

Inteligência Artificial e a perspectiva Histórico-Cultural: um ensaio teórico

Artificial Intelligence in a Historical-Cultural Perspective: a theoretical essay

Mariana Matulovic da Silva Rodrigueiro¹

Franciele Santos Teixeira²

Maria Teresa Zampieri³

Sueli Liberatti Javaroni⁴

RESUMO

Neste texto abordamos algumas percepções sobre a Inteligência Artificial (IA), trazendo um breve histórico de seu surgimento e implicações, bem como uma possível articulação com pressupostos da Teoria Histórico-Cultural. Defendemos que é necessário fazer uma discussão filosófica e epistemológica da IA, apontando possíveis caminhos para seu uso, inclusive, no processo de interação entre suas áreas de conhecimento, a Teoria Histórico-Cultural e a relação da apropriação cultural. Ao longo do texto abordamos conceitos como signo e significado e maneiras que essa leitura pode ser feita com a Inteligência Artificial.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Tecnologias Digitais. Educação Matemática.

ABSTRACT

This text addresses perceptions of Artificial Intelligence, providing a brief history of its emergence and implications, articulated with the premises of historical-cultural theory. We argue for the necessity of a philosophical and epistemological discussion regarding the use and potential directions of this object, including its role in the interaction process. Throughout the text, we discuss concepts such as sign and meaning and ways in which this interpretation can be applied to Artificial Intelligence.

Keywords: Artificial Intelligence. Digital Technologies. Mathematics Education.

¹ Doutora em Filosofia. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6626-4621>. E-mail: mariana.matulovic@unesp.br.

² Mestre em Educação Matemática. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7244-5506>. E-mail: fs.teixeira@unesp.br.

³ Doutora em Educação Matemática. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6656-2538>. E-mail: mt.zampieri@unesp.br.

⁴ Doutora em Educação Matemática. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Brasil. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1948-4346>. E-mail: sueli.javaroni@unesp.br.

1 Introdução

Tikhomirov (1981, p. 264, tradução nossa) defendia uma visão mais difundida sobre a Inteligência Artificial (IA) enfatizando que: “Inteligência artificial é a ciência cujo objetivo é desenvolver métodos que permitam às máquinas resolver problemas que exigiriam inteligência se fossem resolvidos por humanos”. Para esse autor, essa discussão poderia ser ampliada para aspectos que abordam a suplementação ou substituição da capacidade humana no desenvolvimento de atividades, ressaltando uma crítica a possíveis visões reducionistas sobre atividade humana e informatização⁵.

Pensando em discutir essa visão, que em um primeiro momento entendemos que não abrange, em particular, todas as potencialidades da IA, objetivamos neste texto possíveis aproximações para a concepção de IA por meio da perspectiva histórico-cultural e para isso partimos do questionamento: “IA e Teoria Histórico-Cultural é possível?”. Nesse sentido, discutiremos aspectos ligados ao aprendizado e desenvolvimento humano e possíveis relações do humano com a máquina, ou seja, buscamos articular autores da perspectiva histórico-cultural, principalmente na linha de Vygotsky, com as discussões sobre IA.

Embora a IA não tenha “necessidades”⁶ ou “motivos” no sentido humano, já que ela não age para satisfazer uma necessidade biológica ou social própria⁷, pois executa tarefas baseadas em objetivos que são programados por humanos, podemos pensar em sua atividade como um conjunto de operações e ações automatizadas que visam atingir um fim pré-definido por seus criadores. No entanto, a forma como a IA é desenvolvida e utilizada pode gerar fenômenos que Leontiev e outros pensadores que comungam a Teoria Histórico-Cultural nos ajudam a evidenciar.

Em vista do que foi apresentado até o momento, na seção a seguir discutimos, brevemente, sobre como a IA foi se constituindo em busca de tecer considerações a esse respeito e a Teoria Histórico-Cultural.

⁵ Mantivemos o termo *informatização*, presente no texto original de Tikhomirov (1981), para preservar a historicidade do conceito, ainda que atualmente outros vocábulos, como *digitalização*, sejam mais recorrentes.

⁶ As aspas empregadas ao longo do texto, que aparecem sem referência, têm apenas a função de destacar certos termos, não se referindo a citações.

⁷A IA, em quase todas as suas aplicações, age e atua em razão de uma programação refletindo, portanto, a necessidade do programador.

2 Referencial Teórico

2.1 Uma breve apresentação sobre Inteligência Artificial

Se tivéssemos que responder à pergunta: “o que é a IA?” teríamos uma tarefa complexa e sem uma resposta única, de tal sorte que fosse uma resposta bem definida, já que precisamos de subsídios teóricos de diversas áreas do conhecimento, tais como das Ciências Humanas, principalmente da Filosofia e Psicologia, das Biológicas com Genética e Biologia e das Ciências Exatas, com a Lógica, Matemática e Computação (COPPIN, 2004).

Mas antes de adentrarmos neste universo da IA, precisamos entender as primeiras tentativas de formalização dos conceitos de inteligência e artificial desde os trabalhos de Alan Turing (nos anos de 1940 e 1950) até 1956, quando um grupo de pesquisadores — entre eles John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon — utilizaram o termo pela primeira vez no workshop *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* (RUSSELL; NORVIG, 2020).

Em 1950, Turing escreve: “Podem as máquinas pensar?” Na busca para tentar entender a profundidade dessa inquietação e da complexidade do significado das palavras “máquina” e “pensar”, ele propõe substituir a pergunta original por outra mais concreta e passível de teste, incorporada no “Jogo da Imitação”, mais tarde conhecido como Teste de Turing (TURING, 1950): “Podem as máquinas realizar tarefas em um nível tão alto que não consigamos discernir se foi executado por uma máquina ou por um humano?”.

Para ilustrar, ele descreve um jogo com três participantes: um interrogador (C), que pode ser de qualquer sexo, e dois competidores, um homem (A) e uma mulher (B). Todos os envolvidos permanecem em salas separadas, e a comunicação é estritamente textual, na tentativa de eliminar qualquer pista vocal, visual ou tátil. O objetivo primário do interrogador é discernir qual dos dois competidores é o homem e qual é a mulher, identificando-os apenas pelas etiquetas X e Y. A tarefa do homem (A), no entanto, éativamente enganar o interrogador, tentando fazê-lo acreditar que ele é a mulher. Por outro lado, a mulher (B) busca auxiliar o interrogador na identificação correta, geralmente fornecendo respostas verdadeiras (TURING, 1950).

A reviravolta de Turing reside na sua proposição de modificar este jogo. Ele levanta a questão fundamental: O que acontecerá quando uma máquina assumir o papel do homem (A) neste jogo? Se a máquina, ao tentar se passar por um humano - e aqui, a distinção de gênero não é o foco, mas sim a indistinguibilidade do comportamento humano, conseguir enganar o interrogador com a mesma frequência que o homem faria, levando o interrogador a uma identificação incorreta, então, para os propósitos do Teste de Turing, essa máquina demonstraria um comportamento indistinguível do comportamento humano (TURING, 1950; FEIGENBAUM, 2003).

Turing se preocupava com o que as máquinas podiam fazer, ao invés de *o que* é inteligência. Para ele, a inteligência poderia ser medida pela capacidade de uma máquina realizar tarefas que normalmente associamos à inteligência humana, como raciocínio, aprendizagem e resolução de problemas (GUGERTY, 2006). Com isso, sua abordagem enfatizava resultados práticos em vez de definições teóricas. Turing adota o termo *thinking machines* (TURING, p. 436, 1950) para designar máquinas pensantes, que é um prelúdio ao uso de Inteligência Artificial, que surgiu em 1956.

Nas palavras de Teixeira (1998, p. 33):

Em essência, o teste de Turing estabelece o seguinte critério para decidirmos se uma máquina pensa: se o comportamento de uma máquina for indistinguível daquele exibido por um ser humano, não há razão para não atribuir a essa máquina a capacidade de pensar.

É importante salientarmos que em 1936, Turing estava inquieto na busca por uma definição rigorosa e formal do que se entendia por um procedimento efetivo ou método mecânico. Hilbert, ao explicitar o *Entscheidungsproblem* (Problema da Decisão) havia postulado, em essência, se existia um algoritmo — uma série finita de passos bem definidos que pudesse ser executada mecanicamente — capaz de determinar, para qualquer proposição matemática dada, se ela era verdadeira ou falsa, ou seja, se era demonstrável a partir de um conjunto de axiomas. Para responder a essas questões e preencher essa lacuna

conceitual, Turing concebeu uma máquina teórica que viria a se tornar o conceito central de toda a teoria da Computação: a Máquina de Turing (TEIXEIRA, 1998).

Em 1955, Newell, Simon e Shaw desenvolveram o primeiro programa, o *Logic Theorist*, que provou com sucesso teoremas de *Principia Mathematica* de Whitehead e Russell de um modo muito parecido com o processo algorítmico humano, concebendo “o pensamento visto como processamento (isto é, transformação) de símbolos em memórias de curto e longo prazo. Esses símbolos eram abstratos e amodais, ou seja, não conectados a informações sensoriais” (GUGERTY, 2006, p. 881, tradução nossa, grifos do autor). Assim, nessa perspectiva, o pensamento pode ser visto como a manipulação de símbolos regidos por regras formais, no viés da lógica clássica, dentro de estruturas de memória, reduzindo-o a simples operações algorítmicas.

Em 1956, John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester e Claude Shannon organizaram o *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* (MACCARTY *et al.*, 2006, p. 02, tradução nossa) com o objetivo de fortalecer a Inteligência Artificial como uma área de pesquisa. Nas palavras dos próprios idealizadores:

Propomos que um estudo de dois meses, com dez homens, sobre inteligência artificial seja realizado durante o verão de 1956 no Dartmouth College, em Hanover, New Hampshire. O estudo deve prosseguir com base na conjectura de que cada aspecto da aprendizagem ou qualquer outra característica da inteligência pode, em princípio, ser descrito com tanta precisão que uma máquina pode ser feita para simulá-lo.

McCarthy e seus colaboradores acreditavam que alguns aspectos da inteligência humana, principalmente os ligados ao processamento simbólico, poderiam ser descritos com precisão suficiente para permitir a construção de máquinas capazes de simular tais capacidades. Eles sustentavam que, trabalhando de forma interdisciplinar, pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento poderiam compreender os mecanismos pelos quais as máquinas utilizariam a linguagem, a partir de abstrações e conceitos, para resolver problemas tradicionalmente atribuídos aos seres humanos. Além disso, acreditavam que essas

máquinas teriam a capacidade de se aperfeiçoar progressivamente ao longo do tempo (NORVIG; RUSSELL, 2013; MCCARTHY *et al.*, 2006).

Inicialmente, a máquina deve ser capaz de usar a linguagem, isto é, seria capaz de compreender e gerar linguagem natural. A linguagem natural é um sistema de signos estruturado cultural e socialmente, utilizado pelos seres humanos para expressar pensamentos, sentimentos, desejos, instruções ou narrativas, com regras complexas e ambíguas que variam de acordo com contexto, cultura e intenção comunicativa. Em seguida, destaca-se a capacidade de formar abstrações e conceitos, permitindo que o sistema crie representações simbólicas que capturam a essência de objetos e ideias, viabilizando o raciocínio complexo. Além disso, a máquina deve ser apta a resolver problemas tradicionalmente atribuídos à inteligência humana, aplicando estratégias para lidar com situações desafiadoras em diversos domínios (MACCARTY *et al.*, 2006).

Outro aspecto crucial é a habilidade de aprender com a experiência, permitindo que o sistema melhore seu desempenho a partir de dados e interações prévias, incorporando mecanismos de aprendizado. O raciocínio lógico, por sua vez, é fundamental para que a máquina realize inferências e tome decisões fundamentadas. A proposta também contempla a capacidade de perceber o ambiente, interpretando estímulos sensoriais como imagens e sons, ampliando a interação da máquina com o mundo mundano. Por fim, a máquina deve ser capaz de controlar dispositivos físicos, executando ações autônomas e interagindo diretamente com seu entorno (MACCARTY *et al.*, 2006).

A partir de 1956, temos um intenso desenvolvimento dessa nova área de conhecimento, a IA, com toda a sua complexidade, intensidade e interdisciplinaridade de conceitos. Por isso, dar uma caracterização precisa do que é ou o que se estuda em IA é difícil e requer cuidados.

Russell e Norvig (2004) propõem uma taxonomia que organiza as definições de IA segundo duas dimensões fundamentais: o tipo de critério adotado para avaliar a inteligência (pensamento ou comportamento) e o modelo de referência utilizado (semelhança com o ser humano ou racionalidade ideal). A combinação dessas dimensões resulta em quatro grandes abordagens para o estudo e desenvolvimento da IA: pensar como humanos, agir como humanos, pensar racionalmente e agir racionalmente (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Na obra, Russell e Norvig (2004) caracterizam cada uma das quatro perspectivas, com exemplos e desenvolvimentos que ocorreram na IA. Assim, na categoria de pensar como um humano, a IA envolve o uso de modelos computacionais para replicar os processos cognitivos internos da mente humana, inspirando-se na psicologia e neurociência para simular o raciocínio. Na terceira categoria, pensando racionalmente, os autores já trazem ao próprio título a racionalidade das Leis do Pensamento dos Silogismos Aristotélicos. Assim, nestes sistemas temos a priorização da lógica formal, visando a construção de sistemas que deduzem conclusões válidas e operem segundo as leis do pensamento lógico.

Em termos de comportamento, temos as categorias de agir como seres humanos e agir racionalmente. Os sistemas que agem como humanos focam no comportamento externo, avaliando a IA pela sua capacidade de mimetizar a performance humana de forma indistinguível, com o Teste de Turing como seu expoente. Um fato interessante é que Russell e Norvig (2004), ao formular o teste, Turing abre seis grandes áreas que compõem a IA: o processamento de linguagem natural de modo a permitir que a máquina se comunique com clareza em um idioma natural; representação de conhecimento para armazenar as informações adquiridas e enviadas; raciocínio automatizado, que utiliza os dados armazenados para responder questionamentos e inferir novas conclusões; aprendizado de máquina, que permite ajustar-se a situações inéditas e identificar, além de prever, para manipular itens e reconhecer ambientes (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Finalmente, a abordagem de sistemas que *agem racionalmente* concentra-se no desenvolvimento de agentes inteligentes que maximizam seus objetivos num dado ambiente, independentemente de seus processos internos se assemelham aos humanos ou de seguirem estritamente a lógica formal, abrangendo assim percepção, aprendizado e ação otimizada (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Desde seu surgimento oficial, em 1956, a IA tem passado por períodos que vão do entusiasmo exacerbado e acelerado progresso (AI Boom), seguidos por fases de desilusão e redução de investimentos, denotando esses períodos de invernos⁸ da IA (AI Bust). Evidencia-se, portanto, que a trajetória da IA é marcada por fases distintas de otimismo, desafios e avanços paradigmáticos (HAIGH, 2024; RUSSELL; NORVIG, 2004). Dessa maneira, entendemos que a história da IA é uma tapeçaria complexa de avanços e reveses, moldada por ciclos de otimismo e “invernos”.

Desde seus primórdios (1952-1969), a IA foi impulsionada por um notável entusiasmo, com o desenvolvimento de programas como o General Problem Solver (GPS) e o conceito do Advice Taker, solidificando a crença no potencial das máquinas para imitar o raciocínio humano (RUSSELL; NORVIG, 2004). No entanto, essa fase inicial enfrentou uma dose de realidade (1966-1973), de acordo com Russell e Norvig. Previsões de pioneiros como Herbert Simon não se concretizaram, tais como a de que em 10 anos, um computador seria o campeão mundial de xadrez e que iria demonstrar um importante e inédito teorema matemático - expondo severas limitações: a ausência de conhecimento de domínio em tarefas como tradução automática, a intransponível explosão combinatória em problemas complexos, e as restrições inerentes a modelos de aprendizado como os Perceptrons, culminando em cortes de financiamento e questionamentos sobre a viabilidade do campo (RUSSELL; NORVIG, 2004).

⁸ Desde seus primórdios, em 1956, a IA perpassa por momentos de grande otimismo, em que a sociedade preconiza e vislumbra ações e desenvolvimentos que estão, naquele momento, para além das potencialidades da IA. Esses momentos são conhecidos como “primaveras” ou “boom” da IA. No entanto, quando cientificamente verificam-se e evidenciam-se problemas conceituais que impedem todo o vislumbre e projeções otimistas da IA, como no caso do problema do operador lógico XOR para a modelagem dos Perceptrons, a IA entra em um período de desenvolvimentos lentos e até mesmo estagnações de pesquisa e aporte de recursos. Para esses momentos diz-se que a IA está em seu “inverno” ou “bust” (STRICKLAND, 2021).

Em resposta a essas limitações, o período de 1969 a 1979 marcou uma inflexão estratégica para os sistemas baseados em conhecimento. Programas como o DENDRAL e o MYCIN demonstraram a eficácia de incorporar conhecimento especializado de domínio e lidar com incertezas, afastando-se dos “métodos fracos” de busca genérica. Essa abordagem também se estendeu ao Processamento de Linguagem Natural, onde a compreensão robusta revelou a necessidade de vasto conhecimento do mundo. A década de 1980 foi marcada por um salto na aplicação da IA na indústria como, por exemplo, o desenvolvimento do sistema especialista R1 que, a partir da busca por replicar uma certa capacidade do raciocínio humano, permitiu que dispositivos com configurações diferentes pudessem ser programados, por regras lógicas, tornando-os compatíveis, atraindo eminentes investimentos globais. Contudo, o excesso de promessas inflou uma “bolha” que estourou, resultando em um prolongado período de pouca atenção e investimento em pesquisas em IA, os famosos “invernos da IA” (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Apesar dessa retração, o campo se reestruturou. O retorno das redes neurais na segunda metade dos anos de 1980, impulsionado pela redescoberta da retropropagação, e a adoção de uma metodologia científica rigorosa foram cruciais. A IA abandonou o isolacionismo, integrando-se a disciplinas como Estatística e Teoria da Informação, e demonstrando robustez em aplicações como reconhecimento de fala e tradução automática, utilizando modelos baseados em dados e teorias matemáticas. A incorporação da Probabilidade e Teoria da Decisão, notadamente com as redes bayesianas, formalizou o raciocínio incerto e solidificou a transição da IA para uma ciência interdisciplinar com impacto prático (RUSSELL; NORVIG, 2004).

A partir de 1995, a IA consolidou-se, focando no conceito de agentes inteligentes e beneficiando-se da explosão de grandes conjuntos de dados, oriundos principalmente do desenvolvimento e implementação das redes de comunicação. Essa integração permitiu que sistemas de raciocínio e planejamento lidassem com a incerteza e aproximou a IA de outros campos como economia e teoria de controle, resultando em avanços como veículos autônomos e outros elementos da IoT (Internet das Coisas). Uma mudança de paradigma ocorreu com a percepção de que a quantidade massiva de dados poderia, em muitos casos, superar a complexidade algorítmica para a resolução de problemas, contornando o desafio de como expressar todo o conhecimento que um sistema necessita e catalisando o desenvolvimento de aplicações práticas e robustas (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Nesse contexto evolutivo, a Inteligência Artificial Generativa (IAg) emerge como um ponto importante e promissor dentro da própria IA. A IAg representa uma resposta eficaz às limitações históricas da IA, especialmente na superação da “explosão combinatória” e da dependência excessiva de conhecimento explícito codificado manualmente. Ao inferir padrões complexos de vastos dados de forma implícita, os modelos generativos produzem conteúdo coerente e contextualizado, uma capacidade que superou as falhas da tradução automática primária e a dificuldade de escalar os sistemas especialistas⁹.

Ao oferecer uma interface natural e capacidades criativas sem precedentes, a IAg não só aprimora a interação humano-máquina, mas também reaviva o debate sobre a Inteligência Geral Artificial (AGI), aproximando-se da aspiração por máquinas que pensam e criam. A IAg impulsiona o atual "boom" da IA redefinindo ou definindo expectativas e gerando novos desafios éticos e sociais referente ao seu uso.

2.2 Inteligência Artificial Generativa

⁹ A explosão combinatória refere-se ao universo de possibilidades de estados ou situações para serem analisados quando se projetava um sistema especialista, como por exemplo, um sistema para jogar xadrez. Para programar um dispositivo apto para jogar xadrez deve-se analisar todas as posições possíveis de jogadas, com cada um dos elementos dos jogos, em todas as posições dessa peça no tabuleiro. Tem-se, aqui, uma explosão de combinações de possibilidades.

O desenvolvimento da IAg representa uma das mais significativas conquistas tecnológicas das últimas décadas, sendo resultado direto de avanços acumulados em diversas subáreas da IA. Essa vertente da IA é caracterizada pela capacidade de produzir novos conteúdos, como textos, imagens, sons, vídeos e códigos de programação, de forma autônoma, com níveis de qualidade que frequentemente se assemelham aos resultados produzidos por seres humanos (SOLANKI; KHUBLANI, 2024).

Nas décadas de 1960 a 2000, no campo da IA, vislumbrou-se o potencial dos sistemas do tipo da ELIZA¹⁰, que embora rudimentares, demonstraram o potencial da interação humano-máquina e do processamento de linguagem natural. Apesar do reconhecimento precoce do potencial das redes neurais, sua aplicação em larga escala foi historicamente restringida pelas limitações computacionais da época. Somente com o aprimoramento do poder de processamento e a crescente disponibilidade de dados no início do milênio (BIG DATA), as redes neurais profundas (*deep learning*) puderam efetivamente lidar com volumes massivos de informação e modelar relações complexas entre variáveis de entrada e saída (SOLANKI; KHUBLANI, 2024).

Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) é um campo da IA cujo objetivo centra-se no desenvolvimento de algoritmos capazes de aprender padrões e otimizar um critério de desempenho a partir de dados de exemplo ou experiência prévia. Diferentemente da programação tradicional, o aprendizado de máquina permite que computadores aprendam de forma autônoma, sem a necessidade de serem explicitamente programados para cada tarefa específica (ALPAYDIN, 2020). Nesse paradigma, os dados frequentemente são inseridos em um algoritmo em um formato estruturado e relevante, ou passam por um processo manual e intensivo de tratamento conhecido como engenharia de *features*. Isso significa que especialistas humanos precisam identificar e extraír as características mais importantes dos dados antes que o algoritmo possa aprender com elas (ALPAYDIN, 2020).

¹⁰ ELIZA foi um dos primeiros programas de processamento de linguagem natural, desenvolvido por Joseph Weizenbaum em 1966. Simulava uma conversa com um psicoterapeuta rogeriano por meio de regras simples de substituição e reconhecimento de padrões, sem compreensão real do conteúdo, mas capaz de criar a ilusão de diálogo significativo com o usuário (Berry, 2023).

Já o *Deep Learning* representa um avanço significativo dentro do Machine Learning. Caracterizado pelo uso de redes neurais artificiais com múltiplas camadas ocultas caracterizado pelo uso de redes neurais artificiais com múltiplas camadas ocultas, fato esse que configura o termo profundo, ele oferece uma capacidade interessante: a de que as próprias técnicas extraem e aprendem as representações dos dados de forma autônoma. Em vez de depender de um pré-processamento humano para identificar características como formas em uma imagem ou palavras padrões em um texto, os modelos de Deep Learning conseguem inferir essas características por conta própria, a partir de grandes volumes de dados (ALPAYDIN, 2020).

A verdadeira revolução na IAg foi catalisada pela introdução das Redes Adversariais Generativas (GANs)¹¹ por Ian Goodfellow em 2014. Este modelo, baseado em uma dinâmica de duelo entre redes neurais — em que duas redes se rivalizam no sentido do gerador tentar enganar e o outro busca encontrar as falsificações — possibilitou uma nova era na geração de imagens, permitindo a criação de conteúdos cada vez mais realistas e complexos.

Após a década de 2010, consolidou-se uma rápida expansão, com a diversificação de modelos generativos, incluindo redes neurais convolucionais (CNN) e recorrentes (RNN) para texto e vídeo, além de *autoencoders* variacionais e modelos de difusão. Nesse contexto, o desenvolvimento de Grandes Modelos de Linguagem (LLM - Large Language Model), como o GPT-1, marcou um salto qualitativo na geração de texto, demonstrando uma alta capacidade de síntese e compreensão dos textos.

Até aqui discutimos acerca da caracterização da IA e para dar encaminhamento à proposta deste trabalho, a seguir trazemos elementos da Teoria Histórico-Cultural que nos possibilita aproximar os conceitos da IA com elementos dessa teoria.

¹¹ As Redes Adversariais Generativas (GANs), propostas por Ian Goodfellow em 2014, operam por meio de um modelo adversarial entre duas redes neurais: o gerador, responsável por criar dados sintéticos, e o discriminador, encarregado de distinguir entre dados reais e gerados. O gerador busca enganar o discriminador, enquanto este tenta identificar falsificações. Esse processo competitivo permite que o gerador aprenda a produzir dados cada vez mais realistas (Creswell *et al.*, 2018).

2.3 Um diálogo com elementos fundamentais da Teoria Histórico-Cultural

Compreendemos que a constituição do humano não é um processo mecânico e linear, mas sim, um processo dinâmico e mediado por outro humano imersos na cultura, pois “[...] a relação do sujeito com o mundo só é possível através da mediação de um outro sujeito” (WERNER, 2015, p. 34). Percebemos então que a constituição do sujeito não é um processo mecânico e nem linear, mas também um processo de imersão na cultura. Dessa maneira, destacamos que, conforme apontado nas obras de Vygotsky, a ideia central está no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, que é baseada em um processo sociocultural, ou seja, mediado pela cultura e pelas interações sociais.

As interações são mediadas por instrumentos culturais e psicológicos, em que o primeiro consiste na coisa e o segundo considera-se o desenvolvimento com o outro por meio da linguagem e da fala.

O pensamento tipicamente humano é constituído pela linguagem, pois é a partir do momento em que a linguagem entra em cena, no curso do desenvolvimento, que o pensamento se torna verbal e a fala racional. O surgimento do pensamento verbal não acontece de forma mecânica. A internalização da linguagem e o desenvolvimento do pensamento verbal ocorrem através de longo processo de mudanças, que, por sua vez, alteram o modo de o sujeito operar a realidade (WERNER, 2015, p. 34).

Isto posto, entendemos que os instrumentos culturais, também chamados de ferramentas, são objetos externos que o ser humano utiliza para agir sobre o mundo e transformá-lo. Eles são criados socialmente e transmitidos de geração em geração, incorporando a experiência e o conhecimento acumulados pela humanidade, segundo Vygotsky (2001). Para esse autor, o uso de instrumentos culturais não é apenas uma forma de facilitar a ação, mas também de transformar a própria mente humana. Ao utilizá-los, o indivíduo internaliza a lógica e a estrutura dessa ferramenta, o que modifica seus processos cognitivos. Por exemplo, podemos interpretar que o uso de um computador não apenas agiliza a escrita, mas também altera a forma como pensamos e organizamos o conteúdo que dissertamos

na escrita. Um aspecto importante dentro dessa teoria é que a linguagem é o principal instrumento simbólico para o pensamento humano, sendo um mediador fundamental ao considerar o desenvolvimento humano (VYGOTSKY, 2001).

Nesse sentido, o signo é visto como um mediador simbólico na organização do comportamento e do pensamento (VYGOTSKY, 2001). Com isso podemos vislumbrar três conceitos relacionados ao signo: ele sendo uma coisa, que quando atrelado à linguagem podemos pensar no material integrado na atividade humana; signo como algo real e na consciência comum do ser; e, interpretações sobre a estrutura e funções do signo. Levaremos em consideração a primeira interpretação, a fim de refletir sobre seu papel na atividade humana.

Já o significado sem considerar a linguagem não existe, uma vez que, segundo Vygotsky (2001), esse é o aspecto central do signo linguístico, ou seja, o significado consiste em conectar a palavra (o signo linguístico) à realidade e ao pensamento. Dessa forma, o significado do signo não é apenas uma cópia simples de conexões e relações reais, mas sim, como afirma Leontiev (1989, p. 246):

Objetivamente, o signo confronta o sujeito como um signo real com tudo o que está por trás dele, incluindo aquelas características funcionais que vêm das características da atividade na qual esse signo está incluído. Subjetivamente, no entanto, ele é percebido como uma formação psicológica na qual o conteúdo social real desse signo está incorporado e transformado. A consciência do sujeito, neste caso, permanece como uma consciência contemplativa; e, do seu ponto de vista, o signo emerge como uma imagem do signo, e o significado emerge como uma imagem na qual ele/ela fixa e experimenta sua experiência social pessoal, sem se preocupar com os problemas de seu cerne real e sua natureza real (LEONTIEV, 1989, p. 246).

Ademais, esses aspectos são conectados aos conceitos de signo e significado, de modo que podemos investigar fatores envolvidos na origem do significado e como ele funciona na atividade social humana (LEONTIEV, 1989). Dessa maneira, conforme destaca Werner (2015, p. 34):

O pensamento tipicamente humano é constituído pela linguagem, pois é a partir do momento em que a linguagem entra em cena, no curso do desenvolvimento, que o pensamento se torna verbal e a fala racional. O surgimento do pensamento verbal não acontece de forma

mecânica. A internalização da linguagem e o desenvolvimento do pensamento verbal ocorrem através de longo processo de mudanças, que, por sua vez, alteram o modo de o sujeito operar a realidade.

Como o ser humano não existe de forma isolada, é por meio da comunicação que ele se desenvolve, pois “o conhecimento não está no sujeito nem no objeto, mas na interação entre ambos” (MELLO; TEIXEIRA, 2012, [s/n]). Portanto, consideramos, corroborando Silva (2023), que a base do conhecimento requer interação com o meio externo, de modo que o indivíduo tendo contato com o objeto de sua realidade, há desenvolvimento que é impulsionado pelas suas necessidades, motivações e objetivos (SILVA, 2023). Dessa maneira, buscamos abordar o desenvolvimento do sujeito ao considerar a IA nesse processo de interação. Para fazer essa discussão, nos apoiamos nos conceitos de pseudoconcreticidade, fetichização, e reificação.

A fetichização, ou mais especificamente o fetichismo da mercadoria, é o processo pelo qual relações sociais complexas entre pessoas — no trabalho, na produção, na troca — são disfarçadas e aparecem como relações naturais e intrínsecas entre coisas (mercadorias). A mercadoria, um produto do trabalho humano, parece adquirir uma vida própria, valor e poder mágicos que são, na verdade, atributos das interações sociais que a produziram.

Tanto a pseudoconcreticidade quanto a fetichização dialogam com o conceito de alienação, pois ao ter uma percepção superficial da realidade e ter relações sociais complexas disfarçadas, o sujeito se aliena no sentido de que há a criação de obstáculos à apropriação da cultura que deveria ser constituída em patrimônio por todos os seres. Ainda é possível afirmar que “no que se refere aos processos psicológicos, a ruptura entre o sentido e o significado das ações humanas tem como uma de suas consequências o cerceamento do processo de desenvolvimento da personalidade humana” (DUARTE, 2004, p. 59).

Dessa maneira, pensar no desenvolvimento tecnológico, como o trazido pelo uso da IA, pode transformar a dinâmica da sociedade em que vivemos ou ainda alterar processos comunicacionais. Mello e Teixeira (2012, [s/n]) destacam como o desenvolvimento tecnológico possibilita que níveis de interação cada vez mais complexos aconteçam e que ainda

É possível afirmar que o advento da internet de alta velocidade, submete a própria interação a um processo de virtualização, ampliando a capacidade comunicacional dos sujeitos e possibilitando um processo hipermídia de interação com os demais e com o meio. No mesmo sentido, ao se reconhecer a importância de processos interativos para o desenvolvimento humano e, em especial para o processo de aprendizagem, parece urgente que se discuta acerca do potencial destas tecnologias que se colocam de forma simbiótica na vida das pessoas e que têm ganhado espaço no meio educacional.

Entendemos que discutir esse desenvolvimento tecnológico no meio educacional é complexo e exige uma análise multifacetada, além de um direcionamento específico, como estamos fazendo nesse artigo ao focalizarmos a IA.

Ao incluir as tecnologias da informação e comunicação como mediadoras do pensamento, Tikhomirov (1981) mantém uma fidelidade conceitual em relação às ideias de Vygotsky, ampliando esse arcabouço teórico para o cenário da informatização, destacando que devemos nos atentar em como a atividade mental humana se transforma por meio dessa “nova” mediação, contrapondo a teoria da substituição e a teoria da suplementação.

Ao refutar a teoria da substituição, Tikhomirov (1981) argumenta que o computador não substitui o pensamento humano, uma vez que as heurísticas humanas são mais complexas, flexíveis e qualitativas do que as implementadas em um computador. Por outro lado, o computador (podemos ampliar para TD), oferece uma mediação cognitiva complementar e qualitativamente diferente (Tikhomirov, 1981), não replicando o pensamento humano, mas o reorganizando.

Para falar sobre a teoria da suplementação, Tikhomirov (1981) inicialmente contrasta a teoria da informação com a teoria psicológica do pensamento, dizendo que enquanto a primeira reduz o pensamento a processos mentais que envolvem transmissão de dados, codificação e armazenamento, a outra, com base nos conceitos de Vygotsky, comprehende o pensamento como uma atividade simbólica, socialmente e historicamente construída e mediada, que, conforme já discutido anteriormente, leva em consideração os contextos, significados e transformações do sujeito.

Portanto, ao refutar essas duas teorias, Tikhomirov (1981) defende que o computador, ou ainda as Tecnologias Digitais de maneira geral, não deve ser compreendido como um solucionador de problemas ou como um incremento na memória, mas sim, como um novo agente de mediação da cultura, reorganizando o pensamento humano. Assim, a IA será debatida aqui nesse artigo dentro dessa perspectiva.

3. Metodologia

O presente artigo se enquadra na modalidade metodológica de ensaio teórico, pois

No lugar do objetivo geral, dos objetivos específicos, da justificativa, da fundamentação teórica, da metodologia que define os critérios de coleta e análise de dados e da conclusão, no ensaio a orientação é dada não pela busca das respostas e afirmações verdadeiras, mas pelas perguntas que orientam os sujeitos para as reflexões mais profundas (MENEGHETTI, 2011, p. 321).

Dessa maneira, não propomos uma investigação empírica, mas uma construção de aproximações conceituais entre distintos referenciais, mas que se harmonizam entre si, em busca de discutir o questionamento: “IA e Teoria Histórico-Cultural é possível?”. O ensaio teórico caracteriza-se pela elaboração crítica e pela proposição de novas articulações, de modo que existe uma maior liberdade para os autores de “[...] defender determinada posição sem que se tenha de se apoiar no rigoroso aparato de documentação empírica ou bibliográfica [...]” (SEVERINO, 2013, [s/n]).

Em um ensaio teórico, “a verdade não se concretiza pela afirmação dogmática resultante da simples utilização de modelos ou sistemas. A verdade é reduzida a meio, não confundindo verdade com princípio da identidade” (MENEGHETTI, 2011, p. 323), dessa forma não buscamos defender uma verdade única e absoluta, mas sim, propiciar a discussão e reflexão acerca de elementos da IA e seu uso na perspectiva da Teoria Histórico-Cultural, ou seja, argumentamos de modo que “o ato argumentativo precisa ser construído ao longo do processo de envolvimento com o objeto. Os argumentos são resultados da interação de sujeito e objeto, em que a lógica e as verdades são meios e não fins em si mesmos” (MENEGHETTI, 2011, p. 324).

Portanto, buscamos, por meio de reflexões e interpretações, tensionar a teoria da IA, fundamentada em seus pressupostos lógico-formais desde Turing, com a Teoria Histórico-Cultural, em especial nas contribuições de Vygotsky, Leontiev, Kosik e Tikhomirov, a partir de conceitos como signo, significado, peseudoconcreticidade, fetichização e reorganização do pensamento, fazendo aproximações por meio do questionamento: “IA e Teoria Histórico-Cultural é possível?”.

3. Inteligência Artificial e a Teoria Histórico- Cultural

Cabe-nos ressaltar que nesse artigo fazemos uma articulação entre ideias provenientes de campos científicos distintos, mas que dialogam entre si, a fim de tecermos uma discussão filosófica e epistemológica, apontando possíveis caminhos para o uso da IA.

De acordo com os conceitos de fetichização e pseudoconcreticidade propostos por Kosik (1965), é necessário cautela com o uso alienado da IA, ou seja, no sentido de se ter uma percepção superficial da realidade e das relações sociais complexas imbricadas nela, criando obstáculos à apropriação da cultura.

Para isso, é preciso ir além do superficial, buscando aprofundamento nas raízes da história da IA, como discutido anteriormente. A partir de um estudo longitudinal acerca desse histórico, no campo da Lógica e dos fundamentos da Ciência da Computação, discorremos sobre seu início, desde os trabalhos de Alan Turing, que, em linhas gerais, se preocupou com o que as máquinas podiam fazer, ao invés de o que é inteligência (GUGERTY, 2006).

Em seguida, trouxemos a preocupação em transformar a IA em um campo do conhecimento ou área de pesquisa, a partir das contribuições de Maccarty *et al.*, (1955), que acreditavam que alguns aspectos da inteligência humana, principalmente aqueles ligados ao processamento simbólico, poderiam ser descritos com precisão suficiente para permitir a construção de máquinas capazes de simular tais capacidades. Ressaltamos o avanço do processamento da linguagem natural de modo a permitir que a máquina se comunique com clareza em um idioma natural (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Discutimos ainda a transição da IA para uma ciência interdisciplinar com impacto prático (RUSSELL; NORVIG, 2004), sobre o “inverno” das IA e o avanço recente das IA generativas.

Já no campo da psicologia, dialogamos com conceitos da Teoria Histórico-Cultural, particularmente com teóricos como Vygotsky e seus seguidores. Destacamos o argumento de Tikhomirov (1981), que defende que o computador não deve ser compreendido como um solucionador de problemas (substituindo o sujeito), tampouco como um incremento na memória, mas como um novo agente de mediação da cultura, como reorganizando o pensamento humano.

Estendendo esse raciocínio para a IA, podemos compreendê-la como um instrumento cultural, que realiza uma mediação cognitiva complementar e qualitativamente diferente da atividade humana, não no sentido de replicar o pensamento mas de reorganizá-lo. E isso é intrínseco à epistemologia, particularmente à apropriação cultural. Mas a partir disso, quais seriam então as questões subjacentes quando tratamos do uso da IA nos mais diversos campos do conhecimento?

Ao refletirmos sobre essa indagação, filosoficamente e epistemologicamente, sob a luz dos referenciais discutidos, compreendemos que na IA lidamos constantemente com representações do mundo. Modelos de linguagem (LLM), redes neurais e sistemas de visão computacional que não operam diretamente com a realidade em si, mas com dados que são representações de aspectos dessa realidade. O significado que um modelo de IA atribui a uma palavra ou a uma imagem não é intrínseco, mas emergente das vastas quantidades de dados e treinamentos com as quais ele interagiu.

Os dados que alimentam os modelos de IA (textos, imagens, áudios, vídeos) são, em sua essência, registros de uma realidade sistemática. Quando um LLM é treinado em bilhões de páginas de texto, ele está ingerindo as conexões e relações que os humanos estabeleceram no mundo. Por exemplo, a frequência com que “café” aparece perto de “acordar” ou “trabalho” reflete uma sistematicidade da atividade humana – as pessoas tomam café para acordar e trabalhar. Ou ainda, a forma como “gato” e “miar” estão correlacionados reflete uma sistematicidade no mundo animal. Mais do que isso, esses dados são o produto da atividade humana

sistematizada. A forma como escrevemos, falamos, rotulamos imagens, organizamos informações – tudo isso reflete a sistematicidade das nossas ações, mediados por instrumentos culturais e psicológicos (WERNER, 2015).

Assim como Leontiev (1989) aponta que a introdução de sistemas de signos pode gerar distorção ou deturpação na reflexão humana, na IA, temos os desafios dos vieses nos dados, da interpretabilidade dos modelos e da garantia de que a representação interna de um sistema corresponda de forma útil e ética ao mundo real. Os objetos materiais (as representações internas do modelo) podem conter e propagar essas distorções se não forem bem gerenciados. Com isso podemos pensar que o significado de uma palavra não vem apenas do objeto que ela representa, mas da forma como interagimos com esse objeto e com outros por meio da linguagem, dentro de um contexto social, ou seja, não sendo uma simples reprodução de conexões e relações sociais (Leontiev, 1989).

Ao fazer uma analogia com a IA, uma foto de um gato é uma matriz de pixels. Cada pixel tem um valor numérico (materialidade). No entanto, o que o modelo "lê" nessa matriz são as relações convertidas que formam o padrão "gato" – as bordas, texturas, cores que, juntas, representam o conceito de gato para o modelo. A materialidade dos pixels (os números crus) é a base, mas o que importa é o valor representacional que emerge da organização desses pixels, tal como o valor do dinheiro não está no papel, mas nas relações econômicas que ele representa, levando em consideração seu movimento lógico-histórico, no sentido defendido por Leontiev (1989).

De acordo com o campo da lógica formal, os modelos de IA, em particular os LLM, são especializados em aprender e replicar essa sistematicidade. Eles não recebem regras gramaticais explícitas; eles inferem essas regras (a “sistematicidade formal”) a partir da observação de como os humanos usam a linguagem em vastos conjuntos de dados. Um LLM não tem uma regra pré-programada de que “depois de ‘o’, geralmente vem um substantivo masculino”, em vez disso, ele vê essa regularidade bilhões de vezes nos dados (“o carro”, “o livro”, “o cachorro”) e, assim, essa “regra” emerge em sua arquitetura de forma estatística. Essa regularidade formal é um reflexo das relações objetivas e das atividades humanas (“o carro” como objeto de transporte).

Os Transformers são a arquitetura que revolucionou os LLM, permitindo que eles processem sequências de dados (como texto) de uma forma que captura relações de longa distância entre os elementos. Os Transformers são treinados em um volume grande de texto gerado por humanos – que é, essencialmente, um registro massivo da atividade social humana. Leontiev (1989) defende que o significado surge das conexões e relações da realidade, moldadas pela atividade social.

Dessa maneira, ao processar esse texto, o modelo não está apenas "lendo palavras"; ele está inferindo padrões de como essas palavras se conectam, como conceitos se relacionam, como argumentos são construídos, como emoções são expressas. Ele aprende que "médico" está relacionado a "hospital", "doença" a "cura", e que essas relações são parte da atividade humana de cuidar da saúde. Essas são as conexões sociais de conteúdo que formam o conteúdo objetivo do signo (Leontiev, 1989).

Ainda, Leontiev (1989) nos alertou que ao introduzir sistemas de signos, podemos ter "deturpações e distorções". Isso é espelhado na IA nos desafios como vieses (bias). Se os dados de treinamento de um GPT (OpenAI) contêm preconceitos sociais, o modelo irá “converter” e replicar esses preconceitos em suas respostas, porque sua sistematicidade formal reflete a sistematicidade (problemática) presente nos dados da atividade humana. Isso impede a compreensão crítica da realidade, pois o que é apresentado como “verdade” é uma construção algorítmica.

A alucinação dos LLM também pode ser vista como uma forma de geração de textos que aparenta ser gramaticalmente correta, mas que de fato foi gerada apenas para dar uma resposta, independentemente de sua veracidade ou realidade. O modelo produz uma “expressão” que parece significativa, mas que não tem correspondência com a realidade objetiva, porque as “conexões e relações” que ele internalizou foram distorcidas ou são insuficientes para a tarefa (LEMOS, 2024).

Dessa maneira, entendemos que a IA pode "coisificar" relações humanas ao automatizar interações complexas, transformando pessoas em "dados" ou "recursos", desumanizando as relações e reduzindo a subjetividade a métricas quantificáveis. Para além disso, com ela, especialmente em seu uso e percepções no cotidiano, pode ser uma poderosa produtora ou reforçadora da pseudoconcreticidade (Kosik, 1965). Ela opera

em um nível de dados e padrões que, se não for compreendido criticamente, pode nos levar a conclusões superficiais sobre o mundo.

Sistemas de recomendação (filmes, produtos, notícias) nos dão a impressão de que a IA sabe o que queremos ou que a experiência do usuário é otimizada para o nosso bem. Isso esconde a práxis de manipulação algorítmica, onde a IA não serve à nossa autonomia, mas a interesses comerciais, à coleta de dados e à manutenção de padrões de consumo (MARTIN, 2019). A aparente conveniência nos impede de ver a relação de poder e a engenharia do comportamento por trás.

A IA é treinada em dados históricos que refletem os vieses e as ideologias de nossa sociedade. Ao processar e reproduzir esses padrões, ela projeta essas representações comuns e ideológicas de volta para o universo dos usuários, muitas vezes as amplificando. Uma situação que exemplifica isso é quando uma IA de reconhecimento facial falha consistentemente com peles mais escuras, ou um modelo de linguagem associa certas profissões a gêneros específicos, essas são as “representações comuns” (vieses sociais) sendo reproduzidas e naturalizadas pela tecnologia. A “verdade” estatística que a IA apresenta (“é assim que os dados mostram”) esconde o processo histórico de discriminação e desigualdade que gerou esses dados e essas representações. A IA não questiona esses vieses, ela os reproduz e os torna mais “evidentes”, reforçando a pseudoconcreticidade ideológica, no sentido defendido por Kosik (1965).

A IA está se tornando cada vez mais ubíqua, embutida em nossos telefones, carros, casas, sistemas de saúde, educação, etc. Ela passa a ser percebida como uma condição “natural” e inevitável da existência moderna, um “objeto fixado”. Essa naturalização nos impede de reconhecer a IA como o resultado de intensas atividades sociais, escolhas políticas, investimentos massivos e disputas de poder. A existência de carros autônomos ou diagnósticos por IA, as Internet of Things (IoT) ou ainda Internet das Coisas, por exemplo, parece um “avanço natural”. Mas essa pseudoconcreticidade e essa fetichização (Kosik, 1965) ignoram as decisões sobre quem desenvolve, quem financia, quem regulamenta, quem se beneficia e quem é marginalizado por essas tecnologias, que são, na verdade, resultados de complexas atividades humanas.

3 Considerações finais

Neste texto apresentamos um ensaio teórico em que buscamos aproximações e possibilidades de discutir o uso da IA na perspectiva da Teoria Histórico-Cultural. Ao longo do texto buscamos tecer um aprofundamento das diferentes concepções e visões de IA com base na sua historicidade, buscando conexões entre seus elos. Ao apresentar seu desenvolvimento, enfatizamos a importância de interpretar os vieses (*bias*) ao utilizar a IA, pois sua base de dados corresponde a interpretações de quem cria o algoritmo. A IA faz relações conforme a base de dados que recebe e por esse motivo não pode, e nem deve, ser considerada como neutra ou como inteiramente responsável por criar significados aos signos que interpreta.

Abordamos também o fato de que acreditar que a IA possui essa neutralidade ou pode desenvolver características humanas que advém da interação social com o outro, recai na crença de que podemos ser substituídos.

Portanto, ao longo do texto partimos da raiz da IA, com base no campo da Filosofia e da Ciência Cognitiva, e dialogamos com implicações sociológicas e epistemológicas para trazer uma concepção de IA com o propósito de fundamentar pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, que a tenham como objeto de estudo, com base na teoria Histórico-Cultural. Com isso, buscamos oferecer subsídios que possam dialogar com a epistemologia desses campos, contribuindo para o aprofundamento das discussões.

Inteligencia Artificial y la Perspectiva Histórico-Cultural: un Ensayo Teórico

RESUMEN

En este texto, abordamos algunas percepciones sobre la Inteligencia Artificial (IA), presentando una breve historia de su surgimiento e implicaciones, así como una posible conexión con los supuestos de la Teoría Histórico-Cultural. Argumentamos que es necesario abordar una discusión filosófica y epistemológica sobre la IA, destacando posibles vías para su uso, incluyendo la interacción entre sus campos de conocimiento, la Teoría Histórico-Cultural y la relación con la apropiación cultural. A lo largo del texto, abordamos conceptos como signo y significado, y las maneras en que esta interpretación puede lograrse mediante la Inteligencia Artificial.

Palabras clave: Inteligencia Artificial. Tecnologías Digitales. Educación Matemática.

4 Referências

- ALPAYDIN, E. *Introduction to machine learning*. MIT press, 2020.
- BERRY, D. M. *The limits of computation: Joseph Weizenbaum and the ELIZA chatbot*. *Weizenbaum Journal of the Digital Society*, v. 3, n. 3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.34669/WI.WJDS/3.3.2>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- COPPIN, B. *Artificial intelligence illuminated*. Jones & Bartlett Learning, 2004.
- CRESWELL, A. et al. *Generative adversarial networks: An overview*. IEEE Signal Processing Magazine, v. 35, n. 1, p. 53-65, 2018.
- DUARTE, N. *Formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de A. N. Leontiev*. Cadernos CEDES, São Paulo, v. 24, n. 62, p. 44–63, abr. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-32622004000100004>.
- FEIGENBAUM, E. A. *Some challenges and grand challenges for computational intelligence*. Journal of the ACM (JACM), v. 50, n. 1, p. 32-40, 2003.
- GUGERTY, L. *Newell and Simon's logic theorist: Historical background and impact on cognitive modeling*. In: PROCEEDINGS OF THE HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY ANNUAL MEETING. Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2006. p. 880-884.
- HAIGH, Thomas. *How the AI boom went bust*. Communications of the ACM, v. 67, n. 2, p. 22-26, 2024.
- KOSIK, K.; NEVES, C.; TORÍBIO, A. *Dialética do concreto*. Milão: Bompiani, 1965.
- LEMOS, A. L. M. Erros, falhas e perturbações digitais em alucinações das IA generativas: Tipologia, premissas e epistemologia da comunicação. *MATRIZES*, v. 18, n. 1, p. 75-91, 2024.
- LEONTIEV, A. A. *Sign and activity*. In: WERTSCH, J. V. (ed.). *The concept of activity in Soviet psychology*. Armonk, NY: M. E. Sharpe, 1981. p. 241-255.
- MARTIN, K. *Ethical implications and accountability of algorithms*. *Journal of business ethics*, v. 160, n. 4, p. 835-850, 2019.
- MCCARTHY, J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, v. 27, n. 4, p. 12, 2006.
- MELLO, E. F. F.; TEIXEIRA, A. C. *A interação social descrita por Vigotski e a sua possível ligação com a aprendizagem colaborativa através das tecnologias de rede*. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL – ANPED-Sul, 9., 2012, Caxias do Sul. Anais... Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2012. p. 1–15. Disponível em: <https://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsl/9anpedsl/paper/viewFile/6/871>. Acesso em: 20 ago. 2025.

MENEGHETTI, F. K. O que é um ensaio-teórico? *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 320–332, mar./abr. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-65552011000200010>.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Inteligência artificial: uma abordagem moderna*. 1. ed. São Paulo: Campus, 2004.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, E. C. *Desenvolvimento do pensamento computacional em uma dinâmica pedagógica baseada na perspectiva histórico-cultural: possibilidades para a formação das ações mentais de estudantes e do conceito polígonos regular a partir da produção de um pensamento geométrico*. 351 p. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2023.

SOLANKI, S. R.; KHUBLANI, D. K. *Generative artificial intelligence: exploring the power and potential of generative AI*. Berkeley, CA: Apress, 2024.

STRICKLAND, E. *The Turbulent Past and Uncertain Future of AI: Is there a way out of AI's boom-and-bust cycle?*. IEEE Spectrum, v. 58, n. 10, p. 26-31, 2021.

TIKHOMIROV, O. K. The psychological consequences of the computerization. In J. Werstch (Ed.), *The concept of activity in soviet psychology* (pp. 256 - 278). New York, United States: Sharp, 1981.

TEIXEIRA, J. F. *Mentes e máquinas: uma introdução à ciência cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

THUMALA, S. R.; MADATHALA, H.; MANE, V. M. *Azure Versus AWS: A Deep Dive into Cloud Innovation and Strategy*. In: 2025 International Conference on Electronics and Renewable Systems (ICEARS). IEEE, 2025. p. 1047-1054.

TURING, A. *Computing machinery and intelligence*. *Mind*, v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. Pensamento e Linguagem. Edição eletrônica Ridendo Castigat Mores. E- book. Rio de Janeiro: eBooks Brasil / Jahr.org, 2001.

WERNER, J. A relação linguagem, pensamento e ação na microgênese das funções psíquicas superiores. *Fractal: Revista de Psicologia*, v. 27, p. 33-38, 2015.

Recebido em junho de 2025.
Aprovado em setembro de 2025