

Desafios do plano nacional de inteligência artificial na perspectiva da teoria do valor-trabalho

Challenges of the national artificial intelligence plan from the perspective of the labor theory of value

robson santos camara silva*
dorisdei valente rodrigues**

► DOI: <https://doi.org/10.14295/principios.2675-6609.2025.173.004>

Reprodução: <https://convergenciadigital.com.br>



O Brasil busca preparar-se para a era da IA através de marcos institucionais como o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial

RESUMO

Este artigo apresenta desafios e implicações do Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) 2024-2028 à luz da teoria do valor-trabalho de Marx, explorando como as transformações tecnológicas da Quarta Revolução Industrial reconfiguram a produção de valor, a exploração do trabalho e as estratégias necessárias para democratizar os benefícios da IA no Brasil, a partir de uma abordagem crítica do trabalho humano como fator central para a criação de valor, mesmo em um contexto de automação e digitalização crescentes, no qual o PBIA busca realizar investimentos em infraestrutura, formação educacional e pesquisa científica. Nesse sentido, políticas públicas que promovam a inclusão digital, o acesso universal à internet e a reforma do sistema educacional para atender às demandas da era digital se fazem necessárias diante da concentração de poder tecnológico nas mãos de grandes corporações globais, que podem aprofundar as desigualdades sociais e tecnológicas.

Palavras-chave: Teoria do valor-trabalho. Inteligência artificial. Plano Brasileiro de Inteligência Artificial.

ABSTRACT

This article examines the challenges and implications of the Brazilian Artificial Intelligence Plan 2024–2028 in light of Marx’s labor theory of value, exploring how the technological transformations of the Fourth Industrial Revolution reshape value production, labor exploitation, and the strategies required to democratize the benefits of AI in Brazil. It adopts a critical approach that frames human labor as the central factor in value creation, even amid increasing automation and digitalization, in which context the Brazilian Artificial Intelligence Plan seeks to promote investments in infrastructure, educational training, and scientific research. In this regard, public policies that foster digital inclusion, universal internet access, and the reform of the educational system to meet the demands of the digital age become necessary in the face of the concentration of technological power in the hands of large global corporations, which may further deepen social and technological inequalities.

Keywords: Labor theory of value. Artificial intelligence. Brazilian Artificial Intelligence Plan.

Foi preciso tempo e experiência até que o trabalhador distinguísse entre a maquinaria e sua aplicação capitalista e, com isso, aprendesse a transferir seus ataques, antes dirigidos contra o próprio meio material de produção, para a forma social de exploração desse meio.

Karl Marx, *O Capital*

1. INTRODUÇÃO

A questão da corporificação do valor por meio da produtividade do trabalho humano na obra de Karl Marx apresenta-se central e atual ante as transformações da Quarta Revolução Industrial. Partindo desse princípio, constatamos que a teoria do valor-trabalho (TVT) oferece instrumentos analíticos para compreender como, mesmo em um contexto de automação e inteligência artificial (IA), o trabalho permanece essencial à criação de valor, ainda que sob novas formas de exploração e precarização, na era digital.

A geração de valor desloca-se cada vez mais do excedente do tempo de trabalho direto para dimensões como conhecimento, inovação e organização da informação, impulsionadas por tecnologias inteligentes capazes de integrar terra, capital e força de trabalho em novas formas de acumulação. Nesse cenário, criatividade e saber tornam-se elementos-chave, mas a remuneração do trabalho se torna mais complexa e contraditória, frequentemente descolada da lógica de horas trabalhadas. Trabalhadores digitais, apresentados como “empreendedores de si mesmos”, vivenciam formas intensificadas de exploração e precarização, especialmente se tomarmos como exemplo a economia de plataformas.

A IA desponta como tecnologia disruptiva capaz de remodelar setores produtivos e sociais, inclusive a educação. Assim, o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) 2024-2028, ao prever investimentos estratégicos em infraestrutura, ciência e formação, busca posicionar o país na fronteira tecnológica. No entanto, sua efetividade depende de como se articularão a centralidade do trabalho humano e a democratização dos benefícios tecnológicos.

Essas contradições alimentam tanto movimentos de resistência, como os “breques dos apps”, quanto experiências alternativas, como o cooperativismo de plataforma, que buscam valorizar o trabalho mediante a conquista de condições mais justas. O grande desafio contemporâneo é, portanto, garantir que a tecnologia se converta em aliada na promoção de condições dignas, em especial por meio da educação, base essencial para a construção de uma sociedade equitativa.

Como assinalou Marx, as revoluções são “locomotivas da história”, e a IA figura hoje como uma dessas forças disruptivas que remodelam profissões, setores econômicos e formas de organização social e os investimentos em infraestrutura, ciência e formação.

O presente artigo busca articular os fundamentos da teoria do valor-trabalho com os desdobramentos do PBIA, analisando como a implementação da IA, enquanto motor da Indústria 4.0, reconfigura a produção de valor, a exploração do trabalho e as estratégias necessárias para democratizar os benefícios dessa tecnologia no Brasil.

2. A TEORIA DO VALOR, A PRODUTIVIDADE DO TRABALHO E O PBIA

Em *O Capital*, Marx (2010) define o trabalho como uma atividade intencional pela qual o ser humano, utilizando suas capacidades físicas e mentais, transforma a natureza a fim de satisfazer suas necessidades. Nesse processo, ao agir sobre a matéria-prima, seja ela concreta ou abstrata, o trabalhador lhe confere um novo valor de uso.

Diante disso, o conceito de trabalho como processo consciente e intencional mantém sua relevância no contexto das transformações no mundo do trabalho, que exigem qualificação e requalificação do trabalhador ou trabalhadora mediante a aquisição de um conjunto de novas competências ligadas à tecnologia e à gestão de dados, em um cenário que alguns analistas das transformações tecnológicas chamam de Indústria 4.0, que traz modelos como o teletrabalho (*home-office*) e o trabalho híbrido, assim como a colaboração possibilitada por ferramentas tecnológicas.

As mudanças tecnológicas vêm afetando o mundo do trabalho desde a Primeira Revolução Industrial. A transformação da natureza (ou da matéria) sobre a qual o trabalho opera é a manifestação consciente de um objetivo ou a execução de uma determinada tarefa, seja ela em sua expressão material ou imaterial. A matéria-prima é o objeto de trabalho, mas nem todo objeto de trabalho é matéria-prima (Marx, 2010, p. 212). A força de trabalho é vendida para a transformação de determinada matéria-prima, seja ela tangível ou intangível, e lhe dá propriedades úteis que permitem a ela adquirir socialmente a forma valor no âmbito das relações econômicas.

Rubin (1987, p. 88) compreende que, na concepção de Marx, o valor é constituído por dois fundamentos básicos:

- (1) A teoria da forma do valor como expressão material do trabalho abstrato, que pressupõe, por sua vez, a existência de relações sociais de produção entre produtores mercantis autônomos, e (2) a teoria da distribuição do trabalho social e a dependência da magnitude do valor com respeito à quantidade de trabalho abstrato, que, por sua vez, depende do nível de produtividade do trabalho.

O trabalho abstrato é expressão de uma relação social de produção, e esta produz valor. A quantidade de trabalho social transferido a um determinado objeto tem impacto no seu valor de troca enquanto produto nas relações mercantis capitalistas. A produtividade do trabalho e a qualidade do trabalho abstrato se relacionam com a maneira de produzir da indústria moderna. É no contexto tecnológico e em um determinado cenário de relações sociais que o valor-trabalho é produzido.

Através do trabalho abstrato, o valor é vinculado simultaneamente à forma do processo social de produção e ao seu conteúdo técnico-material. Trata-se de uma categoria econômica que não expressa as relações humanas no geral, mas que corresponde a um conteúdo particular das relações de produção que se dão entre as pessoas.

Evidencia-se, desse modo, a forma social do trabalho imbricada na concepção de valor exposta ao longo da obra de Marx. É nesse sentido que Rubin (1987, p. 89) compreende essa questão:

Quando o processo de distribuição do trabalho e o desenvolvimento da produtividade do trabalho são levados a cabo numa dada forma social, quando as massas quantitativamente determinadas de trabalho total da sociedade (subsumidas à lei de distribuição

Foto: Ricardo Stuckert / PR



Após um intervalo de 14 anos, a Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI) volta a se realizar. Em sua quinta edição, o evento foi marcado pela entrega do Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) ao presidente Lula. Brasília, julho de 2024

proporcional do trabalho) são examinadas, então o aspecto quantitativo (poder-se-ia dizer, matemático) dos fenômenos que se expressam através do valor torna-se importante.

É possível inferir, desse modo, o quão intrínseca é a relação da produtividade do trabalho com a produção do valor, uma vez que sua forma social se vale das massas quantitativamente determinadas do que é produzido e que possui valor enquanto categoria econômica. A quantidade de trabalho abstrato depende, por sua vez, da produtividade do trabalho enquanto forma de expressão da forma social de valor.

A distribuição dos dividendos do trabalho não ocorre proporcionalmente ao valor da venda da força de trabalho; ao contrário, observa-se que o valor produzido pelo trabalho não corresponde de forma linear à remuneração do trabalhador.

O grau de produtividade do trabalho social é um fator importante para entender como o processo de acumulação e valoração se conduz na dinâmica da realização do capital em sua forma valor. Marx (2010, p. 703) escreve o seguinte sobre isso:

Com a produtividade do trabalho, aumenta a quantidade produzida em que se corporifica determinado valor e, portanto, dada magnitude de mais-valia. Não se alterando a proporção em que este se divide em renda e capital adicional, pode então o consumo capitalista aumentar sem decréscimo do fundo de acumulação. A magnitude proporcional do fundo de acumulação pode aumentar à custa do fundo de consumo, enquanto o barateamento das mercadorias põe à disposição do capitalista a mesma quantidade anterior, ou maior, de meios de fruição [...] juntamente com a produtividade crescente do trabalho ocorre o barateamento do trabalhador e, em consequência, uma taxa decrescente de mais-valia, mesmo quando se eleve o salário real. Este nunca sobe na mesma proporção da produtividade do trabalho. O mesmo valor em capital variável mobiliza, portanto, maior força de trabalho

O conceito de trabalho como processo consciente e intencional mantém sua relevância no contexto das transformações no mundo do trabalho, que exigem qualificação e requalificação do trabalhador ou trabalhadora mediante a aquisição de um conjunto de novas competências ligadas à tecnologia e à gestão de dados, em um cenário que alguns analistas das transformações tecnológicas chamam de Indústria 4.0

e, consequentemente, mais trabalho. O mesmo valor em capital constante incorpora-se em meios de produção, isto é, mais instrumental de trabalho, materiais de trabalho e materiais acessórios, fornecendo mais elementos para produção tanto de valores de uso quanto de valor, ou seja, mais elementos que absorvem trabalho.

A corporificação do valor decorrente do aumento da produtividade do trabalho constitui um elemento central no processo de acumulação capitalista. À medida que a produtividade cresce, o mesmo valor em capital variável mobiliza maior quantidade de força de trabalho, resultando em mais trabalho produzido sem aumento proporcional da remuneração, caracterizando o barateamento da força laboral e uma taxa decrescente de mais-valia. Simultaneamente, o capital investido em instrumentos, meios e materiais de produção, ou capital constante, potencializa ainda mais a produtividade, ampliando tanto a produção de valores de uso quanto de valor, o que permite ao capitalista aumentar sua acumulação sem comprometer a relação de exploração sobre o trabalho.

A produtividade do trabalho aumenta nos estabelecimentos onde se usam intensivamente instrumentos de trabalho cujo objetivo é ampliar a produção. Com o progresso ininterrupto da ciência e da técnica, máquinas, ferramentas, aparelhos etc. são cada vez mais eficazes e provam sua eficiência. Poste-

riormente, tornam-se mais baratos e substituem os equipamentos mais velhos que eram utilizados no processo de produção (Marx, 2010, p. 704).

O valor de uma dada mercadoria é determinado pelo trabalho, cuja produtividade pode ser alta, média ou baixa, ou seja, depende da estrutura técnica de ramos da produção e das inter-relações entre empresas com diferentes níveis de produtividade dessa atividade (Rubin, 1987). São pressupostos da economia moderna, que definem o valor a partir dos fenômenos econômicos de uma determinada sociedade.

Outro aspecto a ser ressaltado é a magnitude do custo de produção e do lucro mé-



“Considerando-se a revolução digital e a ascensão da IA, os modos de produção e as formas de criação e apropriação de valor transformam-se e são alicerçados nas inovações tecnológicas”

dio. Ambos têm relação direta com as alterações que podem ocorrer no incremento da produtividade do trabalho e no valor-trabalho agregado às mercadorias. O desenvolvimento das forças produtivas, bem como o tipo de produto e o trabalho socialmente necessário em seu emprego, é compreendido no âmbito da teoria do valor-trabalho. Por outro lado, devem-se considerar os fatores que influenciam as condições sociais, políticas e culturais condicionantes da formação da força de trabalho.

Fuchs (2022, p. 275) faz um interessante paralelo em relação ao trabalho criativo, indústrias criativas e economia criativa, que “superestimam o papel da mão de obra altamente educada e qualificada não substituível”. Ele enfatiza que “muitos produtos de informação são gerados numa divisão do trabalho que envolve ocupações que produzem informação, serviços e produtos físicos, que têm diferentes formas de qualificação (baixa, média, alta) etc.”.

A formação educacional necessária para o alcance de altos níveis de desenvolvimento tecnológico envolve paradigmas baseados na elaboração e na interpretação de informações, não mais somente a transformação de matéria-prima em um objeto que tenha um valor de uso. Desse modo, torna-se evidente que o desenvolvimento de qualquer objeto gera valor, seja em uma estrutura tangível ou intangível, em que novas formas de processamento de conhecimento emergem com força e rapidez.

Nesse contexto, é importante pensar a relação da teoria do valor e da produtividade do trabalho com o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA). Considerando-se a revolução digital e a ascensão da IA, os modos de produção e as formas de criação e apropriação de valor transformam-se e são alicerçados nas inovações tecnológicas, em função das quais o conhecimento se torna o principal fator de produção, deslocando a base de análise do sistema. Contudo, essa mudança não significa que o trabalho humano deixe de ser central, mas sim que sua natureza e as formas de explorá-lo se reconfiguram.

A teoria do valor-trabalho (TVT), desenvolvida por Karl Marx, é um dos pilares centrais de sua crítica à economia política capitalista. Vale ressaltar que não se trata de uma

O PBIA busca posicionar o Brasil na vanguarda do desenvolvimento da IA, com investimentos previstos de R\$ 23 bilhões em quatro anos, contemplando áreas como supercomputação, nuvem soberana, capacitação profissional e inovação tecnológica. O plano reconhece os riscos da concentração de poder tecnológico nas mãos de grandes corporações globais

teoria sobre preços, mas sim de uma teoria social que busca explicar a origem e a natureza da riqueza capitalista e as relações sociais de exploração por trás dela. Isso posto, o trabalho abstrato na era digital segue como substância do valor, consistindo no dispêndio de energia humana em geral (força física, mental, nervosa), desconsiderada a sua forma específica.

O PBIA 2024-2028 pode ser analisado à luz da TVT, reconhecendo-se a IA como uma força tecnológica transformadora, com potencial para remodelar todos os setores da economia. Porém, a implementação da IA exige uma abordagem crítica, considerando-se que o trabalho humano continua sendo central na criação de valor, mesmo em um cenário de crescente automação e digitalização.

Segundo Dowbor (2024), o sistema atual, impulsionado pela revolução digital, é “mais perverso do que o capitalismo industrial”, sendo predominantemente extrativo e baseado no rentismo digital. Nesse modelo, o excedente social é apropriado por meio do controle do imaterial ou intangível — como plataformas financeiras, de comunicação e de dados privados —, configurando-se uma “apropriação indébita” que drena recursos sem gerar contribuição produtiva equivalente.

Por sua vez, o PBIA busca posicionar o Brasil na vanguarda do desenvolvimento da IA, com investimentos previstos de R\$ 23 bilhões em quatro anos, contemplando áreas como supercomputação, nuvem soberana, capacitação profissional e inovação tecnológica. O plano reconhece os riscos da concentração de poder tecnológico nas mãos de grandes corporações globais, que podem aprofundar desigualdades sociais e tecnológicas. Para mitigar essas assimetrias, é proposta a criação de uma base nacional robusta de conhecimento e tecnologia, destacando-se a formação de recursos humanos qualificados e o fortalecimento de centros de pesquisa interdisciplinares, processos ligados a educação, aprendizagem e formação em todos os níveis de escolarização.

Além disso, o PBIA enfatiza a integração de princípios éticos e solidários ao desenvolvimento da IA, indicando também a importância de garantir que a tecnologia sirva ao bem comum e não apenas aos interesses do capital monopolista. Destaca-se que a implementação da IA impacta diretamente a produtividade do trabalho ao automatizar processos e potencializar a geração de valor tangível e intangível. Nesse processo, a educação assume

<https://c4ai.inova.usp.br/about.html>



Instalações do Centro de Inteligência Artificial (C4AI) da USP

papel central, tanto na formação de profissionais especializados quanto na promoção do acesso democrático às ferramentas tecnológicas, reforçando a inclusão social e estimulando a inovação (Fuchs, 2022).

Na perspectiva do PBIA, a educação constitui um fator determinante na produtividade do trabalho, que pode ser ampliada por tecnologias avançadas, criando ciclos virtuosos de crescimento econômico e agregação de valor. Logo, ao investir em pesquisa, desenvolvimento e capacitação, o plano articula a centralidade do trabalho humano com a automação, promovendo uma reindustrialização orientada pelo conhecimento e pela inovação. Dessa forma, o valor produzido não se restringe à dimensão econômica, gerando também impactos sociais, educacionais e científicos e beneficiando a sociedade em geral.

O PBIA 2024-2028 reconhece a IA como uma força transformadora na educação, com ênfase na formação e qualificação de recursos humanos, desde a educação básica até a pós-graduação, visando suprir a crescente demanda por profissionais especializados. Entre as ações propostas, destacam-se: a incorporação do ensino de IA em todos os níveis educacionais; o desenvolvimento de habilidades como programação, pensamento computacional e ética em IA; a capacitação de professores para integrar tecnologias e metodologias inovadoras em sala de aula; a formação de técnicos em áreas como robótica, ciência de dados e *machine learning*; a provisão de infraestrutura adequada, incluindo internet de alta velocidade e dispositivos tecnológicos em escolas públicas, especialmente em regiões periféricas, e a criação de laboratórios interdisciplinares e bolsas de pesquisa para graduação e pós-graduação.

Sob a ótica da TVT, na era da inteligência artificial o principal desafio educacional consiste em reverter a lógica rentista e monopolista, que mercantiliza o conhecimento como recurso escasso, intensificando a precarização e a exploração do trabalho. Torna-se essencial assegurar o acesso universal ao conhecimento enquanto bem público, de forma que o valor produzido pela IA seja redistribuído em benefício da coletividade.

Essa perspectiva é fundamental para promover um desenvolvimento econômico, social e tecnológico mais equitativo e sustentável, em consonância com propostas como a da tecnociência solidária, que busca fomentar e desenvolver tecnologias voltadas, sobretudo,

para atender às populações historicamente excluídas da economia formal, promovendo inclusão, justiça social e novas formas de participação no desenvolvimento econômico.

Johansson Neto, Costa e Gaspar (2024), em artigo intitulado “Brazil’s Artificial Intelligence Plan (PBIA) of 2024: enabler of AI sovereignty?” (PBIA 2024: facilitador da soberania em inteligência artificial?), analisam como as ações do PBIA podem ser relacionadas aos habilitadores Kase¹, que estruturam o desenvolvimento da IA. São elas: a governança sólida de dados, que se relaciona ao controle sobre coleta, armazenamento, processamento e transferência, com ênfase em repositórios compartilhados e interoperabilidade; a governança algorítmica sólida, que visa ao desenvolvimento, implementação e regulação de algoritmos, incluindo pesquisa aplicada, projetos de inovação e bens públicos; a capacitação computacional, a partir de disponibilização de infraestrutura de alto desempenho para ciência, tecnologia e inovação em IA, como servidores, semicondutores e GPUs (unidades de processamento gráfico); o fornecimento confiável e sustentável de energia elétrica para aplicações de IA, priorizando fontes renováveis; a formação de uma população digitalmente letrada, com alfabetização digital e capacitação de profissionais especializados, criação de redes e institutos de pesquisa e retenção de talentos; uma segurança cibernética sólida, que é o fortalecimento da governança e de instituições de proteção de sistemas de IA e prevenção de ciberameaças.

Segundo Johansson Neto, Costa e Gaspar (2024), embora alguns habilitadores, como conectividade significativa e arcabouço regulatório apropriado, não tenham sido elementos centrais nas ações do PBIA, a matriz Kase permite explicar de forma estruturada como as iniciativas do plano se articulam para fortalecer os pilares tecnológicos, educacionais e sociais da IA no Brasil. Assim, o PBIA evidencia que o desenvolvimento da IA deve ser estratégico, integrando infraestrutura, formação de capital humano e ética tecnológica para criar valor econômico e social sustentável.

Sob a perspectiva da TVT, evidencia-se a tensão entre o conhecimento entendido como bem comum e sua apropriação privada de caráter rentista. Instrumentos como *copyrights* e patentes convertem o conhecimento em recurso artificialmente escasso, limitando tanto o acesso a ele quanto sua inovação.

O PBIA visa atuar de forma estratégica em três eixos centrais: (i) formação e qualificação de recursos humanos, por meio da capacitação de profissionais capazes de responder às demandas da era da inteligência artificial; (ii) inclusão digital e acesso universal ao conhecimento, assegurando que escolas e universidades disponham de infraestrutura adequada e acesso a ferramentas tecnológicas; e (iii) tecnociência solidária, orientada para que a IA seja utilizada em prol do bem comum, fortalecendo a equidade, a reindustrialização e a soberania tecnológica.

Em síntese, o PBIA configura-se como uma estratégia para utilizar a IA como ferramenta de geração de valor econômico e social sustentável, capacitar a população e reduzir desigualdades, desafiando as novas formas de apropriação de valor e exploração do trabalho na era digital.

3. DAS REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS À EMERGÊNCIA DA IA NA INDÚSTRIA 4.0

Para Kuhn (2013), as revoluções científicas consistem em processos sucessivos de

¹ Traduzimos a denominação *key AI sovereignty enablers* (Kase), utilizada por Johansson Neto, Costa e Gaspar (2024), como “principais capacitadores de soberania em IA”, no sentido de prover uma melhor cognição do termo utilizado pelos autores em inglês.

Ao investir em pesquisa, desenvolvimento e capacitação, o plano articula a centralidade do trabalho humano com a automação, promovendo uma reindustrialização orientada pelo conhecimento e pela inovação. Dessa forma, o valor produzido não se restringe à dimensão econômica, gerando também impactos sociais, educacionais e científicos e beneficiando a sociedade em geral

desenvolvimento do conhecimento, capazes de substituir teorias anteriores e abrir novas possibilidades de compreensão do mundo. Analogamente, as transformações tecnológicas impactam diretamente as relações sociais e econômicas, modificando os espaços laborais e exigindo atenção crítica a fenômenos como uberização e trabalho em plataformas digitais, que podem fragilizar direitos formais dos trabalhadores.

Historicamente, três revoluções industriais transformaram a produção em aproximadamente 200 anos: a primeira (c. 1780) foi marcada pelos teares mecânicos e motores a vapor; a segunda (c. 1870), pelas linhas de produção de automóveis em série, e a terceira (década de 1960), pela programação de sistemas digitais. Cada etapa aumentou a produtividade, reorganizou o trabalho e redefiniu a apropriação de valor pelo capital.

A Indústria 4.0, termo introduzido na Alemanha em 2011, representa a Quarta Revolução Industrial. Ela combina sistemas ciberfísicos (CPSs), internet das coisas (IoT), internet de serviços (IoS), *big data*, robótica autônoma, computação em nuvem e manufatura aditiva. Essa integração tecnológica permite processos produtivos mais eficientes e autônomos, potencializando a produtividade do trabalho e criando novos padrões de valor agregado.

Por outro lado, estudos apontam para fatores que podem aumentar o fosso entre as economias periféricas e as economias desenvolvidas. Os ganhos de produtividade das indústrias de terceira geração, que possibilitaram ao Ocidente e seus parceiros o desenvolvimento de processos tecnológicos avançados, já não se reproduzem como antes. A emergência de atores não ocidentais e as transformações em curso se intensificam, especialmente diante das guerras comerciais promovidas pelos Estados Unidos da América contra a China², eviden-

² Donald Trump, logo ao iniciar o seu segundo mandato como presidente dos Estados Unidos da América, declarou que o país iria investir 500 bilhões de dólares para garantir a dianteira mundial em inteligência artificial. Uma semana após o anúncio, uma *startup* chinesa chamada Deepseek lança um modelo de IA a um custo anunciado de 6,5 milhões de dólares. Utilizando-se de menor estrutura computacional e de inovação, fez desmoronar o mercado de ações de empresas que estavam entre as denominadas Magnificent 7: Apple, Microsoft, Google, Amazon, Meta, Tesla e Nvidia. Esta última é uma empresa especializada em unidades de processamento gráfico (GPUs) e inteligência artificial com computação de alto desempenho, líder em GPUs usadas em jogos, renderização 3D, IA e *datacenters*.

ciando um cenário de reconfiguração global em que as vantagens tecnológicas históricas do Ocidente se tornam mais difíceis de manter.

A IA emerge como elemento central da Indústria 4.0, permitindo que sistemas computacionais realizem tarefas complexas que simulam habilidades humanas como raciocínio, aprendizado e resolução de problemas. Ao mesmo tempo, a automação e os CPSs exigem trabalhadores mais qualificados, deslocando o protagonismo do trabalho manual para funções cognitivas e estratégicas e provocando a redução de postos de trabalho em atividades repetitivas.

Para compreender melhor a magnitude desse debate, há um trabalho desenvolvido por Schwab (2016)³ indicando que, embora a produtividade cresça com a Quarta Revolução Industrial, a geração de empregos em novas indústrias é menor do que nas revoluções anteriores, aprofundando desigualdades sociais e tecnológicas. O cientista político Klaus-Gerd Giesen, em um artigo publicado no *Journal International de Bioéthique et d'Éthique des Sciences* intitulado “Le transhumanisme comme idéologie dominante de la quatrième révolution industrielle”, analisou o trabalho de Klaus Schwab sobre a Quarta Revolução Industrial, classificando as teses expressas por esse expoente do capitalismo global como “transumanismo” (Giessen, 2018).

Ele chama a atenção para como as tecnologias emergentes, como inteligência artificial, biotecnologia e nanotecnologia, são vistas como ferramentas para transformar fundamentalmente a condição humana. Esse autor adverte que a ideologia do transumanismo frequentemente ignora as implicações éticas e sociais em jogo. Tessarini e Saltorato (2018) alertam para o risco que o trabalhador corre de ser relegado a coadjuvante em um cenário de inovações disruptivas.

Contudo, Fuchs (2022) relembra que “todo trabalho é uma dialética de sujeito e objeto”, ou seja, mesmo em contextos de alta automação, o trabalho humano permanece central na produção de valor e no desenvolvimento de tecnologias como a IA.

A Indústria 4.0 e a IA configuram-se como vetores centrais de transformação da produtividade e de reorganização das relações de trabalho, sem, contudo, suprimir a centralidade do trabalho humano. Compreender seus impactos é essencial para a formulação de políticas educacionais e tecnológicas orientadas à inclusão, à capacitação e ao desenvolvimento sustentável no Brasil.

O PBIA evidencia a importância de inserir o país em um campo estratégico do avanço tecnológico, com aplicações transversais nos diversos setores do conhecimento e da produção material e imaterial. Entre suas principais diretrizes, destacam-se: (i) a formação e qualificação de recursos humanos, voltada à crescente demanda por profissionais especializados em IA; e (ii) a criação de infraestrutura capaz de sustentar o desenvolvimento econômico e social, ancorado no domínio da fronteira tecnológica da Quarta Revolução Científica.

A Indústria 4.0, ao exigir níveis elevados de escolarização e qualificação técnica, impõe desafios significativos à força de trabalho. Para que a transição para esse estágio seja sustentável, é imprescindível a realização de investimentos contínuos em educação e a articulação de políticas de desenvolvimento que ampliem a produtividade do trabalho em bene-

3 Schwab é um representante do pensamento das elites econômicas globais. Ao mesmo tempo que constata os desafios estruturais que tecnologias disruptivas suscitam no mundo do trabalho, adota um transumanismo determinista em relação aos postos de trabalho.

O sucesso do PBIA depende de sua integração a um projeto nacional de desenvolvimento comprometido com justiça social, sustentabilidade e soberania científica. A educação, nesse processo, ocupa lugar central: além de preparar profissionais qualificados, cria condições para que o Brasil se posicione na fronteira do conhecimento global, utilizando a IA como instrumento de reindustrialização, inovação e construção de uma sociedade mais inclusiva e equitativa, em contraposição à lógica monopolista das *big techs*

fício da economia nacional, gerando valor agregado e fortalecendo o dinamismo das forças produtivas.

O PBIA, lançado em 2024, reconhece a educação como eixo estratégico para o desenvolvimento sustentável da IA no Brasil. Do investimento de R\$ 23 bilhões previsto para o período 2024-2028, R\$ 1,15 bilhão se destina à formação e capacitação em IA, abrangendo da educação básica à pós-graduação. Entre seus objetivos estão: desenvolver modelos avançados de linguagem em português; fortalecer a soberania tecnológica; posicionar o Brasil como protagonista global em IA; e aplicar soluções inovadoras em áreas como saúde e educação.

O plano enfatiza a necessidade de formar e requalificar profissionais em larga escala, suprimindo a demanda crescente por especialistas em IA. Além disso, prevê infraestrutura tecnológica robusta, supercomputadores, *datacenters* sustentáveis, redes de alta velocidade e centros de pesquisa especializados como o Centros Nacionais de Processamento de Alto Desempenho e Simulação (Cenapads), para consolidar o Brasil na fronteira do conhecimento da Quarta Revolução Científica (Bastos; Buainain; Carvalho, 2025).

A implementação, contudo, enfrenta desafios significativos. O financiamento previsto é ambicioso, tendo-se em conta o orçamento histórico de ciência e tecnologia, e a disputa global é marcada por assimetrias: grandes multinacionais concentram avanços técnicos e ativos complementares, enquanto pequenas *startups* e desenvolvedores independentes encontram barreiras de crédito e mercado (Bastos; Buainain; Carvalho, 2025).

No campo educacional, a IA pode desempenhar papel disruptivo tanto na formação de competências quanto na gestão dos sistemas. O PBIA propõe a incorporação de conte-

údos de IA em todos os níveis de ensino, com o propósito de desenvolver habilidades em programação, pensamento computacional e ética, além de capacitar docentes para integrar metodologias digitais inovadoras. A criação de laboratórios interdisciplinares, bolsas de pesquisa e infraestrutura tecnológica em escolas e universidades fortalece a soberania tecnológica e democratiza o conhecimento.

A teoria do valor-trabalho, de Marx, auxilia a compreender o papel da IA na produção de valor. Embora a tecnologia amplie a produtividade, o trabalho humano permanece central. A IA pode tanto aprofundar formas de exploração quanto possibilitar a democratização do acesso ao conhecimento e à tecnologia. Para que a transição seja positiva, é fundamental que sua implementação seja guiada por princípios de *tecnociência solidária*, orientando a IA para o bem comum, a reindustrialização e a inclusão social.

Em síntese, o PBIA articula três dimensões centrais: (i) formação e capacitação de profissionais; (ii) implementação de infraestrutura tecnológica e pesquisa científica; e (iii) inclusão social orientada pela tecnociência solidária. A convergência desses eixos pode impulsionar um ciclo virtuoso de produtividade, inovação e valor agregado, fortalecendo a soberania nacional e promovendo desenvolvimento econômico e social sustentável na era da Indústria 4.0.

Nesse contexto, a soberania tecnológica e o Estado são fundamentais para assegurar o acesso universal ao conhecimento. Isso implica constituir e fortalecer laboratórios interdisciplinares de formação, além de ampliar o provisionamento de bolsas de pesquisa em IA para graduação e pós-graduação, de modo a consolidar a produção nacional de soluções tecnológicas estratégicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Indústria 4.0 necessita de um alto nível de escolarização e formação técnica de trabalhadores para fazer face aos desafios que vão surgindo. Para que isso seja sustentável, os investimentos em educação devem ser maciços e contínuos. É necessária, também, a articulação de uma política de desenvolvimento visando ao aumento da produtividade do trabalho em benefício da economia nacional e, por conseguinte, à geração de valor agregado como resultado do dinamismo das forças produtivas, em sentido lato.

A teoria do valor-trabalho tem utilidade analítica para compreender a produção de valor na era da IA. Apesar das profundas mudanças tecnológicas, o trabalho humano permanece como o gerador essencial de valor. A teoria marxiana desde o século XIX já elaborava a distinção entre trabalho concreto (atividade específica realizada pelo trabalhador) e trabalho abstrato (medida social de trabalho que cria valor), que ainda nos parece útil para entender as relações capitalistas contemporâneas.

Ao se atualizar o conceito, levando em consideração que o maquinismo descrito por Marx era uma caracterização da Primeira Revolução Industrial, conclui-se que a IA, guardada a devida proporção, é a extensão do labor humano enquanto ferramenta de ampliação de produtividade, ao mesmo tempo que pode ser usada para intensificar a exploração capitalista.

Além disso, do ponto de vista sociológico, as revoluções industriais anteriores alteraram ao longo do tempo as relações de trabalho, aumentando a exigência de qualificação e adaptando os trabalhadores ao maquinismo moderno. A Indústria 4.0 segue essa tendência, mas com maior ênfase no conhecimento e na criatividade.

Reprodução: <https://www.unilab.edu.br/>



Projeto de inclusão digital em Salvador (BA), fevereiro de 2018. A tecnociência solidária busca fomentar e desenvolver tecnologias voltadas, sobretudo, ao atendimento das necessidades de populações historicamente excluídas da economia formal

Há uma tendência crescente de substituição de trabalhadores em postos de trabalho tradicionais por máquinas e sistemas automatizados, que utilizam IA para desenvolvimento de tarefas. Ao mesmo tempo, emergem novas formas de exploração do trabalho, como a aplicada a trabalhadores e trabalhadoras de plataformas. Isso remete aos desafios de organizar esses trabalhadores sindicalmente, para que garantam direitos e mais bem se defendam da exploração capitalista do seu trabalho.

No que concerne ao PBIA, é necessário aprimorar a infraestrutura existente para que ela propicie à iniciativa maior interoperabilidade, e garantir perenidade orçamentária, de modo a viabilizar os investimentos necessários. Além disso, é fundamental consolidar políticas públicas que fortaleçam a formação e requalificação de profissionais em larga escala, atendendo à demanda crescente por especialistas em IA, bem como fomentar investimentos em pesquisa, supercomputação e *datacenters* sustentáveis.

Além disso, prover capacitação de professores para a utilização de IA generativa em prática pedagógica, a partir de formação continuada, é de fundamental importância. Ainda na educação básica, é necessário incorporar o ensino dos rudimentos do pensamento computacional nos currículos escolares. Deve-se incluir a educação profissional nesse processo, formando técnicos nas áreas de robótica, ciência de dados e *machine learning* e capacitando-os para atuar nos mais diversos lócus de aplicação da inteligência artificial. Esse esforço deve buscar equilibrar o aspecto crítico e criativo da tecnologia por meio de políticas públicas, educação inclusiva e ética tecnológica, de modo a garantir que a inteligência artificial seja um instrumento de emancipação social e inovação, e não mais um mecanismo de reprodução das desigualdades.

Para garantir a democratização do acesso à tecnologia e mitigar a desigualdade social e econômica do país, o PBIA tem de ser um vetor capaz de garantir internet de alta ve-

locidade e dispositivos adequados (por exemplo, computadores e sensores IoT) em escolas públicas, especialmente em regiões periféricas.

O PBIA, lançado em 2024, insere o país em um campo estratégico de desenvolvimento tecnológico. Com previsão de R\$ 23 bilhões em investimentos até 2028, o plano estabelece três eixos fundamentais: formação e capacitação de profissionais; infraestrutura tecnológica robusta, e inclusão social orientada pela tecnociência solidária. Entre suas metas, destacam-se: o fortalecimento da soberania tecnológica; a criação de supercomputadores e *datacenters* sustentáveis; a capacitação docente para o uso da IA generativa, e a ampliação da conectividade em escolas públicas, especialmente nas regiões periféricas.

O sucesso do PBIA depende de sua integração a um projeto nacional de desenvolvimento comprometido com justiça social, sustentabilidade e soberania científica. A educação, nesse processo, ocupa lugar central: além de preparar profissionais qualificados, cria condições para que o Brasil se posicione na fronteira do conhecimento global, utilizando a IA como instrumento de reindustrialização, inovação e construção de uma sociedade mais inclusiva e equitativa, em contraposição à lógica monopolista das *big techs*.

* Doutor em Sociologia pela Universidade de Brasília (UnB), com pesquisa na área de Sociologia do Trabalho e da Educação. Estágio de doutorado no Centro de Estudos e Intervenção em Educação e Formação da Universidade de Humanidades e Tecnologia (Ceief-ULHT), de Lisboa. Mestre em Educação pela UnB. Líder do Grupo de Pesquisa em Estratégias Formativas e Científicas da Educação Básica (EKF-Eape). Professor-formador da Unidade Escola de Formação Continuada dos Profissionais da Educação (Uni-Eape-SEEDF). *E-mail*: robsoncamara@gmail.com

** Doutora em Educação (linha de pesquisa Tecnologias da Educação e Comunicação), mestre em Educação e licenciada em Artes Visuais e Artes Cênicas pela UnB. Especialista em Arte e Tecnologia, Psicopedagogia, Coordenação Pedagógica, Libras e Ensino Religioso. Professora da Secretaria de Educação do Distrito Federal. Membro do Grupo de Pesquisa Aprendizagem Colaborativa On-line (GPACO). Tutora da UAB-UnB. Membro do Fórum Distrital de Educação. Coordenadora do Grupo de Trabalho Pró-Alfabetização/Fórum e Educação de Jovens e Adultos do Distrito Federal (GTPA/Fórum EJA-DF). Pesquisa a EJA integrada à educação profissional, tecnologias digitais e IA na educação. *E-mail*: dorysdey@gmail.com

► Texto recebido em 12 de fevereiro de 2025; aprovado em 4 de agosto de 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA)**. Brasília: MCTI, 2024.

BASTOS, Valéria Delgado; BUAINAIN, Antônio Márcio; CARVALHO, Sergio Medeiro Paulino de. O Plano Brasileiro de Inteligência Artificial: da euforia à inquietação?. **Economistas**, n. 54, p. 32-37, jul.-set. 2025.

DOWBOR, Ladislau. **Os desafios da revolução digital**: libertar o conhecimento para o bem comum. São Paulo: Elefante, 2024.

FERNANDES, Anita Maria da Rocha. **Inteligência artificial**: noções gerais. Florianópolis: Visual Books, 2005.

FUCHS, Christian. **Digital capitalism media, communication and society**. New York: Routledge, 2022.

GIESEN, Klaus-Gerd. Le transhumanisme comme idéologie dominante de la Quatrième Révolution Industrielle. **Journal international de Bioéthique et d'Éthique des Sciences**, n. 3, p. 189-203, 2018. Disponível em: <<https://stm.cairn.info/revue-journal-international-de-bioethique-et-d-ethique-des-sciences-2018-3-page-189?lang=fr>>. Acesso em: 20 jan. 2025.

JABBOUR, Elias Khalil *et al.* Considerações iniciais sobre a nova economia do projeto. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 75, p. 17-42, maio-ago. 2020.

JOHANSSON NETO, Germano P.; COSTA, Viviane C. F. da; GASPAS, Walter B. Brazil's Artificial Intelligence Plan (PBIA) of 2024: enabler of AI sovereignty?. **The African Journal of Information and Communication**, v. 34, p. 1-15, 2024. DOI: <<https://ajic.wits.ac.za/article/view/20424>>.

KOSIK, Karel. **Dialética do concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

MARQUES, Rodrigo Moreno. O que Marx teria a nos dizer sobre a inteligência artificial?. **Trabalho & Educação**, v. 33, n. 2, p. 6-9, maio-ago. 2024. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/trabedu/article/view/55067>>. Acesso em 10 jan. 2025.

MARX, Karl. **O capital**: crítica da economia política. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.

_____. **O capital**: crítica da economia política. Livro 1: O processo de produção do capital. São Paulo: Boitempo, 2013.

_____. **Theories of surplus value**: books I, II and III. New York: Prometheus Books, [1863] 1999.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 1-9, jan. 2018. Disponível em: <www.researchgate.net/publication/325775247_INDUSTRIA_40_CONCEITOS_E_PERSPECTIVAS_PARA_O_BRASIL>. Acesso em: 10 jan. 2025.

RANGEL, Ignácio. Elementos de economia de projeto. In: _____. **Obras reunidas**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

ROSDOLSKY, Roman. **Gênese e estrutura de O Capital de Karl Marx**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2011.

RUBIN, Isaak Illich. **A teoria marxista do valor**. São Paulo: Polis, 1987.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Cologny: World Economic Forum, 2016.

TESSARINI, Geraldo; SALTORATO, Patrícia. Impactos da Indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 743-769, 2018. Disponível em: <www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967>. Acesso em: 20 dez. 2024.