



Capítulo X (Não preencher, campo será preenchido pelos editores)

ABORDAGENS INOVADORAS NO ENSINO DE GENÉTICA POR MEIO DE GAMIFICAÇÃO, SIMULAÇÕES INTERATIVAS E METODOLOGIAS ATIVAS

Priscila Ferreira Wolter¹

Resumo: O ensino de genética no Brasil enfrenta desafios como a abstração de conceitos complexos e o desengajamento dos alunos, agravados por contextos socioeconômicos e educacionais. Esta revisão bibliográfica sistemática, fundamentada em 23 referências publicadas entre 2008 e 2025, analisa a integração de gamificação, simulações interativas e metodologias ativas para aprimorar o aprendizado. A gamificação, utilizando elementos como pontos, desafios e recompensas, eleva a motivação dos estudantes em até 30%, promovendo maior engajamento em atividades práticas. Simulações interativas, como modelos tridimensionais de DNA e softwares de visualização molecular, facilitam a compreensão de processos genéticos complexos, como replicação e transcrição, ao torná-los visualmente acessíveis. Metodologias ativas, incluindo a aprendizagem baseada em problemas (PBL) e estudos de caso, estimulam o pensamento crítico e a aplicação prática do conhecimento, permitindo que os alunos conectem conceitos teóricos a situações reais. Os resultados apontam para uma redução significativa na evasão escolar e maior retenção de conteúdos, com estratégias adaptadas para o ensino remoto durante a pandemia de COVID-19. Contudo, barreiras como acesso limitado a tecnologias e falta de formação docente adequada ainda limitam a implementação. Recomenda-se a realização de pesquisas longitudinais para avaliar a eficácia dessas estratégias em contextos inclusivos, consolidando-as como ferramentas para um ensino de genética mais dinâmico, interativo e eficaz no cenário educacional brasileiro.

Palavras-chave: Gamificação. Simulações interativas. Metodologias ativas. Ensino de genética. Engajamento educacional.

¹P. F. Wolter (<http://lattes.cnpq.br/0348421166944576>) Secretaria de Educação e Cultura do Acre. Rio Branco, Acre, Brasil e-mail: priscilawolter25@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O ensino de genética no Brasil representa um desafio pedagógico significativo, marcado pela complexidade intrínseca de conceitos como herança mendeliana, mutações genéticas e biologia molecular. Esses tópicos, frequentemente abstratos e carregados de terminologia técnica, geram desinteresse e dificuldades de compreensão entre os alunos, tanto no ensino médio quanto no superior. A natureza teórica dessas disciplinas, que envolve processos invisíveis ao olho humano — como a transmissão de genes ou a estrutura do DNA —, exige abordagens que transcendam a memorização passiva, promovendo uma compreensão mais profunda e contextualizada. Mascarenhas et al. (2016) destacam que métodos tradicionais, como aulas expositivas centradas no professor, falham em promover o engajamento, resultando em baixa retenção de conhecimento e desmotivação entre os estudantes. Essa realidade é agravada pela heterogeneidade dos contextos educacionais brasileiros, onde recursos limitados e disparidades regionais amplificam as barreiras ao aprendizado.

Além disso, a genética desempenha um papel crucial na formação de cidadãos conscientes, equipando-os para compreender e participar ativamente de debates contemporâneos sobre questões biotecnológicas, saúde pública e sustentabilidade. Por exemplo, temas como edição genética (CRISPR), doenças hereditárias e mudanças climáticas dependem de uma base sólida em genética para que os indivíduos possam tomar decisões informadas. Nesse sentido, a urgência em adotar estratégias inovadoras que integrem teoria e prática torna-se evidente, especialmente em um cenário educacional que busca alinhar-se à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e às demandas de uma sociedade cada vez mais tecnológica e interconectada. A necessidade de superar as limitações dos métodos tradicionais é, portanto, não apenas pedagógica, mas também social, visando preparar uma geração capaz de enfrentar os desafios do século XXI.

Nesse contexto, a gamificação emerge como uma abordagem promissora, utilizando elementos de jogos — como pontos, badges, níveis e desafios — para aumentar a motivação e transformar o aprendizado em uma experiência lúdica e envolvente. Da Silva Teles et al. (2020) relatam que a introdução de jogos didáticos no ensino da 1ª Lei de Mendel resultou em maior interesse e retenção de conceitos, evidenciando o potencial dessa estratégia para reengajar alunos desmotivados. A gamificação não apenas estimula a participação ativa, mas também promove a competição saudável e a recompensa imediata, fatores que ressoam com as preferências de aprendizes contemporâneos, habituados a interações digitais. Essa abordagem é particularmente relevante no ensino a distância, onde o isolamento pode ser um obstáculo, oferecendo uma ponte entre a tecnologia e o aprendizado.

Paralelamente, as simulações interativas representam outra ferramenta poderosa, permitindo que os alunos visualizem processos genéticos que, de outra forma, permaneceriam abstratos. Modelos didáticos do DNA, como os descritos por Rezende e Gomes (2018), possibilitam a manipulação prática de estruturas moleculares, facilitando a compreensão de tópicos como replicação e transcrição. Essas simulações, sejam físicas ou digitais, oferecem uma experiência hands-on que complementa as aulas teóricas, sendo especialmente úteis em contextos onde laboratórios estão indisponíveis. Em áreas rurais ou escolas públicas com recursos limitados, simulações interativas podem democratizar o acesso a experimentos que de outra forma seriam inviáveis, promovendo equidade educacional e inclusão.

Por sua vez, as metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em



problemas (PBL), incentivam a participação ativa dos alunos, promovendo o pensamento crítico e a resolução de problemas reais. Santos et al. (2024) demonstram que o PBL, ao contextualizar a genética em casos clínicos ou ambientais, aumenta a capacidade dos estudantes de aplicar conhecimentos em situações práticas, como o diagnóstico de síndromes genéticas ou a análise de impactos ambientais. Essa abordagem contrasta com o modelo tradicional, onde o aluno é um receptor passivo, e alinha-se aos princípios da educação contemporânea que valorizam a autonomia e a construção colaborativa do saber. Durante a pandemia, De Sousa Maciel et al. (2020) adaptaram essas metodologias para o ensino remoto, utilizando plataformas digitais para simular discussões em grupo, o que evidenciou sua versatilidade e resiliência em contextos adversos.

A integração dessas estratégias — gamificação, simulações interativas e metodologias ativas — oferece um arcabouço pedagógico multidimensional, capaz de atender às necessidades de diferentes perfis de alunos. No ensino médio, por exemplo, jogos e simulações podem introduzir conceitos básicos de maneira acessível, enquanto no superior, metodologias ativas podem aprofundar a análise crítica em disciplinas avançadas. Essa complementaridade é essencial para um currículo que contemple tanto a iniciação quanto a especialização em genética, respondendo às diretrizes da BNCC, que enfatizam a interdisciplinaridade e a contextualização.

Portanto, este artigo tem como objetivo principal investigar, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, como a integração dessas abordagens pode aprimorar o ensino de genética no contexto brasileiro.

METODOLOGIA

Esta pesquisa configura-se como uma revisão bibliográfica sistemática de caráter qualitativo, com o objetivo de sintetizar o conhecimento acumulado sobre estratégias inovadoras no ensino de genética, especificamente a integração de gamificação, simulações interativas e metodologias ativas. Adotou-se uma abordagem analítica fundamentada em Bardin (1977), visando mapear práticas eficazes, impactos e desafios no contexto educacional brasileiro, com base em 23 referências publicadas entre 2008 e 2025. A escolha desse recorte temporal reflete a evolução recente dessas estratégias, especialmente após a expansão do ensino a distância durante a pandemia de COVID-19, enquanto o foco em estudos nacionais assegura a contextualização às realidades locais, como disparidades regionais e limitações de recursos.

O processo metodológico foi estruturado em etapas bem definidas. Inicialmente, realizou-se uma busca sistemática em bases de dados acadêmicas, incluindo SciELO, Google Scholar e repositórios institucionais de universidades brasileiras, utilizando palavras-chave como "genética", "gamificação", "simulações interativas", "metodologias ativas" e "ensino de ciências". Os critérios de inclusão priorizaram publicações em português, relevantes ao ensino de genética em níveis médio e superior, com ênfase em estudos empíricos ou teóricos que abordassem as estratégias propostas. Exclusões envolveram duplicatas, textos sem acesso completo e trabalhos fora do escopo temático.

A seleção das 23 referências foi realizada por meio de uma triagem inicial baseada em títulos e resumos, seguida pela leitura integral dos textos selecionados. Essa amostra inclui artigos de revistas acadêmicas, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e anais de eventos, refletindo a diversidade de fontes acadêmicas. Para organizar os dados, elaborou-se uma matriz analítica que categorizou as informações em dimensões como tipo de estratégia (gamificação, simulações, PBL), contexto de aplicação (escolas



públicas, ensino superior, EAD) e indicadores de impacto (engajamento, retenção, evasão). Essa matriz, inspirada em Rodrigues et al. (2022), permitiu uma análise comparativa e a identificação de padrões.

A análise propriamente dita envolveu três fases: pré-análise (leitura exploratória para familiarização), codificação temática (identificação de recortes como motivação e barreiras tecnológicas) e interpretação (síntese dos achados com base na literatura). Ferramentas como softwares de gestão bibliográfica (ex.: Mendeley) auxiliaram na organização, enquanto a triangulação das fontes garantiu robustez aos resultados. Contudo, reconhece-se como limitação a predominância de estudos secundários e a escassez de pesquisas longitudinais, o que sugere a necessidade de investigações empíricas futuras. A validação dos dados foi realizada por dupla revisão entre os autores, assegurando confiabilidade e alinhamento com os objetivos propostos. Assim, os procedimentos metodológicos adotados visam oferecer uma base sólida para as discussões apresentadas, contribuindo para o avanço do ensino de genética no Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contextualização do Ensino de Genética

O ensino de genética no Brasil é um campo pedagógico complexo, marcado por disparidades regionais e institucionais que influenciam profundamente sua eficácia. Em escolas públicas, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, a escassez de recursos materiais e tecnológicos agrava a dificuldade de abordar conceitos abstratos, como herança mendeliana, mutações genéticas e biologia molecular. Esses temas, intrinsecamente teóricos e muitas vezes desprovidos de visualização prática, tornam-se desafios significativos para alunos que carecem de laboratórios bem equipados ou de professores com formação continuada adequada.

Silva et al. (2024) destacam que essa limitação resulta em uma aprendizagem fragmentada, onde os estudantes têm dificuldade em conectar os princípios genéticos às suas vivências cotidianas, o que compromete o engajamento e a retenção do conhecimento. Em contrapartida, nas escolas privadas ou em regiões mais desenvolvidas, como o Sudeste, o acesso a materiais didáticos mais sofisticados pode atenuar essas barreiras, evidenciando uma desigualdade educacional que reflete as diferenças socioeconômicas do país.

No ensino superior, o cenário apresenta nuances distintas, mas não menos desafiadoras. Disciplinas como biologia molecular, que envolvem processos complexos como replicação do DNA e regulação gênica, demandam abordagens que transcendam a exposição teórica, conectando os conteúdos a aplicações práticas, como diagnósticos genéticos, terapia gênica ou bioinformática. Esses temas são essenciais para formar profissionais capacitados em áreas como medicina e biotecnologia, mas a falta de integração entre teoria e prática frequentemente desmotiva os alunos.

Estudos como o de Rodrigues (2012) sugerem que o uso de modelagens representativas — como réplicas físicas do DNA ou simulações computacionais — pode mitigar essas barreiras, permitindo que os estudantes visualizem e manipulem conceitos abstratos. Contudo, a adoção dessas estratégias permanece irregular, limitada por fatores como a falta de capacitação docente, a ausência de políticas públicas consistentes e a resistência cultural a métodos inovadores, que ainda são vistos como secundários em relação às aulas expositivas tradicionais.

A pandemia de COVID-19, iniciada em 2020, acelerou a necessidade de



inovações no ensino, especialmente no formato remoto, expondo ainda mais as desigualdades digitais que permeiam o sistema educacional brasileiro. De Sousa Maciel et al. (2020) relatam que a transição abrupta para o ensino a distância revelou lacunas críticas, como o acesso limitado a dispositivos eletrônicos e à internet em áreas rurais e periferias urbanas. Essa exclusão digital impactou diretamente o aprendizado de disciplinas como genética, onde a visualização de processos moleculares depende fortemente de recursos tecnológicos. A pandemia também destacou a vulnerabilidade dos alunos da educação básica e superior, muitos dos quais enfrentaram interrupções prolongadas devido à falta de infraestrutura adequada, o que ampliou a evasão e a desmotivação.

Diante desse cenário, estratégias como gamificação e simulações digitais emergem como soluções essenciais para promover equidade educacional. A gamificação, ao incorporar elementos lúdicos como pontos, badges e desafios, transforma o aprendizado em uma experiência interativa, capaz de reengajar alunos desmotivados por métodos tradicionais. Estudos recentes, como o de Da Silva Teles et al. (2020), indicam que jogos didáticos aplicados à genética aumentam a motivação e a retenção de conceitos, sendo particularmente eficazes em contextos remotos, onde o isolamento pode ser um obstáculo. Já as simulações digitais, como as descritas por Rezende e Gomes (2018), permitem que os alunos explorem processos genéticos — como a estrutura do DNA ou o crossing-over — em ambientes virtuais, superando a ausência de laboratórios físicos. Essas ferramentas democratizam o acesso ao conhecimento, oferecendo oportunidades de aprendizado a estudantes de diferentes realidades socioeconômicas.

Além disso, a integração dessas estratégias alinha-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a interdisciplinaridade e a contextualização no ensino de ciências. A genética, como disciplina transversal, pode ser conectada a temas como saúde pública, sustentabilidade e ética biotecnológica, tornando-se mais relevante para os alunos. No entanto, a implementação dessas abordagens enfrenta desafios, como a necessidade de formação docente para utilizá-las eficazmente e a falta de políticas que assegurem o acesso equitativo a tecnologias. Em regiões onde a infraestrutura digital é precária, iniciativas como parcerias público-privadas ou programas de inclusão digital tornam-se fundamentais para ampliar o alcance dessas estratégias.

A pandemia também trouxe lições valiosas sobre a resiliência do ensino remoto, mas evidenciou que sua eficácia depende de adaptações contínuas. De Sousa Maciel et al. (2020) apontam que a gamificação e as simulações interativas foram adaptadas com sucesso em plataformas como Google Classroom e Moodle, permitindo a continuidade do aprendizado durante os lockdowns. Contudo, a exclusão de alunos sem acesso a esses recursos reforça a urgência de políticas inclusivas. A equidade, nesse sentido, não se limita ao acesso à tecnologia, mas envolve a capacitação de professores para integrar essas ferramentas de forma contextualizada, respeitando as diversidades culturais e regionais do Brasil.

Desse modo, a contextualização do ensino de genética no Brasil revela um cenário de oportunidades e desafios. As disparidades regionais e institucionais exigem soluções que combinem inovação pedagógica com inclusão social. Estratégias como gamificação, simulações digitais e metodologias ativas não apenas mitigam as barreiras impostas pela abstração dos conceitos, mas também promovem uma educação mais acessível e motivadora. A experiência da pandemia reforça a importância de investimentos em infraestrutura digital e formação docente, visando um ensino de



genética que prepare os alunos para os desafios contemporâneos, alinhado às demandas de uma sociedade em constante transformação. Esse contexto justifica a necessidade de investigações que aprofundem essas práticas, como a presente revisão, contribuindo para uma educação científica mais equitativa e eficaz.

A Importância das Estratégias Inovadoras

O A gamificação tem se consolidado como uma ferramenta transformadora no cenário educacional, convertendo o aprendizado em uma experiência lúdica que cativa os alunos e reduz significativamente os índices de evasão. Alves (2023) destaca que a aplicação de elementos gamificados, como pontos, *badges*, níveis e desafios, em contextos de ensino de genética, transformam conteúdos complexos, como herança mendeliana, em narrativas interativas que estimulam a curiosidade e a persistência dos estudantes. Essa abordagem é particularmente eficaz na Educação a Distância (EAD) e em ambientes presenciais com alta taxa de desistência, onde o isolamento ou a falta de engajamento podem ser barreiras significativas.

A introdução de um jogo didático baseado em *role-playing game* (RPG) para explorar a transmissão de características genéticas resultou em um aumento perceptível na motivação intrínseca, com alunos demonstrando maior interesse em completar tarefas e participar de atividades. Além disso, a gamificação oferece recompensas imediatas que reforçam o senso de conquista, reduzindo a evasão em até 25% em alguns contextos, conforme observado em estudos recentes. Essa redução é crucial em um país como o Brasil, onde a evasão escolar, especialmente na educação básica e na EJA, reflete desafios socioeconômicos e pedagógicos.

Por sua vez, as simulações interativas desempenham um papel igualmente vital, permitindo a experimentação virtual de conceitos que, de outra forma, seriam inacessíveis devido à abstração ou à falta de infraestrutura laboratorial. Do Nascimento Castro et al. (2025) descrevem o desenvolvimento de um site interativo gamificado para o ensino de herança genética, destacando como a simulação do crossing-over — o processo de troca de segmentos de DNA durante a meiose — torna-se mais compreensível quando os alunos podem manipular variáveis em tempo real.

Essas simulações, sejam digitais ou baseadas em modelos tridimensionais, como réplicas do DNA, oferecem uma visualização prática que conecta a teoria à prática, sendo ideais para tópicos como mutações, replicação e transcrição. Em contextos de escolas públicas ou rurais, onde laboratórios físicos são raros, as simulações interativas democratizam o acesso a experiências hands-on, promovendo equidade e inclusão. Além disso, elas permitem que os alunos testem hipóteses e observem resultados instantaneamente, o que fortalece a retenção de conhecimento e estimula o pensamento científico, essencial para a formação de futuros profissionais em ciências biológicas.

As metodologias ativas, por outro lado, colocam o aluno no centro do processo de aprendizagem, fomentando autonomia e alinhando-se aos princípios da educação contemporânea, que valorizam a construção colaborativa do saber. Rodrigues et al. (2022) analisam como a aprendizagem baseada em problemas (PBL) e outras abordagens ativas, como estudos de caso e modelagens, incentivam os estudantes a resolver questões reais relacionadas à genética, como o diagnóstico de síndromes genéticas ou a análise de impactos ambientais. Essa metodologia promove o pensamento crítico, a resolução de problemas e a capacidade de aplicar conhecimentos em contextos práticos, indo além da memorização tradicional. Na educação superior, casos clínicos contextualizados aumentam o interesse por temas como genética humana, preparando



os alunos para desafios profissionais. Na educação básica, o PBL estimula a curiosidade e a iniciativa, alinhando-se às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a interdisciplinaridade e a contextualização. Durante a pandemia, a adaptação dessas metodologias para o ensino remoto demonstrou sua versatilidade, mantendo o engajamento mesmo em cenários adversos.

A integração dessas três estratégias — gamificação, simulações interativas e metodologias ativas — resulta em um ensino centrado no aluno, essencial para a formação científica em um mundo cada vez mais dependente do conhecimento biológico. Essa abordagem multidimensional atende às necessidades de diferentes perfis de aprendizes, desde estudantes do ensino médio, que se beneficiam da ludicidade e da visualização, até universitários, que requerem autonomia e aplicação prática.

A gamificação engaja emocionalmente, as simulações proporcionam clareza conceitual, e as metodologias ativas desenvolvem habilidades cognitivas superiores, criando um ecossistema educacional dinâmico. Essa sinergia é particularmente relevante no Brasil, onde a diversidade cultural e as disparidades regionais demandam soluções pedagógicas flexíveis e inclusivas. Em comunidades indígenas ou quilombolas, onde os saberes tradicionais podem ser integrados às narrativas gamificadas, o aprendizado torna-se mais significativo.

Ademais, essas estratégias têm o potencial de preparar os alunos para os desafios contemporâneos, como os debates éticos sobre edição genética (CRISPR) e as implicações da biotecnologia na saúde e no meio ambiente. A gamificação pode simular cenários éticos, as simulações podem modelar experimentos genéticos, e as metodologias ativas podem fomentar discussões críticas, formando cidadãos conscientes. Estudos como o de Da Silva Teles et al. (2020) e Rezende e Gomes (2018) reforçam que essa integração não apenas melhora o desempenho acadêmico, mas também promove competências socioemocionais, como colaboração e resiliência, fundamentais para o século XXI.

Contudo, a implementação dessas abordagens enfrenta desafios significativos. A gamificação requer um design pedagógico cuidadoso para evitar a superficialidade, enquanto as simulações dependem de infraestrutura tecnológica, muitas vezes ausente em escolas públicas. As metodologias ativas, por sua vez, demandam tempo e capacitação docente, o que pode ser uma barreira em sistemas educacionais sobrecarregados. Apesar disso, o impacto positivo supera essas limitações, como evidenciado pela redução da evasão e pelo aumento da retenção de conhecimento, conforme apontado por Alves (2023) e Do Nascimento Castro et al. (2025). A experiência da pandemia, relatada por De Sousa Maciel et al. (2020), mostrou que essas estratégias, quando adaptadas, mantêm a qualidade do ensino remoto, sugerindo que investimentos em formação e tecnologia podem amplificar seus benefícios.

Outro aspecto relevante é a personalização do aprendizado, possibilitada por essas estratégias. A gamificação pode ajustar níveis de dificuldade, as simulações permitem experimentação individualizada, e as metodologias ativas adaptam-se a diferentes ritmos de aprendizagem. Essa flexibilidade é crucial na Educação de Jovens e Adultos (EJA), onde a diversidade de experiências exige abordagens inclusivas. Rodrigues et al. (2022) sugerem que a combinação dessas ferramentas cria um ambiente de aprendizagem ativo, onde os alunos se tornam protagonistas, alinhando-se aos ideais de uma educação emancipadora.

Finalmente, a importância dessas estratégias reside em sua capacidade de transformar o ensino de genética em uma experiência significativa e acessível. Elas não apenas superam as limitações dos métodos tradicionais, como as aulas expositivas



criticadas por Mascarenhas et al. (2016), mas também preparam os alunos para um futuro onde a ciência genética será central. Investir nessas abordagens significa investir na equidade, na inovação e na formação de uma geração científica consciente, capaz de enfrentar os desafios globais com conhecimento e criticidade.

Aplicação das Estratégias Inovadoras no Ensino de Genética

O uso de estratégias inovadoras no ensino de genética tem ganhado destaque como uma alternativa eficaz para superar as barreiras impostas pela abstração dos conceitos e pelo desinteresse dos alunos. Dentre essas abordagens, a gamificação destaca-se por transformar o aprendizado em uma experiência lúdica e envolvente, promovendo maior engajamento e motivação.

Da Silva Teles et al. (2020) propõem o desenvolvimento de um jogo didático voltado para a explicação da 1ª Lei de Mendel, demonstrando que a introdução de elementos como pontos, desafios e recompensas imediatas aumenta significativamente o interesse dos estudantes. Essa iniciativa, testada em sala de aula, revelou um incremento na retenção de conceitos fundamentais, como a segregação dos alelos, ao transformar a aprendizagem em uma atividade interativa que estimula a curiosidade.

Já Alves (2023) explora o uso de um *role-playing game* (RPG) para abordar a herança genética, criando narrativas em que os alunos assumem papéis de cientistas ou personagens genéticos, conectando os conteúdos teóricos a contextos reais, como a transmissão de características familiares. Essa abordagem não apenas facilita a compreensão, mas também fomenta a criatividade e a colaboração, aspectos essenciais para uma educação centrada no aluno. Complementarmente, Do Nascimento Castro et al. (2025) relatam a criação de um site interativo gamificado projetado para ensinar o processo de crossing-over, a troca de segmentos de DNA durante a meiose. O resultado foi um aumento na participação dos alunos, que puderam manipular variáveis e observar os efeitos em tempo real, destacando como a gamificação pode elevar o envolvimento em tópicos complexos, especialmente em contextos de ensino a distância.

Paralelamente, as simulações interativas emergem como uma ferramenta poderosa para visualizar processos genéticos que, devido à sua natureza abstrata, são difíceis de compreender por meio de explicações tradicionais. De Carvalho Silva et al. (2023) enfatizam o uso de modelos didáticos do DNA como estratégia eficaz em escolas rurais, onde a falta de laboratórios limita as experiências práticas. Esses modelos tridimensionais permitem que os alunos explorem a estrutura molecular do DNA, facilitando a compreensão de processos como replicação e transcrição, e promovendo uma aprendizagem mais acessível e inclusiva. A iniciativa demonstra como simulações físicas podem democratizar o acesso ao conhecimento, mesmo em contextos com recursos escassos.

Por outro lado, Bilthauer e Gianotto (2021) investigam o impacto de simulações digitais no ensino de mutações genéticas, destacando que essas ferramentas permitem aos alunos manipular variáveis como taxa de mutação e observar os resultados em tempo real. Essa abordagem resulta em uma retenção de conhecimento mais duradoura, pois os estudantes podem testar hipóteses e compreender as consequências de alterações genéticas de maneira prática, sem depender de equipamentos caros. Contudo, os autores apontam que a eficácia dessas simulações depende da familiaridade dos alunos com a tecnologia, o que pode ser um obstáculo em algumas realidades educacionais.

Mascarenhas et al. (2016) complementam essa análise ao explorar os desafios e benefícios das simulações interativas em escolas públicas, onde a infraestrutura limitada



frequentemente impede sua implementação em larga escala. Apesar disso, os autores observam que, quando disponíveis, essas ferramentas trazem vantagens significativas na visualização de conceitos abstratos, como a estrutura do cromossomo ou o mecanismo de herança.

Os resultados indicam que os alunos que tiveram acesso a simulações apresentaram maior compreensão e interesse, sugerindo que o investimento em tecnologia educacional pode ser uma solução viável para superar as barreiras tradicionais. No entanto, eles destacam a necessidade de capacitação docente para maximizar o potencial dessas estratégias, bem como a importância de políticas públicas que assegurem o acesso equitativo a recursos digitais. Essa constatação é particularmente relevante no contexto brasileiro, onde as disparidades regionais ampliam as desigualdades no ensino de ciências.

A integração dessas abordagens — gamificação e simulações interativas — oferece um arcabouço pedagógico multidimensional que atende às necessidades diversas dos alunos. A gamificação engaja emocionalmente ao transformar o aprendizado em um jogo, enquanto as simulações proporcionam clareza conceitual ao tornar visíveis processos invisíveis. Essa combinação é especialmente eficaz em disciplinas como genética, onde a complexidade dos temas exige métodos que vão além da memorização passiva. Por exemplo, o jogo proposto por Da Silva Teles et al. (2020) pode ser complementado por simulações digitais de mutações, como as descritas por Bilthauer e Gianotto (2021), criando uma experiência integrada que reforça o aprendizado em diferentes níveis cognitivos. Da mesma forma, o RPG de Alves (2023) pode incorporar modelos de DNA, como os de De Carvalho Silva et al. (2023), para conectar narrativas a visualizações práticas, enriquecendo a experiência educacional.

E ainda, essas estratégias têm se mostrado resilientes em contextos adversos, como o ensino remoto durante a pandemia de COVID-19. O site gamificado de Do Nascimento Castro et al. (2025) exemplifica como a tecnologia pode manter o engajamento em ambientes virtuais, enquanto as simulações interativas adaptadas por Mascarenhas et al. (2016) mostram potencial para suprir a ausência de laboratórios físicos. Essa versatilidade é crucial em um país como o Brasil, onde a diversidade de realidades educacionais exige soluções flexíveis. Contudo, desafios persistem, como a necessidade de infraestrutura tecnológica e a formação de professores para utilizar essas ferramentas de maneira eficaz. A falta de acesso a dispositivos e internet em regiões rurais ou periferias urbanas, como apontado por De Carvalho Silva et al. (2023), reforça a urgência de políticas inclusivas.

Em síntese, as aplicações da gamificação e das simulações interativas no ensino de genética representam uma revolução pedagógica, promovendo motivação, retenção e equidade. Estudos como os de Da Silva Teles et al. (2020), Alves (2023), Do Nascimento Castro et al. (2025), De Carvalho Silva et al. (2023), Bilthauer e Gianotto (2021) e Mascarenhas et al. (2016) evidenciam que essas estratégias não apenas superam as limitações dos métodos tradicionais, mas também preparam os alunos para os desafios científicos contemporâneos. Investir nessas abordagens significa investir em uma educação mais dinâmica, inclusiva e alinhada às demandas de uma sociedade em transformação, destacando a necessidade de pesquisas futuras para consolidar sua eficácia em larga escala.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de gamificação, simulações interativas e metodologias ativas no



ensino de genética representa um avanço significativo para enfrentar os desafios pedagógicos identificados no contexto brasileiro, como a abstração de conceitos e o desengajamento dos alunos. Esta revisão bibliográfica sistemática, demonstrou que essas estratégias inovadoras têm o potencial de transformar o aprendizado em uma experiência mais dinâmica, inclusiva e alinhada às demandas contemporâneas da educação.

A gamificação, ao incorporar elementos lúdicos como pontos e desafios, aumenta a motivação em até 30%, reduzindo a evasão, conforme evidenciado por estudos como Da Silva Teles et al. (2020) e Alves (2023). As simulações interativas, por sua vez, facilitam a visualização de processos complexos, como o crossing-over e a estrutura do DNA, promovendo maior retenção de conhecimento, como relatado por Do Nascimento Castro et al. (2025) e Bilthauer e Gianotto (2021).

Já as metodologias ativas, especialmente a aprendizagem baseada em problemas (PBL), fomentam o pensamento crítico e a aplicação prática, alinhando-se aos princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), conforme discutido por Santos et al. (2024) e Rodrigues et al. (2022).

Os resultados desta análise indicam que a combinação dessas abordagens supera as limitações dos métodos tradicionais, como as aulas expositivas criticadas por Mascarenhas et al. (2016). A experiência da pandemia, destacada por De Sousa Maciel et al. (2020), reforça a resiliência dessas estratégias no ensino remoto, adaptando-se a contextos adversos e reduzindo a evasão em até 25%.

Contudo, persistem desafios significativos, como o acesso desigual à tecnologia e a necessidade de capacitação docente, especialmente em escolas públicas e regiões rurais, conforme apontado por De Carvalho Silva et al. (2023) e Mascarenhas et al. (2016). Essas barreiras evidenciam a importância de políticas públicas que promovam a inclusão digital e o desenvolvimento profissional dos professores.

Dessa forma, recomenda-se que instituições educacionais invistam na formação continuada de docentes, capacitando-os para integrar essas estratégias de maneira eficaz e contextualizada às realidades locais. Além disso, o desenvolvimento de plataformas digitais acessíveis e adaptadas ao contexto brasileiro, como sites gamificados ou simulações de baixo custo, pode ampliar o alcance dessas ferramentas.

Pesquisas futuras devem priorizar estudos longitudinais para avaliar os impactos a longo prazo dessas abordagens, especialmente em populações diversas e vulneráveis, consolidando sua eficácia e contribuindo para um ensino de genética mais equitativo. Até o momento, os achados sugerem que essas estratégias não apenas melhoram o desempenho acadêmico, mas também preparam os alunos para os desafios éticos e científicos do século XXI, como os debates sobre edição genética e biotecnologia.

Em suma, a adoção dessas práticas inovadoras oferece um caminho promissor para revitalizar o ensino de genética, promovendo engajamento, compreensão e formação cidadã. Apesar dos obstáculos, o potencial transformador dessas abordagens é inegável, exigindo compromissos institucionais e acadêmicos para sua plena implementação. Este estudo contribui para o campo da educação em ciências ao mapear evidências e propor direções, incentivando uma educação científica mais inclusiva e alinhada às necessidades de uma sociedade em evolução.



REFERÊNCIAS

ALVES, Ryan Vieira. A Jornada dos Alelos: Impactos da utilização do RPG como metodologia ativa-imersiva no ensino de genética. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

BARROS, Aline Silva de Souza et al. Utilização de jogos digitais no ensino-aprendizagem de genética e síndromes genéticas para alunos do ensino fundamental II em uma escola pública na cidade de Manaus-AM. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**, Manaus, v. 11, n. 2, p. 45-60, 2021.

BILTHAUER, Marisa Inês; GIANOTTO, Dulcinéia Ester Pagani. Contribuições e dificuldades do uso das simulações para o processo ensino e aprendizagem de Genética. **Research, Society and Development**, Porto Alegre, v. 10, n. 12, p. e490101220787-e490101220787, 2021.

COLA, Matheus Ortega; SOUZA, Andreia Estela Moreira. Diferentes abordagens metodológicas no ensino de genética para a educação básica. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, São Paulo, v. 9, n. 11, p. 1-20, 2020.

DA SILVA TELES, Valena; DE SOUZA, Jailson Silveira; DIAS, Elaine Silva. O lúdico no ensino de genética: proposição e aplicação de jogo didático como estratégia para o ensino da 1ª lei de Mendel. **Revista Insignare Scientia-RIS**, Recife, v. 3, n. 2, p. 311-333, 2020.

DE CARVALHO SILVA, Maria Jailda; COSTA, Marcones Ferreira; DOS SANTOS, Michelli Ferreira. Modelos didáticos do DNA como estratégia para o ensino de genética em uma escola do campo. **Revista Prática Docente**, Manaus, v. 8, p. e23017-e23017, 2023.

DE SOUSA MACIEL, Wyadyson Francisco et al. Integração de metodologias ativas no ensino de genética mendeliana durante o isolamento na pandemia de COVID-19. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**, Recife, v. 20, n. 3, p. 120-135, 2020.

DE SOUZA PEREIRA, Sara; DA CUNHA, Joyciane Santiago; DE LIMA, Eldianne Moreira. Estratégias didático-pedagógicas para o ensino-aprendizagem de Genética. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 41-59, 2020.

DO NASCIMENTO CASTRO, Maria de Fátima et al. Desenvolvimento de um site interativo para aprender herança genética por gamificação. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista-ENCITEC**, Natal, v. 15, n. 3, p. 295-306, 2025.

HERMANN, Fabiana Barrichello. Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias partilhadas nos artigos da revista Genética na Escola. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MACHADO, Elaine; LUNARDON, Milena. Gamificação no ensino de Biologia: uma análise do estado do conhecimento nas produções nacionais da biblioteca de teses e dissertações. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 50-65, 2025.

MASCARENHAS, Marcia de Jesus Oliveira et al. Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 21, n. 2, p. 78-92, 2016.

MEDRADO, Ingredy. Metodologias Ativas: Estratégias para o Ensino de Genética. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2022.



REZENDE, Leandro Pereira; GOMES, Sâmea Cristina Santos. Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 45-60, 2018.

RODRIGUES, Edilamar Matias. Estratégias metodológicas para o ensino de genética: uma abordagem multidimensional para o ensino médio. 2024. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.

RODRIGUES, Larissa Braga et al. Análise de estratégias didáticas propostas por um periódico brasileiro para o ensino de genética, nos anos de 2017 a 2021. **REVES - Revista Relações Sociais**, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 15056-01e, 2022.

RODRIGUES, Renata Ferreira. O uso de modelagens representativas como estratégia didática no ensino da Genética: um estudo de caso. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 53-66, 2012.

SANTOS, Maria da Conceição Freitas; MOURÃO, Lucivana Prata de Souza; OLIVEIRA, Hugo Valério Correa de. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem em genética humana: percepção de discentes dos cursos de saúde. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Brasília, v. 48, n. 3, p. e085, 2024.

SANTOS, Vinícius Teixeira dos. A utilização das metodologias ativas no ensino de genética e biologia molecular e a realidade do ensino abstrato. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

SILVA, Sirleide Neris da et al. Aprendizagem baseada em casos clínicos no ensino de genética para medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Brasília, v. 48, n. 1, p. e120, 2024.

SILVEIRA, Luis Fernando dos Santos. Uma contribuição para o ensino de Genética. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SOUSA, Emilly Thaís Feitosa et al. Estratégia lúdica como mediador de ensino em genética em escola da rede pública. **Research, Society and Development**, Porto Alegre, v. 10, n. 13, p. e261101320939-e261101320939, 2021.

SOUZA, Duan Rosas de et al. Bioinformática para genética no ensino médio: uma proposta didática. **Revista Brasileira de Educação em Ciências**, Recife, v. 25, n. 2, p. 80-95, 2025.

