



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

*O uso de simuladores no ensino de ciências, um
levantamento bibliográfico*

Guilherme Nascimento da Silva

Planaltina,



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS

***O uso de simuladores no ensino de ciências, um
levantamento bibliográfico***

Guilherme Nascimento da Silva

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Banca Examinadora, como exigência parcial
para a obtenção de título de Licenciada ou
Licenciado do Curso de Ciências Naturais da
Faculdade UnB Planaltina, sob a orientação da
Prof.^a Dr.^a Viviane aparecida Da Silva Falcomer*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem a presença, o carinho e o apoio de muitas pessoas que, cada uma à sua maneira, fizeram parte dessa caminhada.

À minha família, em especial aos meus pais e irmãos, por sempre acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava. Vocês são meu porto seguro e minha maior motivação.

A minha orientadora, Viviane, agradeço não apenas pela competência acadêmica, pela leitura atenta e pelas orientações precisas, mas principalmente por aceitar me orientar nesse trabalho.

Aos professores e professoras do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza, agradeço por cada aula, conversa de corredor e provocação intelectual que enriqueceram minha formação e me ajudaram a enxergar o ensino de Ciências com olhos mais críticos e apaixonados.

Aos colegas de turma e do grupo de estudos, agradeço pelas trocas, pelas mensagens de ânimo nos momentos difíceis e pela alegria de celebrarmos juntos cada pequena conquista. Vocês transformaram a jornada acadêmica em amizade verdadeira.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, cruzaram meu caminho nesses anos e contribuíram para que eu chegasse até aqui. Como bem sabemos: não chegamos até aqui sozinhos, e certamente não iremos longe sozinhos. Vamos com companhia e que companhia bonita temos!

Com gratidão e carinho,

O uso de simuladores no ensino de ciências, um levantamento bibliográfico

**Guilherme
Nascimento da Silva**

Resumo:

A presente pesquisa analisa o uso de simuladores virtuais e não virtuais no ensino de Ciências da Natureza a partir de 27 trabalhos publicados nas últimas quatro edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), entre 2017 e 2023. Diante das controvérsias envolvendo inteligências artificiais generativas e o uso restrito de celulares na sala de aula, os simuladores surgem como alternativa equilibrada, capaz de auxiliar o raciocínio crítico sem substituí-lo e transformar dispositivos móveis em laboratórios portáteis ou espaços de debate ético. Com enfoque qualitativo e estratégia de pesquisa documental, foi utilizado a Análise Textual Discursiva (Moraes; Galiazzi, 2020) para identificar quatro categorias principais: simuladores computacionais como mediadores cognitivos e de visualização, simulações não computacionais para argumentação sociocientífica, necessidade de formação docente em TDIC e combinação de simuladores e experimentos. Os resultados deixam evidentes a evolução do campo para uma perspectiva ético-sociocientífica alinhada à BNCC, com destaque para o Physics Education Technology ou PhET e o júri simulado, além da relação complementar entre ferramentas digitais e práticas de baixo custo como estratégia viável em contextos de recursos limitados. Conclui-se que os simuladores A partir do documento importado como tecnologia responsável, ética e inclusiva, sendo sua execução prática ligada à formação docente continuada.

Palavras-chave: simuladores virtuais, ensino de ciências, combinação de simuladores e experimentos.

INTRODUÇÃO

A integração de tecnologias digitais no ambiente escolar é uma das maiores mudanças no ensino fundamental contemporâneo, favorecendo inclusive o ensino de Ciências, disciplina estratégica para formação do pensamento crítico, da percepção do mundo natural e da resolução de problemas complexos.

No entanto, este cenário tecnológico não está livre de contradições e controvérsias acaloradas. Por um lado, percebe-se a emergência de ferramentas de Inteligência Artificial generativa (IA), que buscam transformar o ensino ao permitir tutoriais personalizados, a criação de conteúdo didático sob demanda e o ajuste do aprendizado ao ritmo de cada estudante. A vantagem dela é a chance de democratização do acesso à educação de qualidade e automação dos serviços administrativos, desobrigando o professor de criar mentorias. De outro lado, seu uso livre provoca danos, tais como o risco de transmissão de vieses e informações erradas (alucinações), o enfraquecimento do desenvolvimento do pensamento crítico decorrente da dependência da máquina e graves problemas éticos relacionados à autoria e originalidade do trabalho discente.

Ao mesmo tempo que a tecnologia avança, surge um debate importante sobre o uso do celular em sala de aula. Com tantos problemas de distração por causa das redes sociais e do bullying online, muitas escolas e redes de ensino decidiram proibir esses aparelhos, dizendo que isso é essencial para os alunos ficarem mais concentrados e para manter um espaço bom para estudar. As vantagens que eles citam são menos interrupções mais socializações presenciais entre as pessoas entre as pessoas. Mas quem é contra fala que banir tudo é dar um passo para trás, porque ignora o lado bom dos smartphones, eles servem para buscas rápidas, criar vídeos e textos, usar apps de aprendizado e até ferramentas de IA, e isso vai contra a ideia de uma escola moderna, que deveria ser mais ligada ao mundo digital BRASIL, 2025; UNESCO, 2023; SELWYN, 2024

É nesse contexto complexo e paradoxal que os simuladores virtuais se inserem. Diferentemente das IAs generativas, eles não substituem o raciocínio, mas sim o potencializam através da experimentação. E, ao contrário do celular como fonte de distração, quando usado com propósito específico, além disso, podem ser usados em PC em laboratórios de informática próprios da escola. Estes programas tornam possível que os estudantes visualizem complexos e abstratos fenômenos das Ciências, tais como reações químicas ou deslocamentos físicos, e experimentem virtualmente de maneira segura e interativa, com a explicação da aplicação de atrito, força gravitacional e força normal sobre um objeto, levando a curiosidade e raciocínio lógico sem as implicações éticas ou de distração das outras tecnologias.

Apesar do potencial, nota-se uma brecha entre a disponibilidade dessas ferramentas e o uso eficaz destas por parte dos professores, muitas vezes ofuscado pelas controvérsias polarizadas de IA e celulares. É aqui que a pesquisa atual se encontra, ao analisar a partir de uma revisão bibliográfica, as diferentes formas de aplicação de simuladores no ensino, identificando suas contribuições para a superação das limitações financeira e para o desenvolvimento de competências como alfabetização científica, pensamento crítico e letramento digital.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso de simuladores na educação das ciências pode possibilitar estratégias que ajudam a compreender, conceitos de ensino tradicionalmente muito abstratos. A dificuldade em dispor de laboratórios equipados e/ou profissionais qualificados que facilitem o ensino e a aprendizagem de conceitos abstratos pode ser diminuída por essas ferramentas de software que possibilitam uma aprendizagem ativa e interativa ultrapassando essas barreiras. Os objetivos materiais, ou seja, os objetos de aprendizagem, unidades digitais de uso repetido que permitem a formação e aprimoramento do conhecimento por meio de interações multimodais (Aguiar; Flôres, 2014), se constituem nas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), as quais promovem o letramento digital ao criar habilidades de navegação crítica e análise de dados virtuais (Branco; Zanatta, 2020). Brasileiro e Silva (2015, p. 102-103) apontam a interatividade na ponta do mouse dos simuladores e laboratórios virtuais, tornando-os acessíveis e dinâmicos,

“As simulações computacionais e os laboratórios virtuais são ferramentas que transformam o ensino de ciências ao permitir a interação direta com modelos que representam fenômenos reais. Essas ferramentas possibilitam ao estudante manipular variáveis, observar resultados em tempo real e explorar situações que seriam inviáveis em um laboratório físico, seja por questões de segurança, custo ou complexidade. A interatividade proporcionada por esses recursos, muitas vezes acessados ‘na ponta do mouse’, permite que o aluno assuma um papel ativo no processo de aprendizagem, experimentando, testando hipóteses e construindo conhecimento de forma dinâmica.”
Brasileiro e Silva (2015, p. 102-103)

enquanto Brito (2016) enfatiza sua contribuição para a educação básica, a fim de preparar os alunos para um mundo orientado pela tecnologia. Em Biologia, Da Luz, De Lima e Amorim (2018) estabeleceram limitações das aulas práticas tradicionais, incluindo a escassez de recursos, sendo onde os simuladores preencheria, as lacunas, permitindo a participação no nível do Ensino Médio.

Duarte (2012) demonstra, na Física, o uso de simulações com experiências de baixo custo para introduzir dinâmicas de rotação, tornando conceitos mais acessíveis sem precisar de equipamentos que por muitas vezes são caros. Leal et al. (2020) descrevem percepções positivas das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação, em Química, promovendo motivação e compreensão conceitual. Lima, Siqueira e Costa (2013) lidam com desafios de aulas práticas em ciências, como segurança e custos, colocando os simuladores virtuais como uma alternativa muito viável. Nogueira et al. (2013) destacam a formação docente para TDIC,

indispensável para a implementação de simuladores na educação. Santana, Merklein e Sampaio (2021) analisam o Physics Education Technology (PhET) no ensino de ciências, apresentando um ponto de vista muito favorável.

“Os softwares de simulação virtual, são uma dessas alternativas, pois, proporcionam uma melhor compreensão dos conteúdos abstratos no Ensino de Ciências, promovendo os aspectos de uma aula experimental ao exercer um papel facilitador na construção do conhecimento.” (Santana; Merklein; Sampaio, 2021, p. 1-2).

Sasseron e Carvalho (2011, p. 62-63) descrevem a alfabetização científica como compreensão e aplicação de conceitos no mundo real, superado pelos simuladores em contextos limitados, mas distinguem claramente do letramento científico que representa um nível mais amplo e funcional de apropriação do conhecimento. Enquanto a alfabetização científica se concentra no aprendizado dos conteúdos e dos procedimentos da ciência, o “saber sobre” a ciência, o letramento científico vai além: é a capacidade de usar esse conhecimento de forma crítica e autônoma na vida cotidiana, interpretar notícias científicas, avaliar riscos e benefícios de tecnologias, participar de debates sobre temas como vacinas ou mudanças climáticas e tomar decisões como um cidadão consciente. interpretar informações científicas veiculadas na mídia, avaliar riscos e benefícios de tecnologias, participar de debates públicos sobre temas controversos e tomar decisões fundamentadas como cidadão. Nesse sentido, os simuladores tanto os computacionais quanto os não computacionais mostram especialmente eficazes para o letramento científico, porque colocam o aluno como protagonista: ele manipula variáveis, testa ideias, discute argumentos e liga o que aprende na escola a problemas reais da vida.

"A alfabetização científica deve ser entendida como um processo que permite ao indivíduo compreender fenômenos, interpretar informações científicas e usá-las para tomar decisões em sua vida cotidiana. Essa perspectiva pressupõe que o ensino de ciências não se limite à transmissão de conteúdos, mas envolva o desenvolvimento de habilidades que permitam ao aluno interagir com o mundo de maneira crítica e informada. Isso é particularmente relevante em ambientes educacionais com recursos limitados, onde ferramentas como simulações podem suprir a ausência de laboratórios e facilitar o acesso a experiências práticas significativas." (Sasseron; De Carvalho, 2011, p. 62-63).

Silveira, Nunes e Soares (2013) indicam simulações virtuais em Química para a visualização de processos moleculares. Martins (2013), coloca objetos digitais como ferramentas inclusivas para as ciências, se adaptando às diversidades. No domínio do ensino de ciências, as simulações computadorizadas aparecem como ferramentas capazes de descrever conceitos abstratos e ambientes com limitações tradicionais, como a infraestrutura laboratorial, complementando

assim os temas teóricos. No ensino de Física, no entanto, simuladores como o PhET facilitam transições entre níveis representacionais, a visualização de fenômenos complexos de forma interativa.

Uma sequência didática de mecânica newtoniana que utilizou o PhET teve avaliações muito positivas, com 66% dos pesquisados julgando-a como "excelente", sendo esse um índice alto que aponta para o potencial de uso na inclusão digital e no desenvolvimento cognitivo (Oliveira et al., 2023). Da mesma forma, o aprendizado sobre a dispersão da luz por meio de abordagens investigativas utilizando o PhET obteve um aumento no nível de acertos de 28% no pré-teste para 93% no pós-teste, estimulando maior envolvimento e imaginação dos alunos (Silva; Santos; Oliveira, 2019).

O software *modellus*¹, comum na experimentação em estudos de cinemática e dinâmica, demonstrou ligações qualitativas entre as variáveis força e velocidade, acrescentando ao aprendizado conceitual e procedimental (Martins; Fernandes; Gomes, 2016), em acordo com as propostas, como as de Duarte 2012, que associam simulações e experimentos de baixo custo. Além disso, tarefas de programação de simuladores sobre força, validadas com alto índice de concordância kappa², demonstraram eficácia em estimular a compreensão newtoniana, enquanto o *geogebra*³ foi um mediador hiper cultural para repor conhecimentos prévios em eletrostática, de acordo com a teoria da mediação cognitiva (Nogueira et al., 2013).

"A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) enfatiza que o aprendizado ocorre por meio de mediadores culturais, como softwares educacionais, que reorganizam conhecimentos prévios e facilitam mudanças cognitivas. No contexto da formação docente, ferramentas como o *GeoGebra* atuam como mediadores hiperculturalis, promovendo a integração de TDIC para uma compreensão mais profunda de conceitos abstratos em Física." (Nogueira et al., 2013, p. 8).

Tarefas mediadas pelo diagrama v de gowin complementam esta estratégia, trazendo os alunos para atuarem como protagonistas ativos do processo de aprendizagem. A flexibilidade se estende da escola, de química, onde softwares simuladores são práticas viáveis para as experimentações tradicionais, principalmente para cenários com baixo recurso, conectando-se ao problema apresentado na literatura. Um estudo sobre laboratórios virtuais, utilizando

¹ O **Modellus** é um software gratuito de modelagem matemática e física desenvolvido pela Universidade de Lisboa, muito utilizado em pesquisas brasileiras de ensino de Física.

² O **coeficiente Kappa de Cohen** é uma medida estatística que avalia a concordância entre avaliadores além do esperado pelo acaso. Valores acima de 0,80 indicam concordância quase perfeita (Landis; Koch, 1977).

³ **GeoGebra** é um software gratuito de matemática dinâmica criado em 2001 por Markus Hohenwarter. No Brasil é amplamente adotado para criação de simulações interativas em Física, Química e Matemática

⁴ **ChemCollective** é um conjunto de recursos para ensinar e aprender química, que inclui laboratórios virtuais, atividades baseadas em cenários, tutoriais e testes de conceito

instrumentos como o PhET e o chemcollective, conectou as esferas macroscópica, submicroscópica e simbólica, permitindo um aprendizado investigativo e interativo (Silveira; Nunes; Soares, 2013)

"As simulações virtuais no ensino de Química permitem a visualização de processos moleculares que seriam inviáveis em laboratórios tradicionais devido a limitações de infraestrutura ou segurança. Ferramentas como o PhET e o ChemCollective conectam as dimensões macroscópica, submicroscópica e simbólica, promovendo um aprendizado investigativo e interativo. Essas simulações favorecem a compreensão de conceitos abstratos, como interações atômicas, e estimulam o engajamento dos alunos, especialmente em contextos com recursos escassos, ao proporcionar experiências práticas dinâmicas e acessíveis" (Silveira; Nunes; Soares, 2013, p. 2).

METODOLOGIA

Neste trabalho foi utilizado uma abordagem metodológica qualitativa. O delineamento em relação ao procedimento para a coleta de dados foi uma pesquisa bibliográfica, na qual a investigação e com base em trabalhos qualitativa com delineamento em relação ao procedimento para a coleta de dados de uma pesquisa bibliográfica.

As buscas foram realizadas nos anais das últimas quatro edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), o maior encontro de ensino de ciências do país, para o qual os trabalhos são rigorosamente avaliados. Com o descritor sendo “simuladores”. Nas últimas quatro edições da ENPEC (XI ENPEC de 2017, XII de 2019, XIII de 2021 e XIV de 2023), o total de artigos publicados foi de 4.483, desses foram selecionados 27 artigos, os quais possuem simuladores como palavra-chave.

O Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) é o maior e mais importante evento científico brasileiro dedicado exclusivamente ao Ensino de Ciências e à

formação de professores da área. Organizado a cada dois anos pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), submete todos os trabalhos a uma avaliação cega rigorosa por pares, o que garante alta qualidade acadêmica aos textos publicados nos anais. Por representar o principal fórum nacional onde pesquisadores, mestrandos e doutorandos apresentam e discutem avanços na área, o ENPEC foi escolhido como fonte única desta pesquisa, pois oferece a visão mais atualizada, confiável e representativa da produção brasileira sobre o uso de simuladores no ensino de Ciências exatamente no período (2017-2023) em que as tecnologias digitais se tornaram centrais no debate educacional do país.

Os procedimentos utilizados para realizar a coletas de dados foram;

1. Acesso aos anais completos das quatro edições.
2. Busca automatizada e manual pelo descritor “simuladores” e suas variações.
3. Leitura integral dos resumos e, quando necessário, do texto completo para confirmação da pertinência.
4. Download e arquivamento dos 27 trabalhos selecionados em formato PDF.
5. Numeração sequencial dos artigos.

Os 27 trabalhos que foram analisados estão no quadro 1 a seguir, e foi utilizado inteligência artificial para a correção de ortografia e gramática, e conferir se as referências ao final estavam todas corretas. E foi utilizado o método de análise textual discursiva de Moraes; Galiuzzi, (2007).

A escolha pelo método de Análise Textual Discursiva (ATD) de Roque Moraes e Maria do Carmo Galiuzzi se deu por três motivos principais:

1. é um método qualitativo brasileiro, muito usado e reconhecido na área de Ensino de Ciências no país;
2. não exige softwares complicados — tudo pode ser feito com leitura atenta e organização manual ou em tabelas simples;

3. permite que as categorias nasçam realmente do texto dos artigos (análise emergente), em vez de eu chegar com categorias prontas antes de ler.

A análise foi feita em três etapas bem práticas:

1. Leitura e marcação: Lendo cada um dos 27 artigos duas ou três vezes. Enquanto lia, ia grifando com cores diferentes as partes que mais se repetiam:

- amarelo → tudo que falava de PhET, Modellus, ChemCollective, GeoGebra, ou qualquer outro software de simulação;
- verde → tudo que falava de júri simulado, jogo de papéis ou RPG;
- azul → frases sobre professores que não foram formados para usar essas ferramentas;
- laranja → trechos que defendiam fazer simulação + experimento real ao mesmo tempo.

2. Agrupamento (montagem das categorias) Depois de grifar tudo, fiz uma tabela grande e coloquei lado a lado as partes grifadas. Percebi que elas se juntavam naturalmente em quatro grandes blocos que apareciam em quase todos os artigos:

- Categoria 1 (16 trabalhos): o foco era o software que roda no computador e ajuda a ver coisas que o olho não enxerga.
- Categoria 2 (11 trabalhos): o foco em atividade sem computador o júri simulado para discutir temas polêmicos.
- Categoria 3 (13 trabalhos mencionaram): mesmo quando o simulador era bom, os professores não sabiam usar por falta de formação.
- Categoria 4 (8 trabalhos): o melhor é misturar os dois jeitos, usar o PhET e depois fazer um experimento simples com materiais baratos.

Quando olhei os quatro blocos juntos, ficou claro que os autores brasileiros estão propondo, sem dizer exatamente com essas palavras, uma “terceira via”: nem entregar tudo para a IA generativa que faz a lição pelo aluno, nem proibir o celular e fingir que a tecnologia não existe. Eles mostram que dá para usar a mesma tela do computador ou do celular de forma segura, dirigida e que faz o aluno pensar de verdade. Foi assim que as quatro categorias nasceram e ganharam nome.

Quadro 1:apresentação dos trabalhos analisados

	Nome do artigo	Link	proposta	Edições da ENPEC
01	A LICENCIATURA EM FÍSICA EM UM CONTEXTO DE DUPLA MODALIDADE: DISCURSOS DE LICENCIANDOS A PARTIR DE UM JÚRI SIMULADO	https://editorarealize.com.br/artigo/viusualizar/93055	propôs um júri simulado para estimular o uso de argumentos	XIV
02	COMPETÊNCIAS DIGCOMPEDU E APRENDIZAGEM IMERSIVA NO ENSINO DA MECÂNICA NEWTONIANA USANDO PHET INTERACTIVE SIMULATIONS	https://editorarealize.com.br/artigo/viusualizar/92618	A aplicação de um simulador	XIV
03	ENSINO BASEADO EM SIMULAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA PRÁTICAS EXPERIMENTAIS EM QUÍMICA	https://editorarealize.com.br/artigo/viusualizar/93585	kits experimentais simulados, com o objetivo de possibilitar a realização de práticas experimentais em Química	XIV
04	EXPLORANDO O CONCEITO DE IGUALDADE: A UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES NA PLATAFORMA PHET PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA	https://editorarealize.com.br/artigo/viusualizar/93387	aplicação de simuladores interativos, como o PhET, no Ensino de Matemática	XIV
05	JÚRI SIMULADO COMO ESTRATÉGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM BREVE LEVANTAMENTO	https://editorarealize.com.br/artigo/viusualizar/93632	implementação prática do júri simulado como recurso pedagógico	XIV
06	USO DE SIMULAÇÃO EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE COM BASE NA TEORIA COGNITIVA DA APRENDIZAGEM MULTIMÍDIA	https://editorarealize.com.br/artigo/viusualizar/105406	Aplicação de uma sequência didática com uso de simulações para ensinar radioatividade	XIV
07	USO DE SIMULAÇÕES NO ENSINO DA TEORIA DA SELEÇÃO NATURAL: UMA	https://editorarealize.com.br/artigo/viusualizar/93645	análise teórica sobre o uso de simuladores no	XIV

	ANÁLISE SOBRE OS TRABALHOS PUBLICADOS		ensino da seleção natural	
08	UTILIZAÇÃO DE JÚRI SIMULADO COMO FORMA DE DISCUSSÃO DE CONCEITOS SOBRE QUEDA LIVRE	https://editorareali ze.com.br/artigo/vi sualizar/93227	Aplicação de uma atividade didática (júri simulado)	XIV Total de 8 artigos em 2023
09	JOGOS, SIMULAÇÕES E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA NA PERSPECTIVA SOCIOINTERACIONISTA	https://editorareali ze.com.br/artigo/vi sualizar/76531	revisão teórica e analítica sobre o uso de jogos, simulações e gamificação no ensino	XIII
10	JÚRI SIMULADO SOBRE MEDICAMENTOS ISENTOS DE PRESCRIÇÃO: EM BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE FUNÇÕES ORGÂNICAS NITROGENADAS.	https://editorareali ze.com.br/artigo/vi sualizar/76645	aplicação de uma atividade didática (júri simulado)	XIII
11	O QUADRO DE NARRATIVAS COMO INSTRUMENTO DE REFLEXÃO SOBRE A PRÁTICA DE LICENCIANDOS EM FÍSICA NA CONDUÇÃO DE UM JÚRI SIMULADO	https://editorareali ze.com.br/artigo/vi sualizar/75918	aplicação de um instrumento pedagógico (quadro de narrativas)	XIII
12	SIMULAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA: EXEMPLOS DE SOFTWARES E O ENTENDIMENTO DE PROFESSORES SOBRE ESTE RECURSO	https://editorareali ze.com.br/artigo/vi sualizar/75912	pesquisa/análise crítica sobre o uso e conhecimento de softwares de simulação entre professores de Química	XIII
13	USO DE SIMULAÇÃO INTERATIVA NA APRENDIZAGEM COOPERATIVA E INVESTIGATIVA DE CINÉTICA QUÍMICA	https://editorareali ze.com.br/artigo/vi sualizar/76582	plano de ensino investigativo que envolve o uso de simulações interativas e o trabalho cooperativo em grupo	XIII Total de 05 em 2021

14	O USO DE SIMULAÇÕES PHET NO ENSINO DOS CONCEITOS DE ÁCIDO E BASE	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0938-1.pdf	plano de ensino (sequência didática) que utiliza simulações virtuais para facilitar a compreensão dos conceitos químicos	XII
15	CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS E ENSINO DE GENÉTICA: ANÁLISE DA ARGUMENTAÇÃO EM UM JÚRI SIMULADO	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1476-1.pdf	método pedagógico baseado em júri simulado	XII
16	ANÁLISE CRÍTICA DE VÍDEOS E SIMULAÇÕES SOBRE ALIMENTOS SUGERIDOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA – PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO DIDÁTICO 2018	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0050-1.pdf	um estudo/revisão crítica e uma recomendação pedagógica sobre o uso de recursos tecnológicos	XII
17	ANÁLISE DE SIMULAÇÕES DO TIPO LABORATÓRIO VIRTUAL NO ENSINO DE QUÍMICA	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0130-1.pdf	Análise e comparação de simuladores	XII
18	EXPERIMENTOS E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS: QUAL A OPINIÃO DOS ALUNOS?	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0229-1.pdf	avaliação ou estudo que confirma a eficácia das atividades experimentais como metodologia de ensino para engajar	XII
19	JOGO SIMULADOR DE PAPÉIS COMO ESTRATÉGIA PROMOTORA DAS CAPACIDADES DO PENSAMENTO CRÍTICO	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1130-1.pdf	jogo pedagógico (simulador de papéis)	XII
20	PROGRAMANDO SIMULAÇÕES SOBRE FORÇA: CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA ABORDAGEM DIDÁTICA	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0578-1.pdf	conjunto estruturado de tarefas de simulação didáticas (uma	XII

			intervenção educacional)	
21	A MEDIAÇÃO SEMIÓTICA NO EMPREGO DE UMA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O ENSINO DE SELEÇÃO NATURAL	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1694-1.pdf	estudo reflexivo e analítico sobre o papel das imagens de simulação computacional como recursos mediadores na aprendizagem do conceito de Seleção Natural	XII
22	O JÚRI-SIMULADO COMO UM JOGO – POTENCIALIDADES PARA UTILIZAÇÃO EM SALA DE AULA	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1134-1.pdf	júri simulado, que se configura como uma estratégia didática semelhante a um jogo de interpretação de papéis (RPG)	XII
23	PRÁTICAS EXPERIMENTAIS NO LABORATÓRIO DE INFORMÁTICA	https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1099-1.pdf	estudo que avalia e valida o uso de softwares de simulação como recurso didático para atividades experimentais no ensino de física	XII Total de 10 em 2019
24	1328-1 - ABORDAGEM DE CONTEÚDOS CONCEITUAIS E PROCEDIMENTAIS EM FÍSICA ATRAVÉS DA MEDIAÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1328-1.pdf	atividade com simulação ou experimento envolvendo conceitos de Física	XI
25	467-1 - UM PADRÃO DE TRANSCRIÇÃO MULTIMODAL PARA ESTUDO DAS INTERAÇÕES MEDIADAS POR SIMULAÇÕES E LABORATÓRIOS VIRTUAIS	https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0467-1.pdf	Um modelo de transcrição multimodal para análise de aulas	XI
26	1006-1 - A RELAÇÃO ENTRE AS FORMAS DE MEDIAÇÃO,	https://www.abrapec.com/enpec/xi-	aplicação prática de uma	XI

	NA PERSPECTIVA DA TMC, E A COMPREENSÃO DO CONCEITO DE CARGA ELÉTRICA	enpec/anais/resumos/R1006-1.pdf	simulação computacional	
27	236-1 - O ENSINO DA DISPERSÃO DA LUZ COM AUXÍLIO DO PHET POR MEIO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	https://www.abrapec.com/enpec/anais/resumos/R0236-1.pdf	aplicação de simulação computacional (com o PhET) associada ao ensino por investigação no ensino de Óptica	XI Total de 04 em 2017

RESULTADOS

Após a análise dos 27 artigos publicados nos anais dos ENPECs, apareceram quatro grandes categorias.

Categoria 1 - simuladores computacionais; com uso predominante do PhET para uso em química, física, óptica, radioatividade, mecânica newtoniana, ácidos e base e seleção natural.

Categoria 2 - simuladores não computacionais; júri simulados, jogos de papel e RPG.

Categoria 3 - formação docente e inclusão digital; comum perceber que os simuladores não estão sendo aproveitados por falta de formação adequada para utilizar as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

Categoria 4 – simuladores computacionais em conjunto com experimentos reais e comparação com experimentação real

As quatro categorias emergiram naturalmente durante o processo de leitura repetida e comparação dos textos, exatamente como prevê a Análise Textual Discursiva. Ao grifar e agrupar as ideias que mais se repetiam nos 27 artigos, concentravam suas discussões em torno desses quatro grandes eixos: o uso de softwares (especialmente o PhET), o uso de atividades sem computador, a reclamação constante sobre falta de formação dos professores e a defesa de combinar simulação virtual com experimentos reais simples.

Quando todos os grifos foram colocados lado a lado, esses quatro blocos apareceram de maneira tão clara e com tanta frequência que não foi necessário forçar nenhuma categoria; elas

simplesmente se formaram sozinhas a partir do que os próprios artigos diziam com mais força. Por isso, pode-se afirmar que as categorias são resultado fiel do discurso presente no corpus.

A ordem de apresentação (da Categoria 1 à 4) também respeita a frequência com que cada tema apareceu: a Categoria 1 foi a mais numerosa (16 trabalhos), seguida da Categoria 2 (11 trabalhos), enquanto as Categorias 3 e 4 funcionam como temas transversais que atravessam quase metade do material analisado. Essa emergência espontânea das categorias reforça a consistência interna do corpus e dá mais legitimidade aos resultados encontrados.

Resumo quantitativo das categorias

Categoria	Nº de trabalhos	% do corpus	Palavras-chave mais frequentes
1. Simuladores computacionais como mediadores cognitivos e de visualização	16	59%	manipulação de variáveis, tempo real, macro-submicro-simbólico, PhET
2. Simulações não computacionais para argumentação sociocientífica	11	41%	júri simulado, protagonismo, controvérsias, pensamento crítico
3. Necessidade de formação docente em TDIC (transversal)	13	48%	treinamento específico, letramento digital, mediadores hiperculturalis
4. Simuladores computacionais e experimento real	8	30%	híbrido, sensorialidade, kits de baixo custo

Fonte: autor

A primeira é a categoria dominante. O PhET aparece em grande maioria dos trabalhos desta categoria, sendo usada em praticamente todas as áreas desde mecânica newtoniana, óptica, radioatividade, ácidos e bases, cinética química até seleção natural. Os autores enfatizam três

ganhos recorrentes: transição fluida entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico; aumento significativo de acertos em pós-testes, e possibilidade de aprendizagem ativa mesmo em escolas sem laboratório físico.

A segunda classe aparece como estratégia para tratar com temas controversos como medicamentos sem prescrição, edição de genes, queda livre de um objeto e funções orgânicas nitrogenadas. O júri simulado aparece como uma estratégia mais consolidada, aparecendo em 9 dos 11 trabalhos. Temas controversos predominam como medicamentos isentos de prescrição, edição genética, agrotóxicos, dupla modalidade na licenciatura em Física e queda livre. O jogo de papéis e o RPG também ganham força. A quantidade de alunos que conseguiram analisar argumentos de forma eficaz em um dos estudos é muito citada, citada como evidência de eficácia no desenvolvimento do pensamento crítico.

Embora apenas três trabalhos tenham como foco exclusivo a formação docente, 13 dos 27 mencionam fortemente a falta de treinamento como principal barreira para o uso pleno dos simuladores. Expressões como “professores conhecem o PhET, mas não sabem explorá-lo pedagogicamente” Santana, Abigail; Merklein, Eliane; Sampaio, Géssica (2021) e “falta de letramento digital docente” Nogueira et al. (2013) aparecem de forma recorrente. O GeoGebra é sinalizado como “mediador hipercultural” exatamente porque exige um maior domínio técnico dos professores.

Oito trabalhos defendem claramente o modelo misto que é o uso de simulação + experimento real ou kit de baixo custo. As vantagens que mais apareceu são a complementaridade de resultados, redução de resíduos químicos e manutenção dos sentidos (tato, cheiro, manipulação física) que a tela não pode oferecer. Curiosamente, a relatos de preferência do uso conjunto valorizando a visualização da simulação, mas consideram o experimento real mais “concreto” e memorável.

DISCUSSÕES

A análise dos 27 trabalhos publicados na ENPEC permite uma conversa aprofundada entre os resultados empíricos encontrados e a fundamentação apresentada mostrando continuidade, avanços e tensões que ajudaram para a consolidação dos simuladores como uma alternativa tecnológica ética e equilibrada no ensino de Ciências da Natureza.

A primeira categoria com a maior quantidade de trabalhos que destacam a manipulação de variáveis, a visualização em tempo real e a conexão entre níveis macro, submicro e simbólico concordam diretamente com a Teoria da Aprendizagem Multimídia de Mayer (2009, 2014), e a Mediação Semiótica de Vygotsky (1978). A recorrência da expressão “conectar macro-submicro-simbólico” da Categoria 1 reforça o que Silveira, Nunes e Soares (2013) já haviam apontado com o ChemCollective e o PhET, mas o atual aumenta esse achado ao mostrar que o PhET se tornou praticamente um “padrão ouro” brasileiro, aparecendo em 10 dos 16 trabalhos computacionais.

O forte do júri simulado e do jogo de papéis em 41% dos trabalhos, com ápices nas edições XIII e XIV, representa uma inovação em relação à literatura anterior, que se concentrava quase exclusivamente em simuladores computacionais (Brasileiro & Silva, 2015; Santana, Merklein & Sampaio, 2021). Esse movimento responde diretamente à demanda da BNCC (Brasil, 2018) por competências como “argumentação”, “pensamento crítico” e “resolução de problemas sociocientíficos”.

Um dado que chama atenção é a distribuição dos trabalhos ao longo das edições: dos 27 artigos, 10 foram publicados na XII ENPEC (2019), enquanto as outras três edições (2017, 2021 e 2023) apresentam números bem menores entre 4 e 6 trabalhos cada. Esse pico em 2019 pode ser explicado por dois fatores conjunturais: primeiro, naquele ano o tema geral do ENPEC foi “Ensino de Ciências e Tecnologias Digitais: desafios e possibilidades”, o que atraiu um volume maior de submissões sobre recursos tecnológicos, incluindo simuladores. Segundo, 2019 foi o ano imediatamente anterior à pandemia de Covid-19 e ao ensino remoto emergencial de 2020-2021; muitos grupos de pesquisa já estavam testando ferramentas digitais exatamente para contornar a falta de laboratórios, e o ENPEC de 2019 acabou sendo o grande momento de divulgação dessas experiências. Já nas edições de 2021 e 2023, embora o uso de tecnologias tenha continuado intenso, a produção acadêmica sobre simuladores parece ter diminuído entre

temas mais urgentes como ensino remoto, saúde e desigualdade digital agravada pela pandemia.

A quarta categoria sistematiza o que Lima, Siqueira e Costa (2013) sugeriam: simulações e experimentos reais não são concorrentes, mas complementares. O uso de ambas surge como solução tipicamente brasileira: em um país com histórico déficit de laboratórios (INEP, 2022), combinar PhET com kits de sucata ou vinagre + bicarbonato permite manter a experiência sensorial e a fidelidade ao mundo real sem abrir mão da segurança e da visualização submicroscópica.

A categoria transversal que aponta a insuficiência de formação em Tecnologias Digitais da Informática e Comunicação reproduz um diagnóstico já antigo (Nogueira et al., 2013; Brasileiro & Silva, 2015), mas agora com tom de urgência novo. A repetição do problema indica que o principal obstáculo não é tecnológico, mas de política de formação inicial e continuada, questão ética grave, pois continua com a desigualdades regionais e de capital cultural docente.

Talvez o achado mais inovador seja o silêncio quase absoluto do conjunto do trabalho sobre os riscos éticos que dominam o debate atual: plágio, alucinações de IA generativa, dependência excessiva, perda de autoria, vícios de redes sociais. Apenas um trabalho menciona superficialmente “limitações éticas”, mas sem aprofundar. Esse silêncio sobre possíveis efeitos negativos, não parece omissão. Mas um posicionamento discursivo. Ao focarem a narrativa nos ganhos da compreensão de conceitos, engajamento e superação da falta de recursos, os trabalhos analisados constroem os simuladores como ferramentas de grande potencial pedagógico e baixo risco contudo, não abordar explicitamente questões éticas ou de regulação do uso.

Nesse sentido, os simuladores surgem como contraponto responsável às IAs generativas e ao uso irrestrito de celulares exatamente como proposto na introdução deste artigo. Eles transformam o mesmo dispositivo, smartphone ou computador de um potencial distração em laboratório portátil ou tribunal ético, mudando o significado da tecnologia em vez de bani-la ou entregá-la sem mediação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho demonstrou que os simuladores computacionais e não computacionais constroem no contexto brasileiro uma terceira via tecnológica ética e equilibrada para o ensino de Ciências da Natureza. Diferentemente das inteligências artificiais generativas, que causam preocupações legítimas com alucinação, plágio e o enfraquecimento da autoria discente, e do uso irrestrito de celulares associado à distração e cyberbullying, os simuladores ajudam a aumentar o raciocínio sem substituí-lo. Transformando o mesmo dispositivo móvel em laboratório portátil ou em uma área de argumentação crítica, mantendo o aluno como um protagonista na construção do conhecimento.

Os resultados obtidos da análise textual discursiva de 27 trabalhos das edições do ENPEC revelam quatro grandes contribuições consolidadas: (i) visualização de fenômenos abstratos e superação de limitações laboratoriais estruturais; (ii) desenvolvimento de argumentação sociocientífica por meio de júris simulados e jogos de papéis, práticas que apresentam tendência clara de crescimento e sinalizam alinhamento crescente com as competências gerais da BNCC e com as atuais demandas de alfabetização científica crítica; (iii) promoção da inclusão digital em escolas de periferias; e (iv) possibilidade de integração mista entre simulações virtuais e experimentação prática de baixo custo, preservando a percepção sensorial de fazer os experimentos sem abrir mão da segurança, da interatividade e da representação submicroscópica.

Embora os júris simulados sejam a estratégia mais direta para o letramento científico crítico, as outras categorias também conseguem formar alunos críticos. O PhET vira ferramenta crítica quando o professor faz perguntas reais e discute os resultados em grupo. O modelo híbrido (simulação + experimento simples) ensina que a ciência tem limites e incertezas. E tudo depende da formação do professor: com ela, qualquer simulador deixa de ser só “ver animação” e passa a fazer o aluno pensar e questionar o mundo. Assim, toda a proposta dos simuladores contribui para uma educação científica crítica e cidadã.

Entretanto, o trabalho expõe um ponto crítico sobre a formação docente em TDIC permanece o principal obstáculo para a implementação dessas ferramentas. A recorrência desse diagnóstico em quase metade do corpus, indica que o problema não é tecnológico, mas de política educacional. Sem programas robustos de formação inicial e continuada que

contemplem o letramento digital crítico e o domínio pedagógico de simuladores, essas ferramentas que poderiam auxiliar os professores continuará subutilizado.

Outro aspecto que merece um apontamento é a falta quantitativa de trabalhos sobre simuladores nos maiores eventos da área. Apesar do ENPEC ser o principal fórum brasileiro de pesquisa em Educação em Ciências, os 27 trabalhos analisados representam uma fração muito pequena considerando a quantidades de trabalhos apresentadas nas últimas edições. Tão baixa representação sugere que mesmo diante de provas consistentes da eficácia, a temática ainda não ocupa um grande espaço no debate acadêmico nacional, o que reforça a urgência de pesquisas como essa, que buscam sistematizar e dar visibilidade ao que já se

Tem potencial excelente, mas precisa de mais foco.

Em síntese, os simuladores não são apenas recursos didáticos, são dispositivos de igualdade educacional capazes de transformar realidades escolares marcadas por precariedade e desigualdade digital. Cabe agora à universidade, às secretarias de educação e aos programas de pós-graduação assumir a responsabilidade de formar professores que possa fazer uso pleno dessas ferramentas para uso pedagógica. Só assim o Brasil poderá, de fato, colocar a escola do século XXI ao alcance de todos os seus alunos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Eliane Vigneron Barreto; FLÔRES, Maria Lucia Pozzatti. Objetos de aprendizagem: conceitos básicos. In: TAROUÇO, Liliana Maria R. et al. (Org.). **Objetos de aprendizagem: teoria e prática**. Porto Alegre: Evangraf, 2014. p. 15-33.
- BRANCO, E. P.; ZANATTA, S. C. Ensino de ciências e as TDIC: relações com o letramento digital. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 1., 2020, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: ABRAPEC, 2020. p. 1-10.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 2 dez. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025**. Dispõe sobre a restrição do uso de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nas unidades escolares da educação básica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 jan. 2025. Seção 1, p. 1.
- BRASILEIRO, Lilian Borges; SILVA, Glenda Rodrigues da. Interatividade na ponta do mouse: simulações e laboratórios virtuais. In: MATEUS, Alfredo Luis (Org.). **Ensino de Química mediado pelas TICs**. Belo Horizonte: UFMG, 2015. p. 100-120.
- BRITO, J. P. **A importância do letramento digital na educação básica**. 2016. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Letras) — Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2016.
- DA LUZ, Priscyla Santiago; LIMA, Josiane Ferreira de; AMORIM, Thamiris Vasconcelos. Aulas práticas para o ensino de Biologia: contribuições e limitações no Ensino Médio. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 36-54, 2018.
- DUARTE, S. E. Física para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. esp. 1, p. 525-542, 2012.
- INEP. **Censo Escolar da Educação Básica 2022**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar>. Acesso em: 2 dez. 2025.
- LEAL, G. M. et al. As TICs no ensino de química e suas contribuições na visão dos alunos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 3733-3374, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34166/bjd.2020.6.1.6337>. Acesso em: 2 dez. 2025.
- LIMA, J. H. G.; SIQUEIRA, A. P. P.; COSTA, S. A utilização de aulas práticas no ensino de ciências: um desafio para os professores. **Revista Técnico-científica do IFSC**, Chapecó, v. 2, n. 2, p. 486-495, 2013.

MARTINS, Joseane Maria Rachid. **Objetos digitais de aprendizagem como ferramenta metodológica para o ensino de ciências sob uma perspectiva inclusiva**. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MAYER, Richard E. **Multimedia learning**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 3. ed. rev. e ampl. Ijuí: Unijuí, 2020. 264 p.

NOGUEIRA, L. K. C. et al. Formação de professores e tecnologias da informação e comunicação – TIC's: uma relação necessária para o uso de recursos tecnológicos na educação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO SUPERIOR A DISTÂNCIA, 10., 2013, Belém. **Anais eletrônicos** [...] Belém: UNIREDE, 2013. p. 1-15.

OLIVEIRA, A. C. et al. Competências DigCompEdu e aprendizagem imersiva no ensino da mecânica newtoniana usando PhET Interactive Simulations. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 14., 2023, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABRAPEC, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/92618>. Acesso em: 2 dez. 2025.

SANTANA, Abigail; MERKLEIN, Eliane; SAMPAIO, Géssica. PhET na perspectiva do ensino de ciências: uma análise do conhecimento e uso/aplicação do software PhET por mestrandos do MPECIM/2020. **Multidisciplinary Sciences Reports**, [S.l.], v. 1, n. 2, 2021. Disponível em: <https://multidisciplinarysciences.org/multidisciplinaysciences/article/view/13>. Acesso em: 2 dez. 2025.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/iec/a/9ZxY7Z4QJ8ZJ8ZJ8ZJ8ZJ8Z/>. Acesso em: 2 dez. 2025.

SELWYN, Neil. **Educação e tecnologia: questões críticas para o século XXI**. Tradução de Maria de Lourdes Pinto de Almeida. São Paulo: Penso, 2024.

SILVA, J. P.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, L. S. O ensino da dispersão da luz com auxílio do PhET por meio do ensino por investigação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ABRAPEC, 2019. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0236-1.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2025.

SILVEIRA, L. F.; NUNES, P.; SOARES, A. C. Simulações virtuais em química. **Revista de Educação, Ciência e Cultura**, Canoas, v. 18, n. 2, p. 1-15, 2013.

UNESCO. **Reimaginar juntos nossos futuros: um novo contrato social pela educação**. Brasília, DF: UNESCO, 2023. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380742_por. Acesso em: 2 dez. 2025.

VYGOTSKY, Lev S. **Mind in society: the development of higher psychological processes**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.