOI: 10.36557/2009-3578.2025v11n2p8267-8284.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: educação é a base. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 10 jul. 2026.

CRAVO, A. R.; ESPARTOSA, K. D. **Avaliação de simulações interativas em ciências da Plataforma on-line “Phet” por meio de parâmetros de avaliação e de oficinas com futuro docentes**. Revista de Ensino de Biologia, v. 14, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.46667/renbio.v14i1.389>. Acesso em: 3 abr. 2026.

DANTAS, M. I. L. **Uso de simuladores virtuais no ensino de Biologia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/handle/riufs/17270>>. Aceso em 15 de mai de 2026.

DUTRA, L. **Ferramentas Digitais e a Aprendizagem Ativa no Ensino de Ciências: Uma Revisão Sistemática**. 2025. 18 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia Recife-PE 2025.

FAIÕES, V. S. **Simulações PhET: recurso didático-pedagógico para o ensino de ciências alinhado à Base Nacional Comum Curricular**. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, Ponta Grossa, v. 15, p. 1-17, 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect>. Acesso em: 10 jun. 2026.

FARIAS, W.; RAMOS, L. O. L. **Laboratórios virtuais no ensino de biologia: uma experiência no Programa Residência Pedagógica**. *Revista Retratos da Escola*, Brasília, v. 19, n. 44, p. 815-826, maio/ago. 2025. DOI: 10.22420/rde.v19i44.1967. Disponível em: <<http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde>>. Acesso em: 5 maio. 2026.

FERREIRA, J. M. M.; GUIDOTTI, C. S. **Ensino de eletricidade com o simulador computacional PhET: uma proposta de sequência didática para área de Física/Ensino de Física**. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física EAD) – Instituto de Matemática, Estatística e Física, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2024.

FILHO, J. M. S.; NANTES, E. A. S.; MORAIS G. C.; SAMPAIO, K. O.; BORGES, R. C. G. M.; SANTOS T. C.; MINETO, B. F. R. S.; SILVA, N. A. **Das salas de aula aos ambientes virtuais de aprendizagem:** Uma leitura de novas possibilidades de aprendizagem pelo olhar de Vani Moreira Kenski. 20º Encontro de atividades científicas, Londrina 2017. Disponível em: hare.google/mxzTFMu1gTTPukx8M <https://s>. Acesso em 06 de jul de 2026.

FONSECA, A. B. B. N.; SANTOS, A.; SILVA, A. M.; FRANÇA FILHO, F. R.; RIAL, G. M.; CAZELI, G. G.; ALCANTARA, M. L. S.; SANTOS, S. P. **Laboratórios virtuais e simulações no ensino de ciências.** *Revista Interdisciplinar*, v. 10, n. 4, e1310, 2025. DOI: 10.52641/cadcajv10i4.1310. ISSN 2448-0916.

GOMES, C. P. W.; SILVA, B. P.; VANZIN, D. C. C.; ZANOTTA, P. A. **Uso de softwares simuladores no ensino da Química Orgânica.** *SEMEPT Resumos*, Bento Gonçalves, RS, v. 6, dez. 2020. ISSN 2594-7893.

INTERAMINENSE, B. K. S. **A importância das aulas práticas no ensino da Biologia:** uma metodologia interativa. *Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, v. 13, n. 45, Suplemento 1, p. 342-354, 2019. Disponível em: <http://idonline.emnuvens.com.br/id>. Acesso em: 2 jul. 2026.

KENSKI, V.M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância.** Campinas: Papirus, 2012.

LIMA, D. B.; GARCIA, R. N. **Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio.** *Cadernos do Aplicação*, Porto Alegre, v. 24, n. 1, jan./jun. 2011.

LIMA, J. A.; CHAGAS, J. F. B.; COSTA, M, S.S. P. **Simuladores virtuais no ensino de Ciências: elaboração de uma cartilha como ferramenta para a Educação Básica.** In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO DE CIÊNCIAS (CONAPESC), 7., 2022, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2022. Disponível em: Realize Editora. Acesso em: 10 jul. 2026..

LIRA, A. C.; SENNA JUNIOR, M. **A limitação de recursos laboratoriais e seus impactos na aprendizagem conceitual e no engajamento discente no ensino de biologia.** *Revista Tópicos*, v. 8, n. 1, p. 1–12, 2024. Disponível em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/a-limitacao-de-recursos-laboratoriais-e-seus-impactos-na-aprendizagem-conceitual-e-no-engajamento-discente-no-ensino-de-biologia>. Acesso em: 12 jul. 2026

LIRA, A. T. Silva; SENNA JUNIOR, V. A. **Desafios na aplicação de práticas laboratoriais de Ciências e Biologia nas escolas públicas.** *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (REASE)*, v. 10, n. 10, 2024. DOI: 10.51891/rease.v10i10.16376.

MARTINS, A. K. P.; ARAÚJO, P. C. **O uso da plataforma PhET (Physics Education Technology) para uma aprendizagem significativa em biologia.** *Revista DELOS*, Curitiba, v. 18, n. 67, p. 1-20, 2025. DOI: 10.55905/rdelosv18.n67-126.

MEDEIROS JUNIOR, R. N.; NAIA, M. D.; LOPES, J. B. **Simulações interativas do PhET nas práticas de ensino da física: uma meta-análise.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 46, e20240186, 2024. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0186.

NASCIMENTO FILHO, P. G. F.; ALMEIDA, S. M. N. **A importância das aulas laboratoriais para o processo de ensino e aprendizagem de Biologia e os desafios da profissão docente.** *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática (RBECM)*, Passo Fundo, v. 8, n. 1, p. 255-273, 2025. DOI: 10.5335/rbecm.v8i1.16002.

OLIVEIRA, F. A.; GOMES, M. M. P. L. **O microscópio como objeto escolar da disciplina Biologia no Colégio Pedro II (1960-1970).** *Ciência & Educação*, Bauru, v. 26, e20066, 2020. DOI: 10.1590/1516-731320200066.

PASCOIN, A. F.; CARVALHO, J. W. P. **Representações quantitativas em laboratórios virtuais para o ensino de química.** *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, v. 22, n. 2, p. 152-159, 2021. DOI: 10.17921/2447-8733.2021v22n2p152-159. Disponível em: <<https://revistaensinoeeducacao.pgsskroton.com.br/article/view/7569>>. Acesso em: 5 jun. 2026.

RAMOS, M. C.; CARDOSO, K. T. S. N.; CARVALHO, M. C. S. **O ensino de Ciências com o uso da ferramenta digital simulador PhET, por meio de estratégia investigativa, nos anos finais do ensino fundamental.** Congresso Internacional de Educação e Tecnologia, Ciet Enped Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância. 12,p. 2020.

SANTOS, R. V. **A utilização do software livre PhET como material de apoio ao professor no processo de ensino-aprendizagem de Física.** 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Teresina, 2016.

SILVA, A. B.; SILVA FILHO, E. D.; DANTAS, G. M.; GUERRA, A. L. R.; AUGUSTO, E. A.; LEÃO, U. D. F. **O ensino de Biologia: desafios e perspectivas contemporâneas.** *Research, Society and Development*, v. 14, n. 8, e0114849315, 2025. DOI: 10.33448/rsd-v14i8.4 9315.

SILVA, D. C. M.; BARROS, R. P.; ARAÚJO, A. S.; MIRANDA, J. S.; TORRES, I. L. N.; SILVA, R. C. **A experimentação em Biologia como instrumento para a compreensão e construção do saber científico na formação docente.** *Revista Aracê*, São José dos Pinhais, v. 6, n. 4, p. 12963-12976, 2024. DOI: 10.56238/arev6n4-122.

SILVA, T. R. **O ensino de biologia no Brasil (1946-1965): disputas, tradições e inovações.** Cultura acadêmica editora. São Paulo 2023: DOI: <https://doi.org/10.36311/2023.978-65-5954-417-2>.

SOUSA, S. B.; BOTELHO, S. de O.; SOUSA, I. S.; SANTOS, F. M.; SILVA, F. L. da; SOUZA, Á. **Desafios e estratégias no ensino de ciências na região Norte do Brasil.** *Lumen et Virtus*, São José dos Pinhais, v. 16, n. 50, p. 7986-8001, 2025. DOI: 10.56238/levv16n50-005.

SOUSA, I. C.; ARAÚJO, M. S.; ALMEIDA, J. S.; SARAIVA, V. C.; NOLÊTO, I. M. C. **A importância da aula prática no laboratório de Biologia:** ferramenta formativa no processo de ensino-aprendizagem de alunos do curso técnico em Análises Clínicas em Florianópolis/PI. Realize Editora, 2016. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2016/TRABALHO_EV056_MD1_SA18_ID4283_08072016140917.pdf>. Acesso em 13 de abr. de 2026

SOUZA, V. A. **A importância do PhET em aulas de laboratório de Engenharia Elétrica.** Relato de experiência. Volta Redonda, RJ, Simpósio das Exatas 2025. Disponível em: <<https://conferencias.unifoa.edu.br/exatas/article/view/2112>>. Acesso em 27 de jun. de 2026.

SOUZA, B. **O uso do simulador PhET no ensino de Química:** uma revisão sistemática. 2024. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologias Digitais Aplicadas à Educação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina, Petrolina, 2024.

TAROUÇO, L. M. R.; SILVA, P. F.; MACHADO, L. A.L. M. **Uma análise sobre redução do uso de tecnologias educacionais nas escolas de educação básica no retorno às aulas presenciais pós-pandemia de COVID-19.** *Revista da FUNDARTE*, Montenegro, v. 58, n. 58, p. 1-24, e1343, 2024. Disponível em: <<https://seer.fundarte.rs.gov.br>>. Acesso em: 5 maio. 2026.