

Utilização da inteligência artificial na constituição de práticas inclusivas: uma discussão introdutória

Guilherme Giovannini¹

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Maurício Lapastini Guerra²

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Elton de Andrade Viana³

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

RESUMO

A consolidação de um ferramental tecnológico nas dinâmicas de ensino e aprendizagem estabeleceu novos paradigmas que não foram acompanhados de mudanças estruturais no ambiente escolar. Neste sentido o artigo apresenta uma análise crítica do potencial de aplicação da Inteligência Artificial como ferramenta pedagógico-educacional, discutindo se o potencial educacional das IAs é uma característica inerente à sua programação ou se exige conhecimentos e cuidados específicos em sua aplicação como ferramenta pedagógica. A partir dos resultados os autores concluem que são necessários cuidados em sua aplicação, apontando a necessidade de determinados conhecimentos técnicos para maior proficiência no uso e desenvolvimento deste tipo de tecnologia.

Palavras-chave: educação matemática; educação inclusiva; neurodiversidade.

Using artificial intelligence to develop inclusive practices: an introductory discussion

ABSTRACT

The consolidation of technological tools in teaching and learning dynamics established new paradigms that were not accompanied by structural changes in the school environment. In this sense, the article presents a critical analysis of the potential application of Artificial Intelligence as a pedagogical-educational tool, discussing whether the educational potential of AIs is an inherent characteristic of their programming or whether it requires specific knowledge and care in their application as a pedagogical tool. Based on the results, the authors conclude that care is needed in their application, highlighting the need for certain technical knowledge for greater proficiency in the use and development of this type of technology.

Keywords: inclusive education; mathematics education; neurodiversity.

¹Bacharel em Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo (USP). Mestrando em Educação Matemática na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo, SP, Brasil. Rua Marquês de Paranaguá, 111, Consolação, São Paulo, SP, Brasil, CEP 01303-050. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8651-6932>. E-mail: giovannini.guilherme@gmail.com.

²Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Cruzeiro do Sul. Mestrando em Educação Matemática na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), São Paulo, SP, Brasil. Rua Marquês de Paranaguá, 111, Consolação, São Paulo, SP, Brasil, CEP 01303-050. ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-9794-854X>. E-mail: mlapastini@uol.com.br.

³Doutor em Educação Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da PUC-SP, São Paulo, SP, Brasil. Rua Marquês de Paranaguá, 111, Consolação, São Paulo, SP, Brasil, CEP 01303-050. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6160-7573>. E-mail: eltondeandradeviana@gmail.com

Utilizando inteligencia artificial para desarrollar prácticas inclusivas: una discusión introductoria

RESUMEN

La consolidación de las herramientas tecnológicas en la dinámica de enseñanza y aprendizaje estableció nuevos paradigmas que no se acompañaron de cambios estructurales en el entorno escolar. En este sentido, el artículo presenta un análisis crítico del potencial de la Inteligencia Artificial como herramienta pedagógica-educativa, analizando si el potencial educativo de las IA es una característica inherente a su programación o si requiere conocimientos específicos y cuidado en su aplicación como herramienta pedagógica. Con base en los resultados, los autores concluyen que se requiere cuidado en su aplicación, destacando la necesidad de ciertos conocimientos técnicos para una mayor competencia en el uso y desarrollo de este tipo de tecnología.

Palabras clave: educación inclusiva; educación matemática; neurodiversidad.

INTRODUÇÃO

O interesse em contextualizar a Inteligência Artificial (IA) e as Tecnologias Assistivas em suas intersecções e sobreposições com a Educação Matemática, surge do nosso desejo de conciliar os constructos teóricos apresentados no campo das produções acadêmicas com a realidade que podemos encontrar no ambiente escolar, assim como possíveis potencialidades e necessidades.

Em nosso estudo, observamos que novos paradigmas que se estabeleceram com a consolidação dos diversos tipos de IA como ferramental tecnológico dos fazeres educacionais, científicos e laborais, não foram acompanhados das respectivas mudanças estruturais no ambiente escolar e no itinerário de formação de professores. Assim, este artigo tem como objetivo analisar de forma crítica o potencial de aplicação deste tipo de tecnologia como uma ferramenta pedagógico-educacional.

A discussão sobre o tema se complexifica devido ao caráter multifacetado do que usualmente se denomina como tecnologia, que em realidade se desdobra de forma dialética como sintagma tecnologia-ferramenta. A diferenciação entre uma ideia ou outra reside mais na perspectiva de análise das relações estabelecidas do que em características intrínsecas (muitas vezes supostas como metafísicas e inerentes) ao próprio objeto, conforme aponta André-Georges Haudricourt (1911-1996), antropólogo dedicado a construção desta diferenciação como chave de análise teórica.

Atualmente, apesar desta complexidade, tal discussão assume uma importância fundamental por interseccionar a construção de ferramentas e metodologias que visam fortalecer as práticas de educação inclusiva – que não se restringem aos estudantes denominados como Público da Educação Especial – e a construção de técnicas e ferramentas que permitam tal inclusão. Nesse terreno de discussão, a ideia de neurodiversidade vem sendo amplamente debatida por diferentes áreas do conhecimento, se estabelecendo em um novo paradigma (i.e. o da neurodiversidade) expresso por um movimento que endereça tal inclusão

através de um suporte, cuja função não é a de situar tais pessoas em uma determinada classificação – dentro de uma ‘categoria’ de deficiências ou de uma posição no espectro. O intuito dessa discussões e o de atender as necessidades que são identificadas no referido processo de inclusão promovendo o reconhecimento de algumas comunidades, como a comunidade autista Um dos ambientes que recebe atenção específica é, por exemplo, o escolar, uma discussão consonante com os trabalhos de Viana e Manrique (2019, 2020).

Abordar o tema a partir de diferentes perspectivas permite entender que a tecnologia não se relaciona com indivíduos neurodivergentes apenas na dimensão educacional, uma vez que outras áreas do conhecimento se apropriam do debate da inclusão e vêm consolidando o uso de tecnologias, como as assistivas, como ferramenta educacional. Para além disso, existem também questões de acesso, custo e aceitação cultural, que variam de acordo com o contexto socioeconômico no qual tais tecnologias são ou estão inseridas, conforme corroboram Singhi e Smith-Hicks (2023), posição que será retomada no desenvolver deste artigo.

As relações que a tecnologia e seus usos estabelecem com indivíduos e instituições dependem de questões relacionadas à língua, às crenças e aos valores os quais devem ser analisadas levando em conta tanto os contextos locais, quanto aqueles relacionados à produção, desenvolvimento, implementação, aplicação e divulgação dessas tecnologias. Tal cuidado se faz necessário para que determinados vieses e a real intencionalidade de seu uso, fatores nem sempre explicitados no discurso, possam ser identificados. No decorrer deste texto os autores abordam a pertinência deste ponto de vista a partir de questões relacionadas à privacidade e à coleta de dados.

A partir dessas considerações, em associação com o contexto educacional brasileiro em sua pluralidade de expressões, pretendemos apresentar uma análise crítica do potencial de aplicação da tecnologia ‘Inteligência Artificial’ como uma ferramenta pedagógico-educacional. De tal modo, faremos a apresentação do aporte teórico fornecido pelos autores anteriormente citados, contextualizando sua aderência tanto ao tema, quanto a à dinâmica e estrutura do cenário educacional brasileiro, com a devida inserção de outros recortes teóricos pertinentes ao que aqui é abordado. Tal apresentação será a ponte que liga a metodologia de análise do desempenho de um tipo de IA, a generativa – nas expressões *ChatGPT* e *Gemini* – contextualizando sua aderência não apenas ao tema, mas à dinâmica e estrutura do cenário educacional brasileiro.

Nesse sentido, a inteligência artificial (IA) surge como uma ferramenta com imenso potencial de transformação no ensino com uma perspectiva inclusiva, possibilitando soluções

personalizadas por meio de tecnologias assistivas, sistemas adaptativos e ambientes imersivos, como realidade virtual e aumentada (Holmes; Tuomi, 2022; Rice; Dunn, 2023). No entanto, sua implementação enfrenta desafios relevantes, como a presença de vieses algorítmicos, que podem perpetuar desigualdades existentes e impactar negativamente estudantes com algumas necessidades específicas (Noble, 2018).

Questões relacionadas à privacidade e proteção de dados têm sido amplamente discutidas diante do avanço da economia digital (Mendes, 2014; Mendes; Fonseca, 2020), enquanto as barreiras de acessibilidade financeira continuam a representar um desafio à inclusão digital e social (Selwyn, 2004; 2022). Nesse sentido, a formação qualificada dos professores no contexto atual é fundamental para que possam acompanhar as mudanças tecnológicas e pedagógicas, sendo necessário investir em capacitações contínuas que atendam às demandas emergentes da educação contemporânea (Nunes; Klinski, 2019). Soma-se a isso a necessidade premente de marcos regulatórios específicos que orientem o uso ético da IA na educação. Este estudo busca, portanto, não apenas mapear esses desafios, mas também propor caminhos para uma aplicação inclusiva da IA, levando em consideração as especificidades do contexto educacional brasileiro e o potencial dessas ferramentas para atender às necessidades que se mostram na neurodiversidade, alinhando-se às recomendações de (Zawacki-Richter *et al.*, 2019) para uma implementação responsável de IA na educação.

Dessa forma, nos apoiamos na perspectiva Vigotskiana do desenvolvimento humano, com a internalização de conceitos e desenvolvimento de funções superiores estruturados a partir da função social da linguagem; na teoria dos Registros de Representação Semiótica de Raymond Duval como fundamental para diferenciar conceito de objeto matemático de suas possíveis representações. Por último, resgatamos o pensamento de André-Georges Haudricourt, que, em sua abordagem antropológica, relaciona de forma dialética os conceitos de técnica, tecnologia e ferramenta. Embora as análises deste último autor estejam direcionadas à agricultura, seus pressupostos epistemológicos fornecem um *framework* de análise pertinente à proposta deste artigo.

TECNOLOGIA OU FERRAMENTA? O CONTEXTO COMO PARALLAX DE INTERPRETAÇÃO

Entender a definição que dá contorno à caracterização de um determinado objeto é uma tarefa que não só depende de seu contexto histórico social como também adentra os meandros de ciências que estudam a sociedade e o ser humano, tais como a Sociologia e a Antropologia. Tomemos como exemplo um ábaco, cuja utilização como ferramenta administrativa ou

pedagógica varia dialeticamente com relação aos parâmetros apresentados. Podemos imaginar que este objeto muito pouco ajudaria no controle logístico administrativo de safras do mundo contemporâneo, tendo o mesmo potencial reduzido como ferramenta pedagógica na época de sua criação, o que não lhe remove o valor tecnológico em épocas passadas nem como possível ferramenta pedagógica no contexto atual.

Essas possibilidades de análise são inerentes ao trabalho de Haudricourt em sua tentativa de definir a tecnologia como uma ciência ‘humana’, ao afirmar que⁴¹:

apesar de ser possível estudar o mesmo objeto por diferentes perspectivas, é fato de que uma perspectiva é mais essencial do que outras - aquela capaz de revelar (elucidar) as leis que governam a aparência e a transformação (dinâmica) do objeto. É evidente que para objetos manufaturados, a perspectiva humana - sua criação e uso por seres humanos - é a essencial, e se quisermos considerar a tecnologia uma ciência, esta deve ser a ciência das atividades humanas (Haudricourt, 1987, p. 38).

A perspectiva humana a que o autor se refere diz respeito ao fato de que os seres humanos, embora generalizáveis como conceito, são pessoas específicas que realizam atividades (pré)determinadas, de formas (pré)determinadas e com intenções (pré)determinadas, de modo que técnica é precedida da ação consciente (Ginestié, 2017). Esse fato pode ser exemplificado se retomamos o exemplo do ábaco, objeto que se baseava em um conhecimento matemático visando aumentar a efetividade dos processos contábeis de cunho administrativo.

Assim, entendemos ser importante costurar neste capítulo os pontos de intersecção dessas três temáticas (neurodiversidade, educação inclusiva e IA) a partir de um paradigma contemporâneo tendo em vista as relações ser humano-máquina dialeticamente contextualizadas com as condições (ou imposições) socioculturais autóctones. Tais condições se caracterizam como especificidades e singularidades atreladas aos diferentes contextos socioculturais e econômicos dentro do próprio território brasileiro, marcados por disponibilidade, acesso e custo de tecnologias, serviços de saúde e educação, letramento digital etc. variados.

A inclusão de neurodivergentes, uma discussão necessária na Educação Matemática

Assim como discutem Viana e Manrique (2020), “a neurodiversidade pode ser entendida como um novo paradigma que emerge de mobilizações sociais, estudos e pesquisas relacionados principalmente, ao grupo das pessoas autistas, alcançando diferentes esferas de discussão” (p. 92). Partindo do reconhecimento desse terreno complexo de discussão em que é

⁴ tradução nossa

gerada a neurodiversidade, caracterizá-la é uma tarefa que demanda um aprofundamento teórico que toma emprestado definições ontológicas e construtos teóricos de diversas outras áreas, os quais dependem também de uma contextualização histórica de sua construção (Viana; Manrique, 2019). No contexto da discussão que provocamos neste artigo, é importante destacar a necessidade de adaptações, flexibilizações e/ou modificações, tanto física quanto curriculares, para garantir processos verdadeiramente inclusivos no ambiente escolar (Unesco, 2019), no entanto, tais necessidades são discutidas não com foco em determinados grupos de estudantes, mas sim em toda a diversidade humana, já que todos somos neurodiversos por definição.

No que tange ao processo de ensino e aprendizagem institucionalizada pelo ambiente escolar, entendemos que o currículo não é neutro e reflete a expressão da cultura escolar, se inserindo no tipo de ser humano e sociedade que se idealiza (Milmann, 2023). Desta forma, a flexibilização curricular visa “produzir um suporte que facilite a elaboração de hipóteses e o planejamento de situações escolares, sendo produzidas caso a caso, não havendo receitas ou adequações padronizadas” (Milmann, 2023, p. 226), o que nos direciona para uma discussão que compreende a flexibilização – ou qualquer outro tipo de caminho que tenha como intencionalidade gerar acessibilidade – como naturalmente presente no âmbito da neurodiversidade.

Não pretendemos aqui deliberar sobre boas práticas na adaptação ou flexibilização de currículo e/ou atividades no campo digital, mas sim apontar que essa dinâmica depende primeiramente da identificação das necessidades e demandas apresentadas pelos estudantes. Cabe aqui também uma discussão focando nos estudantes neurodivergentes, por exemplo, já que “ainda que cada pessoa interaja com o ambiente virtual de maneira única, as mesmas barreiras podem afetar a navegação ou entendimento de pessoas neurodivergentes ou com deficiências variadas” (Sanches *et al.*, 2023, p. 119).

Discussões sobre como as tecnologias reforçam aspectos excludentes também têm ganhado espaço na literatura atualmente. Autores como Parks (2025) apontam para os riscos no uso de diagnósticos de pessoas trans e para representações caricatas e ofensivas desse público em ferramenta do tipo *text-to-image*. Já o trabalho de Franze *et al.* (2023) apresenta certos riscos no uso de *chatbots* por pessoas com déficits sociais apontando a necessidade de pesquisas dedicadas ao tema. Por último, ainda podemos citar Brandsen *et al.* (2025), que apresenta uma pesquisa empírica para estimar o nível de vieses (estereotipizantes) encontrados por pessoas neurodivergentes no uso de IA.

Conforme já identificado na literatura, apesar da IA aprimorar estratégias de ensino em contextos de aprendizagem que envolvem estudantes neurodivergentes, oferecendo uma

aprendizagem personalizada por meio de plataformas adaptativas que ajustam o conteúdo com base em *feedback* em tempo real, auxiliando os estudantes a enfrentar diferentes desafios, questões como excesso de confiança e exclusão digital devem ser consideradas atualmente nas discussões que conduzimos na área educacional (Velazquez-Solis *et al.*, 2025).

De forma geral, pessoas neurodivergentes apresentam necessidades específicas no processamento sensorial que impactam na sua percepção e interação com o ambiente (Horvat; Horvat, 2025), e neste artigo, consideramos emergente a necessidade de uma reflexão sobre os aspectos interacionais que se efetivam entre estudantes, como seres neurodiversos, com o que se situa como tecnologias no mundo contemporâneo, sendo fundamental uma discussão introdutória sobre a utilização da IA com uma perspectiva inclusiva na aula de matemática.

Discussões sobre as tecnologias a partir de algumas aproximações teóricas

Neste texto, nos valem da proposta de Haudricourt, que aborda a tecnologia em um sentido epistemológico diferente daquele consolidado na mentalidade contemporânea – i.e. associado a dispositivos eletroeletrônicos e a ambientes virtuais – entendendo-a como o uso de ferramentas associadas à sua função social, sua dimensão técnico-científica e a interpretação simbólica de sua aplicação enquanto atividade laboral. Sua chave de análise se caracteriza por quatro dimensões ou pontos de vista, sendo estes (1) histórico ou evolutivo, (2) geográfico ou ecológico, (3) funcional e (4) dinâmico (Haudricourt, 1987).

Embora as especificidades de seu trabalho tragam *insights* valiosos para a construção de um referencial dialético de análise, ou seja, baseados não nos objetos em si, mas nas relações que se estabelecem no contexto de seu uso, optamos por priorizar o arcabouço teórico mais alinhado com a perspectiva do uso de tecnologia e suas aplicações no contexto da Educação Matemática de forma a otimizar o espaço destinado a esta elaboração.

É interessante notar que, a partir desse referencial, a relação que se estabelece entre a ferramenta (objeto) e seu uso é ampliada através da linguagem – i.e. semioticamente – fazendo com que “o objeto se torne uma ferramenta compartilhada que veicula uma tradição de usos e significados que simultaneamente determinam seu modo e intencionalidade de uso” (Ginestié, 2017, p. 198)⁵.

Este ponto de vista nos permite costurar as ideias com os quais Vygotsky e Duval apresentam seu entendimento acerca da construção do conhecimento, a formalização de conceitos abstratos. Para Vygotsky as representações gerais do mundo baseiam-se mais na

⁵ tradução nossa

lembrança de exemplos concretos (vividos no contexto social) do que de abstrações (Vigotski, 2007), sendo a psicologia humana constituída pela internalização das atividades socialmente enraizadas e historicamente desenvolvidas (Vigotski, 2007) ou, em sua elaboração acerca da estrutura do pensamento:

O conteúdo do ato de pensar na criança, quando da definição de tais conceitos, é determinado não tanto pela estrutura lógica do conceito em si, como o é pelas suas lembranças concretas. Quanto a seu caráter, ele é sincrético e reflete o fato de o pensar da criança depender, andes de mais nada, de sua memória (Vigotski, 2007, p. 48).

Nessa perspectiva entendemos que a proposta de Vygotsky se alinha com o pensamento que Duval apresenta a respeito da função da linguagem, entendido por ele como um tipo de representação semiótica, enquanto o primeiro toma a perspectiva do desenvolvimento da criança, o segundo entende a linguagem como ferramenta de semiótica que permite formalizar o conhecimento. Vygotsky assume que a “linguagem escrita é constituída por um sistema de signos que designam os sons e as palavras da linguagem falada, os quais, por sua vez, são signos das relações e entidades reais” (Vigotski, 2007, p. 126). Tais entidades apontadas por Vygotsky podem ser enquadradas no conceito de objeto matemático, conforme definido por Duval (2023), definidos por sua dimensão abstrata e que são entendidos como conhecimento estruturado a partir do momento em que se torna possível mobilizar diferentes registros para representá-lo. Neste ponto, Flores (2006) destaca que:

O importante é ver que a abstração requerida, quando da relação entre representação e referência, permite apreender o objeto matemático independentemente da representação que se use. Este fato permitiu tanto a produção de novos registros de representações, a partir de regras dadas por um sistema semiótico, portanto, de representações semióticas, como também a elaboração da lógica matemática e da reflexão sobre os fundamentos da matemática. (p. 16).

Retomando a proposta de Haudricourt, a partir de uma análise antropológica, podemos sintetizar sua chave de pensamento a partir de sua elaboração do referencial funcional de análise, que busca superar qualitativamente a análise metafísica com a qual a tecnologia foi analisada em sua construção histórica dentro da ciência⁶:

Talvez, a perspectiva funcional seja a mais natural; ela consiste no exame de como seres humanos satisfazem suas diferentes necessidades, ou na sua função social, qual papel corresponde a um dado comportamento. *Bem verdade, esta perspectiva foi ignorada, se não combatida, no século 19, por ser considerada contaminada por metafísica, determinismo e teleologia; ela corresponde, de certo modo, à crença*

⁶ grifo e tradução nossa

ingênua de um universo criado para os seres humanos, com instituições e comportamentos revelados pelos deuses visando garantir a felicidade da espécie humana. Contudo, foi apenas no século 20 que a utilidade (aplicabilidade, validade) da perspectiva funcional começou a ser entendida [...]. Por outro lado, sempre esteve presente na economia política, a qual considera a satisfação de necessidades como fonte essencial da atividade humana, sendo os economistas os que distinguiram os seguintes três estágios: produção de bens e objetos que satisfazem necessidades, a distribuição destes objetos e finalmente seu consumo; o aspecto propriamente sociológico consiste em examinar quem trabalha, onde e quando trabalham. (Haudricourt, 1987, p. 72).

A partir desta breve revisão bibliográfica, podemos estabelecer um *framework* de análise que avança qualitativamente na análise da IA, explorando não suas características gerais e generalizáveis – seu potencial de aplicação –, mas sim as reais (im)possibilidades de sua aplicação, levando em conta o contexto brasileiro (Cetic, 2024), estruturado e constrangido por relações de poder em escala geopolítica (Bazin, 1986), acessibilidade estrutural, técnica e econômica a recursos tecnológicos (Siqueira, 2023) e a própria proficiência (letramento digital) de estudantes e educadores (Almeida; Alves, 2020; De Assis *et al.*, 2024).

Nesse sentido também utilizamos os pressupostos teóricos de Raymond Duval no tocante à conversão de registros de representação de determinado objeto matemático, sendo estas (representações) “produções constituídas pelo emprego de signos pertencentes a um sistema de representações que têm inconvenientes próprios de significação e de funcionamento” (Duval, 2023, p. 269). A diferenciação entre os possíveis sistemas de representação e o objeto matemático em si são, para Duval, condição *sine qua non* para internalização desses mesmos de abstrações conceituais, definidas por ele como objetos matemáticos (Flores, 2006). No que se refere a IA, podemos explorar essas aproximações teóricas no contexto da linguagem da programação, e isso é o que exercitamos a seguir.

Discussões que emergem no campo da programação e da IA

Para que possamos contextualizar a eficiência com que a linguagem de programação da IA a partir da consistência com a qual realiza a conversão de um registro, passando da língua natural (*prompt* de comando, *input*) para outro tipo de representação (*output*), traremos uma breve definição sobre esses termos.

Linguagem, de forma geral, pode ser definida como conjunto de regras para se comunicar ideias e, no caso da linguagem natural, ocorre entre humanos. A linguagem de programação é um tipo específico de linguagem que difere da linguagem natural em 3 aspectos fundamentais (Dershem; Jipping, 1990): (1) opera a comunicação entre uma pessoa e um

computador; (2) seu conteúdo é definido como um programa – i.e. um documento que permite a um computador processar informações (Lando *et al.*, 2016); (3) possui um meio específico de comunicação caracterizado por um conjunto ordenado (*string*) de caracteres.

A IA, por sua vez, pode ser caracterizada como uma área de aplicação da computação caracterizada pelo uso de computações simbólicas, em detrimento das numéricas (Sebesta, 2012). Computações simbólicas implica o uso e manipulação de símbolos, constituídos de nomes ao invés de números, sendo o conjunto de dados trabalhados em listas referenciadas (*linked lists*) e não em arranjos (*arrays*) (Sebesta, 2012).

O interesse pelo arcabouço teórico de Vygotsky ao considerarmos tais definições, surge do crescimento de abordagens multidisciplinares relacionadas ao contexto no qual as práticas de ensino e aprendizagem ocorrem, uma vez que a tecnologia, em muitos casos, passa de ferramenta auxiliar para protagonista dessas práticas (Rodrigues Da Silva *et al.*, 2024). Em seu trabalho sobre a relação da metacognição com a aplicação de ferramentas tecnológicas no campo da educação Rodrigues da Silva *et al.* (2024) apresentam a teoria de Vygotsky como um *framework* conceitual robusto para melhor entendimento e promoção dessas práticas. Neste trabalho, também são abordados os pressupostos teóricos a respeito dos processos de abstração no contexto da estruturação do conhecimento e no desenvolvimento e aplicação de tecnologias (Kramer, 2006) e o entendimento de softwares (conjunto de programas) como sendo uma abstração em si mesmo (Kramer, 2007). Esta abordagem, alinhada à abordagem histórico-cultural de Vygostky, é corroborada e expandida por (Brookshear; Brylow, 2020) ao afirmar que a⁷

abstração não está limitada à ciência e à tecnologia. É uma técnica de simplificação importante pela qual nossa sociedade viabilizou um estilo de vida que seria impossível em outra configuração. Poucos de nós entendem como diversas conveniências de cotidianas são realmente implementadas. Consumimos alimentos e vestimos roupas que não podemos produzir por nós mesmos. Utilizamos dispositivos elétricos e sistemas de comunicação sem entender sua tecnologia subjacente. Utilizamos serviços de terceiros sem conhecer os detalhes de sua profissão. A cada novo avanço, uma pequena parte da sociedade se especializa em sua implementação enquanto o resto de nós aprende a utilizar tais resulta dos como ferramentas abstratas. Nesse sentido, o portfólio social de ferramentas abstratas se expande e a habilidade desta sociedade em atingir o progresso aumenta (p. 30).

Dentro de um contexto educacional, estas considerações entre tecnologia e aprendizado, sob um ponto de vista sócio-histórico, são de grande valia. Isso porque, em contraste com as linguagens de programação até antes utilizadas, o código da IA é fechado, impossibilitando aos usuários controlar variáveis, parâmetros e algoritmos, mesmo quando já se sabe qual é o resultado desejado e que tipo de erro impede a obtenção deste mesmo resultado.

⁷ tradução nossa

Além disso, no tocante à dimensão do aprendido e do uso de ferramentas, é a partir de Vygotsky que podemos contrastar a utilização da linguagem fechada do tipo *Large Language Model (LLM)* com outras linguagens abertas, como *C* (e variantes), *Python*, *Fortran*, etc, dado que nestas últimas cabe à/ao programador(a) definir, através das especificidades da linguagem de programação (Sebesta, 2012), constantes e variáveis (com suas respectivas qualidades), e o algoritmo que as operacionaliza a partir do valor e do tipo de *input* recebido.

Esse dimensionamento não é trivial e a linguagem de programação se torna estruturante no dimensionamento e na resolução de problemas (Chen *et al.*, 2018; Morrison; Newman, 2001; Wexelblat, 1981), uma vez que exige da(o) programador(a) uma readequação da relação entre o registro gráfico textual e seu significado conceitual, em consonância com Vygotsky, para quem o significado da palavra

é uma unidade indecomponível de ambos os processos e não podemos dizer que ele seja um fenômeno da linguagem ou um fenômeno do pensamento. A palavra desprovida de significado não é palavra, é um som vazio. Logo, o significado é um traço constitutivo indispensável da palavra. É a própria palavra vista no seu aspecto interior [...] do ponto de vista psicológico o significado da palavra não é senão uma generalização ou conceito. Generalização e significado da palavra são sinônimos. [...] Consequentemente, estamos autorizados a considerar o significado da palavra como um fenômeno de pensamento. (Vigostki, 2009, p. 398)

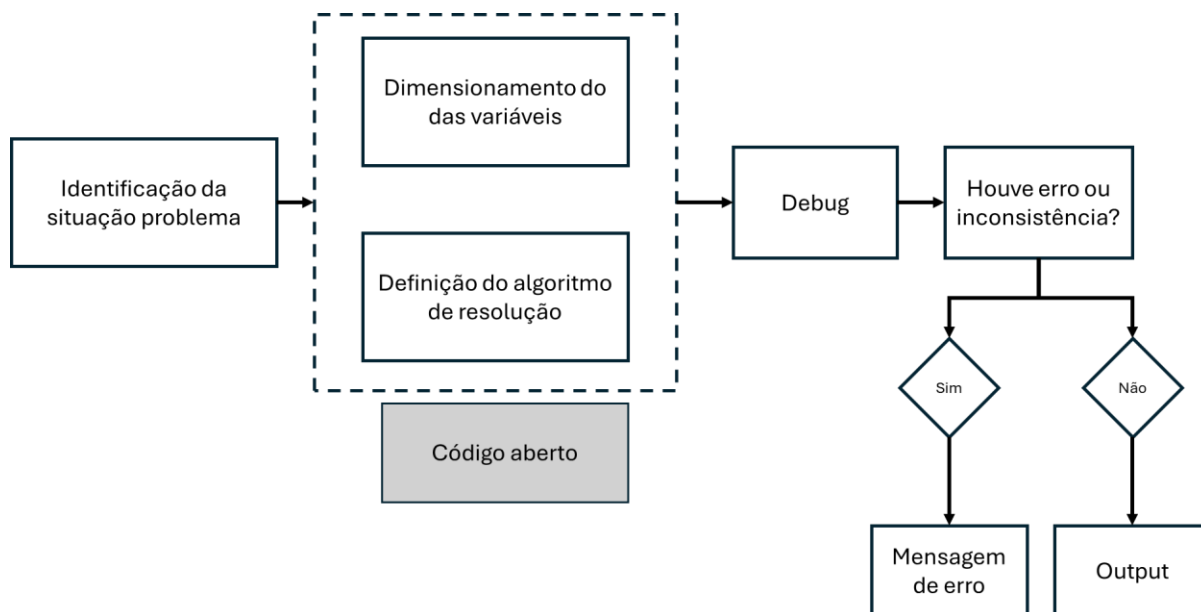
A partir dessa costura teórica propomos um esquema em fluxograma para diferenciar qualitativamente as dinâmicas de uso de Linguagens de programação em código aberto da IA, apresentando um breve recorte do atual cenário de inserção da IA e tecnologias correlatas no contexto da Educação.

Como sistemas que, em essência, simulam habilidades humanas, a IA pode ser classificada em três níveis: (1) IA Estreita (já existente, para tarefas específicas), (2) IA Geral (teórica, com versatilidade humana) e (3) Superinteligência (hipotética, superior à humana). Mas independentemente do nível, podemos identificar diferenças entre uma IA e um código aberto.

A Figura 1 ilustra o processo geral pelo qual um programa de código aberto opera, no qual, após a identificação da situação-problema, ocorre uma etapa de definição de variáveis e/ou parâmetros, especificadas em tipo (contínuas e discretas) e quantidade. Esta etapa ocorre em paralelo com outra, a de definição do algoritmo de resolução, uma vez que as relações e operações entre tais variáveis é definida em uma etapa anterior ao de *input* de dados. De forma geral, este é o diálogo entre o programador e o dispositivo tecnológico (mediado pela linguagem de programação), fazendo com que o *input* de dados respeite as contingências da linguagem de programação. Embora o sistema decimal brasileiro faça o uso de vírgulas, naturalizamos o uso

do ponto em dispositivos e sites estrangeiros, ou seja, a sintaxe do *input* não é definida por uma norma ou convenção, mas sim pelas especificidades da linguagem na qual o dispositivo foi programado.

Figura 1 – Fluxograma da dinâmica de funcionamento da linguagem de programação de código aberto

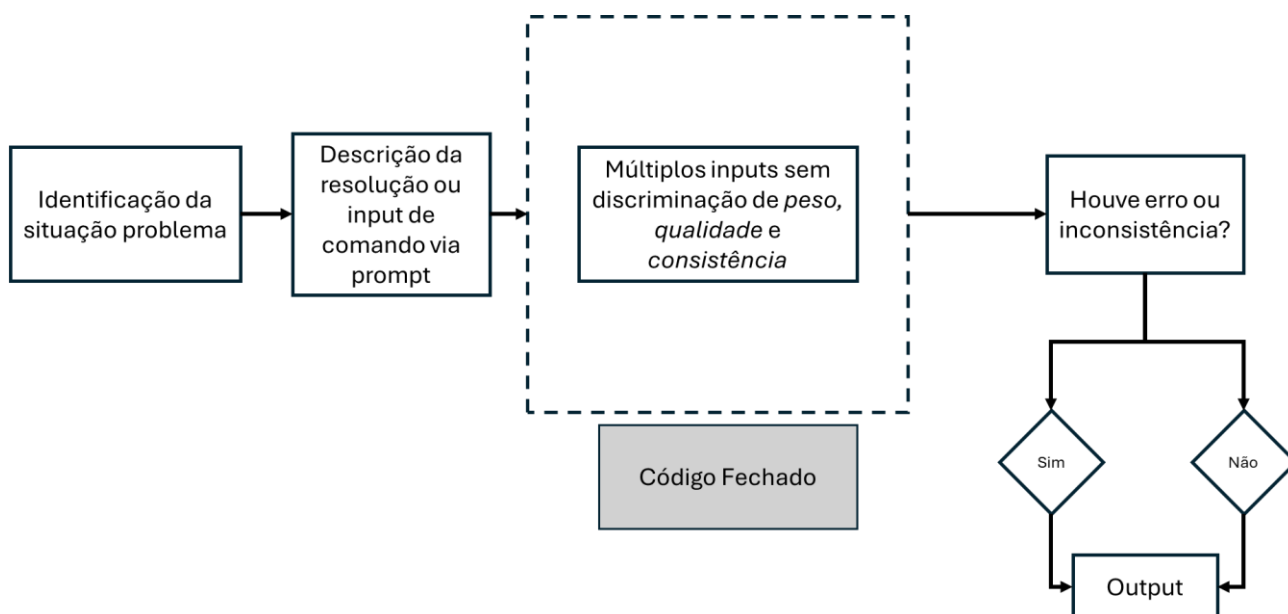


Fonte: Arquivo dos autores.

O processo finaliza com a etapa de aplicação do código, denominada de *debug*, que é quando o código precisa atender todas as especificidades internas da lógica da linguagem de programação, sendo estas estruturadas pela arquitetura do sistema operacional e condicionadas pela sintaxe do código. Os ambientes de *debug* apresentam avisos sobre os tipos de erros e inconsistências na sintaxe que podem impedir a execução do código.

Também faz parte das boas práticas de programação testar as condições e situações em que o programa ‘quebra’ – do termo em inglês, *crash*. Tal quebra pode ser tanto uma contradição lógica, mal dimensionamento do tamanho do dado relativo à capacidade de processamento, códigos mal dimensionados que resultam em iterações infinitas (*loop*) e a solicitação de ações impossíveis (tais como dividir por zero, alocar uma informação (*data*) com tamanho superior ao permitido, dentre outras).

Figura 2 - Fluxograma da dinâmica de funcionamento da linguagem de programação de código fechado



Fonte: Arquivo dos autores.

Já a figura 2 apresenta a dinâmica de operação das IAs, na qual o usuário cria *prompts*, sem saber ao certo de que forma a sintaxe deste *prompt* opera as variáveis e os parâmetros. Esta operacionalização do algoritmo é condicionada por *inputs* anteriores, os quais o usuário não tem nem controle nem conhecimento. Após rodar o algoritmo, um *output* é gerado independentemente de sua consistência, sendo esta a principal diferença qualitativa entre modelos de programação abertos e fechados, no primeiro o usuário, a partir de sua proficiência, pode acessar o código e realizar as modificações necessárias de forma a adequar o output aos objetivos desejados. No caso da última, de código fechado, as opções do usuário se restringem à comunicação com os desenvolvedores, apontando os erros e comportamentos inesperados e a atualização do software para versões mais novas, com as devidas correções realizadas por programadores terceiros.

É importante destacar que a IA que conhecemos hoje se constituiu como um processo de otimização na captura e processamento de dados pessoais de usuários de forma a otimizar seu potencial como consumidores de produtos e serviços, seja com o direcionamento de anúncios e ofertas específicas, modulando a aderência destas aos gostos e preferências de usuários. Ou seja, a intenção do avanço tecnológico foi transformar os dados pessoais em

um dos principais mercados da economia informacional, sustentando a maior parte do faturamento das *big techs*. Nesse modelo de negócio, as informações coletadas sobre como procedemos, como trabalhamos, como estudamos são a matéria-prima para que

algoritmos possam prever o que faremos em uma série de situações. (Cassino *et al.*, 2021, p. 70).

A lógica de mercado adotada pelas empresas não foi um fenômeno marginal e sim o próprio *core* de um modelo de negócios, planejado e executado pelas maiores empresas de tecnologia (Cassino *et al.*, 2021) sendo a oferta de novos serviços o horizonte motivacional do desenvolvimento dessas (e de novas) tecnologias, em detrimento da melhora na qualidade de vida, universalização do acesso à tecnologia, emancipação, democratização do conhecimento ou da garantia do direito ao acesso à educação.

Essas considerações são corroboradas pelo relatório do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI), que aponta a necessidade de atenção quanto aos

riscos aos direitos digitais de crianças e adolescentes relacionados à dadificação, por meio do rastreamento constante tanto de suas atividades online quanto dos dados gerados pelos sistemas que os atendem, em serviços de saúde, educação, bem-estar, assistência social, entre outros. (Cetic, 2024, p. 62).

Tal preocupação surge do crescente rastreo e monetização de informações de usuários – incluindo crianças – que não raras vezes ocorrem sem a ciência e consentimento dos mesmos (HRW, 2022) em um cenário de crescente fragilidade legislativa (Nougrères, 2025), associada a um refinamento cada vez maior da capacidade de vigilância (Solove, 2025).

Soma-se a isso os processos de exclusão digital e a falibilidade da IA, aspectos muitas vezes minimizados em produções científicas realizadas em países em que dispositivos tecnológicos são mais acessíveis do ponto de vista econômico e nos quais a desigualdade socioeconômica não se configura como um aspecto estrutural da sociedade.

Com relação à exclusão digital (Muniz *et al.*, 2021) aponta, citando (Alfonsin; Chala, 2020) que:

é importante notar que nem todos têm acesso às tecnologias digitais necessárias para a realização destas atividades ou para uso de serviços unicamente digitais. Essa falta de acesso se deve a variados fatores, mas que têm algo em comum em sua origem: a produção e a reprodução das desigualdades socioespaciais especialmente em um país com as características socioeconômicas e geopolíticas do Brasil (p. 702-703).

Tal posição é corroborada pelo relatório do CGI, que aponta para a falta de dispositivos e de recursos educacionais para uso nas atividades de ensino e de aprendizagem como desafios para adoção de ferramentas tecnológicas como apoio ao currículo e ao acesso dos alunos a conteúdos e informações (Cetic, 2024).

METODOLOGIA

Este estudo utilizou a Análise de Conteúdo (Bardin, 2016) para investigar interações entre usuários e sistemas de Inteligência Artificial Generativa (IAG), analisando comandos (*prompts*) e respostas (*outputs*) das plataformas *ChatGPT* e *Gemini*, em versões gratuitas e pagas. Cada interação, composta por comando e resposta, foi considerada unidade de análise.

A metodologia permitiu avaliar o potencial pedagógico das IAGs no contexto da educação inclusiva, com foco em acessibilidade e mediação semiótica, por meio da análise dos resultados (*outputs*) obtidos a partir de interações padronizadas com o comando "Draw me a n-sided regular polygon" (n = 4, 5 e 6), em inglês. Foram respeitados critérios de inclusão, como saídas brutas e a presença de representações visuais e textuais, com o objetivo de classificar padrões comunicativos, identificar inconsistências nas representações e avaliar a capacidade das tecnologias em construir representações visuais de polígonos regulares (objetos matemáticos) de 4, 5 e 6 lados. A coleta foi encerrada com a saturação teórica, permitindo uma avaliação direta da conversão de registros e, indiretamente, a verificação se a dimensão pedagógica é uma característica inerente ou potencial dessas ferramentas.

A análise envolveu codificação aberta, considerando a precisão geométrica, a consistência semiótica (Duval, 1993) e a acessibilidade. A categorização foi realizada de forma independente por dois pesquisadores, com validação cruzada com base em parâmetros da geometria euclidiana, discutindo o papel das IAGs na mediação semiótica e sua capacidade de adaptação a diferentes necessidades educacionais.

Os resultados revelaram discrepâncias entre versões gratuitas e pagas, indicando tanto oportunidades de melhorias quanto limitações e vieses nas plataformas. Como principais contribuições, destaca-se a integração de critérios técnicos, pedagógicos e críticos, além da combinação de análise qualitativa e quantitativa. Entre as limitações do estudo, estão o uso exclusivo do inglês, o foco em formas geométricas básicas e a análise restrita a duas plataformas. Propõe-se, para pesquisas futuras, a expansão para comandos em português, objetos matemáticos mais complexos e estratégias de prompting voltadas à Educação Inclusiva.

Enquanto pesquisa, os autores se utilizam da revisão bibliográfica de autores citados no capítulo anterior, sem excluir outras fontes de interesse que também versem sobre o tema. Com relação à dinâmica de ação da pesquisa, foi feito uso de duas ferramentas do tipo *LLM* caracterizadas pelo modelo de aprendizado de máquina (*machine learning*) do tipo *transformadores generativos pretreinados*, também conhecidos como GPTs, acrônimo anglófono de *Generative Pretrained Transformer*, popularmente chamados pelo termo genérico

inteligência artificial. Os GPTs utilizados são o *ChatGPT* e o *Gemini*, em suas versões gratuitas e pagas.

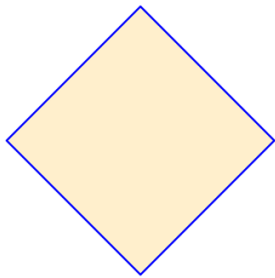
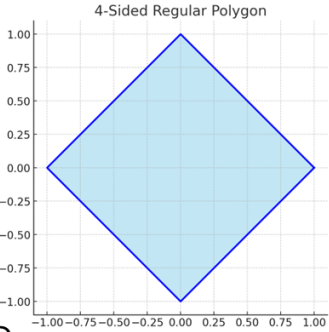
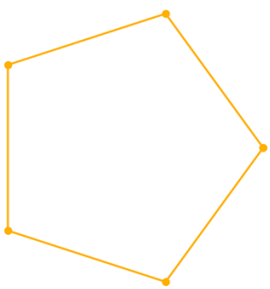
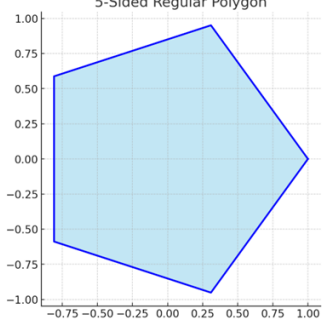
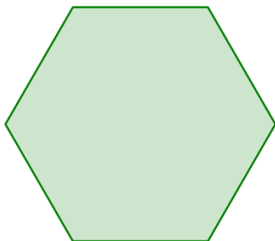
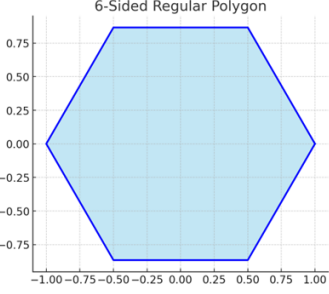
Para obter as representações desejadas foi utilizado o *prompt* de comando “*draw me a n sided regular polygon*”, com *n* sendo substituído pelos números 4 (quatro), 5 (cinco) e 6 (seis). Optamos por utilizar o *prompt* em inglês por ser tanto a ‘língua natural’ na qual do código fonte é programado como também a língua mais utilizada para o seu ‘treinamento’. Já os números de lados dos polígonos foram escolhidos de forma a contemplar aqueles passíveis de serem desenhados utilizando apenas régua e compasso (polígono construtível).

Os resultados obtidos são apresentados no capítulo seguinte com sua respectiva análise utilizando as lentes construídas no nosso referencial teórico, seguido de considerações pertinentes ao campo da Educação Matemática no contexto da Inclusão e no âmbito da neurodiversidade

ANÁLISES E RESULTADOS


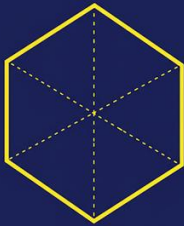

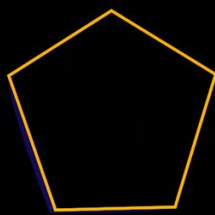

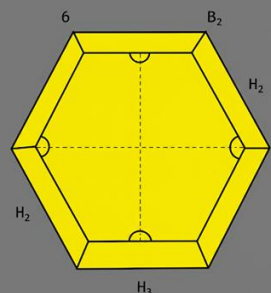
Os resultados obtidos com o uso do *ChatGPT* são apresentados no Quadro 1 e os obtidos com o uso do *Gemini* no Quadro 2, a cada polígono foi também associada uma letra maiúscula que será utilizada para referenciá-los ao longo das análises. As construções são apresentadas conforme foram geradas pelas respectivas linguagens de *LLM*, sem tratamento.

Quadro 1 – comparativo entre outputs produzidos pelo ChatGPT em suas versões Gratuita e Paga (Arquivo dos Autores)

ChatGPT	Versão Gratuita	Versão Paga
4 lados	<p>Regular 4-Sided Polygon (Square)</p>  <p>A</p>	<p>4-Sided Regular Polygon</p>  <p>D</p>
5 lados	<p>Regular Pentagon</p>  <p>B</p>	<p>5-Sided Regular Polygon</p>  <p>E</p>
6 lados	<p>Regular 6-Sided Polygon (Hexagon)</p>  <p>C</p>	<p>6-Sided Regular Polygon</p>  <p>F</p>

Fonte: Arquivo dos autores.

Quadro 2 - comparativo entre outputs produzidos pelo Gemini em suas versões Gratuita e Paga (Arquivo dos Autores)

Gemini	Versão Gratuita	Versão Paga
4 lados	 <p>G</p>	 <p>J</p>
5 lados	 <p>H</p>	 <p>K</p>
6 lados	 <p>I</p>	 <p>L</p>

Fonte: Arquivo dos autores.

Das 12 (doze) figuras geradas apenas 2 (duas) (A e D) atendem as especificações do *prompt*. As figuras G e H não são polígonos, a primeira por não possuir arestas, a segunda por se tratar de um poliedro. As figuras B, C, E, F, K e L embora sejam polígonos com o número correto de lados, não são regulares, uma vez que as medidas de seus lados não são congruentes. As figuras I e J além de não serem regulares, apresentam um número de lados diferente daqueles

solicitados no *prompt* de construção. Vale atentar para o fato de que a figura J também pode ser interpretada como um cubo.

Com relação às construções apresentadas pelas IAs, apenas as figuras geradas pela versão paga do *ChatGPT* seguem um padrão, com a inserção destas em um plano cartesiano, associando sua construção à conceitos de Geometria Analítica, fato que aponta para a necessidade de direcionamento do *output* dentro dos ramos de interesse da(o) pesquisa/tarefa/conteúdo.

Também é interessante notar que na versão gratuita desta mesma IA as figuras foram geradas com legendas que descrevem o nome específico dado aos polígonos regulares com o respectivo número de lados (i.e. quadrado, pentágono e hexágono), mesmo que as construções não representem essas legendas de forma fidedigna.

As figuras geradas pelo *Gemini*, tanto em sua versão gratuita quanto em sua versão pagas ficaram estilizadas, sendo aplicado efeitos de sombra a G e H, efeitos de profundidade em H e I, cores de alto contraste em J e K e elementos de identificação ‘aleatórios’ em L. Nesse ponto é possível pensar no cuidado necessário no uso da ferramenta e na realização de atividades em casos de estudantes com daltonismo, questões de sensibilidade sensorial e poluição visual no caso de estudantes diagnosticados com TDAH ou dentro do espectro TEA e no excesso de informações desnecessárias caso exista a possibilidade de audiodescrição para estudantes com deficiência visual.

Voltando ao ponto de definição de variáveis e construção do é interessante notar que as diferenças entre as figuras B e E é apenas estética, uma vez que as duas figuras apresentam não só as mesmas proporções no tamanho dos lados, mas também uma construção em que o eixo Y fica paralelo a um dos lados, sendo que a representação mais usual de um pentágono regular usa o eixo X como referência de paralelismo.

Este ponto nos permite inferir que a diferença entre as versões gratuitas e pagas opera mais em uma dimensão estética do que lógico-matemática. Como também apontado anteriormente essa suposição não pode ser confirmada pela impossibilidade de acessar o código fonte desta IA. É importante atentar que a capacidade de processamento e as funcionalidades também variam entre versões pagas e gratuitas, somando-se a isso o fato de que não existem fórmulas prontas para obtenção de *outputs* específicos, necessitando, por parte do usuário, prática de uso e exploração contínua de possibilidades.

Assim, pode-se supor que versões pagas e gratuitas possuem curvas de aprendizagem diferentes. No contexto de sala de aula, podemos imaginar que a(o) professor(a) regente

precisaria, no caso de não haver padronização, ter conhecimento das dinâmicas de funcionamento de diferentes IAs, em suas diferentes modalidades, de forma a atender satisfatoriamente as demandas e dúvidas apresentadas pelas(os) estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos argumentos e resultados expostos nesse trabalho concluímos que a IA do tipo GPT não possui uma dimensão pedagógica inerente à sua construção e ao seu uso, sendo necessário por parte das(os) educadoras(es) um cuidado especial para sua utilização, seja como ferramenta de consulta, seja dentro de um contexto educacional-pedagógico para exploração de conceitos e resolução de exercícios.

Além disso os resultados também apresentam alguns pontos que permanecem como ‘lacunas de conhecimento e de investigação’, uma vez que a ferramenta opera com um código que é simultaneamente fechado e ‘orgânico’, impossibilitando garantir que as inferências indiretas obtidas por engenharia reversa a respeito de seus algoritmos permaneçam válidas.

Soma-se a isso a necessidade de atenção ao fato de que correções e melhorias são possíveis, mas apenas de forma indireta através do treinamento dos códigos de *LLM*, fato que pode gerar melhorias ‘locais’ no sentido de que o algoritmo se adapta ao treinamento feito por usuários(as) específicos(as), não necessariamente produzindo os mesmos outputs para os mesmos inputs. Por último, é importante ter em vista que os exercícios que garantem proficiência no uso da IA como ferramenta educacional estão mais diretamente ligados à lógica de programação *LLM* do que às áreas de conhecimento para as quais se pretende utilizar a ferramenta. Isso torna necessário adquirir um conhecimento prévio para se atingir o conhecimento desejado.

Dentre essas áreas, destacamos a educacional, que, ao utilizar a IA, precisa criar tarefas que atendam às necessidades apresentadas pela diversidade humana. Assim, na perspectiva inclusiva, o uso da IA nos convida a discutir alguns elementos que merecem nossa atenção na aula de matemática. Como observamos neste estudo, é preciso ter cuidado na realização de tarefas com estudantes daltônicos ou que tenham sensibilidade sensorial, o que exige uma atuação que somente o professor, com sua expertise, pode exercer no ensino de matemática com uma perspectiva inclusiva.

Como fechamento apontamos que as conclusões obtidas neste trabalho não são definitivas, tampouco invalidam o uso da IA como ferramenta de cunho educacional pedagógico. Contudo, a análise dos dados permite afirmar que no momento as IAs não possuem um código consistente o suficiente para trabalhar com a conversão e representação de objetos

matemáticos de forma satisfatória, fato que deve acender um alerta sobre o uso não monitorado de IAs como ‘tutores’ por parte das(os) estudantes além de apontar a necessidade, da parte de professores e pesquisadores, de revisão de conteúdos e materiais produzidos. Dessa forma concluímos que o potencial pedagógico das IAs não é uma característica inerente desta ferramenta e supomos que também não pode ser consolidada apenas com o uso, necessitando capacitação não apenas para o uso, mas para adequação aos objetivos pretendidos.

Tal conclusão se baseia no fato de que existem barreiras econômicas e de conhecimento técnico especializado, sobrepostas a lacunas referentes à padronização institucional e contingências referentes à própria estrutura de sua programação, que embora mutável, omite ao usuário quais foram estas mudanças.

Essa atenção se faz ainda mais urgente devido aos poucos estudos que avaliam a qualidade e confiabilidade dos outputs produzidos pelas IAs sendo este um convite para que pesquisadoras e pesquisadores encontrem processos e metodologias capazes de avaliar, orientar e assegurar o uso eficiente, qualificado e inclusivo desta ferramenta, incorporando não só suas potencialidades, mas também seus vieses e limitações.

Dentre as maiores limitações deste estudo podemos destacar a não participação do público-alvo de interesse (i.e. docentes e estudantes) e a análise de uma situação hipotética. Acreditamos que pesquisas futuras podem trabalhar junto a educadores que possuem necessidades específicas na perspectiva da educação inclusiva, mapeando tais necessidades e avaliando a eficiência no uso da IA como ferramenta para superá-las.

REFERÊNCIAS

ALFONSIN, B. M.; CHALA, B. G. *O direito à cidade como fundamento normativo de garantia da inclusão digital no espaço urbano brasileiro*. Revista de Direito da Cidade, v. 12, n. 4, p. 2288–2310, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12957/rdc.2020.53220>.

ALMEIDA, B. O.; ALVES, L. R. G. *Letramento digital em tempos de COVID-19: uma análise da educação no contexto atual*. Debates em Educação, v. 12, n. 28, p. 1–18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.28998/2175-6600.2020v12n28p1-18>.

ANDREUCCI, C.; GINESTIÉ, J. *Un premier aperçu sur l'extension du concept d'objet technique chez les collégiens*. Didaskalia, p. 41–65, 2002.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Almedina Brasil, 2016.

BAZIN, M. *The technological mystique and third world options*. Monthly Review, v. 38, n. 3, p. 98–109, 1986. DOI: https://doi.org/10.14452/MR-038-03-1986-07_10.

BRANDSEN, S. et al. *Prevalence of bias against neurodivergence-related terms in artificial intelligence language models*. *Autism Research*, v. 17, n. 2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.3094>.

BROOKSHEAR, J. G.; BRYLOW, D. *Computer science: an overview*. 13. ed. New York: Pearson, 2020.

CASSINO, J. F.; SOUZA, J.; SILVEIRA, S. A. *Colonialismo de dados*. São Paulo: Autonomia Literária, 2021.

CETIC. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras*. São Paulo: CGI.br, 2024.

CHEN, C. et al. *The effects of first programming language on college students' computing attitude and achievement*. *Computer Science Education*, v. 29, p. 1–26, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/08993408.2018.1547564>.

DE ASSIS, M. P. et al. *Letramento digital e educação: revisão sistemática de artigos*. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 18, n. 1, p. e442228, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14244/198271994422>.

DE RSHAM, H. L.; JIPPING, M. J. *Programming languages: structures and models*. Belmont: Wadsworth, 1990.

DUVAL, R. *Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo da pensamento*. *Revemat*, v. 7, n. 2, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p266>.

FLORES, C. R. *Registros de representação semiótica em matemática*. *Bolema*, v. 19, n. 26, 2006.

FRANZE, A. et al. *Social chatbot use among individuals with social deficits*. *Journal of Behavioral Addictions*, v. 12, n. 4, p. 871–872, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1556/2006.2023.00057>.

GINESTIÉ, J. *A critique of technology education for all*. In: WILLIAMS, P. J.; STABLES, K. (org.). *Critique in design and technology education*. Singapore: Springer, 2017. p. 193–212.

HAUDRICOURT, A. G. *La technologie, science humaine*. Paris: Maison des Sciences de l'Homme, 1987.

HOLMES, W.; TUOMI, I. *State of the art and practice in AI in education*. *European Journal of Education*, v. 57, n. 4, p. 542–570, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>.

HORVAT, S.; HORVAT, T. *Artificial intelligence, neurodiversity, and trust*. *Scientia et Fides*, v. 13, n. 1, p. 215–232, 2025. DOI: <https://doi.org/10.12775/SetF.2025.011>.

HUMAN RIGHTS WATCH. *How dare they peep into my private life?* New York: HRW, 2022.

- KRAMER, J. *Abstraction in computer science*. System Design Frontier Journal, v. 3, n. 12, p. 1–9, 2006.
- KRAMER, J. *Is abstraction the key to computing?* Communications of the ACM, v. 40, n. 4, p. 37–42, 2007.
- LANDO, P. et al. *Towards a general ontology of computer programs*. 2016.
- MENDES, L. S. *Privacidade, proteção de dados e defesa do consumidor*. São Paulo: Saraiva, 2014.
- MENDES, L. S.; FONSECA, G. C. S. *Proteção de dados para além do consentimento*. Revista Estudos Institucionais, v. 6, n. 2, p. 507–533, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21783/rei.v6i2.521>.
- MILMANN, E. *Eixos para as flexibilizações curriculares*. In: KUPFER, M. C. M. et al. *Práticas inclusivas em escolas transformadoras*. São Paulo: Escuta, 2023.
- MORRISON, M.; NEWMAN, T. S. *Impact of student background in CS I*. ACM SIGCSE Bulletin, v. 33, n. 1, p. 178–183, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1145/366413.364580>.
- MUNIZ, C. R. et al. *Uma análise sobre exclusão digital durante a pandemia*. Revista de Direito da Cidade, v. 13, n. 2, p. 700–728, 2021. DOI: <https://doi.org/10.12957/rdc.2021.54909>.
- NOBLE, S. U. *Algorithms of oppression*. New York: NYU Press, 2018.
- NOUGRÈRES, A. B. *Report of the Special Rapporteur on the right to privacy*. ONU, 2025.
- NUNES, F. B.; KLINSKI, C. S. *Formação docente e uso das tecnologias*. Revista de Gestão e Avaliação Educacional, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/2318133837809>.
- PARKS, M. *The ethics of AI at the intersection of transgender identity and neurodivergence*. Discover Artificial Intelligence, v. 5, n. 1, p. 34, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44163-025-00257-1>.
- RICE, M. F.; DUNN, S. *The use of artificial intelligence with students with disabilities*. Computers in the Schools, v. 40, n. 4, p. 370–390, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/07380569.2023.2244935>.
- RODRIGUES DA SILVA, D.; KURTZ, F. D.; ARAÚJO, M. C. P. *Metacognição e pensamento computacional*. Revista Espaço Pedagógico, v. 30, p. e15264, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5335/rep.v30.15264>.
- RODRÍGUEZ ESPINALES, G. J. *Estrategias psicopedagógicas...* LATAM, v. 6, n. 2, p. 2076–2087, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i2.3752>.

- SANCHES, E. C. P. et al. *Design inclusivo na prática*. Ergodesign & HCI, v. 11, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.22570/ergodesignhci.v11i2.1975>.
- SEBESTA, R. W. *Concepts of programming languages*. 10. ed. New Jersey: Pearson, 2012.
- SELWYN, N. *Reconsidering political understandings of the digital divide*. New Media & Society, v. 6, n. 3, p. 341–362, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1177/1461444804042519>.
- SELWYN, N. *Education and technology*. 3. ed. London: Bloomsbury, 2022.
- SINGHI, P.; SMITH-HICKS, C. *Early diagnosis of ASD in low-resource countries*. Indian Journal of Pediatrics, v. 90, n. 4, p. 362–363, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12098-023-04481-4>.
- SIQUEIRA, D. P. L.; MOREIRA, M. L. *O acesso às tecnologias de informação no Brasil*. Revista Brasileira de Direito, v. 19, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18256/2238-0604.2023.v19i1.4836>.
- SOLOVE, D. J. *Privacy in authoritarian times*. SSRN, 2025. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.5103271>.
- UNESCO. *Manual para garantir inclusão e equidade na educação*. Paris: UNESCO, 2019.
- VELAZQUEZ-SOLIS, P. E. et al. *Designing teaching strategies using artificial intelligence*. New York: IGI Global, 2025.
- VIANA, E. A.; MANRIQUE, A. L. *Educação matemática na perspectiva inclusiva*. Perspectivas da Educação Matemática, v. 11, n. 27, 2019.
- VIANA, E. A.; MANRIQUE, A. L. *Neurodiversidade na formação de professores*. Boletim GEPEM, n. 76, p. 91–106, 2020. DOI: <https://doi.org/10.69906/GEPEM.2176-2988.2020.199>.
- VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.
- VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- WEXELBLAT, R. L. *The consequences of one's first programming language*. Software: Practice and Experience, v. 11, p. 733–740, 1981.
- ZAWACKI-RICHTER, O. et al. *Systematic review of research on artificial intelligence*. International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 16, n. 1, p. 39, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>.