SOUZA, Aline Antunes de. Erro, games e inteligência artificial generativa: perspectivas para a aprendizagem. *TECCOGS* — Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, n. 32, p. 260-283, 2025.

Recebido em: 3 dez. 2024
Aprovado em: 23 dez. 2024

dx.doi.org/10.23925/1984-3585.2025i32p260-283

Lincensed under CC BY 4.0

Erro, games e inteligência artificial generativa:

perspectivas para a aprendizagem

Aline Antunes de Souza[1]

Resumo: Este artigo discute o papel do erro como motor da aprendizagem nos jogos digitais, articulando fundamentos da epistemologia genética de Jean Piaget, da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e do paradoxo do fracasso proposto por Jesper Juul. Para Piaget, o erro constitui um desequilíbrio cognitivo que desencadeia processos de equilibração; para Ausubel, trata-se de um obstáculo transitório cuja superação, quando mediada, favorece a aprendizagem significativa; e para Juul, o fracasso nos games atua como combustível emocional e motivacional que mantém o jogador engajado. Em conjunto, essas perspectivas demonstram que o erro, longe de ser apenas um sinal de falha, pode ser compreendido como um recurso pedagógico central. A partir desse referencial, o artigo propõe expandir a discussão sobre o erro nos games ao integrá-lo às possibilidades abertas pela inteligência artificial generativa (IAGen). Considera-se que a IAGen pode atuar como mediadora do processo de aprendizagem em três frentes principais: (1) oferecer feedback narrativo e contextualizado, transformando o erro em explicações personalizadas, metáforas e narrativas adaptadas ao estilo de aprendizagem do estudante; (2) promover personalização e acessibilidade, ajustando linguagem, formatos e modalidades de apresentação dos conteúdos, ampliando a inclusão de perfis diversos de aprendizes; e (3) criar cenários de aprendizagem dinâmicos, nos quais os erros se convertem em novos desafios, potencializando tanto a equilibração piagetiana quanto a diferenciação progressiva ausubeliana. A justificativa pedagógica reside no entendimento de que a IAGen pode transformar o erro em uma oportunidade de reflexão metacognitiva, em estímulo à criatividade e em recurso de inclusão. Por fim, o artigo apresenta reflexões críticas acerca dos riscos associados, uma vez que a IAGen, como todas as tecnologias, é ambivalente, e apresenta tanto elementos produtivos quanto nocivos – como a dependência excessiva de algoritmos, a perda de autonomia docente e as implicações éticas do uso de dados. Ao situar a IAGen como mediadora do erro nos games, pretende-se contribuir para o debate sobre suas possibilidades e limites na construção do conhecimento no campo educacional.

Palavras-chave: Games; aprendizagem; paradoxo do fracasso; inteligência artificial generativa.

1 Doutoranda em Tecnologias da Inteligência e Design Digital e mestre em Comunicação e Semiótica, ambos pela PUC-SP, graduada em Artes Plásticas (ECA-USP) e especializada em Estéticas Tecnológicas (PUC-SP). Atualmente, é Professora Assistente do curso de Publicidade e Propaganda da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Além da docência, possui experiência profissional nas áreas de design gráfico, UX e ilustração. E-mail: alinecsantunes@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-0942-5722.

Error, games, and generative artificial intelligence: Perspectives on meaningful learning

Abstract: This article discusses the role of error as a driving force of learning in digital games, articulating theoretical foundations from Jean Piaget's genetic epistemology, David Ausubel's theory of meaningful learning, and Jesper Juul's paradox of failure. For Piaget, error represents a cognitive disequilibrium that triggers equilibration processes; for Ausubel, it is a transient obstacle whose mediated resolution fosters meaningful learning; and for Juul, failure in games functions as an emotional and motivational fuel that sustains player engagement. Taken together, these perspectives demonstrate that error—far from being merely a sign of failure—can be understood as a central pedagogical resource. Building on this theoretical framework, the article expands the discussion of error in games by integrating it into the possibilities opened by generative artificial intelligence (GenAI). It argues that GenAI can act as an intelligent mediator of learning through three main fronts: (1) providing narrative and contextualized feedback, transforming errors into personalized explanations, metaphors, and narratives adapted to the learner's cognitive style; (2) promoting personalization and accessibility, by adjusting language, formats, and modes of content presentation to include diverse learner profiles; and (3) creating dynamic learning scenarios in which errors become new challenges, enhancing both Piagetian equilibration and Ausubelian progressive differentiation. The pedagogical justification lies in understanding that GenAI can transform error into an opportunity for metacognitive reflection, a stimulus for creativity, and a resource for inclusion. Finally, the article presents critical reflections on the associated risks, since AI, like all technologies, is ambivalent, and presents both productive and harmful elements – such as excessive dependence on algorithms, loss of teaching autonomy, and the ethical implications of data use. By situating GenAI as a mediator of error in games, this work seeks to contribute to the debate on its possibilities and limitations in the construction of knowledge within educational contexts

Keywords: Games; learning; paradox of failure; generative artificial intelligence.

1. Introdução

Este artigo parte da hipótese de que o erro, frequentemente tomado como indício de insuficiência, pode e deve ser tratado como um recurso pedagógico central. Entendido como eixo teórico da aprendizagem, o erro atua simultaneamente como gatilho cognitivo, sinalização diagnóstica e oportunidade de reorganização conceitual. Seu valor instrutivo não se limita à verificação de desempenho: enquanto informação relevante, o erro orienta a revisão de estratégias, sustenta a metacognição e amplia a autonomia do aprendiz.

A argumentação é apoiada em três pilares teóricos que, em conjunto, fundamentam o papel formativo do erro: a epistemologia genética de Piaget, que o compreende como manifestação de desequilíbrio necessária à equilibração; a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que o caracteriza como obstáculo transitório, cuja superação qualifica e diferencia subsunçores; e o paradoxo do fracasso de Juul, que evidencia a dimensão motivacional do erro nos games, mantendo o engajamento por meio de ciclos de tentativa, falha e superação. O erro, então, emerge como motor cognitivo, conceitual e afetivo, articulando-se a processos de construção ativa do conhecimento.

Nesse cenário, os games apresentam um ambiente privilegiado para essa dinâmica de experimentação, por reunirem desafio graduado, feedback imediato e baixo custo social do fracasso. Ao organizarem experiências de tentativa e reconstrução, os games tornam o erro um evento informativo, integrável e, sobretudo, produtivo para a aprendizagem (além de divertido). Ao ser integrada a tal contexto, a Inteligência Artificial Generativa (IAGen) amplia seu potencial educativo, ao oferecer feedback narrativo e contextualizado, personalização de percursos e criação dinâmica de cenários – isto é, mediações sensíveis ao contexto que preservam o desafio significativo e convertem a frustração inicial em uma oportunidade instrutiva particular.

Com base nessa articulação entre teorias da aprendizagem, design de games e mediação por IAGen, este artigo discute possibilidades de se compreender a natureza instrutiva do erro na construção do conhecimento, apontando possibilidades e limites pedagógicos. Ao final, desperta-se à necessidade de uma reflexão crítica sobre alguns riscos inerentes – dependência tecnológica, autonomia docente e implicações éticas do uso de dados – na intenção de orientar e incentivar usos responsáveis, que mantenham o protagonismo do estudante, a qualidade da mediação docente, e a equidade no acesso e nos resultados.

2. O erro no processo de ensino–aprendizagem

O erro, com frequência compreendido como um obstáculo ou falha no processo de ensino-aprendizagem, pode, na verdade, funcionar como um potente gatilho cognitivo e um valioso recurso para a construção do conhecimento. Longe de representar apenas um desvio indesejado, o erro pode revelar aspectos essenciais do processo de aprender, tornando-se uma via legítima de desenvolvimento e transformação conceitual.

Para dar início ao desenvolvimento de tal reflexão, propõe-se aqui uma breve apresentação do papel do erro no processo de ensino-aprendizagem a partir de três perspectivas teóricas distintas – ao mesmo tempo, complementares: a epistemologia genética de Piaget (1973, 1975, 1976, 1978, 1995, 1998, 1999), a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1963, 1978, 1980, 1983, 2000, 2003) e o paradoxo do fracasso, conforme Juul (2010, 2013). O objetivo é apresentar diferentes abordagens acerca de como o erro se manifesta e atua em diferentes contextos de aprendizagem para, assim, compreender-se como o erro pode ser ressignificado: passar de uma visão de incompetência para um passo necessário na construção ativa do conhecimento.

2.1. A epistemologia genética de Piaget

Na perspectiva da epistemologia genética, como proposta por Piaget, o processo de ensino-aprendizagem pode ser compreendido enquanto processo de construção do conhecimento.[1] Este é um processo ativo, que ocorre através da interação contínua entre o sujeito (organismo ou aprendiz) e o objeto (meio), impulsionado por um mecanismo fundamental chamado equilibração – também compreendido como autorregulação. Para que o papel do erro seja assimilado no contexto da epistemologia genética, faz-se necessário definir tal mecanismo, assim como desvelar seu funcionamento.

A equilibração pode ser entendida como um processo regulador, que permite que novas experiências e elementos exteriores sejam incorporados de maneira satisfatória às estruturas mentais e cognitivas pelas

1 Cabe aqui mencionar que Piaget não era pedagogo e jamais formulou uma teoria de aprendizagem. Em suas investigações, seu objetivo último era compreender como o conhecimento é construído – nesta perspectiva, ele se torna epistemólogo. A partir de seus estudos, surgiram inúmeras propostas pedagógicas que utilizam as ideias de Piaget como diretrizes para uma metodologia de trabalho didático-pedagógica, visando o processo de ensino-aprendizagem.

quais os indivíduos se adaptam e organizam o meio. No contexto do desenvolvimento cognitivo, trata-se da passagem do desequilíbrio para o equilíbrio, conceitos fundamentais para essa teoria. Uma vez que todo organismo busca manter um estado de equilíbrio interno que lhe permita sobreviver em diversos ambientes, quando um dos elementos do sistema entra em desacordo com os demais, processos internos passam a atuar para retomar o estado de equilíbrio anterior. A equilibração consiste justamente nesse processo de organização das estruturas cognitivas em um sistema coerente e interdependente, no qual há uma dependência recíproca entre as partes e o todo do sistema cognitivo, possibilitando ao indivíduo uma adaptação à realidade.

O funcionamento da equilibração envolve dois processos fundamentais e indissociáveis: a assimilação e a acomodação. A assimilação, considerada o polo do sujeito, consiste na incorporação de elementos do mundo exterior às estruturas de conhecimento já existentes, sejam elas sensório-motoras ou conceituais. Já a acomodação se refere às modificações dessas estruturas diante das exigências atuais impostas pelos elementos assimilados, evidenciando o papel das resistências do objeto no confronto com o sujeito. A adaptação cognitiva, portanto, resulta do equilíbrio dinâmico entre esses dois mecanismos.

À medida que o sujeito assimila e acomoda, entra em ação a função de organização, responsável por integrar a nova estrutura a uma anterior, transformando-a em subestrutura dentro de um sistema mais amplo. Esse processo garante a coerência entre transformação e integração, resultando em uma equilibração cognitiva – uma síntese provisória que, ao resolver certos desafios, inevitavelmente aponta para novos problemas. Nesse sentido, a equilibração por autorregulação é o modo como a estrutura cognitiva responde aos estímulos e pode ser compreendida como o principal fator do desenvolvimento intelectual.

Dentro desse processo, o erro desempenha um papel singular e fundamental, uma vez que pode ser compreendido como um tipo de desequilíbrio cognitivo, uma perturbação ou, até mesmo, um estímulo, cuja ocorrência impulsiona a necessidade de novas acomodações e reorganizações rumo a níveis mais elevados de equilíbrio. Dessa maneira, para Piaget, a percepção do erro não é apenas uma indicação de falha, mas sim a consciência de uma contradição (Assis, 2019, p. 139). Essa contradição gera um estado de desequilíbrio cognitivo ou conflito que, por sua vez, desencadeia o processo de equilibração, forçando o sujeito a reorganizar seus conhecimentos e dados da realidade para superá-lo e alcançar um

novo equilíbrio. Em outras palavras, é a tomada de consciência de uma contradição que desencadeia o processo de equilibração, responsável pela construção dos conhecimentos.

Por conseguinte, o erro não é algo inerentemente ruim a ser evitado ou punido, mas revela quais esquemas existentes são insuficientes e desafia o pensamento do sujeito-aprendiz. Sob essa ótica, no processo de ensino-aprendizagem, o papel do professor não é apenas transmitir conhecimentos prontos, mas sim organizar situações-problema que exijam a interação entre o sujeito e o objeto (de aprendizagem) em que o erro possa ocorrer naturalmente. Permitir que o estudante erre, reflita sobre seu erro e tente novamente faz parte da liberdade intelectual necessária para a construção do conhecimento[2].

2.2. A aprendizagem significativa de Ausubel

A teoria da aprendizagem significativa, desenvolvida por Ausubel a partir da década de 1960, se insere no campo da aprendizagem cognitiva, alinhada à perspectiva construtivista, e propõe uma abordagem alternativa para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem. Segundo o autor, a aprendizagem significativa consiste em um processo pelo qual novas informações são incorporadas às estruturas cognitivas preexistentes do aprendiz, adquirindo sentido a partir da relação com seus conhecimentos prévios. Trata-se de uma interação cognitiva não-arbitrária e não-literal entre o novo conhecimento – que deve ser potencialmente significativo – e um conhecimento anterior, especificamente relevante, denominado "subsunçor", já presente na estrutura cognitiva do sujeito. Pode-se afirmar, portanto, que é o próprio aprendiz quem constrói ativamente seu conhecimento, por meio dos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

> Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhan-

2 Vale destacar que é também fundamental que o tratamento dado ao erro do estudante pelo professor leve em consideração a compreensão de como tal indivíduo está capacitado a pensar em seu período de desenvolvimento, uma vez que seu desenvolvimento mental é um processo contínuo de construção de estruturas cognitivas que variam conforme sua idade biológica (entre outras características) e refletem seu grau de desenvolvimento intelectual.

> ças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento. (Moreira, 2000, p. 5)

O ponto central da teoria da aprendizagem significativa é que, entre os diversos fatores que influenciam a aprendizagem, o mais determinante é o conhecimento prévio do estudante. Esse conhecimento anterior, o "subsunçor", funciona como um ponto de ancoragem para novas ideias, permitindo que a informação recém-introduzida adquira significado; essa interação resulta em modificações tanto no novo conhecimento quanto no subsunçor, tornando este último mais rico, diferenciado e elaborado, o que, por sua vez, amplia sua capacidade de ancorar aprendizagens futuras.

Na prática, a aprendizagem significativa se fundamenta em um conjunto de princípios programáticos que orientam a organização e a condução do ensino. Entre esses princípios, destacam-se os já mencionados diferenciação progressiva e reconciliação integradora, assim como a organização sequencial e a consolidação. A diferenciação progressiva estabelece que as ideias mais gerais e inclusivas do aprendizado devem ser apresentadas logo no início da instrução, para, em seguida, serem gradativamente diferenciadas em termos de detalhes e especificidade. Nesse processo, os conteúdos mais relevantes devem ser introduzidos desde o início e posteriormente aprofundados por meio de exemplos, situações e exercícios que favoreçam sua compreensão e expansão.

De forma complementar, a reconciliação integradora orienta a programação do conteúdo no sentido de não apenas assegurar a diferenciação progressiva, mas também explorar explicitamente as relações entre conceitos e proposições. Esse princípio enfatiza a importância de direcionar a atenção dos aprendizes para as diferenças e semelhanças conceituais, bem como para a identificação e a reconciliação de inconsistências, sejam elas reais ou aparentes.

A organização sequencial, por sua vez, se refere à necessidade de estruturar mentalmente os tópicos ou unidades de estudo de maneira logicamente coerente, respeitando as relações de dependência natural existentes entre os conteúdos da disciplina. Esse princípio implica que o ensino, para ser facilitador da aprendizagem significativa, deve considerar, de forma integrada, tanto a diferenciação progressiva quanto a reconciliação integradora como eixos orientadores da sequência instrucional.

Por fim, a consolidação representa uma etapa essencial do processo de aprendizagem significativa, ao assegurar que o conhecimento em

aquisição seja efetivamente assimilado e transformado em base sólida para aprendizagens subsequentes – um novo subsunçor. Esse princípio pressupõe a insistência no domínio dos conteúdos estudados antes da introdução de novos conhecimentos, em conformidade com a premissa de que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem futura. Dessa forma, a aprendizagem significativa se caracteriza por uma construção gradual, articulada e sistemática do conhecimento, que parte de ideias gerais, promove a integração e diferenciação de conceitos, organiza-se de modo sequencial e assegura a consolidação dos saberes adquiridos.

O erro, nesse contexto, é concebido como uma fonte significativa de aprendizagem, e constitui parte intrínseca do processo de construção do conhecimento. Em vez de ser visto como um indicador de fracasso ou de inadequação, passa a ser reconhecido como uma oportunidade para o desenvolvimento cognitivo. Para isso, o aprendiz deve ser incentivado a refletir sobre as consequências de suas ações, questionar suas concepções anteriores e reconstruir seus conhecimentos a partir da análise de erros e acertos. Sob essa perspectiva, o erro não constitui motivo de vergonha ou punição, mas representa uma oportunidade valiosa para o avanço no conhecimento; permite que o aprendiz questione e critique aquilo que anteriormente tomava como certo ou dado, promovendo um processo de reelaboração conceitual.

Por atuar como uma importante fonte de reflexão e aprendizagem, o erro acaba funcionando como um verdadeiro impulsionador do conhecimento. Longe de ser tratado como uma falha a ser corrigida de forma punitiva, o erro deve ser encarado como um momento potencialmente produtivo, que oferece ao aluno e ao professor a oportunidade de compreender com maior profundidade os processos de ação e de formação conceitual. Dessa forma, os erros abrem espaço para momentos significativos de reflexão, estimulando o desenvolvimento de novas estratégias de resolução de problemas e tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico, consciente e eficiente.

Para concluir, ao se considerar o processo de ensino-aprendizagem, o modo como o professor lida com o erro do aprendiz se configura como um dos fatores mais determinantes. Valorizar o erro implica reconhecê-lo como uma oportunidade pedagógica, capaz de proporcionar momentos significativos de construção do conhecimento, ao invés de tratá-lo como motivo de repreensão. Nessa perspectiva, o docente deve estimular o questionamento crítico por parte dos aprendizes, incentivando-os a pro-

blematizar aquilo que lhes é apresentado como verdade e a desenvolver suas próprias indagações, uma vez que o conhecimento se constitui, fundamentalmente, em resposta a perguntas. Outro elemento central nessa dinâmica é a oferta de feedback qualificado, que se apresenta como um recurso essencial para a confirmação de significados corretos, a correção de equívocos e a clarificação de ambiguidades e concepções errôneas.

Por fim, destaca-se a importância da construção de um ambiente educativo seguro e acolhedor, no qual o erro seja percebido como parte integrante e necessária do processo de aprendizagem. Uma postura positiva do professor diante do erro, aliada à promoção de interações significativas entre professor-aluno e entre os próprios alunos, constitui condição imprescindível para o encorajamento da experimentação, da expressão individualizada e do desenvolvimento de uma aprendizagem reflexiva e autônoma.

2.3. O paradoxo do fracasso de Juul

No contexto dos games, a experiência do erro é explorada por Juul, que a identifica como "paradoxo do fracasso": enquanto na vida cotidiana as pessoas buscam evitá-lo, nos games elas se expõem voluntariamente a situações em que, inevitavelmente, irão falhar. Esse comportamento paradoxal pode ser entendido como uma espécie de aposta emocional, em que o prazer derivado de superar um desafio compensa, ou ao menos se espera que compense, o ressentimento inicial provocado pelo fracasso (Juul, 2013, p. 2).

Assim, o paradoxo do fracasso se configura como uma contradição fundamental entre o desejo humano de evitar o erro e a experiência inevitável de falha que os games oferecem. O autor sintetiza esse paradoxo em três pontos centrais: (1) geralmente evitamos o fracasso; (2) experimentamos o fracasso ao jogar; e, ainda assim, (3) buscamos os jogos sabendo que enfrentaremos aquilo que normalmente evitamos.

O entendimento desse paradoxo pode ser também relacionado a outros fenômenos culturais, como o paradoxo da tragédia na arte, em que as pessoas buscam emoções desagradáveis como tristeza, medo ou nojo ao assistir peças de teatro, ler romances ou ver filmes. No entanto, pela experiência prática, os games chegam a produzir efetivamente sentimentos de humilhação e inadequação nos jogadores que, mesmo assim, parecem preferir experiências que os desafiem e os levem, pelo menos ocasionalmente, a falhar.[3]

3 Juul chega a apontar, inclusive, estudos que indicam que os jogadores costumam avaliar mais positivamente um game quando enfrentam algum grau de

Outro ponto relevante é a natureza do fracasso nos games, vista como intrinsecamente pessoal: ao representar, de maneira direta, a inadequação do jogador frente ao desafio proposto, essa experiência, embora desagradável, é justamente o que o motiva a continuar tentando, em busca de superar suas próprias limitações. Dessa forma, superar o fracasso ao melhorar gradualmente as habilidades é um aspecto fundamental para o prazer proporcionado pelo jogar. É como se, de sua parte, os games prometessem uma oportunidade justa de redenção, em contraste com o mundo real, que nem sempre oferece tais garantias.

Mais dois aspectos importantes do fracasso nos games são relacionados ao seu custo temporal e psicológico (Juul, 2010). Ao falhar, o jogador "perde tempo", seja repetindo seções ou recomeçando desafios; esse tempo de "retrabalho" pode variar consideravelmente, a depender do design do game. Os mais recentes tendem a aplicar punições menores pela falha, como vidas infinitas ou pontos de salvamento próximos – o que, paradoxalmente, aumenta a frequência das falhas, mas por um custo menor de tempo –, incentivando, assim, a experimentação e a aprendizagem. Já o custo psicológico associado ao erro depende diretamente de como o game em si comunica o fracasso ao jogador e da repetitividade dos níveis ou fases a serem refeitos. Os games que sugerem uma falta ou deficiência intrínseca de habilidade por parte do jogador, por exemplo, são vistos como mais desmotivadores do que os que sinalizam que a melhoria virá com a prática. Por outro lado, mecanismos como a aleatorização de obstáculos nas fases a serem repetidas podem tornar o fracasso menos punitivo e mais estimulante.

Em sua análise final, Juul descreve os games como uma "arte do fracasso": uma forma de arte singular, capaz de colocar o jogador repetidamente em situações de falha, permitindo que ele experimente, reflita e aprenda com essas experiências. Essa habilidade de gerar motivação e aprendizagem, mesmo diante da frustração, é um dos principais fatores que tornam os games tão envolventes e impactantes. Para o autor, os games não são apenas entretenimento superficial, mas experiências significativas que confrontam os jogadores com suas próprias limitações e os impulsionam a superá-las.

Assim, o conceito de "erro", intrinsecamente ligado ao fracasso nos games, torna-se central. Essa relação, fundamental tanto para a motivação

fracasso durante a experiência, do que quando vencem quase sem dificuldades, principalmente porque tais falhas os obrigam a reconsiderar suas estratégias e aumentam a percepção de profundidade do próprio game (2010, p. 2).

dos jogadores quanto para a aprendizagem, pode ser, portanto, diretamente relacionada ao contexto educacional e aos processos de ensino-aprendizagem. Na prática, sempre que um jogador comete um erro – por exemplo, ao errar um salto ou utilizar uma sequência incorreta de botões –, resulta em um fracasso na tarefa proposta. Normalmente, essa falha vem acompanhada de uma punição, frequentemente medida em termos de tempo perdido (jogar novamente). Como mencionado, o autor enfatiza que o fracasso não representa apenas a ausência de sucesso, mas sim uma experiência pessoal de inadequação; por outro lado, desafiando a intuição de que o fracasso é sempre negativo, Juul argumenta que os jogadores preferem games nos quais falham pelo menos ocasionalmente, uma vez que o fracasso obriga o jogador a reconsiderar estratégias, aprender com os erros e, consequentemente, aprimorar-se. Com isso, esse processo de superação da inadequação inicial contribui positivamente para a avaliação do game e para o prazer de jogar. Neste ponto, também é possível se pensar uma relação com o processo de ensino-aprendizagem: em uma aula, por exemplo, as chances de um conteúdo despertar o interesse do estudante serão significativamente maiores conforme seu grau de novidade e de desafio, desde que o professor saiba mediar o raciocínio proposto.

Outro vínculo entre o fracasso nos games e o contexto educacional evidenciado por Juul surge ao discutir a teoria da impotência aprendida (*learned helplessness*). Essa teoria explica como determinadas interpretações do fracasso podem afetar negativamente a autoestima e a crença de um estudante em sua própria capacidade, levando-o à desistência[4]. Por isso, o modo como o fracasso é comunicado ao indivíduo é decisivo: a forma como o aprendiz percebe a causa – seja como interna ou externa, estável ou instável, global ou específica – influencia diretamente tanto sua reação emocional quanto seu comportamento posterior.

Juul exemplifica essa dinâmica com dois jogos: *Super Real Tennis* (Sega Wow Inc, 2003) e *Brain Age* (Nintendo, 2006). Enquanto o primeiro tende a sinalizar o fracasso como uma deficiência estável e global do jogador, com mensagens repetitivas que reforçam a ideia de incompetência e não apontam possibilidades de melhoria (ver Figura 1), o segundo apresenta o fracasso como uma condição temporária e passível de superação, prometendo melhoria com a prática (ver Figura 2). Essa diferença

4 "Within education, attribution theory has been used to explain the phenomenon of learned helplessness: viewing failure the wrong way can shake our beliefs in our own competence and teach us to feel helpless in the face of future challenges. Learned helplessness can be a problem in an educational setting, where the wrong kind of feedback can make a student give up entirely." (Juul, 2013, p. 51)

de abordagem é o que torna o fracasso mais motivador em *Brain Age*, inspirando o jogador a continuar tentando.

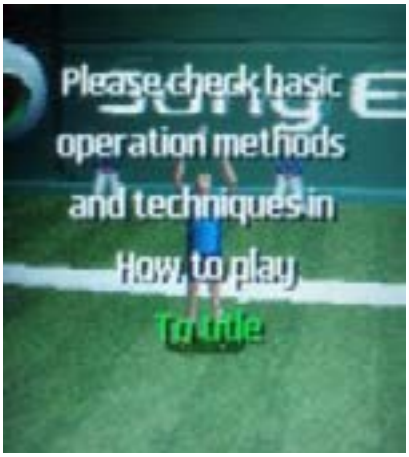


Figura 1: Tela que aparece quando o jogador perde uma partida em *Super Real Tennis*. O texto indica apenas que o jogador deve revisar suas técnicas básicas no tutorial. Fonte: Juul, 2010, p. 4.



Figura 2: Tela que aparece ao final de uma avaliação de habilidade em *Brain Age*. O texto motiva o jogador a continuar praticando para que sua pontuação melhore. Fonte: Juul, 2010, p. 4.

Sabe-se que a própria maneira como os aprendizes encaram o fracasso – como uma oportunidade de aprendizado ou como uma fonte de desmotivação – é fator determinante para o sucesso escolar; o que o autor aqui destaca é que, para que a aprendizagem ocorra, é necessário que o indivíduo aceite a responsabilidade pelo próprio fracasso, mesmo que essa aceitação seja, inicialmente, emocionalmente dolorosa.

Em síntese, Juul associa o erro a uma experiência intrínseca e pessoal nos games. No campo educacional, ele defende que o fracasso, quan-

do bem comunicado e interpretado como uma oportunidade de crescimento – e não como uma prova definitiva de incapacidade –, atua como um poderoso motor para a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades. O desafio para a educação é criar ambientes em que o custo do fracasso seja aceitável, em que os alunos se sintam seguros para errar, refletir e tentar novamente. A forma como os erros são tratados nos games, promovendo a reflexão e o aprimoramento, oferece lições valiosas para o campo educacional, sobretudo quando se busca estimular a construção ativa do conhecimento por meio da interação.

3. A inteligência artificial generativa como mediadora do erro nos games

A análise das contribuições de Piaget, Ausubel e Juul permitiu compreender o erro como um elemento estrutural do processo de aprendizagem, seja como gatilho para a reorganização cognitiva, como obstáculo transitório a ser superado com apoio pedagógico, ou como combustível emocional e estratégico para a superação de desafios. Os games, ao incorporarem essas dimensões em sua lógica de funcionamento, constituem-se como ambientes privilegiados para a vivência de erros produtivos, oferecendo feedback imediato, oportunidades constantes de recuperação e espaço emocionalmente seguro para a experimentação.

Diante desse cenário, apresenta-se agora uma reflexão acerca do potencial da Inteligência Artificial (IA) – em particular, em sua dimensão Generativa – para aprimorar ainda mais essa dinâmica instrutiva. A IAGen, ao analisar o desempenho do jogador-aprendiz em tempo real, pode adaptar os desafios e os feedbacks de maneira sensível ao contexto, prevenindo a evasão e promovendo a manutenção do engajamento. Essa personalização permite que o erro continue cumprindo seu papel como motor da aprendizagem, ao mesmo tempo em que ajusta a complexidade das tarefas para garantir que o nível de desafio permaneça estimulante e acessível.

Ao atuar como um mediador inteligente, a IAGen pode assumir algumas funções tradicionalmente atribuídas ao professor, como (1) oferecer feedbacks narrativos e contextualizados; (2) promover personalização e acessibilidade; e (3) criar cenários de aprendizagem dinâmicos. Dessa forma, o processo de ensino-aprendizagem mediado por games com recursos de IA passa a reconhecer o erro não apenas como um evento a ser corrigido, mas como uma oportunidade a ser aproveitada. Antes de elucidar melhor cada uma dessas possíveis funções da IAGen no contexto da

educação, no entanto, faz-se necessário melhor compreendê-la enquanto mediadora inteligente.

3.1. A IAGen como mediadora inteligente

O conceito de uma inteligência artificial generativa (IAGen) atuando como mediadora inteligente encontra suas origens nas pesquisas sobre Sistemas Tutores Inteligentes (*Intelligent Tutoring Systems* ou ITS)[5], que buscavam reproduzir, por meio de técnicas de IA, a eficácia da tutoria individual. Desde a década de 1980, os ITS se fundamentam na ideia de que a forma mais eficiente de ensino é aquela que considera as necessidades, o ritmo e as dificuldades específicas de cada aprendiz (Nwana, 1990). Assim, um sistema tutor inteligente deve ser capaz de "saber o que ensina, quem ensina e como ensinar", articulando conhecimento do conteúdo, estratégias pedagógicas e um modelo de aluno (*learner model*)[6] que representa seu estado de conhecimento, suas concepções errôneas e suas habilidades emergentes. Nesse sentido, a IAGen amplia esse paradigma ao ser capaz de compreender, gerar e adaptar explicações em linguagem natural, transformando a mediação automatizada em uma experiência mais fluida, empática e responsiva.

É importante ressaltar, no entanto, que na educação contemporânea, essa mediação inteligente não implica substituir o professor, mas ampliar sua ação e expertise. A IAGen pode, por exemplo, assumir funções de apoio, como oferecer feedback imediato, corrigir produções escritas, acompanhar o progresso dos estudantes e identificar padrões de erro que demandem intervenção pedagógica. Como observam Holmes, Bialik e Fadel (2019), o potencial transformador da inteligência artificial na Educação (AIED) reside precisamente nesta capacidade de equilibrar tarefas automatizáveis com aquelas que exigem julgamento, sensibilidade e ética – aspectos intrinsecamente humanos. Dessa forma, o docente pode se concentrar na mediação afetiva, na criatividade e na orientação crítica dos estudantes, enquanto a IA cuida da dimensão analítica e adaptativa do processo.

---

5 Para saber mais sobre os sistemas tutores inteligentes, recomenda-se Burton e Brown (1977, 1982), Holmes, Bialik e Fadel (2019) e Nwana (1990).

6 O modelo de aluno (*learner model*) é uma representação dinâmica do estado cognitivo do aprendiz, que registra seus conhecimentos, habilidades e concepções equivocadas, permitindo à IA adaptar o ensino conforme suas necessidades individuais.

A IAGen, portanto, pode assumir o papel de um tutor cognitivo dinâmico; ao modelar continuamente o aluno, gerar explicações personalizadas e ajustar o nível de desafio em tempo real, ela pode oferecer uma tutoria adaptativa comparável, em alguns aspectos, à interação humana. Sua capacidade generativa permite não apenas responder a erros, mas também transformá-los em oportunidades de reflexão e aprofundamento conceitual, articulando-se com o que Piaget e Ausubel identificaram como os mecanismos centrais da aprendizagem ativa. Para compreender como se dá tal tutoria, três das possíveis maneiras de como a IAGen pode mediar o processo de aprendizagem serão apresentadas a seguir.

3.2 *Feedback* narrativo e contextualizado

A mediação inteligente da IAGen exige ir além da marcação binária de acertos e erros, articulando feedbacks informativos e personalizados que dialoguem com os esquemas cognitivos do aprendiz e com suas concepções errôneas. Nesse sentido, herda-se dos Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) e dos Sistemas Tutores Baseados em Diálogo (DBTS) a premissa do diagnóstico de erros: um modelo do aluno representa, de modo dinâmico, o estado de conhecimento, os "bugs" conceituais e mesmo indícios afetivos, permitindo remediação dirigida e personalização de intervenções. Ao identificar erros sistemáticos e padrões de coocorrência de equívocos, o sistema não apenas sinaliza o que falhou, mas explicita por que falhou e como corrigir, oferecendo trajetórias de estudo ajustadas ao perfil do estudante (Holmes; Bialik; Fadel, 2019).

Os DBTS operacionalizam essa mediação por meio de conversas naturais, em que o tutor automatizado combina declarações corretivas, perguntas de sondagem, prompts, dicas graduadas e resumos para promover compreensão aprofundada. Modelos como o AutoTutor (2004), por exemplo, ilustram a lógica de tutoria socrática, conduzindo, por meio de perguntas, o aluno a elaborar respostas mais ricas e a reparar mal-entendidos, por meio de encadeamentos discursivos que fazem sentido no contexto da tarefa. Ainda que historicamente já houvesse geração de linguagem natural em tutores e mesmo a criação de perguntas a partir de redes semânticas (por exemplo, no Scholar, 1970), a IAGen expande qualitativamente esse repertório ao compor explicações, metáforas, analogias e micro-narrativas ajustadas ao conteúdo e ao estilo de aprendizagem do estudante, tornando o feedback mais situado, expressivo e responsivo (Holmes; Bialik; Fadel, 2019).

Para que tais intervenções sejam realmente contextualizadas, a IAGen depende de mecanismos automatizados de inferência em tempo

real. A partir da *Educational Data Mining* (EDM)[7] e da *Learning Analytics* (LA)[8], modelos de conhecimento latente[9] estimam o domínio de habilidades e conceitos a partir de padrões de desempenho do estudante, informando quando intervir e em que profundidade (Baker; Inventado, 2014). Em paralelo, a modelagem de afeto e de comportamentos permite prever estados como tédio, frustração ou esforço, modulando o teor do feedback – mais encorajador, mais diretivo ou mais exploratório – e ajustando a sequência instrucional. Em estudos de AIED, por exemplo, redes Bayesianas foram usadas para inferir estados afetivos e acoplar mensagens de reforço ou orientações instrutivas específicas, o que sustenta a noção de um tutor empático por projeto (Holmes; Bialik; Fadel, 2019; Baker; Inventado, 2014).

No contexto dos games, essa frente se traduz em ciclos de diálogo tutor-jogador que integram o diagnóstico de padrões de erro com microexplicações narrativas situadas no próprio desafio lúdico. Em vez de respostas genéricas, o sistema produz feedbacks narrativos que remetem às ações realizadas, às regras do cenário e às estratégias alternativas plausíveis naquele ponto do jogo, convertendo o erro em pista orientadora para a próxima tentativa. Assim, ao mesmo tempo em que preserva o valor formativo do insucesso e respeita o ritmo do aprendiz, a IAGen organiza sequências discursivas que ampliam a chance de reconstrução conceitual e de ajuste estratégico, estabelecendo a base para as duas frentes seguintes: personalização e acessibilidade, e criação de cenários de aprendizagem dinâmicos.

3.3 Personalização e acessibilidade

A personalização e a adaptabilidade constituem a essência dos ITS: seu ciclo de coleta de dados, atualização de modelos e seleção de atividades busca o caminho ideal de aprendizagem passo a passo para cada estudante, ajustando continuamente o nível de dificuldade e a sequência

7 *Educational Data Mining* (EDM) é o campo que aplica métodos de mineração de dados para identificar padrões e inferir conhecimentos sobre o comportamento e a aprendizagem dos estudantes.

8 *Learning Analytics* (LA) é a área voltada à coleta, análise e interpretação de dados educacionais com o objetivo de compreender e otimizar o processo de aprendizagem e seus contextos.

9 Modelos de conhecimento latente são modelos estatísticos que inferem o nível de domínio de um aprendiz sobre habilidades ou conceitos específicos a partir de seu desempenho observável, estimando conhecimentos não diretamente mensuráveis.

instrucional. Para informar essas decisões, a IA realiza modelagem comportamental, capturando milhares de pontos de dados de cada interação – cliques, digitação, tempo e velocidade de cursor – e os utiliza para determinar qual atividade adaptativa deve ser entregue em seguida. Essa lógica tem implicações diretas para a acessibilidade e populações específicas: ecossistemas de aprendizagem (*Exploratory Learning Environments*, ELEs) como o ECHOES (2014), por exemplo, foram projetados para apoiar crianças no espectro do autismo no desenvolvimento de habilidades de comunicação social; do mesmo modo, mecanismos adaptativos podem ser decisivos para estudantes em risco de desistência, ao ajustar suporte, ritmo e apresentação do conteúdo (Baker; Inventado, 2014).

Na perspectiva da EDM, a personalização e a acessibilidade dependem de uma adaptação automatizada do ambiente de aprendizagem. Técnicas de *clustering* (agrupamento) identificam perfis de estudantes ou padrões de ação que ocorrem conjuntamente, permitindo personalizar não apenas o conteúdo, mas também a abordagem pedagógica dentro do jogo para estilos de aprendizagem que emergem em cada grupo. Em paralelo, modelos preditivos estimam variáveis que não são diretamente mensuráveis – como o nível de conhecimento ou o risco de evasão – e permitem intervenções proativas. Nessa função, a IAGen, atuando como mediador inteligente, pode oferecer novos tutoriais em tempo real, ajustar o nível de dificuldade ou direcionar o estudante a atividades preparatórias, quando o sistema prevê queda de desempenho ou desengajamento. Essa capacidade de inferir e adaptar automaticamente é precisamente o que permite à IA assumir funções tradicionalmente atribuídas ao professor no acompanhamento individualizado (Baker; Inventado, 2014).

Do ponto de vista de sistemas de AIED, a personalização é o coração do design: ela se realiza pela articulação entre Modelo de Domínio (representa o conteúdo e a estrutura do conhecimento a ser ensinado), Modelo Pedagógico (define as estratégias de ensino e de intervenção adotadas pelo sistema) e Modelo do Aprendiz (representação dinâmica do estado cognitivo e afetivo do estudante), que, em conjunto, determinam *o que* apresentar, *como* apresentar e *quando* avançar (Holmes; Bialik; Fadel, 2019). Abordagens de nível de domínio (*mastery*), como no alta/Knewton[10], impedem progressão sem que objetivos prévios sejam consolidados, oferecendo remediação *just-in-time* para que nenhum estudante "fi-

10 Disponível em: https://www.wiley.com/en-us/grow/teach-learn/teacher-resources/courseware/knewton-alta/. Acesso: 12 nov. 2025.

que para trás". Em plataformas como a Area9 Lyceum[11], a personalização é aprofundada pela modelagem de confiança (*continuous self-assessment*): quando o aluno acerta, mas indica baixa confiança, o sistema adapta o percurso para fortalecer a compreensão e a metacognição. Nos games, essas mesmas lógicas permitem ajustar dificuldade, ritmo, modalidade de feedback e suportes alternativos (texto simplificado, áudio, visualizações), tornando a experiência simultaneamente inclusiva e sensível ao contexto (Holmes; Bialik; Fadel, 2019).

3.4 Cenários de aprendizagem dinâmicos

Por fim, a criação de cenários de aprendizagem dinâmicos se inscreve no paradigma dos games e dos ambientes de descoberta, em que o aprendiz-jogador age, observa consequências e ajusta estratégias em ciclos sucessivos. Como exemplos nessa linha, tem-se o WEST Coach (Burton; Brown, 1977; 1982), que emprega a simulação de jogos de tabuleiro em contexto informal para treinar habilidades por meio de decisões sequenciais e regras explícitas, e o SOPHIE (1982), que propõe um ambiente reativo no qual o aprendiz formula hipóteses, executa ações no sistema, recebe avaliações e conselhos, e retorna ao problema com melhores heurísticas. Em ambos os casos, o objetivo não é apenas acertar, mas aprender a formular, testar e depurar hipóteses em interação com um sistema que responde ao desempenho.

Essa lógica converge com os ELEs, ambientes de aprendizagem construtivistas em que o estudante constrói ativamente conhecimento ao explorar e manipular elementos do sistema, recebendo suporte adaptativo e feedback situacional. Aqui, o exemplo paradigmático é Crystal Island (NCSU, 2009), game imersivo no qual o jogador precisa solucionar um mistério científico interagindo com personagens não-jogadores (NPCs) autônomos; tais agentes modulam pistas, explicações e tarefas de acordo com a trajetória do jogador, reforçando a conexão entre ação, resposta e reconfiguração conceitual (Baker; Inventado, 2014).

No entanto, para que tais cenários sejam pedagogicamente válidos e coerentes com o currículo, a IAGen depende de infraestruturas de inteligência consolidadas pela *Educational Data Mining* (EDM), área de pesquisa e desenvolvimento que cria métodos para coletar, analisar e modelar dados educacionais a fim de inferir conhecimento, comportamentos e estados dos aprendizes, apoiando decisões adaptativas em ambientes de

11 Disponível em: https://area9lyceum.com/. Acesso: 12 nov. 2025.

aprendizagem. Um de seus métodos, a *descoberta da estrutura de domínio*, por exemplo, infere, a partir de dados, quais itens avaliam quais habilidades e quais pré-requisitos estruturam a progressão – o que fornece à IA um "mapa" para gerar desafios que respeitem a lógica do conteúdo. Já a *descoberta com modelos*, outro método, encadeia predições: um modelo inicial alimenta análises que detectam padrões complexos, como quando o aluno passa a "enganar o sistema"; em resposta, a IA reconfigura o cenário – introduz constrangimentos, novas pistas ou tarefas alternativas – para redirecionar tais estratégias improdutivas. Em complemento, técnicas como *predição*, *agrupamento* e *descoberta de relações* sustentam intervenções proativas, como ajuste de dificuldade, oferta de tutoriais *just-in-time* e revisão de objetivos, permitindo que a IA evolua de uma tutoria pontual para uma mediadora inteligente que orquestra o ambiente de aprendizagem em tempo real (Baker; Inventado, 2014).

No escopo da AIED, tais cenários ganham densidade quando aliados a abordagens explicitamente construtivistas. Em ELEs, não há uma sequência rígida a cumprir; a orientação automatizada e o feedback situacional funcionam como trilhos flexíveis que mantêm a exploração dentro de faixas pedagógicas úteis, sem suprimir a autonomia investigativa do estudante (Holmes; Bialik; Fadel, 2019). Um caso distinto são os agentes ensináveis, como em Betty's Brain (2008), em que o aluno ensina um agente virtual por meio da construção de um mapa conceitual que espelha seu próprio entendimento; a partir disso, o sistema gera questões e devolve orientações para editar o mapa, expondo concepções errôneas e promovendo ciclos de diagnóstico–revisão–reforço. Já em Crystal Island, novamente, a IA monitora simultaneamente o conhecimento em desenvolvimento, os estados afetivos e as habilidades procedimentais, coordenando personagens autônomos e eventos instrucionais para preservar pertinência, desafio e engajamento; o resultado é um ecossistema responsivo, no qual o erro do aprendiz informa a próxima versão do problema e sustenta a equilibração conceitual (Holmes; Bialik; Fadel, 2019).

Em síntese, ainda que muitas dessas formulações históricas não citem de maneira explícita a IAGen, as funções de geração de conteúdo, diálogo e cenários já estão amplamente amparadas. Assim, a IAGen pode ser apresentada como uma espécie de evolução natural de capacidades que os DBTS e sistemas generativos inauguraram em menor escala – agora, estendidas ao desenho de ambientes reativos, à tutoria personalizada e à modelagem/depuração de erros cognitivos. A IA para games (por exemplo, no controle de NPCs e de eventos) constitui justamente o elo

operativo entre a dinâmica ambiental e a capacidade generativa, e estabelece a base para que, na sequência, articulem-se Piaget, Ausubel e Juul ao erro nos games com uso de IA.

4. Justificativa pedagógica e riscos críticos

A articulação entre o erro como motor da aprendizagem e os games mediados por IAGen delineia um contínuo pedagógico no qual a falha deixa de ser mero indicador de insuficiência e passa a operar como gatilho, recurso e motor do desenvolvimento. Em Piaget, o erro sinaliza desequilíbrios que precipitam equilibração; sob Ausubel, é obstáculo transitório cuja superação qualifica subsunçores e diferencia progressivamente a estrutura cognitiva; para Juul, o fracasso mobiliza engajamento e persistência por meio de ciclos de tentativa e superação. Aqui inserida, a IAGen amplia a potência formativa do erro, ao oferecer mediações sensíveis ao contexto – do *feedback* narrativo e contextualizado à personalização dos percursos e criação dinâmica de cenários – mantendo o desafio em níveis ótimos e convertendo a frustração inicial em oportunidade instrutiva.

A justificativa pedagógica para essa mediação repousa em três eixos. Primeiro, tornar o erro uma oportunidade: mais do que classificar respostas como certas ou erradas, a IAGen transforma a falha em explicação diagnosticada, explicitando por que errou e como superar – o que promove metacognição e tomada de consciência sobre ações, estratégias e evidências. Segundo, estimular a criatividade: ao tratar o erro como um convite à invenção e à prototipagem de novas soluções, a IA pode propor variações de problemas, rotas alternativas e metáforas esclarecedoras que alimentam a exploração conceitual e a recombinação de ideias. Terceiro, ampliar a inclusão: por meio do ajuste de linguagem, formatos e modalidades de apresentação, a IAGen atende perfis diversos de estudantes – oferecendo, por exemplo, textos simplificados, áudio, pistas visuais e sequências graduadas – e reduz barreiras que frequentemente convertem o erro em desistência.

No contexto dos games, essa função tríplice se concretiza em ciclos de análise–ajuste–nova tentativa: o erro informa o sistema; o sistema adapta o desafio e o modo de apresentação; o aprendiz-jogador reitera a ação com uma melhor compreensão do objetivo e dos meios. O resultado é um ambiente em que o direito ao erro deixa de ser concessão retórica e torna-se condição estrutural do aprender, pois cada falha mapeada corresponde a uma pista instrutiva, oportunidades de recuperação e percursos

coerentes com o nível de domínio. Em termos práticos, isso significa preservar a dimensão motivacional do fracasso descrita por Juul, ao mesmo tempo em que se aciona a reconstrução conceitual prevista por Piaget e a ancoragem significativa de Ausubel.

Não obstante, essa integração demanda reflexão crítica. Há risco de dependência excessiva de algoritmos, com o deslocamento da agência do estudante e do professor para opacas decisões do sistema; tal risco é agravado quando a conveniência do automatismo obscurece a importância do juízo pedagógico e da negociação de sentidos em sala. Junta-se a isso a autonomia docente: reforça-se que a IA deve ampliar – não substituir – a mediação humana. Reduzir o professor a mero validador não apenas compromete a dimensão ética, interpretativa e relacional do ato educativo, como impossibilita o que temos de melhor na sala de aula, as relações afetivas humanas.

Por fim, há ainda inúmeras implicações éticas no uso de dados: questões de privacidade, vieses, transparência de modelos e desigualdade de acesso. A personalização, para ser assertiva, depende de dados sensíveis e inferências sobre estados cognitivos e afetivos; sem uma governança clara, com auditoria e critérios de justiça objetivos, a mesma tecnologia que promete inclusão pode reproduzir assimetrias e produzir exclusões silenciosas.

Em síntese, situar a IAGen como mediadora do erro nos games é pedagogicamente defensável quando orientada por princípios que preservem o protagonismo do estudante, a autonomia do docente e a justiça informacional. Capitalizar o erro – promovendo metacognição, criatividade e inclusão – exige, além do desenho de algoritmos que preservem o desafio significativo, dispositivos de governança que evitem a delegação acrítica do processo educativo.

5. Conclusão

Ao percorrer as contribuições de Piaget, Ausubel e Juul, este artigo demonstrou que o erro, longe de representar mera insuficiência, constitui-se como condição estruturante do aprender: desencadeia processos de equilibração e reorganização conceitual (Piaget), favorece a ancoragem significativa ao dialogar com conhecimentos prévios (Ausubel) e mobiliza engajamento por meio do ciclo tentativa–falha–superação típico dos jogos digitais (Juul).

Nesse contexto, os games emergem como ambientes privilegiados para experimentar erros produtivos, pois combinam desafios graduais, feedback imediato e baixo custo social do fracasso. Ao integrar a Inteligência Artificial Generativa como mediadora inteligente – oferecendo feedback narrativo e contextualizado, promovendo personalização e acessibilidade e orquestrando cenários dinâmicos –, sustenta-se um desenho pedagógico no qual o erro é tratado como informação diagnóstica e oportunidade de reconstrução, respondendo ao objetivo central de reconhecer, valorizar e utilizar a falha como motor da aprendizagem.

Em última instância, trata-se de capitalizar a natureza instrutiva do erro: converter o fracasso em experiência produtiva, informativa e motivadora, ancorada em um ciclo contínuo de análise, ajuste e superação. Os games, ao operacionalizarem essa dinâmica por meio de algoritmos adaptativos e feedbacks personalizados, mostram-se ferramentas potentes para uma pedagogia que coloca o erro no centro do processo de ensino-aprendizagem – desde que preservem o protagonismo do estudante, a autonomia do docente e critérios de justiça e transparência no uso de dados. Assim, a articulação entre teorias do desenvolvimento e da aprendizagem, design de games e mediação por IAGen não apenas cumpre o propósito de explicar por que e como o erro ensina, mas também indica um caminho concreto para projetar experiências educacionais inclusivas, significativas e sustentadas por evidências.

Referências

ASSIS, Orly Zucatto Mantovani de; RIBEIRO, Carolina Pasquini. Construção do conhecimento. *Schème*: *Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas*, v. 11, p. 127–159, 24 out. 2019. Disponível em: https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/scheme/article/view/9390. Acesso em 09 jun. 2025.

AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e retenção de conhecimentos*: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Editora, 2003.

AUSUBEL, David Paul. *The acquisition and retention of knowledge*: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

AUSUBEL, David Paul.*The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton, 1963.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. *Educational psychology*: a cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. *Psicología educativa*: un punto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas, 1983.

BAKER, Ryan S.; INVENTADO, Paul S. Educational data mining and learning analytics. *In: In:* Larusson, J.; White, B. (eds.) *Learning Analytics*. Berlin: Springer, 2014. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4.

BERNARDINI, Sara; PORAYSKA-POMSTA, Kaśka; SMITH, Tim J. *Echoes*: An intelligent serious game for fostering social communication in children with autism. *Information Sciences*, v. 264, p. 41–60, 2014.

BROWN, John Seely; BURTON, Richard R.; DE KLEER, Johan. Pedagogical, natural language and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II, and III. *In:* SLEEMAN, D.; BROWN, J. S. (ed.). *Intelligent Tutoring Systems*. *London*: Academic Press, 1982. p. 227–282.

BURTON, Richard R.; BROWN, John Seely. A tutoring and student modelling paradigm for gaming environments. *SIGCSE Bulletin*, v. 8, p. 236–246, 1977.

BURTON, Richard R.; BROWN, John Seely. An investigation of computer coaching for informal learning activities. *In:* SLEEMAN, D. H.; BROWN, J. S. (Org.). *Intelligent Tutoring Systems*. London: Academic Press, 1982. p. 79–98.

Brain Age. Nintendo (DS), 2006.

CARBONELL, Jaime R. AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*, v. 11, n. 4, p. 190–202, 1970.

Crystal Island: Uncharted Discovery. North Caroline State University, 2009. Disponível em: https://sites.google.com/ncsu.edu/intellimedia-uncharted/home.

GRAESSER, Arthur C. *et al*. AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language. Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, v. 36, p. 180–192, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.3758/BF03195563. Acesso: 5 /3/2026.

HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. *Artificial intelligence in education*: Promise and implications for teaching and learning. Paris: UNESCO, 2019.

JUUL, Jesper. *In search of lost time*: on game goals and failure costs. Trabalho apresentado na Foundations of Digital Games Conference, Monterey, CA, jun. 2010. Disponível em: http://www.jesperjuul.net/text/losttime/. Acesso em: 12 jun. 2025.

JUUL, Jesper. *The Art of Failure*: An essay on the pain of playing video Games. Cambridge: MIT Press, 2013.

LEELAWONG, Krittaya; BISWAS, Gautam. Designing Learning by Teaching Agents: The Betty's Brain System. International Journal of Artificial Intelligence in Education, v. 18, n. 3, p. 181–208, 2008.

MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa crítica*. Versão revisada e estendida de conferência proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11–15 set. 2000, p. 33–45. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf. Acesso em: 12 jun. 2025.

NWANA, Hyacinth S. Intelligent tutoring systems: an overview. *Artificial Intelligence Review*, Dordrecht, v. 4, n. 4, p. 251–277, Dec. 1990.

PIAGET, Jean. *A construção do real na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

PIAGET, Jean. *A equilibração das estruturas cognitivas*: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, Jean. *Introdução à epistemologia genética*. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

PIAGET, Jean. *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1973.

PIAGET, Jean. O possível, o impossível e o necessário (As pesquisas em andamento ou projetadas no Centro Internacional de Epistemologia Genética). *In:* LEITE, Luci Banks. (org.). *Piaget e a escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, 1995. p.51-71.

PIAGET, Jean. *Psicologia e epistemologia*: por uma teoria do conhecimento. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1998.

PIAGET, Jean. *Seis estudos de psicologia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.

SEGA WOW INC. *Super Real Tennis*. SEGA Corporation (Mobile), 2003.