

Crise do Capitalismo, Transição Sistêmica e Libertação Econômica

Euclides Mance
26 / mar / 2026

Introdução

Nesta exposição — realizada resumidamente no XI Congresso Econômico Internacional de Saint Petersburgo, a convite da Sociedade Econômica Livre da Rússia e do Instituto S. Yu. Witte para o Novo Desenvolvimento Industrial, em diálogo com o economista russo Sergey Bodrunov — tratarei de um aspecto particular do argumento geral sobre a transição do sistema capitalista para um sistema associativo baseado na autogestão e economia solidária. O argumento central foi apresentado em minha conferência de Medellín (Mance, 2025). Aqui me concentro na **fenda sistêmica de realização do valor no capitalismo** e o momento atual, em que o desenvolvimento das forças produtivas esgarça as relações sociais de produção assentadas na compra de trabalho pelo capital mediante o pagamento de salário.

O foco central da análise será a insuficiência estrutural de renda distribuída no circuito econômico do capital para realizar o mais-valor nele produzido. Em cada ciclo de produção, o valor total distribuído — sob a forma de salários, pagamentos a fornecedores e impostos ao Estado — é inferior ao que o capital necessita receber de volta sob a forma de receita de vendas para realizar o mais-valor nele produzido. Essa diferença — uma fenda sistêmica — é compensada historicamente pela expansão do crédito, crescimento econômico e distribuição sucessiva de valor que permite pagar o crédito anteriormente recebido. Porém quando a taxa de juros é maior que a taxa de lucros e a de distribuição do valor, o endividamento aumenta, mesmo que ocorra crescimento econômico — como vem ocorrendo nas últimas décadas. O endividamento global já atingiu 249% do PIB mundial, e os sinais de esgotamento do crédito como mecanismo para assegurar a realização do valor são inequívocos.

Estamos chegando agora ao **ponto de ruptura dessa fenda sistêmica**: o momento em que os salários pagos como custo do trabalho vivo tornam-se mais altos do que o custo de utilizar robôs humanoides e IAs, reprogramáveis para diversas funções na produção de bens e serviços sem custos adicionais de hardware. Esse ponto não é apenas uma variação tecnológica — é o acirramento final da contradição histórica entre o desenvolvimento das forças produtivas e as relações sociais de produção baseadas no trabalho assalariado.

Quando o capital substitui trabalho vivo por robôs em escala, reduz drasticamente a massa salarial distribuída, que é a base da realização do valor. O sistema produz cada vez mais mercadorias e distribui cada vez menos valor — a fenda sistêmica de realização do valor se alarga, alcançando o ponto inicial da ruptura de reprodução econômica do próprio sistema.

A análise que se segue percorre esse argumento em onze passos: parte do funcionamento do circuito do valor e da fenda que lhe é estrutural; examina as duas respostas históricas à crise — endividamento e redistribuição —; documenta a transição solidária já em curso com respeito à exclusão do trabalho; analisa o impacto dos humanoides sobre os custos e os prazos do início de

ruptura por país; e chega à questão estratégica central: **o que a economia solidária precisa construir, e antes de quando, para que a continuidade da ruptura do capitalismo por insuficiência de realização do valor seja uma transição e não um colapso sistêmico que tende a ocorrer no momento do default das dívidas impagáveis das famílias, governos e empresas.**

1. O circuito do valor: produção, distribuição e realização

O processo econômico capitalista da reprodução do valor não se encerra na produção de mercadorias. Ele constitui um **circuito** que precisa se fechar: o capital investe em meios de produção e força de trabalho; os trabalhadores produzem mercadorias cujo valor agregado pelo trabalho é superior ao que receberam como salário — gerando **mais-valor** —; e esse mais-valor só se realiza como lucro quando as mercadorias são vendidas. A venda pressupõe compradores com poder aquisitivo. Sem demanda solvente suficiente, o valor produzido não se realiza, e o valor não realizado, imobilizado, não pode ser reinvestido no circuito econômico.

A demanda solvente que fecha esse circuito, com a realização do valor, provém principalmente dos **salários pagos aos trabalhadores**, que retornam ao circuito como consumo. O salário é a fonte estruturalmente dominante da demanda — é a renda que a maioria da população gasta integralmente em consumo corrente, ativando não apenas as cadeias do bem adquirido, mas toda a rede de insumos, bens intermediários e serviços encadeados por trás de cada produto. Como Marx (1962, p. 126) demonstrou, o circuito de uma mercadoria está integrado nos circuitos de muitas outras.

2. A fenda sistêmica na realização do valor: o valor reproduzido de forma ampliada no interior de um circuito econômico não pode ser plenamente realizado pelo valor distribuído no interior do mesmo ciclo de sua reprodução.

O capitalismo contém, em sua própria lógica, uma **fenda sistêmica estrutural**: o conjunto das empresas distribui aos trabalhadores, fornecedores e ao Estado, num ciclo de produção, menos valor do que precisa receber de volta com as vendas para realizar o mais-valor produzido. É precisamente essa diferença em mais-valor que precisa ser realizada no mercado. No interior do circuito, o crédito é a alternativa que permite ativar as compras e cobrir essa diferença, gerando dívidas. Se o crescimento econômico e a distribuição de valor do ciclo seguinte permitem saldar a dívida passada, o mecanismo se repete sucessivamente. Mas se não há crescimento ou a taxa de distribuição não permite saldar as dívidas passadas, a fenda sistêmica se alarga, e a realização do mais-valor passa a depender da incorporação de mercados externos cujos valores gastos na compra não foram distribuídos no próprio circuito de produção.

Atualmente essa fenda se aprofunda, porque o **desenvolvimento das forças produtivas** — a incorporação de capacidades do trabalho vivo ao capital fixo, à maquinaria — reduz progressivamente a quantidade de salário pago por unidade produzida. Com menos salário distribuído, cai a demanda solvente; com menos demanda, os preços e as margens de lucro são pressionados para baixo; com margens menores, o capital intensifica a automação para recuperar produtividade — o que reduz ainda mais o salário pago. É um ciclo que se retroalimenta.

Os dados confirmam essa tendência estrutural: a massa salarial em relação ao PIB caiu **5,8 pontos percentuais nos EUA** entre 2000 e 2024, e **2,5 pontos na Zona do Euro**. O endividamento global, que compensou artificialmente essa queda da demanda, saltou de 187% para 249% do PIB no mesmo período — evidenciando que o mecanismo de substituição já chegou ao seu limite de sustentabilidade (Mance, 2025, p. 5, 6).

3. Endividamento ou redistribuição: as duas respostas à crise

Diante da insuficiência estrutural de demanda solvente, o capitalismo dispõe de duas respostas históricas. A primeira é o **endividamento**: substituir salário por crédito, antecipando consumo futuro para sustentar a demanda presente. Esse modelo é estruturalmente insustentável: quando famílias, empresas e governos se aproximam de seu teto de endividamento, a renda passa a ser destinada ao serviço de dívidas passadas — pagamento improdutivo de juros — em vez de consumo presente. O mecanismo adia a crise ao custo de aprofundá-la.

A condição de viabilidade desse modelo é que a taxa de lucro gerada com o crédito supere a taxa de juros sobre o endividamento acumulado. Quando essa relação se inverte — como ocorre progressivamente nas economias mais endividadas —, o modelo entra em colapso.

A segunda resposta é a **redistribuição social do valor produzido**: distribuir parte do excedente por fundos públicos, proteção social, salário mínimo, pensões e formas cooperativas, criando demanda sem gerar passivo futuro. Essa resposta não apenas sustenta o circuito econômico — ela avança progressivamente para a dissolução da relação capital/trabalho assalariado, substituindo-a por relações associativas e autogestionadas.

Os dados confirmam a divergência entre os dois modelos: enquanto EUA e Europa experimentam queda da massa salarial no PIB e crescimento do endividamento, a China registrou **aumento de 9,9 pontos percentuais** na participação dos salários no PIB entre 2000 e 2024 — exatamente o período em que sustentou crescimento econômico robusto e expansão da demanda interna (Mance, 2025, p. 6).

4. A transição sistêmica já ocorre: cooperativismo, economia solidária e setor público

A transição para formas associativas e públicas de produção e distribuição não é uma aspiração futura. É um processo mensurável e crescente. As formas não estritamente capitalistas de organização econômica já representam cerca de **23% do PIB real mundial**, quando incluímos cooperativas, empresas públicas, terceiro setor e economia popular e solidária (Mance, 2025, p. 12).

O cooperativismo cresceu de 760 mil cooperativas com 800 milhões de cooperados em 2000 para **3 milhões de cooperativas e 1,24 bilhão de cooperados** em 2024 — alcançando uma taxa de penetração sobre a população mundial de 15,3%. O faturamento das 300 maiores cooperativas saltou 45% em seis anos, de US\$ 1,9 trilhão em 2017 para US\$ 2,8 trilhões em 2023 (Mance, 2025, p. 14, 15).

Esse crescimento é, em parte, uma reação estrutural ao desemprego e à precarização gerados pela automação capitalista. Trabalhadores excluídos do emprego formal buscam formas autogestionadas de produção — e ao fazê-lo, constroem, mesmo que parcialmente e sem intenção explícita, **novas relações sociais de produção, distribuição e apropriação**. Marx (1964, p. 456) já havia identificado a fábrica cooperativa como forma de transição do modo de produção capitalista ao modo de produção associado que supera positivamente a contradição entre capital e trabalho, em contraste com a sociedade anônima, que a supera negativamente ao socializar o capital mantendo a subordinação do trabalho.

5. A ruptura dos humanoides: o trabalho morto avança sobre o trabalho vivo

É nesse quadro estrutural que a introdução de **IA e robôs humanoides industriais** nas cadeias produtivas adquire seu significado histórico pleno. Ela não é apenas uma inovação tecnológica — é a mais intensa aceleração já registrada da transferência de capacidades do trabalho vivo para o trabalho morto. Os humanoides industriais disponíveis em 2026 — como AgiBot A2, Unitree H2, Figure 02, Ubtech Walker S2 e Agility Robotics Digit — custam entre US\$ 100.000 e US\$ 250.000 por unidade e estão sendo introduzidos em ambientes de produção industrial e logística, incluindo plantas operadas pela BMW, Mercedes-Benz, BYD e GXO Logistics (BMW Group, 2026; Waldersee, 2025; Figure AI, 2025; Evans, 2025; Business Insider, 2025).

Eles devem seguir a mesma trajetória de incorporação que foi realizada com os robôs industriais, conhecidos como “braços robóticos” (manipuladores multipropósito, automaticamente controlados e reprogramáveis – ISO 8373:2021). Com esse conceito, para o ano base de 2023, a Federação Internacional de Robótica registrou, em relação a cada dez mil trabalhadores, a densidade de 1.012 robôs na Coreia do Sul, 770 em Singapura e 470 na China (IFR, 2024). Em números absolutos, o mundo tem 4,66 milhões de robôs industriais (IFR, 2025), a China 2.027.000 (43% do total), o Japão 450 mil e os Estados Unidos 393 mil (The Robot Report, 2025). A Rússia possui um estoque de 14.382 e uma densidade de 25–30 (Krysina, 2025). E o Brasil um estoque de 20 mil unidades (Itaú, 2025) e uma densidade de 16 (Zabeu, 2023). Robôs humanoides, drones e outros não entram nessa estatística.

Hoje, nas funções em que operam, com base nos dados disponíveis, seriam necessários **2 robôs humanoides para substituir 3 trabalhadores em turnos rotativos na indústria** — porque o robô opera até 24 horas por dia, com pausas de recarga, mas com eficiência de cerca de 50% em relação ao trabalhador humano em tarefas de manipulação. Essa proporção, porém, não é estática. O diferencial decisivo dos humanoides em relação a qualquer máquina industrial anterior é que seu desempenho é determinado principalmente pelo **software de IA** — não pelo hardware físico. E o software melhora continuamente, sem troca de equipamento.

A Figure AI documentou a melhoria de **400% na velocidade e 7 vezes na taxa de sucesso** do mesmo hardware entre 2023 e 2024, apenas com atualização do modelo de IA (Daws, 2024). A NVIDIA CORPORATION (2025a, 2025b) implementou uma arquitetura de processamento distribuído em frota (*Fleet Learning*) com o cérebro do robô em nuvem (*robot brain in the cloud*) na qual **cada robô aprende com a experiência dos demais robôs em qualquer parte do mundo** – por meio do fabricante, via ciclos de retreinamento e atualização do modelo base – sem custo adicional para o proprietário (Bailiss *et al.*, 2025). A Boston Dynamics e o Toyota Research

Institute (2025) demonstraram um *Large Behavior Model* para o Atlas em agosto de 2025 – um modelo generalista de comportamento que permite compartilhar melhorias na execução de tarefas dos robôs.

O resultado desses processos é uma curva decrescente de proporção robô/humano (projetada a partir dos dados de desempenho operacional dos humanoides e da Lei de Wright aplicada ao hardware de robótica industrial, com uma taxa média de 20% a cada dois anos): em 2028, 1,7 robôs por 3 turnos humanos; em 2030, 1,4 robôs; em 2032–2034, um único robô; e entre 2036 e 2038, um robô tende a ser capaz de substituir **4 ou mais trabalhadores** em diferentes funções por sua velocidade, precisão e resistência à fadiga superiores às humanas – Tabela 1. Com isso, um robô comprado hoje pode, ao longo de seus 5 a 10 anos de vida útil, multiplicar progressivamente sua capacidade de substituição do trabalho vivo — sem investimento adicional de hardware.

Tabela 1: Curva de substituição do trabalho vivo por humanoides industriais — projeção pela Lei de Wright (taxa de 20% bienal, base 2026)

Ano	Eficiência	Trabalhadores substituídos (24h)	Robôs p/ 3 turnos
2026	50%	1,5	2,0
2028	60%	1,8	1,7
2030	72%	2,2	1,4
2032	86%	2,6	1,2
2034	104%	3,1	1,0
2036	124%	3,7	0,8
2038	149%	4,5	0,7

Fonte: Elaboração do Autor, partindo da eficiência atual de 50% do robô humanoide em relação à eficiência humana nas atividades industriais em que é empregado.

6. O custo total em 5 anos e os prazos de ruptura da fenda de produção e de realização do mais-valor por país

O critério econômico adotado nesse estudo para avaliar quando a adoção de humanoides se torna economicamente racional para o capital — e, portanto, competitivamente necessária para a empresa não ser eliminada pela concorrência — não é o prazo de retorno do investimento, mas o **Custo Total de 5 Anos (TCO)**: período em que, na avaliação mais drástica, ocorreria a depreciação completa do equipamento – embora, de fato, ele pode permanecer funcional por um prazo bem maior de tempo, particularmente em razão da atualização de firmware e de softwares de aplicação. Se, nesse período, o custo acumulado com a frota de robôs se tornar inferior ao custo acumulado com a equipe de trabalho humano que realiza tarefas equivalentes, a substituição é economicamente viável e vantajosa ao capital.¹

¹ O TCO (Total Cost of Ownership) mensura o custo total de operação ao longo de um período determinado — neste texto, cinco anos. A comparação entre robôs humanoides e trabalhadores humanos considera, para cada lado, as seguintes categorias de custo. Para robôs industriais: custo de aquisição do hardware; instalação e integração ao processo produtivo; consumo de energia elétrica; manutenção preventiva e corretiva; atualizações de software e

Numa planta industrial americana, uma frota de 2 robôs (US\$ 100.000 cada) custa US\$ 510.000 nos 5 primeiros anos — contra US\$ 900.000 do trabalho de 3 turnos humanos no mesmo período, com base no salário médio manufatureiro geral estadunidense de US\$ 29,77 por hora em fevereiro de 2026 (Trading Economics, 2026). A redução de custo é de **43% em 5 anos**, com excedente acumulado de US\$ 390.000, conforme a Tabela 2. O investimento se recupera em menos de 23 meses. Esse cálculo considera os preços atuais e a proporção estática de 2 robôs por 3 turnos humanos com eficiência de 50%. Porém, com a melhoria de velocidade, incremento da taxa de sucesso e queda projetada dos preços dos robôs na renovação da frota, os ganhos se ampliam progressivamente.

Tabela 2: Comparação de Custos Anuais – Equipe Humana vs. Frota de 2 Robôs Humanoides Industriais (Valores em US\$ – Ano base 2026)

Componente de Custo	Equipe Humana (3 Turnos/Ano)	Frota de 2 Robôs — Ano 1	Notas
Aquisição / Salários	138.000	200.000	2 × 100.000 (AgiBot A2 ou equivalente)
Encargos e Benefícios	41.400	0	30% overhead nos EUA
Integração Inicial	0	40.000	Software ERP, 5G, segurança (~20% do hardware)
Depreciação (5 anos, linear)	0	40.000	20.000 por robô/ano
Opex (Energia + IA + Manutenção)	600	14.000	~7.000 por unidade/ano
CUSTO TOTAL ANO 1	180.000	294.000	Robôs mais caros que trabalho vivo apenas no 1º ano (capex alto)
Custo Anual Recorrente (Ano 2+)	180.000	54.000	Apenas Opex + Depreciação
CUSTO TOTAL EM 5 ANOS	900.000	510.000	Economia acumulada: 390.000 (43% menor)

Com base na **Lei de Wright** — padrão empírico validado em dezenas de tecnologias — projeta-se que, para cada duplicação da produção acumulada de humanoides, o custo caia de 15% a 25%. Para painéis solares, essa lei implicou queda de 99,6% em 43 anos (Roser, 2023). Para baterias de veículos elétricos, 97% em 25 anos (Ziegler; Trancik, 2021). Para os humanoides de uso industrial, partindo de US\$ 200.000 em 2024, chegamos a US\$ 100.000 em 2026 e projetamos US\$ 25.000 entre 2032 e 2034, no cenário base de 18% por duplicação — similar à curva de aprendizado na produção das baterias. Em 2026, mais de 140 fabricantes chineses e as plataformas de IA globais (NVIDIA, Google DeepMind, OpenAI Robotics) competem ativamente, pressionando os preços em hardware e software simultaneamente.

firmware; treinamento de operadores e técnicos responsáveis pela frota; e depreciação do equipamento. Para trabalhadores humanos: salário bruto; encargos sociais e trabalhistas; benefícios (saúde, transporte, alimentação); treinamento e qualificação; custos associados a absenteísmo e rotatividade; e supervisão.

Com esses dados, o **mapa de ruptura dessa fenda sistêmica por país** — calculado pelo TCO de 5 anos com os salários e encargos reais de cada economia — revela prazos muito mais próximos do ponto de ruptura, em que usar robôs humanoides é mais econômico para o capital do que contratar trabalho vivo para a realização de funções cada vez mais diversificadas, acentuando com isso várias outras fendas sistêmicas do capitalismo (veja-se nota final 1):

Tabela 3 — Ponto de ruptura da fenda sistêmica por países selecionados

País	Salário anual (USD)	Encargos patronais (%)	Custo total/trab./ano (USD)	TCO humano 5a (USD)	TCO frota (USD)	Ruptura	Eficiência robô/humano (%)	Robôs na frota (un.)	Preço robô (USD)
EUA	75.275	22,0	91.836	1.377.540	510.000	2026	50,00	2,0	100.000
Alemanha	64.873	20,4	78.107	1.171.605	510.000	2026	50,00	2,0	100.000
Coreia do Sul	50.947	12,5	57.315	859.725	510.000	2026	50,00	2,0	100.000
Japão	49.446	15,5	57.110	856.650	510.000	2026	50,00	2,0	100.000
China	18.148	42,0	25.771	386.565	304.880	2028	60,00	1,7	67.240
Rússia	20.131	26,0	25.365	380.475	304.880	2028	60,00	1,7	67.240
África do Sul	19.831	3,0	20.426	306.390	304.880	2028	60,00	1,7	67.240
Brasil	7.430	68,0	12.483	187.245	186.759	2030	72,00	1,4	45.212
Indonésia	10.500	11,0	11.655	174.825	147.787	2031	78,87	1,3	37.074
México	5.741	25,0	7.176	107.640	94.925	2033	94,65	1,1	24.929
Vietnã	4.040	21,5	4.908	73.620	63.285	2035	113,58	0,9	16.762
Índia	2.921	12,0	3.272	49.080	43.874	2037	136,29	0,7	11.271
Bangladesh	1.558	7,5	1.675	25.125	23.551	2041	196,26	0,5	5.096

Fonte: Elaboração do autor com dados salariais da ILO (2026) para países com informação de 2024-2025 e de Trading Economics (2026b) para os demais. O detalhamento das fórmulas e exemplo de aplicação podem ser vistos no **Anexo 1**.

Com a taxa de aprendizado por duplicação em 18%, reduzindo os preços do robô a cada ano e com a taxa de ganho de eficiência em 20% a cada dois anos, vemos na Tabela 3 – com base no *salário médio* dos países e nos *encargos* aplicados sobre ele, que resultam no *custo total* de um trabalhador por ano – os pontos temporais do início da ruptura sistêmica para os diferentes países, quando o custo de manter uma equipe de 3 trabalhadores por 5 anos supera o custo de uma frota de robôs humanoides no mesmo período, que com sua ação mecânica pode substituí-la com a mesma eficiência coletiva na realização de suas tarefas.

Entre os países selecionados para análise, esse momento de ruptura já chegou nos Estados Unidos, Alemanha, Coreia do Sul e Japão. Se não houver neles a organização de Circuitos Econômicos Solidários e políticas públicas de transferência de renda, como analisamos na Conferência de Medellín (Mance, 2025), a exclusão social tende a levar à expansão da economia criminal como forma perversa de apropriação de renda.

No caso da China, Rússia e África do Sul, esse ponto de ruptura é alcançado em 2028 e no Brasil em 2030. Esses países do BRICS têm uma janela estratégica de 4 anos para projetar e desenvolver suas iniciativas de transição com a organização de Circuitos Econômicos Solidários e expansão de políticas de distribuição de renda, promovendo uma estratégia de libertação de forças produtivas. Pois, a partir desse momento, a concorrência capitalista tende a iniciar a substituição de equipes de trabalhadores por frotas de humanoides, adaptáveis a diferentes tarefas com base em atualizações de firmware, software de aplicação e IAs.

Com base nessas projeções, a Indonésia alcançará esse momento em 2031, o México em 2033, o Vietnã em 2035 e a Índia em 2037. Contudo, mesmo nesses países, em segmentos industriais onde equipes de trabalhadores recebem melhores salários, essa transição pode se iniciar antecipadamente, porém sem maior propagação pelo conjunto da economia.

Já no caso de Bangladesh, esse momento tenderia a ocorrer por volta de 2041. Contudo, nesse caso, que ilustra o de países com níveis salariais médios extremamente baixos, percebe-se que a transição – previamente iniciada nos outros países com salários mais altos – tenderá, pela concorrência de produtos ainda mais baratos no mercado internacional, a forçar uma redução ainda maior dos salários já extremamente baixos. Pois, não havendo condições de promover-se a incorporação dessas tecnologias para redução de custos e ganho de produtividade, a tendência é uma realização ainda maior da superexploração do trabalho contratado.

7. A superexploração do trabalho vivo como retardamento — e aceleração futura — da crise sistêmica

O ponto de ruptura calculado com base no TCO não implica adoção automática e imediata dessa tecnologia. O capital dispõe de um mecanismo alternativo de resposta para enfrentar a concorrência que a empregue: a **compressão dos salários**, tornando o trabalho vivo mais barato por superexploração, ampliando assim a taxa de extração de mais-valor absoluto e adiando o investimento em robótica, esperando que os preços dos equipamentos caiam mais. Esse mecanismo opera por três vias: a ameaça tecnológica como instrumento de disciplinamento sindical (o robô como poder de barganha antes mesmo de ser instalado); a precarização e informalização do trabalho para reduzir encargos; e a migração produtiva para zonas de salário mais baixo que aceitarão condições de superexploração ainda mais acentuadas.

Esse retardamento é, porém, estruturalmente contraditório. A superexploração do trabalho vivo **aprofunda a fenda sistêmica**: ao comprimir salários, o capital reduz ainda mais a demanda solvente que precisa para realizar o valor produzido. Essa modalidade de extração de mais-valor tem limites físicos e políticos. Quando o salário não pode mais ser comprimido e o trabalhador já está no limite de resistência, a automação retorna como única saída — e o faz de forma abrupta, sem o período de transição que permitiria requalificação da força de trabalho para a autogestão de empresas cooperativas tecnologicamente avançadas.

Para o Brasil, esse efeito pode estender o avanço da ruptura de 2030 até 2034 — a depender da trajetória política dos salários e do incentivo público ao desenvolvimento robótico e de IA no país. Mas o efeito tesoura entre preços dos robôs em queda e da manutenção das políticas em curso de elevação dos salários (mesmo que moderada) para assegurar a demanda solvente e a realização do mais-valor tende a garantir que o avanço da ruptura venha a socorrer dentro desse intervalo.

8. Mais-valor extraordinário: a competição que concentra o mais-valor e elimina o concorrente

A introdução dos humanoides não cria valor novo no sentido econômico — ela redistribui o excedente entre os competidores mediante a expropriação do valor na concorrência de mercado, em

que o perdedor não realiza o mais-valor produzido em sua empresa, vendendo o produto abaixo de seu valor embora acima do custo; pois o vencedor, vendendo a preços médios de mercado, vende por preços acima do valor de seu próprio produto, realizando como lucro para si o mais-valor que não foi realizado pelo concorrente. O **mais-valor extraordinário** ocorre quando uma empresa reduz seu tempo de trabalho individual abaixo do tempo socialmente necessário no setor – por exemplo, com o emprego de humanoides que resulta na economia de **43% em 5 anos** em relação aos concorrentes, como visto no caso da tabela 2 –, mas vende o produto pelo preço de mercado, ainda determinado pelas empresas que usam o trabalho humano. A diferença é um lucro suplementar, como realização extraordinária de mais-valor produzido em outras empresas mas que não foi realizado por elas.

Essa vantagem é transitória por natureza: dura enquanto a tecnologia não se generaliza. Quando todos os concorrentes a adotam, o preço de mercado do produto tende a cair ao novo patamar de custo com uma margem comprimida pela concorrência de mais-valor realizado como lucro, desaparecendo o mais-valor extraordinário. Contudo, as empresas que não se adaptaram são eliminadas por incapacidade de competir. **O mais-valor extraordinário da vanguarda tecnologicamente avançada é o prelúdio da falência da retaguarda que permaneça tecnologicamente defasada.**

Em segundo lugar, à medida que a automação se generaliza, ocorre como vimos a redução do valor das mercadorias que compõem a cesta básica do trabalhador. Isso reduz o custo da reprodução da força de trabalho e, estabilizando-se o pagamento dos salários frente ao ganho de produtividade, aumenta igualmente a taxa de mais-valor relativo com respeito aos trabalhadores que permanecem empregados — sem que seu salário nominal cresça na mesma proporção da produtividade da empresa.

Em terceiro lugar, o processamento de IA distribuído em frota acrescenta uma dimensão inédita a esse processo: cada robô de uma frota aprende com a experiência coletiva dos demais robôs do mesmo operador — e, quando o fabricante disponibiliza um modelo base comum, também com os robôs de outros operadores que utilizam a mesma plataforma, ainda que concorrentes entre si. Esse aprendizado coletivo ocorre sem custo adicional para o detentor do hardware: os ganhos de produtividade gerados revertem inteiramente ao proprietário da frota, sem qualquer redistribuição do excedente assim produzido. É uma socialização forçada do aprendizado — mediada pelo fabricante da plataforma — que opera como vetor de concentração de mais-valor: quanto maior a frota, maior o volume de experiência agregada, maior o ganho diferencial de produtividade ante os operadores de frotas menores ou de plataformas distintas menos eficientes.

9. A contradição se fecha: robótica e IA aprofundam a crise de realização do capital

A generalização dos humanoides não resolve a fenda sistêmica do capitalismo — ela a **aprofunda decisivamente**. Cada robô que substitui 3 trabalhadores elimina três salários da massa salarial distribuída. Esses três salários deixam de retornar ao circuito econômico como demanda solvente. Multiplicado por milhões de plantas industriais nas economias avançadas — e progressivamente nas economias em desenvolvimento —, esse processo contrai estruturalmente a base de realização do mais-valor globalmente.

Ao mesmo tempo, o endividamento que compensou artificialmente essa queda da demanda – nas economias em que a taxa de juros é maior que a taxa média de lucro e a taxa média de distribuição – aproxima-se do limite de sua sustentabilidade. Quando os dois processos se combinam — queda da massa salarial por automação e esgotamento da capacidade de endividamento —, a crise de realização do valor torna-se sistêmica nessas economias e não mais conjuntural.

Diante do ponto de ruptura dessa fenda sistêmica, a resposta imediata do capital não é adotar os robôs — é **comprimir os salários**. Pagando menos pelo mesmo trabalho e mantendo a mesma produção, o capital gera mais-valor absoluto e reduz seus custos para competir com a automação. Mas essa estratégia tem um limite estrutural intransponível: **os robôs serão usados para produzir mais robôs**. No momento em que o custo de reprodução do próprio capital fixo automatizado cai abaixo do custo do trabalho vivo, mesmo superexplorado, a compressão salarial deixa de ser estratégia viável — e a substituição do trabalho vivo pela ação robótica se torna irreversível no circuito econômico do capital.

Está criada, desse modo, a contradição histórica que Marx identificou como impulsionadora da transição do modo de produção capitalista: as relações sociais de produção baseadas no salário e na acumulação privada passam a **travar o potencial produtivo das forças produtivas já existentes**. O desenvolvimento das forças produtivas — a automação levada ao limite — entra em contradição irresolúvel com as relações sociais que o sustentam. O capitalismo não pode resolver essa contradição dentro de seus próprios marcos: qualquer solução que preserve o salário como categoria central distribui menos do que precisa para realizar o valor produzido num ciclo de produção e de realização do valor; qualquer solução que elimine o salário elimina a própria base da demanda solvente. E como o crescimento econômico que permitiria cobrir o crédito do ciclo anterior com a realização e distribuição do valor do ciclo seguinte reduz progressivamente a própria distribuição de valor – pela contração da massa salarial a cada ciclo de reprodução do valor – também a forma de crescimento capitalista historicamente realizável no passado com base no crédito antecipado deixa de ser viável após o ponto de ruptura dessa fenda sistêmica.

A ruptura econômica não se aproxima apenas como um ponto de economia no TCO com a adoção de frotas de robôs humanoides em substituição a equipes de trabalhadores. Ela se anuncia como o colapso da viabilidade estrutural do circuito capitalista de produção e de realização do valor, baseado no trabalho assalariado e no consumo sustentado por ele. Trata-se da ruptura do próprio sistema em sua fenda mais central.

10. Os Circuitos Econômicos Solidários como alternativa de libertação comunal

Para a Economia Solidária, esse processo coloca uma ameaça e uma oportunidade simultâneas. A ameaça: se a economia solidária não organizar circuitos autogestionados de produção, circulação e consumo, ela se tornará uma das principais **fontes para a realização de mais-valor extraordinário** do capital robotizado. Cada compra que um empreendimento solidário realiza no mercado capitalista transfere valor do campo solidário para o capital — realizando o excedente que o capital extraiu do trabalho vivo externo, mediado pela ação maquínica dos robôs e IAs de suas empresas. E as empresas capitalistas robotizadas passarão a oferecer produtos a preços que a produção solidária,

com trabalho vivo, não consegue igualar, eliminando progressivamente os nichos de mercado que a economia solidária hoje ocupa.

A oportunidade, entretanto, é estruturalmente poderosa. A incorporação de robótica e IA nos processos da economia solidária organizada em **Circuitos Econômicos Solidários (CES)** permite fazer o que o capital não pode: **distribuir excedentes como bens gratuitos ou a preços abaixo do custo capitalista**. O argumento é econômico, não moral: uma cooperativa que opera robôs humanoides e não precisa remunerar acionistas pode reduzir os preços de seus produtos até o custo marginal de operação — energia, manutenção, depreciação. Qualquer empresa capitalista precisa, estruturalmente, extrair uma taxa de lucro sobre o capital investido. A ecosol robotizada que redistribui excedente pode cobrar menos do que qualquer capitalista pode cobrar — e ainda assim ser economicamente sustentável.

Mais ainda: parte da produção pode ser distribuída **gratuitamente** como excedente comunitário — reduzindo a necessidade de compra de produtos capitalistas, corroendo a base de realização de valor do capital e ampliando o Bem-viver das comunidades. Quando o CES produz e distribui gratuita ou subsidiariamente bens que antes precisavam ser comprados no mercado, ele subtrai demanda solvente do capital sem substituí-la por outra: ele a elimina da lógica mercantil.

O intercâmbio-dáviva: realizar o excedente fora do mercado

Há uma via adicional — e especialmente poderosa — para realizar o excedente produzido nos CES ante a escassez de valor distribuído em salário para a realização do mais-valor: o **intercâmbio-dáviva**, aquele que se realiza como doação multirrecíproca. Se os participantes organizam seu intercâmbio a partir do princípio “de cada um segundo suas capacidades, a cada um segundo suas necessidades” (MARX, 1987, p. 21), o valor permanece dentro do circuito solidário sem precisar passar pela forma-dinheiro. Quando um empreendimento produz mais do que necessita, coloca o excedente em um *catálogo de dáviva*. Quando precisa de matérias-primas ou meios de produção, os obtém do mesmo catálogo — sem dinheiro, sem créditos de troca, apenas contribuição e recebimento mútuos.

Como esses catálogos podem ser interconectados globalmente — organizados por *blockchain* ou sistemas equivalentes —, uma cooperativa local pode contribuir com bens para um circuito regional e receber meios de produção de um circuito de outro país. O excedente é realizado em **produtos físicos, não em dinheiro ou créditos**. Isso tem uma consequência estrutural decisiva: o capitalismo **não pode realizar seu excedente dessa forma**. O capital precisa da forma-dinheiro para pagar investidores, saldar dívidas e acumular. Se o intercâmbio-dáviva se expandir no Circuito Econômico Solidário ao ponto de substituir progressivamente o mercado monetário nas necessidades básicas das comunidades, o sistema de mercado perde sua base de operação por obsolescência funcional.

Com respeito ao ponto de ruptura que se aproxima, os Circuitos Econômicos Solidários devem considerar várias dimensões simultâneas: **produção solidária robotizada**, com propriedade coletiva dos equipamentos e dos dados de IA e total controle da programação e dos fluxos de dados desses equipamentos, para mantê-los subordinados ao seus propósitos; **plataformas digitais autogestionadas que conectam consumo, intercâmbio, produção e crédito em circuitos**

econômicos, onde atores da economia solidária integram sua produção, trocam e consomem entre si e organizam investimentos conjuntos; **propriedade coletiva dos modelos de IA**, treinados com dados da economia solidária e compartilhados entre empreendimentos solidários; **redistribuição do excedente para o bem-viver de todos e expansão dos intercâmbios de compra-venda, de troca não-monetária e de dádivas**, mediados por catálogos solidários locais e globalmente interconectados em plataformas digitais solidárias.

11. O imperativo estratégico: Brasil e Rússia diante da mesma janela

Brasil e Rússia possuem diferenças no mapa salarial global, com um custo anual de trabalho industrial respectivamente em torno de US\$ 13.680,00 e TSS\$ 23.436,00 por trabalhador, com encargos incluídos. Contudo, pelo critério do TCO de 5 anos, ambos atingem o ponto de ruptura da fenda de realização do valor com adoção de robôs humanoides no período de 2028 a 2030, dependendo da trajetória dos salários e da queda dos preços dos robôs. No entanto, as condições que cada país enfrenta para responder a esse momento são **distintas**.

O Brasil: janela aberta, mas decrescente

O Brasil tem entre 4 e 8 anos antes desse ponto de ruptura — 2030 no cenário base, 2034 se o capital recorrer intensamente à superexploração do trabalho vivo como retardamento. Por isso, essa janela próxima não é uma garantia que a capacidade de concorrência no mercado internacional com ganhos de produtividade pelo emprego da robótica humanoide em diversas áreas ocorrerá. Pois quando o processo ganhar tração no país, já estará bem mais avançado em outros.

De sua parte, a economia solidária brasileira é uma das maiores e mais organizadas do mundo, com cooperativas, redes de comércio justo, bancos comunitários e empreendimentos autogestionados em todos os estados. O país dispõe de arcabouço legal, infraestrutura de formação e experiência acumulada para construir Circuitos Econômicos Solidários antes que o avanço dessa ruptura torne o trabalho vivo industrialmente inviável em muitas funções e setores.

O **risco** específico para o Brasil é a combinação de dois processos que se reforçam: a **superexploração do trabalho vivo** como mecanismo de retardamento da automação — com precarização, “pejotização” e rebaixamento salarial —, e a **ausência de política industrial** para a transição tecnológica. Se o capital brasileiro optar pela compressão salarial em vez do investimento em robótica, ele posterga a ruptura e ao mesmo tempo aprofunda a fenda sistêmica — chegando a ela sem trabalhadores requalificados, sem cooperativas tecnologicamente preparadas e sem circuitos econômicos solidários estruturados para absorver a transição. O resultado seria um cenário ruim: automação abrupta sobre uma base social muito precarizada.

Por outro lado, a **oportunidade** é real e mensurável. Uma cooperativa industrial brasileira que incorporasse uma frota de humanoides sem dispensar trabalhadores, poderia expandir a produção total a custos individuais menores facilitando a comercialização de seus produtos e distribuiria o excedente em vez de transferi-lo como lucro a acionistas. Ela poderia avançar na realização do bem-

viver comunitário: com redução de jornada de trabalho, produtos subsidiados, fundo de transição para trabalhadores deslocados, ou oferta de bens gratuitos no Circuito Solidário que retiram demanda de consumo do circuito capitalista. O Brasil tem o movimento social necessário para fazer isso. Contudo, falta a decisão estratégica de libertar as forças produtivas, realizar a sua adequação sociotécnica e incorporá-las à economia solidária, antes que essa janela se feche.

A Rússia: janela economicamente aberta, mas conjunturalmente bloqueada

A Rússia apresenta uma situação complexa no contexto dessa transição: o país **simultaneamente reúne as condições salariais que justificariam a automação em larga escala no médio prazo, mas está conjunturalmente impedida de acessar a tecnologia** necessária para realizá-la. As sanções ocidentais restringiram severamente o acesso a semicondutores avançados e componentes críticos para robótica industrial. Os humanoides líderes — AgiBot A2, Figure 02, Agility Robotics Digit, Unitree H2 e Ubtech Walker S2 — são fabricados na China e nos EUA. Robôs com componentes qualificados para uso industrial avançado estão sujeitos a restrições de exportação de duplo uso.

Os esforços militares ativaram fortemente o setor industrial na Rússia que, por sua vez, aumentou a demanda por trabalho e vem elevando os salários no setor acima da média nacional. Isso, por consequência, eleva os salários também na indústria civil. E embora essa elevação amplie o poder de realização do mais-valor no mercado interno, também **antecipa economicamente o ponto de ruptura da fenda de realização do valor no circuito econômico em que a troca de trabalho vivo por robôs humanoides se torna necessária ao capital para a realização de mais-valor extraordinário derrotando concorrentes que não reduzam custos**. Contudo, a capacidade doméstica da robótica na Rússia ainda não alcançou os níveis de oferta de humanoides requeridos para essa transição.

Como resultado, os salários sobem, tornando o trabalho vivo mais caro; por outro lado os robôs humanoides são inacessíveis pelas sanções; e a robótica doméstica é insuficiente para atender a demanda requerida nessa fase de transição. Com isso as nações que o façam venderão seus produtos pelo preço médio no mercado internacional embora seus custos estejam bem abaixo dele, realizando mais-valia extraordinária que foi produzida nas empresas competidoras que se atrasem na realização dessa passagem. Pelas projeções, a Rússia alcança o ponto de ruptura da fenda sistêmica de realização do valor em 2028 e possui uma estratégia nacional de desenvolvimento robótico (Krysina, 2025) que deve ser ajustada a esses novos avanços. As nações que se atrasem nessa transição tenderão a perder competitividade industrial em relação às economias que avançarem na robotização humanoide primeiro.

O contraste nos BRICS

A soberania tecnológica é pré-requisito da soberania econômica na era dos humanoides que está começando e que tende a ser impulsada pela lei imanente da produção capitalista. Nesse contexto, não basta ter movimento social, tradição cooperativa ou vontade política: é preciso ter acesso à

tecnologia. Por outro lado, não basta ter acesso à tecnologia se não há um projeto coletivo de distribuição do excedente que ela gera para um real processo de libertação econômica do conjunto da sociedade em proveito do bem-viver de todos. O Brasil tem o segundo elemento, um projeto coletivo em potencial e aumento da massa salarial, sem garantia do primeiro, o domínio tecnológico na produção de humanoides. A Rússia está bloqueada no primeiro, embora tenha uma elevada **capacidade técnica e científica** e avance no segundo elemento, com o aumento da massa salarial distribuída. A China, por sua vez, avança em ambos — sendo o maior fabricante de humanoides do mundo e o país, entre os grandes, que mais aumentou sua massa salarial em relação ao PIB nos últimos 25 anos. Isso significa que os ganhos de produtividade com a robotização da economia que permitem a realização de mais-valia extraordinária internacionalmente tem sido distribuídos, alimentando também internamente a realização da mais-valia com a venda da produção no mercado nacional.

A transição sistêmica que as forças produtivas estão impondo ao capitalismo pode desembocar em duas direções opostas: uma reconfiguração do sistema que mantenha a acumulação privada sob novas formas tecnológicas — com desemprego estrutural massivo, superexploração dos trabalhadores remanescentes e concentração extrema da riqueza —; ou uma transição para relações sociais de produção, distribuição e apropriação **associativas, autogestionadas e solidárias**, nas quais os ganhos de produtividade da robótica e da IA se convertem em redução do trabalho necessário e ampliação do bem-viver de toda a comunidade.

A pergunta para a Economia da Libertação não é se os robôs virão. É o que a economia solidária terá construído quando eles chegarem — e se os países terão soberania tecnológica suficiente para escolher como usá-los. A transição sistêmica está em curso. O que está em disputa é: a configuração do modo de produção, de circulação e de crédito mais adequada para melhor aproveitar o potencial das forças produtivas em desenvolvimento; quais são as forças sociais que conduzirão o emprego dessas tecnologias; qual será o uso dessas tecnologias em processos de dominação econômica ou de libertação econômica; que relações sociais de produção, circulação, crédito e consumo surgirão dessa transição; que forma social, de natureza autoritária ou substantivamente democrática, se desenvolverá nesse processo, restringindo ou expandindo o bem-viver de todos; e, enfim, quem serão os beneficiados com essa transição tecnológica.

Conclusão: o ponto de ruptura como início de transição a um sistema associativo que assegura o bem-viver ou como aceleração do endividamento e da exclusão que levam ao colapso capitalista da realização do valor

O argumento percorrido neste texto pode ser resumido em quatro proposições encadeadas.

A **primeira** é estrutural: o capitalismo contém em sua própria lógica uma fenda sistêmica irresolúvel. Em cada ciclo de reprodução ampliada do valor no interior do circuito econômico, a distribuição de valor é sempre menor do que a necessária para vender as mercadorias e realizar como lucro o mais-valor contido nelas. O endividamento compensa artificialmente essa insuficiência como dívida a saldar nos ciclos seguintes. Mas quando recorrentemente a taxa de juros é maior que a de lucros e a de distribuição, o endividamento cresce sempre mais. E assim tem

ocorrido ao longo de décadas. Esse movimento, que chegou ao seu limite, alcançou uma dívida global de 249% do PIB – o que corresponde a 2,5 anos da produção global como sívida a pagar. Não há saída cíclica para essa contradição, que é constitutiva do modo de produção.

A **segunda** é tecnológica e econômica: os robôs humanoides tornaram o ponto de ruptura dessa fenda sistêmica mensurável e datável. Ela ocorre quando é mais barato usar uma frota desses robôs do que uma equipe de seres humanos na realização de alguma atividade. Quanto mais essas frotas se espalhem pela economia sob a lógica de acumulação e concentração de capital, menos salário é distribuído e menor a capacidade solvente de realização do mais-valor produzido e de pagamento de dívidas passadas. Para as economias de renda alta, ele já chegou em 2026. Para economias de renda média como o Brasil, Rússia, Índia e China está entre 2028 e 2038. O custo total de 5 anos com uma frota de humanoides já é 43% menor do que com trabalho humano equivalente nos EUA — e essa diferença cresce a cada ano, com o preço dos robôs caindo e sua eficiência aumentando, mesmo sem a troca de hardware. Por fim, quando os robôs forem largamente usados na produção de robôs, a compressão salarial deixará de ser estratégia viável para o capital.

A **terceira** é política e geopolítica: a transição sistêmica não tem desfecho determinado. A soberania tecnológica — o acesso aos meios de automação e aos modelos de IA, sua produção e desenvolvimento — torna-se pré-requisito da soberania econômica. A existência de um movimento organizado em torno de um projeto de transição, com políticas públicas, arcabouço legal e experiência acumulada na organização de circuitos econômicos solidários, é condição necessária mas não suficiente: precisa ser articulada à incorporação da tecnologia.

A **quarta** é estratégica: a economia solidária tem uma vantagem estrutural que o capital não pode replicar. Uma cooperativa robotizada que não precisa remunerar acionistas pode reduzir seus preços ao custo marginal — abaixo de qualquer patamar sustentável para o capital. E pode ir além: realizar seu excedente não em dinheiro, mas em **produtos físicos, distribuídos como dádiva no intercâmbio econômico solidário** — por meio de catálogos interconectados globalmente, organizados pelo princípio de cada qual *oferecer segundo sua capacidade e receber segundo suas necessidades*. O capitalismo não pode fazer isso: precisa da forma-dinheiro para pagar investidores e saldar dívidas. Se a economia solidária expandir o intercâmbio-dádiva ao ponto de cobrir progressivamente as necessidades básicas das comunidades, o sistema de mercado perde sua grande base de operação — não por decreto político, mas por obsolescência funcional.

Como vimos, com base nos dados analisados, não se trata de otimismo voluntarista. São as condições objetivas que tendem a forçar o processo de transição. O preço dos robôs está caindo mais rápido do que o dos celulares, e sua difusão deve seguir trajetória semelhante. Cedo ou tarde eles chegarão aos Circuitos Econômicos Solidários. A questão não é se chegarão — é **com que preparação isso ocorrerá**. Se os circuitos solidários não avançarem nessa transição a partir do ponto de ruptura, o capitalismo pode simplesmente mergulhar no caos — com desemprego estrutural massivo, ascensão de forças autoritárias que cortam os programas de distribuição de renda sem oferecer alternativa, guerras por recursos críticos para a própria transição tecnológica e crescimento da economia criminal até entrar em colapso com o default das dívidas globais impagáveis. Já há muitos sinais desse caminho em curso.

Somente políticas de distribuição — historicamente defendidas pelas forças de esquerda e pela economia solidária — podem criar uma transição ordenada e sem sobressaltos ao novo modo de produção associado. As forças que se opõem a essas políticas não têm solução para a ruptura que se

aproxima: o desenvolvimento tecnológico avança na abolição do assalariamento como forma dominante de distribuição do valor, e nenhuma política de direita resolve a contradição entre forças produtivas automatizadas e relações sociais baseadas no salário. Essa contradição se resolve — positivamente, pela expansão dos circuitos econômicos solidários, ou negativamente, tende a levar ao colapso do próprio sistema.

A Economia da Libertação é um campo de pesquisa que investiga como realizar essa superação positiva: organizando os Circuitos Econômicos Solidários e realizando a libertação das forças de produção, de circulação e de crédito, incorporando tecnologias como ferramentas de emancipação, organizado sistemas de intercâmbio econômico solidária com plataformas digitais e catálogos de compra-venda, trocas e o intercâmbio-dávica como formas de realizar o valor, transitando da lógica do mercado em que o mais-valor se realiza como compra e venda para a da economia comunal em que se realiza na forma de meios econômicos socialmente intercambiados segundo as capacidades e necessidades. A transição sistêmica está em curso. O que está em disputa é se ela será conduzida de maneira autogestionada pelas sociedades, ou simplesmente será sofrida sob a condução das BigTechs com suas IAs, drones e frotas de robôs de todo tipo – entre os quais os robôs humanoides – programáveis para fins civis ou militares.

Notas Finais

1 Como analisamos ao investigar “*As fendas do capitalismo e sua superação sistêmica*” (Mance, 2008), “a partir do último quarto do século passado, tanto a revolução tecnológica em curso (que envolve a informática, a biotecnologia, a robótica, a tecnologia dos materiais [...]) [...], bem como o superdesenvolvimento dos capitais especulativos e da economia dos bens intangíveis, imprimiram novas determinações ao capitalismo. Nessa passagem [...] verifica-se uma progressiva modificação no método dominante de produção” (p. 49), agravando as suas fendas sistêmicas. Por um lado, “[...] como o volume de recursos distribuído por ele não é suficiente para girar toda a produção, é preciso gerar créditos para poder assegurar a sua realização” (p. 42), o que aprofunda sempre mais o endividamento da sociedade em seu conjunto. Por outro lado, com a progressiva modificação do método de produção, “[...] o capitalismo desenvolve as forças produtivas sob uma lógica que não é capaz de incorporar, atualmente, cerca da metade da população economicamente ativa do planeta nos fluxos de produção e consumo com uma remuneração que lhes permita sair da linha de pobreza. Por sua vez, a maior importância que a economia do conhecimento vai ganhando na reprodução do sistema, como um todo, tende a ampliar ainda mais essa fenda [...]” (p. 49). “O poder do conhecimento, em aumentar a produtividade pela inovação tecnológica, gerou a situação [...] em que dá mais lucro ao capital fazer maiores investimentos em capital constante – em maquinários mais produtivos a serem operados por um número preferencialmente menor de trabalhadores – do que explorar um maior volume de força de trabalho pela contratação de mais empregados” (p. 53). “Assim, ao mesmo tempo em que o valor das mercadorias se reduz, pela redução dos custos de produção, uma parcela cada vez maior da sociedade vai empobrecendo, sendo excluída do processo produtivo e de consumo, ao passo que outra parcela, a que detém o capital, continua a enriquecer” (p.55). Chega-se, agora, ao ponto de ruptura dessa fenda, em que a ação dos robôs humanoides e das IAs torna-se mais econômica do que o trabalho vivo para o capital na realização de diferentes funções, acirrando ainda mais as fendas da distribuição e da realização do valor socialmente produzido.

Anexo 1

Cálculo do ponto de ruptura da fenda sistêmica de realização do valor

O critério adotado é o Custo Total de Operação (TCO) comparativo em 5 anos entre uma frota de humanoides e uma equipe de 3 trabalhadores cobrindo 24 horas em turnos de 8 horas.

1. Número de robôs necessários:

$$R = H \times Th / (24 \times E)$$

Onde:

R = número de robôs necessários

H = número de trabalhadores humanos (3)

Th = horas por turno humano (8)

E = eficiência do robô em relação ao trabalhador humano no ano t

24 = horas de operação contínua do robô por dia

Aplicando:

$$R = 3 \times 8 / (24 \times E) = 24 / (24 \times E) = 1 / E$$

Exemplos:

Ano	E(t)	Cálculo	R
2026	50%	$24 / (24 \times 0,50) = 24 / 12$	2,00 robôs
2028	60%	$24 / (24 \times 0,60) = 24 / 14,4$	1,67 robôs
2030	72%	$24 / (24 \times 0,72) = 24 / 17,28$	1,39 robôs

2. Evolução da eficiência operacional dos humanoides:

$$E(t) = E_0 \times (1 + taxa)^{((t - t_0) / período)}$$

Onde:

E(t) = eficiência do robô em relação ao trabalhador humano no ano t

E₀ = 0,50 — eficiência inicial em 2026 (50%)

taxa = 0,20 — ganho de eficiência por período

período = 2 — intervalo em anos (bienal)

t₀ = 2026 — ano base

Aplicando:

$$E(t) = 0,50 \times (1,20)^{((t - 2026) / 2)}$$

Exemplos:

Ano	E(t)	Cálculo	E
2026	50%	$0,50 \times (1,20)^0 = 0,50 \times 1$	0,50
2028	60%	$0,50 \times (1,20)^1 = 0,50 \times 1,20$	0,60
2030	72%	$0,50 \times (1,20)^2 = 0,50 \times 1,44$	0,72

3. Evolução do preço do robô:

$$P(t) = P_0 \times (1 - \text{taxa})^{(t - t_0)}$$

Onde, pela Lei de Wright aplicada ao hardware, com uma redução anual de 18%:

P(t) = preço do robô no ano t

P₀ = 100.000 — preço inicial em 2026 (US\$)

taxa = 0,18 — taxa anual de redução de preço (18%)

t₀ = 2026 — ano base

$$P(t) = 100.000 \times (0,82)^{(t - 2026)}$$

Exemplos

Ano	Cálculo	P(t)
2026	$100.000 \times (0,82)^0 = 100.000 \times 1$	US\$ 100.000
2028	$100.000 \times (0,82)^2 = 100.000 \times 0,6724$	US\$ 67.240
2030	$100.000 \times (0,82)^4 = 100.000 \times 0,4521$	US\$ 45.212

4. TCO da frota em 5 anos

$$TCO_{\text{frota}} = R \times P(t) \times f + R \times Opex \times n$$

Onde:

TCO_{frota} = custo total da frota de robôs ao longo de n anos

R = número de robôs na frota

P(t) = preço do robô no ano t

f = fator de custo que incorpora aquisição, integração e depreciação

Opex = custo operacional anual por robô

n = número de anos do período de análise

Com dados da Tabela 2:

$$TCO_{\text{frota}} = R \times P(t) \times 2,20 + R \times 7.000 \times 5$$

Onde:

R = número de robôs na frota

P(t) = preço do robô no ano t

2,20 = fator que incorpora: hardware (1,00) + integração (0,20) + depreciação (1,00)

$7.000 \times 5 =$ Opex por robô ao longo de 5 anos — mantido constante, embora também tenda a diminuir

Exemplos

Ano	R	P(t)	Cálculo	TCO frota
2026	2,00	100.000	$2,00 \times 100.000 \times 2,20 + 2,00 \times 35.000$	US\$ 510.000
2028	1,67	67.240	$1,67 \times 67.240 \times 2,20 + 1,67 \times 35.000$	US\$ 305.536
2030	1,39	45.212	$1,39 \times 45.212 \times 2,20 + 1,39 \times 35.000$	US\$ 186.808

Obs.: diferenças marginais com a tabela principal advêm de arredondamentos intermediários nas casas decimais de R e P(t).

5. TCO da equipe humana em 5 anos:

$$\text{TCO}_{\text{humano}} = C \times H \times n$$

Onde:

TCO_{humano} = custo total da equipe humana ao longo de n anos

C = custo total por trabalhador por ano

H = número de trabalhadores

n = número de anos do período de análise

Com os dados da Tabela 3:

$$\text{TCO}_{\text{humano}} = C \times H \times 5$$

Onde:

C = custo total por trabalhador/ano (salário + encargos patronais)

H = número de trabalhadores (3)

5 = anos do período de análise

Exemplos

País	C	Cálculo	TCO humano
EUA	91.836	$91.836 \times 3 \times 5$	US\$ 1.377.540
Brasil	12.483	$12.483 \times 3 \times 5$	US\$ 187.245
Índia	3.272	$3.272 \times 3 \times 5$	US\$ 49.080

6. Ponto de ruptura:

O ponto de ruptura é o primeiro ano em que:

$$\text{TCO}_{\text{frota}} < \text{TCO}_{\text{humano}}$$

Referências

AGILITY ROBOTICS. **GXO Signs Industry-First Multi-Year Agreement with Agility Robotics**. Greenwich, 27 jun. 2024. Disponível em: <https://www.agilityrobotics.com/content/gxo-signs-industry-first-multi-year-agreement-with-agility-robotics> . Acesso em: 13 mar. 2026.

BAILISS, Arron; CALI, Cagatay; CHANDRA, Rachita; SU, Aaron. **Building intelligent physical AI: From edge to cloud with Strands Agents, Bedrock AgentCore, Claude 4.5, NVIDIA GR00T, and Hugging Face LeRobot**. AWS Open Source Blog, 12 dez. 2025. Disponível em: aws.amazon.com/blogs/opensource/building-intelligent-physical-ai-from-edge-to-cloud-with-strands-agents-bedrock-agentcore-claude-4-5-nvidia-gr00t-and-hugging-face-lerobot

BMW GROUP. **BMW Group to deploy humanoid robots in production in Germany for the first time**. 2026. Disponível em: <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0455864EN/bmw-group-to-deploy-humanoid-robots-in-production-in-germany-for-the-first-time?language=en>. Acesso em: Mar. 18, 2026.

BMW GROUP. **BMW Group implementará robôs humanoides na produção na Alemanha pela primeira vez**. PressClub Brasil, São Paulo, 2 mar. 2026. Disponível em: <https://www.press.bmwgroup.com/brazil/article/detail/T0455931PT/bmw-group-implementar-%C3%A1-rob%C3%B4s-humanoides-na-produ%C3%A7%C3%A3o-na-alemanha-pela-primeira-vez?language=pt> . Acesso em: 13 mar. 2026.

BOSTON DYNAMICS; TOYOTA RESEARCH INSTITUTE. **AI-Powered Robot by Boston Dynamics and Toyota Research Institute Takes a Key Step Towards General-Purpose Humanoids**. Cambridge: Toyota Research Institute, 20 ago. 2025. Disponível em: <https://www.tri.global/news/ai-powered-robot-boston-dynamics-and-toyota-research-institute-takes-key-step-towards-general> . Acesso em: 13 mar. 2026.

BUSINESS INSIDER. **Humanoid robots are coming to a warehouse near you**. 2025. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/humanoid-robots-reshape-warehouses-tech-invests-billions-2025-4>. Accessed: Mar. 18, 2026.

CONSULTANCY.LAT. **Mexico leads Latin America in robotization, followed by Brazil and Argentina**. 1 jun. 2018. Disponível em: <https://www.consultancy.lat/news/311/mexico-leads-latin-america-in-robotization-followed-by-brazil-and-argentina> . Acesso em: 13 mar. 2026.

DAWS, Ryan. **Figure 02: A leap forward in humanoid robotics**. IoT Tech News, 20 nov. 2024. Disponível em: <https://iottechnews.com/news/figure-02-leap-forward-humanoid-robotics> . Acesso em: 13 mar. 2026.

EVANS, Scarlett. **Chinese company completes first mass humanoid robot delivery.** AI Business, 17 nov. 2025. Disponível em: <https://aibusiness.com/robotics/chinese-company-completes-first-mass-humanoid-robot-delivery>. Acesso em: 13 mar. 2026.

FIGURE AI. **Figure 02 contributed to the production of 30,000 cars at BMW.** 2025. Disponível em: <https://www.figure.ai/news/production-at-bmw>. Acesso em: 13 mar. 2026.

GOLDMAN SACHS. **The global market for humanoid robots could reach \$38 billion by 2035.** New York, 27 fev. 2024. Disponível em: <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/the-global-market-for-robots-could-reach-38-billion-by-2035>. Acesso em: 13 mar. 2026.

IFR -- INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. **Global Robot Density in Factories Doubled in Seven Years.** Frankfurt: IFR, 20 nov. 2024. Disponível em: ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robot-density-in-factories-doubled-in-seven-years

ILO - International Labour Organization. **Average monthly earnings of employees by sex (local currency) – Annual: EAR_EMTA_SEX_NB_A** [Excel dataset]. ILOSTAT. Disponível em: https://rplumber.ilo.org/data/indicator/?channel=ilostat&format=.xlsx&id=EAR_EMTA_SEX_NB_A&lang=en&title=average-monthly-earnings-of-employees-by-sex-local-currency-annual&type=label. Accessed: Mar. 17, 2026.

ITAÚ. **Automação e robótica, mercado em expansão.** São Paulo, 29 maio 2025. Disponível em: <https://blog.itau.com.br/ibba/automacao-e-robotica-mercado-em-expansao>. Acesso em: 13 mar. 2026.

KRYSINA, Anna. **Analysis of the industrial robot market in Russia.** 20 jul. 2025. Disponível em: <https://globaltribune.net/analysis-of-the-industrial-robot-market-in-russ>. Acesso em: 13 mar. 2026.

LANGLEY, William. **Robots only half as efficient as humans, says leading Chinese producer.** The Irish Times, Dublin, 29 jan. 2026. Disponível em: <https://www.irishtimes.com/technology/2026/01/29/robots-only-half-as-efficient-as-humans-says-leading-chinese-producer>. Acesso em: 13 mar. 2026.

MANCE, Euclides. **Constelação Solidarius - As Fendas do Capitalismo e sua Superação Sistêmica.** IFiL, Editora IFIBE, Passo Fundo, 2008, 1a. Ed., 201 pp. Disponível em: <https://www.euclidesmance.net/docs/constelacao-solidarius.pdf> Acesso em: 13 mar. 2026

MANCE, Euclides. **Crisis del Capitalismo, Transición Sistémica y Alternativas de Economías Sociales, Populares y Solidarias.** Medellín: IPC, 21 nov. 2025. 22 p. II Seminario Internacional Reparar la Democracia – Geopolítica, Acumulación Ilegal y Rutas de transformación económica en América Latina. Disponível em: <https://euclidesmance.net/docs/crisis-del-capitalismo-y-transicion-sistemica.pdf>. [English version: <https://euclidesmance.net/docs/crisis-capitalism-and-systemic-transition.htm>] Acesso em: 16 mar. 2026.

MARX, Karl. **Das Kapital: Kritik der politischen Ökonomie**. Erster Band. In: MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. Marx-Engels Werke (MEW). Berlin: Dietz Verlag, 1962. v. 23

MARX, Karl. **Das Kapital: Kritik der politischen Ökonomie**. Dritter Band. In: MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. Marx-Engels Werke (MEW). Berlin: Dietz Verlag, 1964. v. 25

MARX, Karl. **Randglossen zum Programm der deutschen Arbeiterpartei**. In: MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. Karl Marx -- Friedrich Engels -- Werke (MEW). Berlin: Dietz, 1987, v. 19, p. 11-32

MÜLLER, Christopher. **World Robotics 2025 -- Industrial Robots**. Frankfurt: IFR Statistical Department, VDMA Services GmbH, 2025. Disponível em: https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2025_Industrial_Robots.pdf. Acesso em: 13 mar. 2026.

NVIDIA CORPORATION. **NVIDIA Announces Isaac GR00T N1 --- the World's First Open Humanoid Robot Foundation Model --- and Simulation Frameworks to Speed Robot Development**. Santa Clara: NVIDIA Newsroom, 18 mar. 2025a. Disponível em: nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-isaac-gr00t-n1-open-humanoid-robot-foundation-model-simulation-frameworks

NVIDIA CORPORATION. **NVIDIA Accelerates Robotics Research and Development With New Open Models and Simulation Libraries**. NVIDIA Newsroom, 29 set. 2025b. Disponível em: <https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-accelerates-robotics-research-and-development-with-new-open-models-and-simulation-libraries>. Acesso em: 13 mar. 2026.

ROBOZAPS. **Humanoid Robot Cost Guide [2026]**. 2 fev. 2026. Disponível em: <https://blog.robozaps.com/b/humanoid-robot-cost>. Acesso em: 13 mar. 2026.

ROSER, Max (2023). **Learning curves: What does it mean for a technology to follow Wright's Law?** 25 nov. 2025. Disponível em: <https://archive.ourworldindata.org/20251125-173858/learning-curve.html> Acesso em: 13 mar. 2026.

THE ROBOT REPORT. **IFR: industrial robot deployments have doubled in 10 years**. 25 set. 2025. Disponível em: therobotreport.com/ifr-industrial-robot-deployments-have-doubled-in-10-years

TRADING ECONOMICS. **United States Average Hourly Wages in Manufacturing**. Trading Economics, n.d. Disponível em: <https://tradingeconomics.com/united-states/wages-in-manufacturing>. Acesso em: 15 mar. 2026

TRADING ECONOMICS. **Country List: Average Annual Wages**. Available at: <https://tradingeconomics.com/country-list/average-annual-wages>. Acesso em: 15 mar. 2026b.

WALDERSEE, Victoria. **Mercedes-Benz takes stake in robotics maker Apptronik, tests robots in factories.** Reuters, Berlin, 18 mar. 2025. Disponível em:

<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/mercedes-benz-takes-stake-robotics-maker-apptronik-tests-robots-factories-2025-03-18/>. Acesso em: 13 mar. 2026.

WRIGHT, Theodore Paul. **Factors affecting the cost of airplanes.** Journal of the Aeronautical Sciences, v. 3, n. 4, p. 122-128, 1936. Available at: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/8.155> Acesso em: 13 mar 2026

ZABEU, Bruno. **Brazil: the next big automation powerhouse?** Universal Robots, 2023.

Disponível em: <https://www.universal-robots.com/blog/brazil-the-next-big-automation-powerhouse/>. Acesso em: 13 mar. 2026.

ZIEGLER, M. S.; TRANCIK, J. E. (2021). **Re-examining rates of lithium-ion battery technology improvement and cost decline.** Energy & Environmental Science, 14(4), 1631--1644. <https://doi.org/10.1039/D0EE02681>