

Impactos da Delegação Cognitiva à IA Generativa sobre a Metacognição

Por:

Josiane Cristina Cavalcante
Deise Anne Rodrigues de Souza

Maio 2026

Breve histórico

A interação homem-máquina pode ser compreendida como o modo pelo qual os seres humanos se relacionam, utilizam e se articulam com dispositivos tecnológicos. Segundo a proposta apresentada por Santaella 1997 *apud* Amaral e Xavier (2022), essa relação pode ser organizada em três níveis distintos, que também correspondem a etapas históricas do desenvolvimento das máquinas. O primeiro é o nível muscular-motor, segundo é o nível sensorio e o nível cerebral. Embora esses níveis descrevam uma sequência histórica do muscular ao sensorio e, posteriormente, ao cerebral eles não se substituem mutuamente.

Amaral e Xavier (2022) revelam que o desenvolvimento da Inteligência Artificial, nível três de interação homem-máquina é contexto que vem decorrendo há sete décadas. Atualmente dados do relatório Global AI Adoption in 2025 – AI Economy Institute | Microsoft (2026), estima que aproximadamente uma em cada seis pessoas no mundo usam ferramentas de Inteligência Artificial generativa (IA) em 2025. No Brasil, há entre 10 e 19% da população em idade ativa utilizando IA no final de 2025, ocupando a 58ª posição, com aumento de 1,50 % entre o primeiro e segundo semestre de 2025.

Dados da consulta à comunidade acadêmica da Universidade Federal de Minas Gerais (2025) no primeiro semestre de 2025 sobre as percepções da comunidade acadêmica acerca do uso de Inteligência artificial com 1832 respondentes, o que corresponde a 75,5 % conclui que a maior parte dos respondentes utiliza a IA nas atividades acadêmicas ou administrativas.

Além disso como aponta Gebru *et al.* (2022) no contexto da interação homem-máquina e da inteligência artificial, a confiabilidade está diretamente relacionada à calibração da confiança, de modo a evitar tanto o uso indevido quanto a rejeição da tecnologia. Essa confiança pode ser analisada sob a perspectiva humana, por meio de modelos psicológicos e medições biométricas, e sob a perspectiva da máquina, que envolve ética e robustez do sistema.

Funções executivas e Desenvolvimento Cerebral

Para Lent (2004) Cosenza e Guerra (2021) desenvolvimento do sistema nervoso central (SNC) revela um processo dinâmico onde a **determinação genética** estabelece o plano estrutural básico, enquanto a **experiência individual** atua como o principal agente de refinamento microestrutural. Este fenômeno assegura que a singularidade funcional de cada cérebro seja um produto direto da condição biológica e das interações ambientais de cada pessoa. Sendo que biologicamente a aprendizagem é desenvolvida pela neuroplasticidade que é a capacidade do SNC de alterar sua configuração em resposta a estímulos tais como.

- **Modificações Sinápticas:** O processo envolve alterações químicas (liberação de neurotransmissores) e estruturais (formação de novas espinhas dendríticas).
- **Lei do Uso e Desuso:** Enquanto o treino e a estimulação constante fortalecem e associam circuitos, a inatividade promove o empobrecimento sináptico, evidenciando a natureza "biodinâmica" da cognição.

A neuroplasticidade ocorre ao longo da vida com períodos críticos que são Janelas temporais onde o cérebro exhibe sensibilidade máxima a certos estímulos (ex: aquisição de linguagem). A privação nestas fases pode gerar déficits permanentes. E embora a taxa de plasticidade diminua com processo fisiológico natural e gradual de envelhecimento, o cérebro mantém a capacidade de reorganização funcional ao longo de todo o ciclo vital, garantindo a continuidade do processo educativo (Cosenza; Guerra. 2011). Neste sentido os autores Cosenza e Guerra (2011) explicam que embora a infância seja um período de enorme plasticidade e aprendizado, a "maturação média" no sentido de um sistema nervoso plenamente coordenado e capaz de autorregulação executiva completa é estimada para o início da vida adulta.

Amaral e Guerra(2020) descrevem as **funções executivas** como um conjunto de habilidades mentais estruturantes para o planejamento, execução e monitoramento de ações voltadas ao alcance de objetivos e à resolução de problemas. Elas desempenham um papel central na aprendizagem, pois permitem que o estudante direcione seu comportamento de forma intencional, evitando ações puramente automáticas ou impulsivas, conforme estruturado no Quadro 01.

Quadro 01: Definição e Componentes Centrais das Funções Executivas.

Categoria	Função / Componente	Definição	Papel no Contexto Acadêmico
Funções Executivas Básicas	Memória de Trabalho	Retém e manipula informações necessárias para realizar tarefas conscientes no momento presente.	Permite acompanhar explicações, resolver problemas, compreender textos e realizar atividades que exigem raciocínio ativo.

	Controle Inibitório	Capacidade de controlar a atenção, pensamentos e emoções para suprimir comportamentos impulsivos e priorizar ações adequadas.	Ajuda o estudante a manter o foco, evitar distrações e persistir em tarefas cognitivamente exigentes.
	Flexibilidade Cognitiva	Possibilidade de mudar estratégias, perspectivas ou respostas diante de novas demandas ou erros.	Favorece a adaptação a diferentes tipos de questões, métodos de estudo e situações de aprendizagem.
Funções Executivas Complexas	Planejamento	Capacidade de estabelecer metas e organizar etapas para alcançá-las.	Permite estruturar rotinas de estudo, definir prioridades e administrar o tempo.
	Monitoramento e Detecção de Erros	Habilidade de acompanhar o próprio desempenho e identificar falhas ou dificuldades.	Possibilita revisar estratégias de estudo, corrigir erros e ajustar o processo de aprendizagem.
	Metacognição	Consciência e controle sobre os próprios processos cognitivos.	Favorece a escolha de estratégias de estudo mais eficientes e o acompanhamento do próprio progresso.
Resultado Integrador	Autorregulação	Capacidade de gerenciar comportamento, emoções e	Contribui para a autonomia do estudante, organização dos horários e avaliação

		cognição conforme as demandas da situação.	continua do próprio desempenho.
--	--	--	---------------------------------

Fonte: elaborada pelas autoras (2026)

A partir das funções básicas, emergem habilidades mais sofisticadas, como o planejamento de longo prazo, a detecção de erros e a metacognição. Essas funções integram a autorregulação, que é a capacidade de gerenciar o próprio comportamento e emoções de acordo com as demandas sociais e cognitivas de cada situação. No contexto acadêmico, isso se traduz na autonomia do estudante para organizar seus horários e avaliar sua própria dedicação (Amaral; Guerra. 2020)

Para Lent (2004) , Cosenza e Guerra (2011) o desenvolvimento cerebral humano caracteriza-se por um processo prolongado e heterogêneo, no qual diferentes regiões e sistemas amadurecem em ritmos distintos. Entre essas regiões, o córtex pré-frontal, amplamente associado às funções executivas, ao controle inibitório e à regulação do comportamento, apresenta um dos trajetos maturacionais mais lentos. Evidências neurocientíficas indicam que esse processo se estende ao longo de toda a infância e adolescência, alcançando marcos importantes. Ainda assim, a plena consolidação das funções executivas tende a ocorrer apenas no início da idade adulta, quando os circuitos pré-frontais atingem maior estabilidade funcional.

Do ponto de vista biológico, a maturação cerebral envolve processos de especialização e otimização funcional. Durante a adolescência, destacam-se dois mecanismos centrais: o desbastamento sináptico, que consiste na eliminação seletiva de conexões pouco utilizadas, aumentando a eficiência dos circuitos neurais; e a mielinização, caracterizada pelo aumento da bainha de mielina nas fibras nervosas, o que acelera a condução dos impulsos e melhora a integração entre diferentes áreas do cérebro (Lent, 2010).

Mousley *et al.* (2025) amplia a informação de Lent (2010) destacando que o desenvolvimento humano não é linear e possui cinco épocas principais delimitadas por pontos de virada críticos. O marco dos 32 anos é identificado como o ponto de virada mais forte de toda a vida, pois sinaliza a transição de um cérebro focado em máxima integração e eficiência global para um período de aumento da segregação da rede. Nesta fase, enquanto a eficiência global começa a declinar suavemente, observa-se um fortalecimento das conexões entre regiões vizinhas (segregação local), resultando em uma arquitetura cerebral mais especializada e consistente. Essa estabilidade estrutural coincide com um platô na inteligência e na personalidade, que varia de (32 a 66 anos) oferecendo uma base biológica sólida para processos complexos como a metacognição e a tomada de decisão

Funções executivas complexas: Metacognição.

A capacidade de aprender ao longo da vida depende diretamente da integridade e do exercício dessas funções. Amaral e Guerra (2020) enfatiza que as funções executivas possibilitam ao aprendiz o "meta-aprendizado", ou seja, a capacidade de refletir e agir sobre o próprio processo de aquisição de conhecimento. Quando essas funções operam de forma integrada com os sistemas de motivação e emoção, a aprendizagem torna-se significativamente mais efetiva.

Metacognição, se refere à capacidade de refletir e regular os próprios processos mentais, englobando tanto o conhecimento quanto o controle sobre a cognição (Flavell, 1987). Fleming e Dolan (2012) descrevem a metacognição como um processo hierárquico onde um "meta-nível" monitora e controla o "nível-objeto" (a tarefa em si). Os autores tratam o relato metacognitivo como um objeto de estudo que permite quantificar o grau de consciência de um indivíduo sobre seu próprio sucesso ou fracasso. Para os autores a acurácia (calibração) metacognitiva é definida exatamente como a proximidade com que os julgamentos metacognitivos (confiança subjetiva) acompanham o desempenho real na tarefa. E a acurácia pode ser medida através de correlações entre

confiança e acerto, ou via Teoria de Detecção de Sinal (SDT), que separa a sensibilidade metacognitiva (capacidade de distinguir acertos de erros) do viés (tendência a ser sempre muito confiante ou pouco confiante).

Portanto, os autores revelam que discrepância elevadas refletem falhas no monitoramento, além disso a calibragem metacognitiva é dissociável do desempenho na tarefa. Uma pessoa pode ser muito boa em uma tarefa, mas ter uma calibração pobre (não saber quando errou), o que indica uma falha específica no monitoramento. Neste cenário a metacognição não é apenas um *subproduto* do desempenho, mas uma função executiva distinta mediada por regiões específicas do lobo frontal. Quando essas regiões falham em integrar os sinais de monitoramento, surgem as discrepâncias (baixa calibração).

Delegação cognitiva

A capacidade metacognitiva de monitorar e avaliar a própria cognição torna-se particularmente relevante no contexto da delegação cognitiva à IA generativa, pois a delegação cognitiva (*cognitive offloading*) refere-se à externalização de processos mentais para ferramentas externas, reduzindo a necessidade de processamento interno. Com a IA generativa, essa externalização assume papel ampliado, uma vez que sistemas artificiais passam a participar ativamente da construção argumentativa.

Estudos recentes sugerem que o uso frequente de IA pode reduzir engajamento em pensamento crítico, embora os mecanismos subjacentes permaneçam pouco explorados em nível neurofisiológico. A rede executiva, especialmente o córtex pré-frontal dorsolateral, está associada ao controle cognitivo, monitoramento e regulação comportamental. Modelos clássicos de atenção e controle executivo, como os propostos por Michael Posner, destacam o papel dessas redes na supervisão de processos complexos.

O *cognitive offloading* é definido como o uso de ações físicas para alterar as demandas de processamento de informação de uma tarefa, visando reduzir o esforço cognitivo (Risko; Gilbert, 2016). Este mecanismo não se limita apenas

ao uso de ferramentas externas para armazenamento de memória (como lembretes e agendas), mas estende-se à delegação de processos de raciocínio a sistemas tecnológicos. Segundo os autores, o *offloading* é uma resposta adaptativa à limitação da capacidade cognitiva humana, permitindo que o indivíduo realize tarefas que excedem seus recursos internos de atenção e memória de trabalho.

Os autores afirmam ainda que a decisão de delegar uma tarefa cognitiva a um recurso externo, como a IA), não é determinada exclusivamente pela dificuldade objetiva da tarefa, mas pela *avaliação metacognitiva* do indivíduo. Risko e Gilbert (2016) argumentam que a confiança (ou a falta dela) nas próprias habilidades internas modula a propensão ao *offloading*. e que o uso prolongado de dispositivos externos pode alterar a percepção de conhecimento, onde o indivíduo confunde o acesso à informação externa com a sua própria competência intelectual, prejudicando a monitorização crítica da performance.

No que se refere às consequências cognitivas, a transição do esforço interno para a delegação externa traz implicações às redes executivas centrais. O *offloading* persistente pode levar ao que a literatura descreve como declínio de habilidades (*skill decay*), onde a falta de prática em processos argumentativos e analíticos reduz a plasticidade e a eficiência dessas funções cerebrais a longo prazo (Risko; Gilbert, 2016)

Small *et al.* (2020) apresenta a dualidade dos impactos das tecnologias digitais, destacando a neuroplasticidade como eixo central. Por um lado, evidências de neuroimagem (fMRI) indicam que o engajamento digital moderado, como buscas online e treinamentos cognitivos via games, pode fortalecer circuitos neurais e promover a eficiência mental, especialmente no raciocínio complexo e na inteligência fluida de idosos. Por outro lado, o uso excessivo e o *multitasking* estão associados a prejuízos estruturais significativos, como a redução da conectividade em regiões de linguagem e controle cognitivo, além de mimetizar mecanismos de vício e desregular ritmos circadianos através da exposição à luz azul.

Interação Homem - máquina, Confiabilidade e Supervisão Cognitiva

Amaral e Xavier (2022) destaca a interação homem-máquina como a maneira pelo qual os seres humanos se relacionam, utilizam e se articulam com dispositivos tecnológicos. As relações homem-máquina de poder ser reunida em três níveis, que estão relacionados com momentos históricos do desenvolvimento das máquinas.

O primeiro é o nível muscular-motor, no qual as máquinas atuam como extensões da força física humana. Nesse modelo, o foco está na ampliação da capacidade corporal, máquinas que substituem ou potencializam o esforço muscular, exigindo do humano principalmente ação motora.

O segundo é o nível sensorio, em que as máquinas passam a operar no campo da percepção. Aqui, a tecnologia amplia ou media os sentidos humanos, processando estímulos visuais, sonoros ou táteis. A interação deixa de ser apenas física e passa a envolver trocas sensoriais mais complexas.

O terceiro é o nível cerebral, caracterizado por máquinas que realizam operações relacionadas ao processamento de informação, tomada de decisão e simulação de funções cognitivas. Nesse estágio, a interação envolve dimensões simbólicas e cognitivas, aproximando-se de atividades tradicionalmente associadas ao pensamento humano.

Embora esses níveis descrevam uma sequência histórica do muscular ao sensorio e, posteriormente, ao cerebral eles não se substituem mutuamente. O surgimento de um novo nível não elimina o anterior. Pelo contrário, diferentes tipos de máquinas continuam coexistindo e, em muitos casos, operam de maneira integrada e cooperativa, combinando força física, mediação sensorial e processamento cognitivo em sistemas tecnológicos complexos.

Gebru *et al.* (2022) indica que a confiabilidade e a confiança são conceitos multidimensionais e latentes, que funcionam como mediadores entre as

experiências passadas e a decisão do operador de depender de um sistema autônomo em ambientes marcados pela incerteza.

Para os autores no contexto métrico, a confiabilidade refere-se à consistência da medição, ou seja, a capacidade de uma escala produzir resultados idênticos quando aplicada repetidamente no mesmo cenário, sendo central para a validade dos instrumentos de autorrelato e para as novas abordagens psicofisiológicas, como EEG e sensores de condutância da pele. Além disso, a confiabilidade técnica da máquina é um dos pilares da *confiança de capacidade*, integrando aspectos de robustez, segurança e desempenho que são fundamentais para que o humano aceite delegar tarefas críticas ao sistema.

Outro achado do estudo de Gebru *et al* (2022) é a necessidade de calibração da confiança, garantindo que a percepção humana esteja alinhada com as capacidades reais de confiabilidade do sistema. A falta dessa calibração pode levar ao uso indevido (*overtrust*), onde o operador confia excessivamente em um sistema falho, ou ao desuso (*distrust*), onde um sistema capaz é ignorado.

Os autores indicam que a confiabilidade técnica, por si só, não assegura o uso eficaz dos sistemas, sendo necessário que estes ofereçam transparência, explicabilidade e garantias verificáveis (*Verified AI*), de modo que o humano possa compreender e validar, em tempo real, os limites de competência da máquina. Ao mesmo tempo, conforme mencionado por Risko e Gilbert (2016), as pessoas formam crenças, que podem ser errôneas, sobre a confiabilidade de dispositivos externos e ajustam seu comportamento de descarregamento cognitivo de acordo com essa percepção. Assim, a forma como a confiabilidade é percebida e comunicada pelo sistema influencia diretamente o modo como o indivíduo decide delegar ou não processos cognitivos à tecnologia.

Portanto, a integração bem-sucedida de sistemas complexos e a supervisão cognitiva depende de uma abordagem dual que equilibre a medição da confiança humana com o desenvolvimento de máquinas inerentemente dignas de confiança e eticamente orientadas.

IA e o Mundo do Trabalho

Damilano (2019) aponta que nas relações de trabalho contemporâneas, a IA tem sido aplicada em ferramentas de gestão e desenvolvimento, como o "Programa de Atrito Preditivo" da IBM, que utiliza dados para prever demissões e sugerir ações de engajamento aos gerentes. Outras aplicações incluem o monitoramento do comportamento de empregados para identificar "influenciadores" internos e o uso de algoritmos governamentais, como na Estônia, que cruzam habilidades de candidatos com vagas disponíveis para aumentar a retenção no emprego. Embora essas ferramentas otimizem a produtividade e a eficiência, elas também levantam debates sobre a substituição do trabalho humano e a necessidade de as pessoas desenvolverem competências que as máquinas ainda não replicam com perfeição, como empatia, ética e criatividade.

O autor evidencia a importância dos algoritmos sejam robustos e rastreáveis, garantindo que a tecnologia respeite os direitos humanos e os valores democráticos. Assim, a regulamentação torna-se necessária para que a transição tecnológica no mercado de trabalho seja justa, capacitando os trabalhadores e assegurando que a inteligência artificial sirva como um suporte ao bem-estar social e não como uma ferramenta de exclusão ou controle absoluto

A integração bem-sucedida da IA generativa no trabalho docente exige que professores desenvolvam uma relação crítica e intencional com essa tecnologia. Não se trata apenas de incorporar ferramentas digitais às rotinas pedagógicas, mas de construir práticas orientadas por critérios éticos, pedagógicos e formativos. O uso responsável da IA demanda monitoramento constante de seus efeitos sobre a aprendizagem, acompanhamento dos processos produzidos e reflexão sobre as transformações que ela provoca na dinâmica de ensino (Pimenta; Cunha, 2024).

Segundo os autores o futuro da docência, diante da expansão da IA generativa, apresenta incertezas, mas também possibilidades significativas de qualificação do trabalho pedagógico. A tecnologia pode apoiar a organização de conteúdos, personalizar percursos formativos e ampliar estratégias didáticas. Contudo, sua potência não elimina a centralidade do professor como mediador, curador, orientador e responsável pelo sentido do processo educativo. Assim, a incorporação da IA deve considerar as necessidades dos estudantes, as condições concretas de trabalho e as dimensões éticas e sociais que atravessam a prática educativa em seu contexto histórico.

Mais do que compreender os impactos da IA no trabalho docente, torna-se fundamental compreender que a interação crítica com a tecnologia, monitoramento contínuo dos processos e gestão consciente dos fluxos de trabalho, não se restringe à docência. Ela pode ser transposta para o mundo do trabalho em geral, na medida em que diferentes profissões também passam a demandar competências de supervisão, mediação e tomada de decisão em ambientes mediados por IA. Assim, elementos estruturantes do trabalho docente diante da tecnologia oferecem um referencial importante para pensar a reorganização do trabalho contemporâneo de forma mais ética, reflexiva e estratégica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Ana Luiza Neiva; GUERRA, Leonor Bezerra. **Neurociência e educação: olhando para o futuro da aprendizagem**. Brasília: SESI/DN, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BOLDT, A.; GILBERT, S. J. **Confidence guides spontaneous cognitive offloading**. *Cognitive Research: Principles and Implications*, v. 4, n. 45, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41235-019-0195-y>. Acesso em: 05 fev. 2026.

COSENZA, Ramon M.; GUERRA, Leonor B. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: ArtMed, 2011.

FLAVELL, John H. **Speculations about the nature and development of metacognition**. In: WEINERT, F. E.; KLUWE, R. (eds.). *Metacognition, motivation, and understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. p. 1–16.

GLOBAL AI ADOPTION IN 2025 – AI Economy Institute | Microsoft. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/corporate-responsibility/topics/ai-economy-institute/reports/global-ai-adoption-2025/#fn:1>. Acesso em: 05 fev. 2026.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios: conceitos e fundamentos de neurociência**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

MOUSLEY, Alexa; BETHLEHEM, Richard A. I.; YEH, Fang-Cheng; ASTLE, Duncan E. Topological turning points across the human lifespan. **Nature Communications**, [s. l.], v. 16, art. 10055, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-65974-8>. Acesso em: 05 fev. 2026.

SMALL, Gary W.; LEE, Jooyeon; KAUFMAN, Aaron; JALIL, Jason; SIDDARTH, Prabha; GADDIPATI, Himaja; MOODY, Teena D.; BOOKHEIMER, Susan Y. Brain health consequences of digital technology use. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 179-187, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/gsmall>. Acesso em: 05 fev. 2026.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Inteligência artificial na UFMG: percepções da comunidade acadêmica**. Belo Horizonte: UFMG, 2025. Disponível em: https://www.ufmg.br/ia/wp-content/uploads/2025/10/Inteligencia-Artificial-na-UFMG_-percepcoes-da-comunidade-academica.pdf. Acesso em: 17 fev. 2026.