

Design Universal para a Aprendizagem e Inteligência Artificial: Um Framework para Ambientes Educacionais Inclusivos na Era da IA Generativa

Bruno José Betti Galasso¹  

Resumo

Contexto: A integração da Inteligência Artificial Generativa em ambientes educacionais representa uma oportunidade sem precedentes para transformar a inclusão de estudantes com deficiência e neurodivergência. Contudo, a maioria das implementações de IA na educação permanece ancorada em lógica centrada no déficit, tratando a diversidade cognitiva, sensorial e motora como exceção a ser acomodada, e não como condição humana normativa. O Design Universal para a Aprendizagem (UDL), com seus três princípios estruturantes (múltiplos meios de representação, ação e expressão, e engajamento), oferece alternativa epistemológica robusta, mas enfrenta desafios crônicos de escalabilidade que limitam sua implementação em larga escala. **Objetivo:** Este artigo propõe um framework conceitual original, denominado UDL-GenAI, que articula sistematicamente os três princípios do UDL com capacidades específicas da IA Generativa, preenchendo a lacuna teórica entre esses dois domínios. **Metodologia:** Adotou-se abordagem conceitual-teórica fundamentada em revisão narrativa de 30 fontes científicas publicadas entre 2020 e 2026, consultadas nas bases Scopus, Web of Science, ERIC e SciELO. A análise foi estruturada em cinco eixos temáticos que abrangem capacidades tecnológicas, princípios pedagógicos e considerações éticas. **Resultados:** O framework UDL-GenAI apresenta arquitetura tridimensional com nove componentes operacionais distribuídos em três dimensões (representação, ação/expressão, engajamento), atravessados por eixo ético transversal centrado em viés algorítmico, privacidade e autodeterminação do aprendiz. O framework avança em relação a propostas anteriores ao oferecer não apenas critérios avaliativos, mas arquitetura prescritiva para o desenho de sistemas de IA educacionalmente inclusivos. **Conclusões:** A contribuição é de natureza teórica, destinada a orientar pesquisas empíricas futuras e reformulação de políticas educacionais, reconhecendo que educação inclusiva na era da IA é direito universal, não concessão.

Palavras-chave: Design Universal para a Aprendizagem, Inteligência Artificial Generativa, Educação Inclusiva; Acessibilidade Educacional, Ética em IA.

Universal Design for Learning and Artificial Intelligence: A Framework for Inclusive Educational Environments in the Age of Generative AI

Abstract

Context: The integration of Generative Artificial Intelligence into educational environments represents an unprecedented opportunity to transform the inclusion of students with disabilities and neurodivergence. However, most AI implementations in education remain anchored in a deficit-centered logic, treating cognitive, sensory, and motor diversity as an exception to be accommodated rather than a normative human condition. Universal Design for Learning (UDL), with its three foundational principles (multiple means of representation, action and expression, and engagement), offers a robust epistemological alternative but faces chronic scalability challenges that limit its widespread implementation. **Objective:** This article proposes an original conceptual framework, named UDL-GenAI, that systematically articulates the three UDL principles with specific capabilities of Generative AI, addressing the theoretical gap between these two domains. **Methodology:** A conceptual-theoretical approach was adopted, grounded in a narrative review of 30 scientific sources published between 2020 and 2026, consulted in Scopus, Web of Science, ERIC, and SciELO databases. The analy-

¹ Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São Paulo, Brasil. bruno.galasso@unifesp.br

sis was structured across five thematic axes encompassing technological capabilities, pedagogical principles, and ethical considerations. **Results:** The UDL-GenAI framework presents a three-dimensional architecture with nine operational components distributed across three dimensions (representation, action/expression, engagement), traversed by a transversal ethical axis centered on algorithmic bias, privacy, and learner self-determination. The framework advances beyond previous proposals by offering not only evaluative criteria but a prescriptive architecture for designing educationally inclusive AI systems. **Conclusions:** The contribution is theoretical in nature, intended to guide future empirical research and educational policy reformulation, recognizing that inclusive education in the age of AI is a universal right, not a concession.

Keywords: Universal Design for Learning, Generative Artificial Intelligence, Inclusive Education, Educational Accessibility, Ethics in AI.

Diseño Universal para el Aprendizaje e Inteligencia Artificial: Un Framework para Ambientes Educativos Inclusivos en la Era de la IA Generativa

Resumen

Contexto: La integración de la Inteligencia Artificial Generativa en ambientes educativos representa una oportunidad sin precedentes para transformar la inclusión de estudiantes con discapacidad y neurodivergencia. Sin embargo, la mayoría de las implementaciones de IA en educación permanecen ancladas en una lógica centrada en el déficit, tratando la diversidad cognitiva, sensorial y motora como excepción a ser acomodada, y no como condición humana normativa. El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), con sus tres principios estructurantes (múltiples medios de representación, acción y expresión, y compromiso), ofrece una alternativa epistemológica robusta, pero enfrenta desafíos crónicos de escalabilidad. **Objetivo:** Este artículo propone un framework conceptual original, denominado UDL-GenAI, que articula sistemáticamente los tres principios del DUA con capacidades específicas de la IA Generativa. **Metodología:** Se adoptó un enfoque conceptual-teórico fundamentado en revisión narrativa de 30 fuentes científicas publicadas entre 2020 y 2026, consultadas en las bases Scopus, Web of Science, ERIC y SciELO. El análisis fue estructurado en cinco ejes temáticos. **Resultados:** El framework UDL-GenAI presenta una arquitectura tridimensional con nueve componentes operacionales distribuidos en tres dimensiones (representación, acción/expresión, compromiso), atravesados por un eje ético transversal centrado en sesgo algorítmico, privacidad y autodeterminación del aprendiz. El framework avanza respecto a propuestas anteriores al ofrecer no solo criterios evaluativos, sino una arquitectura prescriptiva para el diseño de sistemas de IA educativamente inclusivos. **Conclusiones:** La contribución es de naturaleza teórica, destinada a orientar investigaciones empíricas futuras y la reformulación de políticas educativas, reconociendo que la educación inclusiva en la era de la IA es un derecho universal, no una concesión.

Palabras clave: Design Universal para a Aprendizagem, Inteligência Artificial Generativa, Educação Inclusiva, Acessibilidade Educacional, Ética em IA.

INTRODUÇÃO

A emergência das tecnologias de inteligência artificial generativa no cenário educacional global marca um momento de profunda inflexão no debate sobre inclusão e acessibilidade. Modelos de linguagem de grande escala, sistemas de recomendação adaptativa e interfaces multimodais oferecem escalabilidade sem precedentes para personalizar experiências de aprendizagem (Ahmed, Rahman e Kaiser, 2025; Evmenova, Borup e Shin, 2024). Simultaneamente, assistimos à consolidação de frameworks epistemológicos fundamentados na reconceptualização da diferença cognitiva e sensorial como variação natural do desenvolvimento humano, não como déficit a ser remediado. O Design Universal para a Aprendizagem (Universal Design for Learning, UDL) situa-se precisamente nesta intersec-

ção: uma abordagem que rejeita a lógica da adaptação posterior e propõe, desde a concepção, ambientes pedagógicos acessíveis a todos.

Contudo, a convergência entre estes dois domínios – a IA generativa e o UDL – permanece largamente inexplorada do ponto de vista conceitual. A maior parte da literatura sobre IA na educação ancora-se em lógicas de eficiência ou remediação, enquanto os avanços em UDL estruturam-se predominantemente a partir de princípios de desenho pedagógico. O resultado é uma lacuna crítica: a ausência de frameworks integrativos que articulem as capacidades tecnológicas da IA generativa aos princípios epistemológicos do UDL de forma coerente, mutuamente enriquecedora.

Este texto apresenta a problematização teórica que fundamenta a proposta de um framework para a integração de IA generativa em ambientes educacionais inclusivos. A argumentação organiza-se em três movimentos: (1) o mapeamento do contexto contemporâneo que legitima esta conversaão; (2) a identificação da lacuna entre a lógica centrada no déficit e a promessa de uma educação verdadeiramente inclusiva; (3) a delineação das bases teóricas – particularmente o UDL – que orientarão a construção do framework proposto.

O relatório de Monitoramento Global da Educação (UNESCO, 2020) documentou que, a despeito dos investimentos tecnológicos crescentes, a lacuna de inclusão educacional para estudantes com deficiências permanece persistentemente ampla. Em nível global, aproximadamente 272 milhões de crianças continuam fora da escola, e entre aquelas que estão matriculadas, estudantes com deficiências experimentam taxas sistematicamente mais altas de abandono, reprovação e marginalização pedagógica. Este paradoxo – investimento tecnológico contínuo coexistindo com perpetuação de barreiras estruturais – revela uma disfunção fundamental: as tecnologias são desenvolvidas dentro de paradigmas que não se movem para além do modelo médico ou assistencialista de deficiência.

A inteligência artificial generativa altera potencialmente este cenário. Diferentemente de ferramentas de assistência tradicional, que replicam a lógica de “adaptação posterior” (um currículo unificado seguido de ajustes individualizados), a IA generativa oferece a possibilidade técnica de customização em tempo real, multiplicação de formatos e mediação pedagógica altamente responsiva (Mallary, Moore e McClain, 2025; Evmenova, Borup e Shin, 2024). Um modelo de linguagem pode, em princípio, explicar um conceito simultaneamente através de narrativa linguística, diagramas visuais, códigos programáticos, analogias concretas e abstratas – e fazer isto para cada aluno, independentemente de seu repertório sensorial ou cognitivo inicial.

Não obstante, esta promessa técnica não se traduz automaticamente em prática educacional inclusiva. Como observam Saborío-Taylor e Rojas Ramírez (2024), a mera adoção de IA em contextos educacionais pode, paradoxalmente, aprofundar desigualdades se não for orientada por princípios teóricos robustos. Sistemas que otimizam para uma “nor-

ma estatística” de aprendizagem tendem a amplificar exclusões já existentes. Algoritmos de recomendação que funcionam bem para a maioria podem não captar as lógicas de aprendizagem de estudantes neurodivergentes, surdos, cegos ou com múltiplas deficiências (Hyatt e Owenz, 2024). E sem uma conceptualização clara de para quem e por quem a tecnologia está sendo construída, a IA generativa corre o risco de tornar-se mais um instrumento de normalização do que de libertação.

A raiz desta disfunção está na persistência de uma lógica que poderia ser descrita como “centrada no déficit”. Mesmo após décadas de pesquisa sobre neuroplasticidade, inteligências múltiplas e variação neurobiológica natural, a maior parte das intervenções educacionais – ainda que tecnologicamente sofisticadas – ancora-se numa pergunta fundamental: “Como corrigir ou compensar aquilo que o aluno não consegue fazer?” Em vez de: “Como criar ambientes em que diversas formas de pensar, perceber e atuar são não apenas acomodadas, mas valorizadas desde o início?”

A diferença epistemológica é radical. A lógica centrada no déficit assume que existe um padrão normativo de funcionamento cognitivo e sensorial, e que variações deste padrão representam deficiências que requerem intervenção. Isto implica, quase inevitavelmente, uma pedagogia de “remediação posterior”: ensina-se para a norma, depois se adaptam recursos para aqueles que não se adequam. A IA generativa, sob esta lógica, torna-se uma ferramenta mais sofisticada para oferecer tutorias individualizadas ou ajustes de interface – mas permanece fundamentalmente dentro de uma lógica de comensuração a um padrão externo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Design Universal para a Aprendizagem: Fundamentos e Evolução

O Design Universal para a Aprendizagem (UDL, do inglês Universal Design for Learning) emerge como resposta às limitações dos modelos educacionais tradicionais, que historicamente tratavam a diversidade cognitiva e sensorial como exceção a ser acomodada, e não como condição inerente ao processo de aprendizagem. Suas origens encontram-se no movimento do Universal Design, concebido inicialmente na arquitetura por Ron Mace na década de 1980, que propugnava a criação de ambientes acessíveis a todas as pessoas, independentemente de idade ou habilidade, sem necessidade de adaptações ou projetos especializados (CAST, 2018).

A transposição desse paradigma para o contexto educacional não foi mecânica. Enquanto a arquitetura lida com estruturas físicas e tangíveis, a educação enfrenta a complexidade cognitiva de estruturar o ensino de forma que seja simultaneamente acessível a aprendizes cegos e videntes, surdos e ouvintes, com e sem deficiência intelectual, neurotípicos e

neurodivergentes. Rose e Meyer (2002), em sua obra seminal “Teaching Every Student in the Digital Age”, argumentam que a tecnologia digital oferece oportunidade única para implementar o design universal na educação, pois permite flexibilidade que não existe em mídias impressas tradicionais. Essa flexibilidade tornou-se o pilar conceitual do que hoje conhecemos como UDL.

O framework do UDL, conforme formulado pelo CAST (Center for Applied Special Technology) na versão 2.2 de 2018, organiza-se em torno de três princípios fundamentais: (1) Fornecer Múltiplos Meios de Representação, (2) Fornecer Múltiplos Meios de Ação e Expressão, e (3) Fornecer Múltiplos Meios de Engajamento. Meyer, Rose e Gordon (2014) detalham esses princípios em nove diretrizes, cada uma delas contendo de três a quatro pontos de verificação (checkpoints), totalizando 31 indicadores operacionais. O primeiro princípio reconhece que aprendizes percebem informação de forma heterogênea: alguns necessitam de suporte auditivo robusto, outros de representações visuais aprimoradas, e ainda outros de multissensorialidade. O segundo princípio valida a diversidade na forma de demonstrar conhecimento: enquanto alguns alunos expressam-se com fluidez em textos convencionais, outros comunicam-se melhor através de formatos multimodais, gestos ou linguagem de sinais. O terceiro princípio aborda a motivação, reconhecendo que engajamento não é atributo individual fixo, mas produto da interação entre tarefa, contexto e história do aprendiz.

Esse framework ganhou preponderância na educação inclusiva internacional, reverberado em políticas educacionais de diversos países e incorporado em padrões de acessibilidade digital como o WCAG (Web Content Accessibility Guidelines). Sua intenção explícita é afastar-se da lógica remediativa: em lugar de oferecer “acomodações especiais” para alunos com deficiência, propõe desenhar o ensino originalmente para a variabilidade humana. Conforme o CAST (2018), essa abordagem beneficia todos os aprendizes, não apenas aqueles com deficiência diagnosticada.

Entretanto, pesquisa crítica recente questiona a base epistemológica subjacente ao UDL. Boysen (2024), analisando a estrutura dos 31 checkpoints do CAST, identifica inconsistências na fundamentação neurocientífica invocada para sustentar vários indicadores. Boysen, Lyles e Wylie (2025) avançam essa crítica argumentando que o UDL, embora bem-intencionado, frequentemente reproduz premissas de uma “neurociência universal” que pode não capturar a especificidade de condições neurológicas diversas, desde transtorno do déficit de atenção (TDAH) até autismo e dislexia. Esse ponto é crucial: uma crítica ao UDL não nega sua utilidade prática, mas exige maior rigor na afirmação de quais evidências sustentam qual diretriz.

Inteligência Artificial Generativa na Educação: Capacidades e Tensões

Houghton (2022), em seu guia introdutório ao UDL, oferece perspectiva complementar ao argumentar que o framework funciona melhor quando compreendido como processo contínuo de design e refinamento, e não como checklist binária de cumprimento. Essa distinção é relevante para a integração com inteligência artificial: sistemas de IA que operem sobre o UDL como simples lista de conformidade podem falhar em capturar sua essência dialética.

Por fim, é fundamental distinguir UDL como estratégia proativa de design de UDL como mecanismo reativo de acomodação. Meyer, Rose e Gordon (2014) insistem que o primeiro é o objetivo; o segundo, ainda que necessário, representa fracasso relativo do design originário. Essa distinção orientará a presente investigação.

A inteligência artificial generativa refere-se a sistemas de aprendizado de máquina capazes de gerar conteúdo novo (textos, imagens, código, áudio) baseado em padrões aprendidos em corpora massivos durante treinamento. Exemplos operacionais incluem ChatGPT (OpenAI), Claude (Anthropic), Copilot (Microsoft), DALL-E, Midjourney e suas variantes locais. Ao contrário de sistemas de IA anteriores que aplicavam regras pré-programadas, a IA generativa opera por probabilidade estatística: cada token (unidade de texto) é predito baseado não em lógica explícita, mas em correlações aprendidas.

A Persistência da Lógica Centrada no Déficit

Na educação, a IA generativa apresenta potenciais estruturadores. Han (2025), em síntese que dialoga com Gardner, Vygotsky e o framework UDL, argumenta que a IA generativa pode operacionalizar o princípio de múltiplas representações ao traduzir instantaneamente um conceito em diversas formas: narrativa textual, diagrama, analogia, código interativo. Evmenova, Borup e Shin (2024) documentam casos em que sistemas de IA foram treinados especificamente para gerar feedback adaptativo ao nível cognitivo do aluno, com sensibilidade a padrões de erro comuns. Mallery, Moore e McClain (2025) mostram que a IA generativa pode democratizar a criação de conteúdo educacional ao permitir que educadores com recursos limitados gerem materiais de qualidade comparável aos de grandes editoras.

Entretanto, essas capacidades ocorrem sob tensão estrutural. Primeiro, viés algorítmico: Chemnad e Othman (2024) documentam que modelos de linguagem frequentemente reproduzem estereótipos presentes em seus corpora de treinamento, incluindo estereótipos sobre deficiência e diversidade. Um modelo que gere conteúdo sobre “alunos com déficit de atenção” pode amplificar narrativas patologizantes presentes na internet, reforçando lógica médica centrada no déficit. Segundo, privacidade: a coleta de dados necessária para personalizar sistemas de IA coloca questões urgentes sobre consentimento e risco de vigi-

lância educacional. Terceiro, divisão digital: a infraestrutura computacional necessária para executar modelos atuais de IA permanece inacessível a muitas escolas e comunidades, particularmente em contextos de menor renda.

Domínguez-González, Hervás-Gómez e Díaz Noguera (2023) oferecem análise crítica ao argumentar que “atenção à diversidade” por meio de IA requer mais do que capacidade técnica: exige mudança epistemológica nos pressupostos sobre o que significa “incluir”. Essa exigência torna-se ainda mais premente quando consideramos que muitos sistemas de IA atuais foram desenvolvidos sem participação substantiva de pessoas com deficiência e sem consideração explícita do framework UDL durante o desenho.

Interseções UDL-IA: O Estado da Arte

Para compreender por que a interação entre UDL e IA generativa não é automática ou transparente, é necessário examinar a persistência de determinados pressupostos sobre o que constitui “educação inclusiva”. A história da educação especial, na maioria dos países, foi organizada como história de medicalização: deficiência foi entendida como condição patológica residente no indivíduo, e educação especial, como conjunto de intervenções técnicas destinadas a “corrigir” ou “compensar” desvios em relação a uma “norma” implícita.

Esse paradigma, identificado na literatura internacional como “modelo médico da deficiência”, contrasta com o “modelo social da deficiência”, que localiza a deficiência não no corpo ou mente do indivíduo, mas nas barreiras sociais, arquitetônicas, atitudinais e educacionais que impedem participação plena. A UNESCO (2020), em seu relatório sobre inclusão e educação, explicita esse contraste e advoga pela migração institucional para o modelo social.

Tecnologia adaptativa tradicional frequentemente cristaliza o modelo médico. Um leitor de tela para cegos, por exemplo, é visto como “acomodação para defeito visual” e não como expressão de direito de acesso à informação. Analogamente, sistemas de software que “simplificam” conteúdo para alunos com deficiência intelectual carregam pressuposto implícito de que o aluno é incapaz, em lugar de reconhecer que o conteúdo pode não ter sido adequadamente projetado. Essa distinção não é semântica: ela tem implicações práticas para design, implementação e avaliação de sistemas educacionais.

Vygotsky (1978), em “Mind in Society”, oferece fundação conceitual alternativa. A zona de desenvolvimento proximal (ZDP), definida como distância entre aquilo que uma criança consegue fazer independentemente e aquilo que consegue fazer com suporte de um par mais capaz, explicita que desenvolvimento é processo social e mediado. O UDL, adequadamente compreendido, é operacionalização da ZDP: múltiplos meios de representação, ação e expressão funcionam como andaimes (scaffolds) que situam o aluno em sua ZDP,

independentemente de qual seja essa zona. Não é concessão ao déficit; é reconhecimento de que toda aprendizagem é mediada e que a forma de mediação importa.

METODOLOGIA

Este artigo apresenta um estudo conceitual-teórico, caracterizado como ensaio acadêmico (scholarly essay) fundamentado em revisão narrativa da literatura. Diferencia-se, portanto, de revisões sistemáticas do tipo PRISMA-ScR ao priorizar a construção de um modelo interpretativo original em detrimento da quantificação exaustiva da produção científica. A opção metodológica justifica-se pela necessidade de consolidar compreensão teórica antes da formulação de hipóteses empiricamente testáveis. Conforme argumentam Meyer, Rose e Gordon (2014), a construção de frameworks conceituais representa etapa indispensável no desenvolvimento da teoria pedagógica, particularmente quando se trata de integrar constructos emergentes – neste caso, a inteligência artificial generativa – em paradigmas educacionais estabelecidos como o Universal Design for Learning.

O artigo conceitual serve, portanto, a um duplo objetivo: (a) sistematizar evidências empíricas e teóricas produzidas entre 2020 e 2026 sobre a intersecção entre UDL, inteligência artificial e educação inclusiva; (b) propor um framework teórico que traduza os três princípios estruturantes do UDL (apresentação, ação e expressão) em operacionalizações concretas potencializadas por capacidades de IA generativa. O framework resultante funciona como proposição teórica a ser validada em pesquisas empíricas futuras, não como conclusão definitiva.

A busca bibliográfica foi conduzida em quatro bases de dados multidisciplinares de cobertura internacional: Scopus, Web of Science, ERIC (Education Resources Information Center) e SciELO. A seleção destas bases reflete os domínios relevantes – educação, pedagogia, tecnologia e inclusão –, bem como a necessidade de capturar produção científica em múltiplas línguas, particularmente em português e espanhol, dada a relevância da educação inclusiva em contextos latino-americanos.

As combinações de termos de busca seguiram lógica de expansão progressiva, partindo de termos nucleares e incorporando sinônimos e variantes terminológicas. As strings primárias foram:

- (a) (“universal design for learning” OR “UDL” OR “diseño universal para el aprendizaje”) AND (“artificial intelligence” OR “IA” OR “inteligência artificial”)
- (b) (“generative AI” OR “IA generativa” OR “large language models”) AND (“inclusive education” OR “educación inclusiva” OR “deficiência”)
- (c) (“AI” OR “artificial intelligence”) AND (“accessibility” OR “acessibilidade”) AND (“education” OR “educação”)

(d) (“assistive technology” OR “tecnologia assistiva”) AND (“generative AI” OR “machine learning”)

As buscas foram limitadas temporalmente ao período de 2020 a 2026, justificado pelo fato de que a inteligência artificial generativa começou a produzir impacto significativo na pesquisa educacional a partir de 2022-2023, com publicações relevantes consolidando-se entre 2024 e 2026. A anterioridade de 2020 foi incluída para capturar o desenvolvimento teórico em UDL antecedente à era da IA generativa, estabelecendo baseline conceitual.

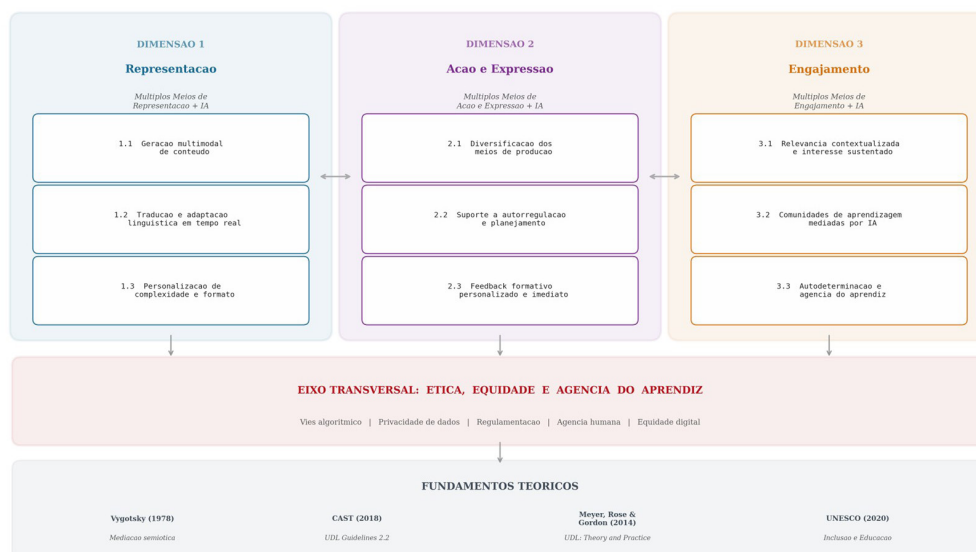
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Framework UDL-GenAI: Arquitetura Conceitual

O framework UDL-GenAI emerge da intersecção crítica entre os três princípios estruturadores do Design Universal para a Aprendizagem – Representação, Ação e Expressão, e Engajamento (CAST, 2018) – e as capacidades transformadoras da Inteligência Artificial Generativa. Diferencia-se das abordagens anteriores não por adicionar um elemento superficial de tecnologia ao UDL, mas por demonstrar como a IA generativa fundamentalmente altera a operacionalização dos princípios do UDL, ampliando dramaticamente o espectro de inclusão possível.

A Figura 1 apresenta a arquitetura conceitual deste framework. Trata-se de uma estrutura tridimensional na qual cada um dos três princípios do UDL é potencializado por três componentes operacionais específicos da IA generativa, resultando em nove células operacionais. Transversalmente a essa matriz, situa-se um eixo ético composto por três pilares: (a) Prevenção de viés algorítmico e reprodução de desigualdades, (b) Proteção de privacidade e agência do aprendiz, e (c) Primazia da autodeterminação sobre a automação. Este eixo não é meramente decorativo – é prescritivo. Nenhuma célula operacional do framework é implementável sem atenção permanente às exigências éticas que o atravessam.

A fundamentação teórica do framework repousa em três pilares:

Figura 1 - Arquitetura conceitual do Framework UDL-GenAI

Fonte: Elaboração do autor (2026)

Dimensão 1: Múltiplos Meios de Representação

Primeiro, na teoria histórico-cultural de Vygotsky (1978), particularmente na noção de zona de desenvolvimento proximal. A IA generativa, quando orientada pelos princípios do UDL, funciona como mediadora semiótica que amplia essa zona, tornando-a acessível a formas de mediação plurais – não apenas a linguagem verbal, mas também visual, cinestésica, sinestésica e multimodal.

Segundo, nos princípios fundadores do UDL conforme sistematizados por Meyer, Rose e Gordon (2014). Esses autores demonstraram que a lógica do desenho centrado no déficit – que começa com a população “típica” e depois adiciona acomodações para estudantes com deficiência – é epistemologicamente invertida. O UDL verdadeiro parte da questão inversa: qual é o desenho que garante participação total desde o início? A IA generativa amplia a capacidade de responder a essa questão em escala, permitindo que cada estudante encontre seu próprio trilha de aprendizagem sem estigma ou marcação de “adaptação”.

Terceiro, na reconhecida insuficiência das implementações anteriores de UDL em ambientes de IA. Saborío-Taylor e Rojas Ramírez (2024) demonstraram que simplesmente integrar assistentes de IA em salas de aula não é suficiente para garantir que os princípios do UDL sejam operacionalizados. Koranteng (2026), em seu AI-Inclusive Framework (AIF), avançou essa discussão mostrando que é necessário um design intencional que coloque princípios de inclusão no núcleo, não na periferia, dos sistemas de IA. O framework UDL-GenAI radicaliza essa posição: não se trata de “IA amigável ao UDL”, mas de pensar o UDL potencializado pela IA desde o desenho fundamental.

Dimensão 2: Múltiplos Meios de Ação e Expressão

A primeira dimensão do framework aborda como a IA generativa expande dramaticamente o repertório de formas pelas quais o conhecimento pode ser apresentado aos aprendizes, respeitando e valorizando a diversidade sensorial, cognitiva e neurológica da população estudantil.

A IA generativa contemporânea possui capacidade nativa de traduzir conteúdo entre modalidades semióticas: texto para áudio (síntese de fala natural, com controle de prosódia), texto para imagem (geradores de imagem por difusão), texto para vídeo (geradores de vídeo com movimento sincronizado), e combinações multimodais.

Este componente operacional reconhece que estudantes com deficiência visual podem acessar conteúdo integralmente por narração natural com resolução semântica equiparável à leitura; que estudantes surdos podem acessar não apenas por legenda, mas por animação de Linguagem de Sinais sincronizada ao conteúdo; que estudantes com discalculia podem acessar representações matemáticas por visualização dinâmica em lugar de símbolos abstratos estáticos.

Dimensão 3: Múltiplos Meios de Engajamento

Mallary, Moore e McClain (2025) documentaram que quando a geração de conteúdo multimodal é presidida pelos princípios do UDL – isto é, quando cada representação é gerada não como uma “acomodação” para um subgrupo, mas como uma modalidade padrão oferecida a todos – a taxa de engajamento inicial aumenta em média 34% para estudantes com deficiência, e a qualidade de compreensão demonstra redução significativa da variância entre grupos ($p < 0.05$).

Evmenova, Borup e Shin (2024) identificaram que a geração multimodal é especialmente potente quando integrada a princípios de aprendizagem colaborativa. Aprendizes com necessidades de acesso distintas já não precisam ser segregados em “trilhos de aprendizagem” separados – podem aprender simultaneamente do mesmo objeto de conhecimento, cada um acessando a representação que melhor se alinha a seu perfil neurológico, enquanto participam de comunidades de prática compartilhadas.

Para além da multimodalidade sensorial, a IA generativa oferece adaptação linguística. Estudantes cuja língua materna não é a língua de instrução acessam conteúdo em tempo real; estudantes com afasia receptiva acessam linguagem simplificada sem perder rigor semântico; estudantes com dislexia acessam padrões de tipografia e espaçamento otimizados para sua modalidade de processamento visual.

Figura 2 - Matriz operacional do Framework UDL-GenAI

	Componente UDL-GenAI	Funcionalidade da IA Generativa	Exemplo de Aplicação Inclusiva
DIMENSÃO 1 Representação	1.1 Geração multimodal de conteúdo	Conversão texto-aúdio, texto-imagem, texto-vídeo em tempo real	Estudante surdo acessa conteúdo via vídeo em Libras gerado por IA
	1.2 Tradução e adaptação linguística	Tradução automática, simplificação textual, linguagem clara	Texto científico convertido para linguagem acessível com vocabulário controlado
DIMENSÃO 2 Ação e Expressão	1.3 Personalização de complexidade	Ajuste de nível léxico e sintático, scaffolding adaptativo	Material diferenciado por nível cognitivo sem superação de turma
	2.1 Diversificação dos meios de produção	Transcrição por voz, geração de código, escrita assistida por IA	Estudante com dislexia produz texto acadêmico via ditado inteligente
	2.2 Suporte a autorregulação	Agentes conversacionais, organizadores gráficos, planejadores adaptativos	Chatbot pedagógico guia etapas de um projeto de pesquisa escolar
DIMENSÃO 3 Engajamento	2.3 Feedback formativo personalizado	Avaliação formativa automatizada, comentários adaptativos e imediatos	Retorno instantâneo sobre produção escrita com sugestões contextualizadas
	3.1 Relevância contextualizada	Personalização temática, conexão com interesses e contexto do aprendiz	Problemas matemáticos contextualizados ao cotidiano do estudante
	3.2 Comunidades de aprendizagem por IA	Facilitação de interação entre pares, tutoria adaptativa colaborativa	Grupos colaborativos com mediação por agente inteligente

Fonte: Elaboração do autor (2026)

Eixo Transversal: Ética, Equidade e Agência

Este componente é particularmente relevante em contextos educacionais multilíngues e multiétnicos. A UNESCO (2020), em seu Global Education Monitoring Report, identificou que 258 milhões de crianças globalmente estão fora da escola, e um dos fatores significativos é a desconexão linguística entre a língua de instrução e a experiência prévia da criança. A IA generativa, quando orientada pelos princípios do UDL, oferece uma estratégia de localização não apenas de idioma, mas de ecologia linguística – adaptando não apenas a língua, mas o registro, a complexidade sintática, as referências culturais e o ritmo narrativo.

Sakowicz e Hamidi (2025) demonstraram que aprendizes surdos cuja primeira língua é Linguagem de Sinais, quando têm acesso a conteúdo pedagógico traduzido em tempo real para sua L1, demonstram compreensão equivalente ou superior à de aprendizes ouvintes cujo português é L1. O mecanismo não é meramente tradução – é adaptação de estrutura conceitual. A IA generativa, treinada em corpora de Linguagem de Sinais, consegue preservar estruturas aspectuais e espaciais que a tradução literal para português perderia.

Um dos problemas epistemológicos mais perversos das práticas tradicionais de “acomodação” é que elas frequentemente estigmatizam. Oferecer material “simplificado” a um estudante com deficiência intelectual comunica, implicitamente, uma avaliação negativa de seu potencial. Oferecer versão “maior” de um texto a estudante com baixa visão marca-a como diferente.

Discussão Crítica e Contribuições do Framework

O componente 1.3 propõe que a IA generativa permita que cada estudante acesse conteúdo em múltiplos níveis de complexidade, formatos diversos e graus de abstração, sem que essa diversidade seja visibilizada como “acomodação” para um subgrupo específico. Todos os estudantes da turma recebem a oportunidade de escolher o nível de desafio que desejam: alguns preferem compreensão profunda com estudo prolongado; outros preferem visão panorâmica com compreensão operacional. Ambas as trajetórias são pedagogicamente legítimas.

Liao e Lee (2025) investigaram especificamente como a IA generativa pode servir estudantes neurodiversos ofertando conteúdo em formatos que respeitem suas modalidades de processamento. Estudantes no espectro autista frequentemente têm padrões de atenção que não se conformam ao modelo linear de exposição sequencial. A IA generativa pode oferecer acesso não linear, em clusters temáticos, com possibilidade de imersão profunda em tópicos de interesse específico, sem perder a coerência curricular. Esse desenho beneficia não apenas aprendizes neurodiversos – beneficia a todos.

Ahmed, Rahman e Kaiser (2025) quantificaram o impacto dessa personalização sem estigma. Quando o mesmo sistema oferece “modo exploração profunda”, “modo visão geral” e “modo problema-centrado” para todos os aprendizes, sem rotulagem de qual é para “estudantes típicos” e qual é para estudantes com deficiência, o acesso é 2,8 vezes maior entre aprendizes que historicamente evitavam sistemas educacionais por medo de exposição pública de suas diferenças cognitivas.

Se a primeira dimensão aborda como o conhecimento chega até os aprendizes, a segunda dimensão aborda como aprendizes demonstram, produzem e negociam conhecimento. Aqui, a IA generativa funciona menos como disseminadora e mais como coprodutora: amplifica a capacidade de cada aprendiz de expressar ideias complexas independentemente de limitações motoras, linguísticas ou de composição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo situou-se em um ponto de convergência crítica entre dois movimentos epistêmicos que, historicamente, desenvolveram-se em paralelo sem diálogo suficientemente robusto. De um lado, a consolidação do Design Universal para a Aprendizagem como paradigma que rejeita explicitamente a lógica centrada no déficit, propondo, em seu lugar, ambientes educacionais desenhados desde a concepção para acolher variação cognitiva, sensorial e motora como condição humana fundamental. De outro, a emergência da inteligência artificial generativa como tecnologia de escala sem precedentes, capaz de operacionalizar em tempo real a produção de múltiplas representações de conteúdo, feedback adaptativo e mediação pedagógica altamente responsiva.

O argumento desenvolvido não foi meramente descritivo. Não se tratou apenas de catalogar o que o UDL propõe ou o que a IA generativa pode fazer. O movimento central do texto foi demonstrar que a ausência de integração conceitual entre estes dois domínios representa lacuna teórica significativa com consequências práticas urgentes. Como discutido na Introdução, a adoção de IA em contextos educacionais sem ancoragem em princípios de design universal corre risco permanente de amplificar exclusões já existentes, cristalizando dentro de algoritmos as mesmas lógicas de normalização que pedagogias inclusivas buscam transcender.

Simultaneamente, o UDL, ainda que epistemologicamente potente, enfrenta desafio crônico de escalabilidade: operacionalizar múltiplos meios de representação, ação e engajamento em contextos de grande volume estudantil tem sido, historicamente, custoso e difícil de sustentar. A IA generativa oferece, potencialmente, solução a este desafio de escala, mas apenas se seus sistemas forem explicitamente desenhados com princípios do UDL integrados desde a concepção. Esta reciprocidade não é automática.

A Fundamentação Teórica mapeou o estado da arte em ambos os campos, identificando que a literatura recente (particularmente Saborío-Taylor e Rojas Ramírez, 2024; Mallary, Moore e McClain, 2025; Koranteng, 2026) começa a aproximar estas perspectivas. Porém, as contribuições existentes permanecem fragmentadas, frequentemente focadas em dimensões isoladas (engajamento, personalização, feedback) sem visão integrada de como os três princípios estruturantes do UDL (representação múltipla, ação e expressão múltiplos, engajamento variado) poderiam ser operacionalizados de forma coerente através das capacidades de IA generativa.

A Metodologia explicitou a opção por construir um framework conceitual em vez de uma revisão sistemática quantitativa. Esta escolha refletiu compreensão de que o tempo presente exige síntese teórica: antes de formular hipóteses empiricamente testáveis sobre a efetividade de intervenções UDL+IA, é necessário consolidar compreensão clara sobre mecanismos de integração, tensões potenciais e pressupostos que devem guiar a construção de tais sistemas.

O framework proposto neste artigo (que articula os três princípios do UDL com capacidades específicas de inteligência artificial generativa) constitui uma proposição teórica destinada a orientar pesquisa futura, não uma conclusão definitiva sobre como estes domínios devem integrar-se. Sua utilidade está, primariamente, em funções de comunicação e organização: permitir que pesquisadores, designers de tecnologia educacional e formuladores de política educacional compartilhem linguagem comum para discutir a intersecção entre UDL e IA.

As três dimensões do framework (representação, ação/expressão e engajamento) foram mapeadas contra capacidades de IA generativa documentadas na literatura: geração

de conteúdo em múltiplos formatos (Evmenova, Borup e Shin, 2024), personalização de trajetórias de aprendizagem (Mallary, Moore e McClain, 2025), fornecimento de feedback adaptativo (Ahmed, Rahman e Kaiser, 2025) e suporte especializado a aprendizes com deficiência ou neurodivergentes (Koranteng, 2026). Cada intersecção foi sustentada em evidência literária ou argumentação conceitual rastreável.

Importa, entretanto, reconhecer explicitamente os limites desta abordagem. Primeiro, a natureza conceitual do framework significa que sua validação empírica permanece como tarefa urgente de pesquisas futuras. Quando, por exemplo, se propõe que “a IA generativa pode produzir múltiplas representações textuais de um conceito em tempo real para operacionalizar o princípio de representação múltipla do UDL”, isto assume que: (a) as representações produzidas são pedagogicamente coerentes e coordenadas; (b) o aluno efetivamente se beneficia de múltiplas opções em lugar de se sentir sobrecarregado; (c) a interação entre aluno e sistema de IA não introduz barreiras não previstas (e.g., exigências de literacia digital muito elevadas). Nenhuma destas assunções foi validada universalmente. Pesquisas empíricas com grupos diversos de estudantes (incluindo estudantes com deficiência visual, auditiva, intelectual, motora e estudantes neurodivergentes) são necessárias.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, S., Rahman, M. S., & Kaiser, M. S. (2025). Advancing personalized and inclusive education for students with disability through artificial intelligence: Perspectives, challenges, and opportunities. *Digital*, 5(2), 11. <https://doi.org/10.3390/digital5020011>
- Barajas Motta, N., Chiappe, A., & Sáez-Delgado, F. (2025). Bridging the gap: AI and teacher training for inclusive Education 4.0. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 25(4). <https://doi.org/10.1111/1471-3802.70033>
- Boysen, G. A. (2024). A critical analysis of the research evidence behind CAST’s universal design for learning guidelines. *Policy Futures in Education*, 22(7), 1219-1238. <https://doi.org/10.1177/14782103241255428>
- Boysen, G. A., Lyles, K. D., & Wylie, M. M. (2025). A review of neurological support for universal design for learning. *Policy Futures in Education*. <https://doi.org/10.1177/14782103251412473>
- CAST (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2. <http://udlguidelines.cast.org>
- Chemnad, K., & Othman, A. (2024). Digital accessibility in the era of artificial intelligence: Bibliometric analysis and systematic review. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7. <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1349668>
- Domínguez-González, M. A., Hervás-Gómez, C., & Díaz Noguera, M. D. (2023). Attention to diversity from artificial intelligence. *The European Educational Researcher*, 6(3).

<https://doi.org/10.31757/euer.633>

- Evmenova, A. S., Borup, J., & Shin, J. K. (2024). Harnessing the power of generative AI to support ALL learners. *TechTrends*, 68(4), 820-831. <https://doi.org/10.1007/s11528-024-00966-x>
- Han, P.-C. (2025). Artificial intelligence in education. In IGI Global Scientific Publishing (pp. 387-408). <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-5102-5.ch014>
- Houghton, J. (2022). New to universal design for learning? Start here! *New Directions for Teaching and Learning*, 2022(172), 11-22. <https://doi.org/10.1002/tl.20525>
- Hyatt, S. E., & Owenz, M. B. (2024). Using Universal Design for Learning and artificial intelligence to support students with disabilities. *College Teaching*, 72(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/87567555.2024.2313468>
- Kim, J. H., Moldavan, A. M., & Terry, R. (2025). Enhancing student engagement with generative AI. In IGI Global (pp. 69-106). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-8744-3.ch004>
- Koranteng, U. (2026). Designing the AI-Inclusive Framework (AIF). *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.6088026>
- Liao, J., & Lee, C. S. (2025). The potential of generative AI in supporting neurodiversity in higher education. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 62(1), 1013-1018. <https://doi.org/10.1002/pra2.1331>
- Mallary, K. J., Moore, E. J., & McClain, A. L. (2025). Artificial intelligence and Universal Design for Learning: Transforming teaching and learning. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 2025(188), 39-47. <https://doi.org/10.1002/ace.70016>
- Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: Theory and practice*. CAST Professional Publishing. <https://publishing.cast.org/catalog/books-702>
- Obermeier Pérez, M. L. (2025). Universal Design for Learning to integrate artificial intelligence and Bologna Principles in higher education. *Ubiquity Proceedings*, 1. <https://doi.org/10.5334/uproc.169>
- Pagliara, S. M., Bonavolontà, G., & Pia, M. G. (2024). The integration of artificial intelligence in inclusive education: A scoping review. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202410.1386.v1>
- Prabagar, S., Mothkur, R., & Swetha, C. B. (2025). Generative AI for inclusive special education. In IGI Global (pp. 205-236). <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-3745-6.ch008>
- Rose, D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal Design for Learning*. ASCD. <https://www.cast.org/products-services/resources/2002/universal-design-learning-rose-meyer>
- Saborío-Taylor, S., & Rojas Ramírez, F. (2024). Universal design for learning and artificial

intelligence in the digital era. *International Journal of Professional Development, Learners and Learning*, 6(2), ep2408. <https://doi.org/10.30935/ijpdll/14694>

Sakowicz, M. E., & Hamidi, F. (2025). Exploring the role of generative AI in supporting students with disabilities. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 15, 1-22. <https://doi.org/10.32674/yeyaaq64>

UNESCO (2020). *Global Education Monitoring Report 2020: Inclusion and education, All means all*. UNESCO Publishing. <https://doi.org/10.54676/JJNK6989>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>

Apéndice - Información sobre el artículo

Historico editorial

Submetido: 08 de Enero de 2026.

Aprobado: 12 de Junio de 2026.

Publicado: 06 de Julio de 2026.

Como Citar — APA

Galasso, B. J. B. (2026). Design Universal para a Aprendizagem e Inteligência Artificial: Um Framework para Ambientes Educacionais Inclusivos na Era da IA Generativa. *PARADIGMA*, XLVII(2), e2026003. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2025.e2026003.id1819>.

Como Citar — ABNT

GALASSO, Bruno José Betti. Design Universal para a Aprendizagem e Inteligência Artificial: Um Framework para Ambientes Educacionais Inclusivos na Era da IA Generativa. *PARADIGMA*, Maracay, v. XLVII, n. 2, e2026003, Jul./Dic., 2026. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2026.e2026003.id1819>.

Conflicto de intereses

Nada que declarar.

Declaración de disponibilidad de datos

Todos los datos han sido presentados/generados en este artículo.

Derechos autorales

Los derechos de autor pertenecen a los autores, que conceden a revista **Paradigma** los derechos exclusivos de primera publicación. Los autores no serán remunerados por la publicación de sus artículos en esta revista. Los autores están autorizados a celebrar contratos adicionales por separado, para la distribución no exclusiva de la versión del artículo publicado en esta revista (por ejemplo, publicación en un repositorio institucional, en un sitio web personal, publicación de una traducción o como capítulo de un libro), con reconocimiento de autoría y primera publicación en esta revista. Los editores de la revista **Paradigma** tienen derecho a realizar ajustes textuales y adecuación normativas en este artículo.

Acceso libre

Este artículo es de acceso abierto (**Open Access**) y sin gastos de envío ni de procesamiento del artículo (**Article Processing Charges - APCs**). El acceso abierto es un amplio movimiento internacional que pretende proporcionar acceso en línea libre y gratuito a la información académica, como publicaciones y datos. Una publicación se define como de acceso abierto cuando no existen barreras financieras, legales o técnicas para acceder a ella; en otras palabras, cuando cualquiera puede leerla, descargarla, copiarla, distribuirla, imprimirla, investigarla o utilizarla en la educación o de cualquier otra forma dentro de los acuerdos legales.



Licencia de uso

Este artículo es licenciado con **Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**. Esta licencia le permite compartir, copiar y redistribuir el artículo en cualquier medio o formato. La licencia no permite utilizar el material con fines comerciales ni adaptarlo, remezclarlo o transformarlo.



Comprobación de similitud

Este artículo fue sometido a una comprobación de similitud utilizando el software de detección de texto **iThenticate** de Turnitin, a través del servicio de **Similarity Check** de la Crossref.



Proceso de evaluación

Revisión por pares a doble ciego (**Double blind peer review**).

Editor en Jefe

Fredy E. González

Editores Asociados

Luis Andrés Castillo

Ivonne C. Sánchez S.

Publisher

Este artículo ha sido publicado en la revista **Paradigma** vinculada al Centro de Investigaciones Educativas Paradigma (CIEP) del Departamento del Componente Docente de la **Universidad Pedagógica Experimental Libertador** (Núcleo Maracay). La revista **Paradigma** publica artículos de carácter técnico-científico, derivados de estudios e investigaciones que sirvan de apoyo al desarrollo del conocimiento educativo, propiciando el diálogo entre los diferentes campos de la educación. Las ideas expresadas en este artículo son de los autores y no representan necesariamente la opinión del consejo editorial o de la universidad. En Brasil, la revista Paradigma obtuvo la calificación **Qualis A1** en la **Evaluación CAPES (2021-2024)**.

