

LAB DE TENDÊNCIAS

ESTUDO MACROTENDÊNCIAS 2026-2027

ESTUDO MACROTENDÊNCIAS 2026-2027

Firjan - Federação das Indústrias do Estado do
Rio de Janeiro

Presidente

Luiz César Caetano

1º Vice-Presidente Firjan

Carlos Erane de Aguiar

2º Vice-Presidente Firjan

Henrique Antônio Nora Oliveira Lima Junior

1º Vice-Presidente CIRJ

Isadora Landau Remy

2º Vice-Presidente CIRJ

Antonio Carlos Vilela

Diretora de Gestão de Pessoas, Diversidade e Produtividade

Adriana Torres

Diretor Executivo SESI SENAI

Alexandre dos Reis

Diretora de Compliance e Jurídico

Gisela Pimenta Gadelha

Diretora de Finanças e Serviços Corporativos

Luciana Costa M. de Sá

Diretor de Competitividade Industrial, Inovação Empresarial
e Comunicação Corporativa

Maurício Fontenelle

Diretor de Educação e Cultura

Vinícius Cardoso



GERÊNCIA GERAL DE DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO EMPRESARIAL

Gerente Geral

Cristiane Alves

Gerente de Conteúdo Casa Firjan

Maria Isabel Oschery

Coordenadora do Lab de Tendências

Ana Carolina Fernandes

Equipe dedicada

Isabela Petrosillo

Rafaela Palma

Iuri Campos

Renata Viol

Nathalia Coelho

Wallace Soares

PROJETO EDITORIAL

Edição de pesquisa e texto

Isabela Petrosillo

Revisão de texto

Bruna Rangel

Márcia Mesquita

Wallace Soares

Diagramação e editoração

Lorena Moraes

Ficha catalográfica

Instituto Euvaldo Lodi. (RJ). Lab de Tendências.

Estudos macrotendências : 2026-2027 / Firjan IEL, Lab de
Tendências. – Rio de Janeiro: IEL-RJ, 2025. (Coleção Report
Macrotendências, n. 8).

104 p. : il. color.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-984743-8-6

1. Estudos de futuro 2. Cenários futuros 3. Tendências sociais
4. Tecnologia 5. Inovação I. Título II. Série

CDD: 303.49

Renata Bento Viol - CRB7/6399

UMA VIAGEM AO FUTURO

Em 2018, no primeiro ano de atividades da Casa Firjan e durante a realização do Festival Futuros Possíveis, lançamos o nosso primeiro Estudo de Macrotendências. O objetivo era detectar cenários de mudanças para os dois anos seguintes, a partir de uma metodologia proprietária do Lab de Tendências da Firjan IEL, que mapeia sinais de mudanças em diferentes campos – leia-se na política, na economia, no campo científico, cultural, social – para levantar pistas do que estava por vir.

Com esta iniciativa passamos a oferecer anualmente uma análise profunda com vetores de mudança, rupturas emergentes e tendências. Ou seja, um conteúdo da maior relevância para que empresários e executivos da indústria – e a sociedade em geral – pudessem antecipar desafios e concretizar novas oportunidades no biênio seguinte.

O Estudo de Macrotendências 2026-2027 é mais um documento imprescindível para entender o que está por vir e, em alguns casos, ver como isto já está sendo trabalhado na indústria, com inovações aplicadas ou em desenvolvimento.

Sobre as pistas do futuro o leitor verá, por exemplo, como outros países estão buscando a soberania digital para reduzir a dependência de outras nações, e as mudanças que ainda estão por vir no mercado de trabalho por conta da Inteligência Artificial.

Desejo uma boa leitura – ou melhor, uma boa viagem ao futuro nesta verdadeira máquina do tempo que é o nosso Estudo.

Luiz César Caetano
Presidente da Firjan



Este estudo é construído a partir de pesquisas e debates realizados por uma **equipe multidisciplinar**. O objetivo é fornecer análises que possam servir de base para o desenvolvimento de planejamentos estratégicos.

LAB DE TENDÊNCIAS

Firjan IEL

Núcleo de pesquisa estratégica para apoiar empresas, indústrias e profissionais na antecipação de temas de impacto, *promovendo novas abordagens e estimulando pensamentos e ações inovadoras* de forma periódica e contínua para que as empresas mantenham sua relevância e competitividade. Atuamos com mapeamento de sinais fortes e fracos, análise de dados setoriais, entrevistas com especialistas e observação de sinais de mudança para *identificar possibilidades de futuro*. Produzimos estudos de tendências, relatórios temáticos, palestras, podcasts, oficinas e cursos, auxiliando as empresas e profissionais a construir visões de futuro mais embasadas. Nosso propósito é reduzir incertezas, antecipar movimentos, revelar pontos de oportunidades e desafios e orientar planejamentos estratégicos.

O Estudo de Macrotendências 2026–2027, elaborado pelo Lab de Tendências Firjan IEL, apresenta uma *análise sobre sinais de mudança orientada pelas forças que moldam o futuro dos negócios*, da indústria e da sociedade. O conteúdo resulta de pesquisas próprias, escuta qualificada e debates conduzidos por uma equipe multidisciplinar, combinando estudos de caso e interpretação de sinais emergentes.

ABERTURA

Nosso objetivo é oferecer *referências sólidas para apoiar a construção de planejamentos estratégicos*. Ao integrar perspectivas econômicas, tecnológicas, socioambientais e regulatórias, propomos possibilidades de ação, riscos a monitorar e oportunidades de inovação. O documento é adaptável a diferentes contextos setoriais. Foi desenhado para apoiar decisões, acelerando transformação competitiva. Pensar futuros amplia a capacidade de antecipar movimentos críticos, além de orientar decisões e construir trajetórias mais resilientes, inovadoras e alinhadas ao valor de longo prazo.

METODOLOGIA



A metodologia do Lab de Tendências é um processo estruturado para a construção de macro-tendências. Ela começa identificando sinais de mudança emergentes que revelam potenciais transformações disruptivas. Na etapa seguinte, promove conexões entre diferentes sinais, explorando convergências e divergências. A partir daí, são feitos os desdobramentos, que permitem analisar oportunidades e desafios no longo prazo, resultando em ações estratégicas.

CONHECER O PASSADO
para reconhecer os padrões de acontecimentos.

NOSSO FOCO

ENTENDER O PRESENTE
para projetar os desdobramentos prováveis.



FUTURO *EMERGENTE*

De 0 a 5 anos

FUTURO *PÓS-EMERGENTE*

De 5 a 10 anos

FUTURO *DISTANTE*

> de 10 anos

ASSIM PODEMOS PROJETAR
FUTUROS POSSÍVEIS



CONTEÚDO

PÁG. 04
INTRODUÇÃO

Contexto	13
Panorama 2025-2026	14
Estudo em números	16
Histórico de microtemas	18
Histórico de vetores	22
Vetores de mudança	23

PÁG. 28
MACRO 1

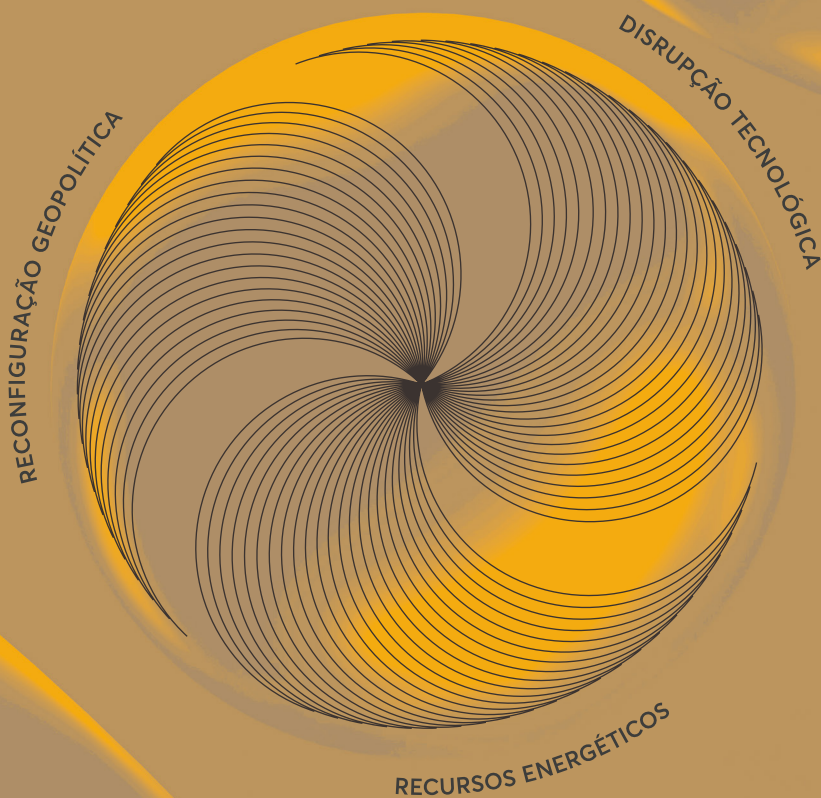
Rupturas	30
Microtemas	33
Desafios	46
Oportunidades	47
Possibilidades de ação	48
Força dos sinais	49

PÁG. 50
MACRO 2

Rupturas	52
Microtemas	55
Desafios	68
Oportunidades	69
Possibilidades de ação	70
Força dos sinais	71

PÁG. 72
MACRO 3

Rupturas	74
Microtemas	77
Desafios	90
Oportunidades	91
Possibilidades de ação	92
Força dos sinais	93



SE ENTRELAÇAM, EXIGINDO **VISÃO DE LONGO PRAZO**

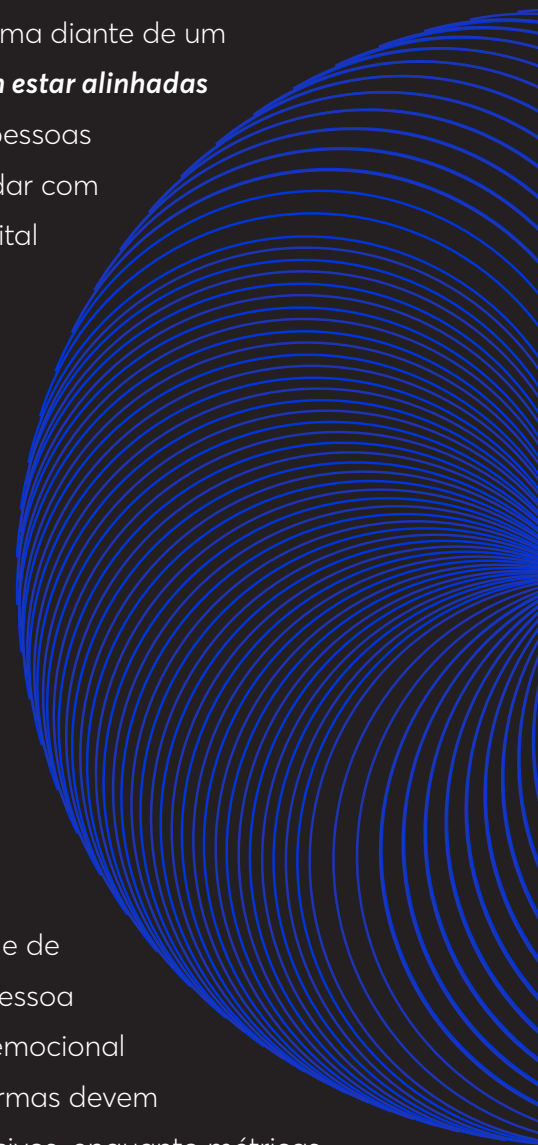
CONTEXTO

Em 2025, a inteligência artificial assumiu papéis decisivos em setores estratégicos, da energia à saúde, com a expansão de tecnologias assistenciais e sistemas preditivos elevando produtividade e redesenhando processos, ao custo de novas exigências em eficiência computacional, disponibilidade de chips, data centers e energia limpa, além de padrões mais rígidos de governança e segurança de dados. Em paralelo, eventos climáticos extremos e tensões comerciais expuseram fragilidades das cadeias produtivas, acelerando movimentos de diversificação de fornecedores, estoques estratégicos e rastreabilidade, enquanto minerais críticos e semicondutores se firmaram como eixos de política industrial e soberania tecnológica. ***No plano geopolítico, a disputa por normas e padrões intensificou a multipolaridade e a competição por talentos e propriedade intelectual.*** Cidades e setores intensivos em ativos avançaram em adaptação climática, como gestão hídrica, resiliência de infraestrutura e novos instrumentos de seguro, enquanto cibersegurança e integridade informacional ***tornaram-se questões sistêmicas com efeitos nas cadeias de suprimento e na construção de confiança.*** No trabalho, a automação impulsionou requalificação e abriu espaço para ocupações em dados, energia e manufatura avançada. Nesse contexto, 2025 consolida-se como marco de transição em que disrupção tecnológica, pressão por recursos energéticos e reconfiguração geopolítica se entrelaçam, exigindo visão de longo prazo.

PANORAMA

2026|2027

A formação dos novos profissionais se transforma diante de um mundo em que **competências técnicas precisam estar alinhadas a habilidades relacionais e éticas**, preparando pessoas para trabalhar lado a lado com máquinas e lidar com dilemas inéditos. Alfabetização midiática e digital fortalece pensamento crítico, discernimento, privacidade e participação democrática. Da saúde personalizada mediada por inteligência artificial a robôs de assistência no cotidiano, as tecnologias de cuidado ganham espaço, respondendo ao envelhecimento populacional e à busca por bem-estar. Em paralelo, cresce a demanda por espaços de encontro e pertencimento em meio ao aumento do isolamento digital e urbano, colocando a **sociabilidade como valor estratégico para o futuro**. Esses movimentos revelam um horizonte em que educar, cuidar e conviver tornam-se eixos centrais de inovação e de reorganização social. Soluções centradas na pessoa exigem proteção de dados sensíveis, literacia emocional e participação comunitária. Cidades e plataformas devem incentivar encontros seguros, acessíveis e inclusivos, enquanto métricas de bem-estar relacional orientam investimentos públicos e privados de longo prazo e responsáveis.



PANORAMA 2026 | 2027

PEDAGOGIA TECNOLÓGICA

Interações contínuas com novas tecnologias impactam o vocabulário humano e a aprendizagem.

SEGURANÇA DIGITAL

Ameaças cibernéticas e proteção de dados ganham centralidade estratégica.

TENSÕES REGULATÓRIAS

Crescente disputa entre países e blocos por definir regras para novas tecnologias.

RISCOS SOCIOECOLÓGICOS

Crises climáticas e desigualdades expõem vulnerabilidades sociais e ambientais.

CUIDADO AUTOMATIZADO

Adoção de máquinas em tarefas de assistência e bem-estar.

MERCADO DE TRABALHO RECONFIGURADO

Automação e IA transformam funções, eliminando etapas iniciais e estágios.

DINÂMICA DEMOGRÁFICA E AUTOMAÇÃO LOGÍSTICA

Escassez de mão de obra acelera a adoção de robótica e sistemas autônomos.

DEMANDA ENERGÉTICA

Data centers, IA e computação quântica ampliam consumo global de energia.

NOVA ORDEM MUNDIAL

Disputas geopolíticas e tecnológicas redesenham o equilíbrio de poder internacional.

GOVERNANÇA DA IA

Debate sobre responsabilidade, transparência e limites éticos no uso da inteligência artificial.

ESTUDO

EM

NÚMEROS

ESTUDO EM NÚMEROS

09

DESAFIOS

09

RUPTURAS

09

POSSIBILIDADES DE AÇÃO

03

MACROTENDÊNCIAS

18

MICROTEMAS

02

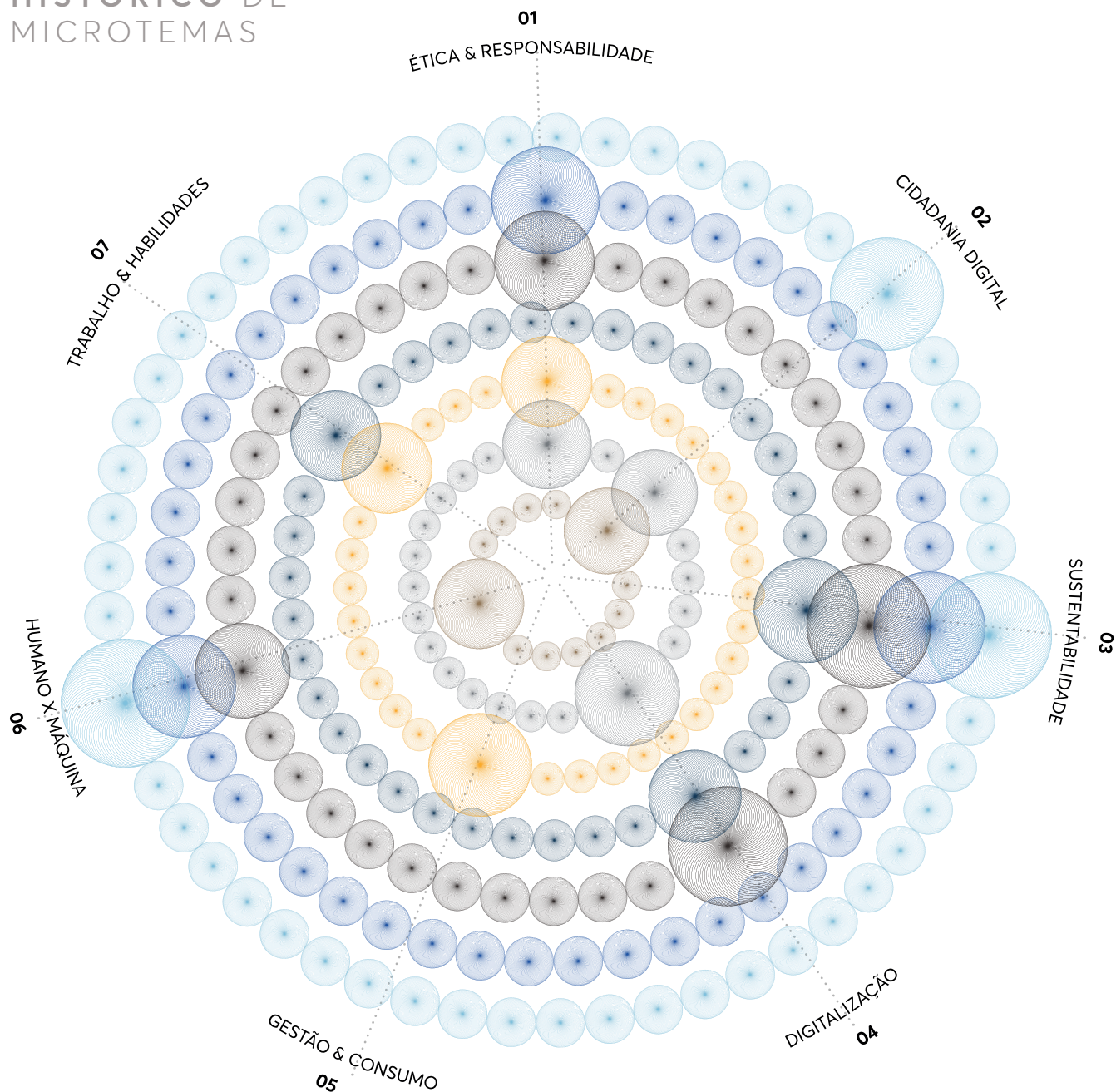
VETORES DE MUDANÇA

09

OPORTUNIDADES DE NEGÓCIOS

HISTÓRICO DE MICROTEMAS

HISTÓRICO DE MICROTEMAS



LEGENDA



2019-2020

01 | Proatividade ideológica
Eu.lístico

01 | Diversidade cognitiva
Eu.lístico

01 | Hiperlongevidade
Novaleva

02 | Internet sensível
Novaleva

02 | Cidadania digital
Novaleva

02 | Bias tecnológico
Complex.id

02 | Miragem programada
Complex.id

02 | Oligarquia dos dados
Complex.id

03 | Natureza conectada
Complex.id

04 | Saberes maquínicos
Eu.lístico

04 | Tecnologia preditiva
Novaleva

04 | Pagamentos invisíveis
Novaleva

05 | Novas materialidades
Novaleva

06 | Zero hedônico
Complex.id

06 | Humanização dos robôs
Eu.lístico

06 | Mente ampliada
Complex.id

06 | Biohacking
Complex.id

06 | Tecnologia pervasiva
Complex.id

06 | Constelação digital
Novaleva

06 | Algoritmos afetivos
Novaleva

06 | Cidades autônomas
Novaleva

06 | Saúde hackeada
Eu.lístico

06 | Métricas de relacionamento
Eu.lístico

06 | Pareamento biológico
Complex.id

07 | Singularidade humana
Eu.lístico

07 | Tecnologia colaborativa
Eu.lístico

07 | Criptogovernança
Eu.lístico

2020-2021

01 | Ação responsável
Equinosso

01 | Gestão da equidade
Equinosso

01 | Intergeracionalidade
Hiper-ritmo

01 | Cultura colaborativa
Equinosso

01 | Economia da dignidade
Equinosso

02 | Ética tecnológica
Hiper-ritmo

02 | Dados conscientes
Hiper-ritmo

02 | Qualificação tec
Tesselas

03 | Ecologia social
Equinosso

04 | Negócios preditivos
Hiper-ritmo

04 | Dados conscientes
Hiper-ritmo

05 | Indústria segura
Tesselas

05 | Processos acelerados
Tesselas

06 | Êxtase digital
Hiper-ritmo

07 | Carreiras plurais
Tesselas

07 | Trabalho compartilhado
Tesselas

2021-2022

01 | Influência ética
Imagimundo

01 | Empresas sociais
Imagimundo

01 | Funcionários em foco
Equilibrium

01 | Coletivismo
Imagimundo

01 | Economia do apoio
Imagimundo

01 | Economia do bem-estar
Equilibrium

02 | Habilidades conectadas
Tecnoceno

02 | Letramento digital
Tecnoceno

03 | Equilíbrio ambiental
Equilibrium

03 | Cidades reinventadas
Equilibrium

03 | Bolhas urbanas
Equilibrium

04 | Contato protocolado
Tecnoceno

04 | Negócios gamificados
Tecnoceno

05 | Localismo
Equilibrium

05 | Gestão maleável
Imagimundo

05 | Futuros desejáveis
Imagimundo

05 | Reconstrução total
Imagimundo

05 | Protagonismo de posse
Equilibrium

06 | Tecnologia sensorial
Tecnoceno

07 | Tempos reprogramados
Tecnoceno

07 | Trabalho descentralizado
Tecnoceno

07 | Experiências digitalizadas
Tecnoceno

2022-2023

01 | Políticas equitativas
Pluridiverso

01 | Gestão da diferença
Pluridiverso

02 | Tecnologia protocolada
Cybertopia

03 | Eficiência energética
Altermundo

03 | Impacto zero
Altermundo

03 | Reparo obrigatório
Altermundo

04 | Economia simbólica
Cybertopia

04 | Ecossistema robótico
Cybertopia

04 | Réplicas digitais
Cybertopia

04 | Experiências totalizantes
Cybertopia

05 | Resiliência sistêmica
Altermundo

05 | Logística reprogramada
Altermundo

06 | Interação fluída
Cybertopia

07 | Trabalho múltiplo
Pluridiverso

07 | Relações assíncronas
Pluridiverso

07 | Economia zoom
Pluridiverso

07 | Aptidões híbridas
Pluridiverso

2023-2024

01 | Automação responsável
Maquinarium

01 | Produtos rastreados
Maquinarium

01 | Criptos reguladas
Maquinarium

01 | Urgências globais
Vinculare

01 | Padrão ESG
Vinculare

01 | Métrica humana
Vinculare

01 | Políticas ambientais
Vinculare

01 | Gestão do bem-estar
Protopia

03 | Circularidade otimizada
Vinculare

03 | Vigilância climática
Vinculare

03 | Utopias urbanas
Protopia

03 | Transição energética
Protopia

04 | Espaços pensantes
Maquinarium

04 | Mobilidade digitalizada
Maquinarium

04 | Novos materiais
Protopia

06 | Máquinas criativas
Maquinarium

06 | Inovação alimentar
Protopia

06 | Saúde de precisão
Protopia

2024-2025

01 | Segurança térmica
Neoclima

01 | Protocolos atualizados
Tecnorama

01 | Autenticidade revista
Tecnorama

01 | Estratégia geracional
Cronotopia

01 | Design atemporal
Cronotopia

01 | Políticas da pausa
Cronotopia

02 | Controle identitário
Tecnorama

03 | Recapacitação verde
Neoclima

03 | Engenharia climática
Neoclima

03 | Direitos ambientais
Neoclima

03 | Mercado de carbono
Neoclima

03 | Alimentos resilientes
Neoclima

04 | Réplicas digitais
Tecnorama

06 | Parceria maquinaica
Tecnorama

06 | IA colaborativa
Tecnorama

06 | Vida estendida
Cronotopia

06 | Cidade longaeva
Cronotopia

06 | Saúde vestível
Cronotopia

2025-2026

01 | Redes econômicas
Cibersapiens

02 | Humanidade autenticada
Humanigma

02 | Dignidade humana
Humanigma

03 | Materiais regenerativos
Ecologium

03 | Natureza reprogramada
Ecologium

03 | Espaços biotecnológicos
Ecologium

04 | Bio-híbridos
Ecologium

04 | Biomateriais
Ecologium

04 | Objetos intuitivos
Cibersapiens

06 | Revitalização molecular
Ecologium

06 | Tecnologia sensorial
Cibersapiens

06 | Interações personalizadas
Cibersapiens

06 | Máquinas biológicas
Cibersapiens

06 | Corpo potencializado
Humanigma

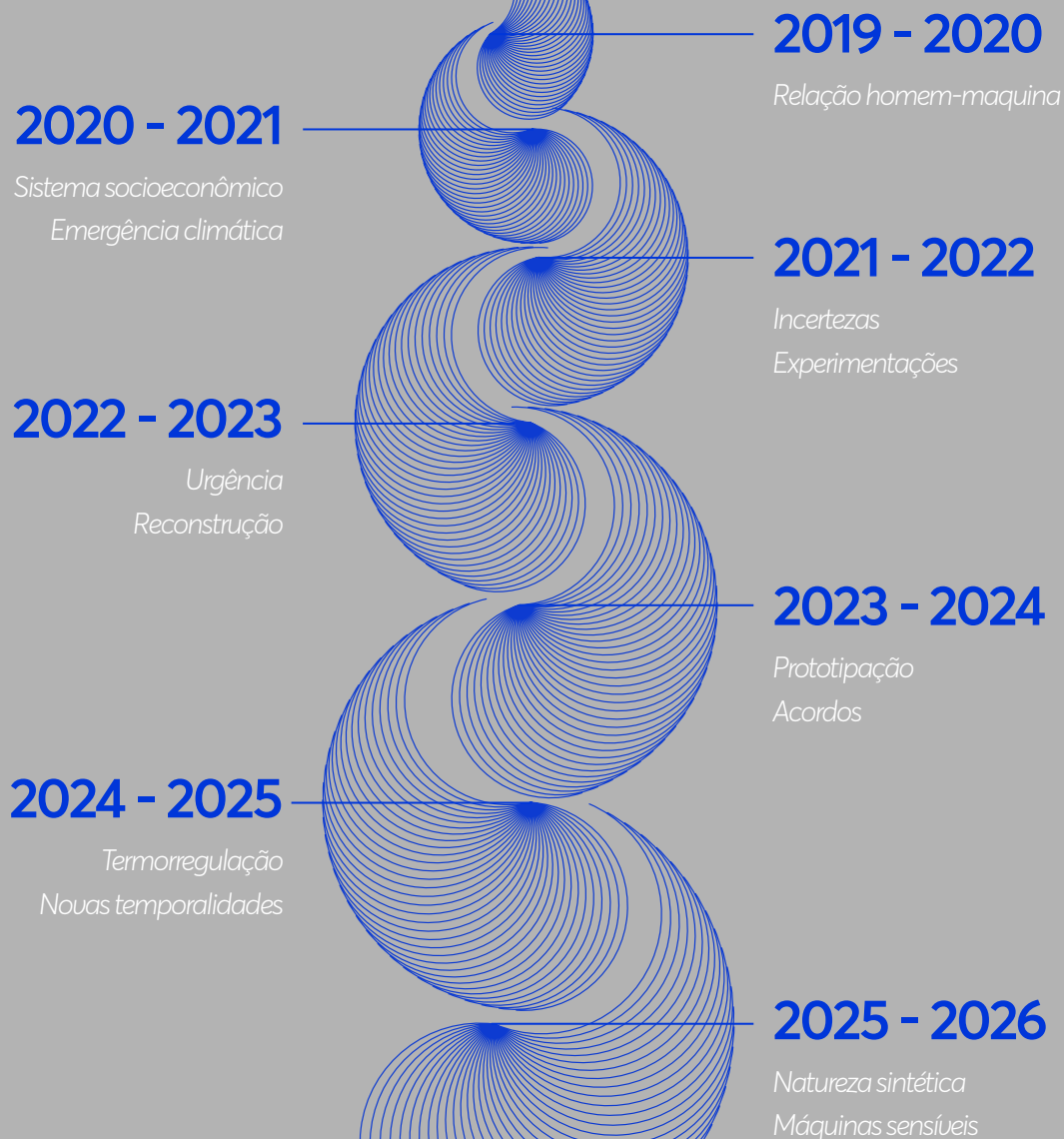
06 | Mente conectada
Humanigma

06 | Mediação digital
Humanigma

06 | Legado criativo
Humanigma

07 | Robôs humanoides
Cibersapiens

HISTÓRICO



VETORES DE MUDANÇA

VETORES

SOBERANIA
TECNOLÓGICA

VETOR 1

CONVIVÊNCIA
MAQUÍNICA

VETOR 2

DE MUDANÇA

SOBERANIA TECNOLÓGICA

VETOR 1

A infraestrutura tecnológica se consolida como ativo estratégico central. Nesse contexto, governos, empresas e indivíduos passam a disputar autonomia, influência e segurança no ambiente digital. Esse movimento exige novas formas de governança, ética e colaboração, além de repensar a forma como participamos da economia, da política e da vida social, revelando que a capacidade de decidir sobre o próprio espaço digital é tão fundamental quanto o controle de recursos físicos. Nesse cenário, **fazer as tecnologias conversarem entre si, adotar regras abertas e garantir controle sobre os dados vira prioridade**, isso evita dependência de fornecedores e acelera uma inovação mais responsável. Investimentos em resiliência cibernética, capacitação digital e sustentabilidade energética passam a orientar políticas públicas e estratégias corporativas, enquanto avaliações de impacto e transparência fortalecem a confiança social.



CONVIVÊNCIA MAQUÍNICA

VETOR 2

A incorporação de sistemas inteligentes ao cotidiano redesenha como produzimos, aprendemos e nos relacionamos. Modelos algorítmicos passam de ferramentas a parceiros de decisão, mediando interações, personalizando rotinas e redistribuindo tarefas entre pessoas e máquinas. ***Esse avanço exige novas linguagens, métricas de valor e pactos éticos para orientar autonomia, autoria e responsabilidade em ambientes híbridos.*** Ao reequilibrar papéis no trabalho, na sociabilidade e na educação, torna-se decisivo projetar processos e instituições capazes de combinar julgamento humano e potência computacional, revelando que aprender, colaborar e governar com máquinas será tão central quanto dominar tecnologias. Isso requer governança de dados, transparência, inclusão digital e bem-estar, prevenindo vieses, dependências, assimetrias e concentrações de poder de mercado.

MACRO 2026|2027 TENDÊNCIAS

MACROTENDÊNCIAS 2026|2027



macrotendência 01

TECNOCRACIA

*Os territórios digitais
construindo uma nova ordem
global a partir da infraestrutura
tecnológica dos países*

PONTOS CENTRAIS

Geopolítica / Soberania /
Energia

MICROTEMAS

Governança tecnológica
Liderança energética
Computação reprogramada
Protocolos antecipatórios
Componentes estratégicos
Cooperações transnacionais



macrotendência 02

ROBOTEKNIA

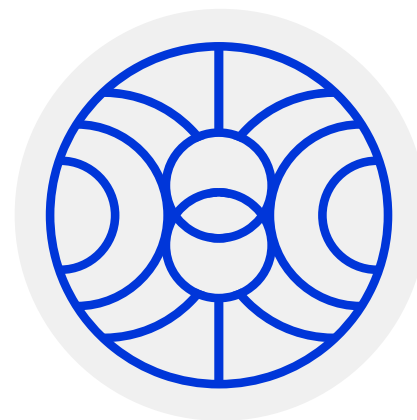
*O mundo do trabalho sendo
redesenhado pela conjunção entre
a disseminação da robótica e uma
nova pirâmide demográfica*

PONTOS CENTRAIS

Robotização / Trabalho /
Recapacitação

MICROTEMAS

Ecologia maquínica
Fábricas inteligentes
Laboratórios multirrobôs
Automação assistencial
Recapacitação tecnológica
Materiais robóticos



macrotendência 03

SENSORIUM

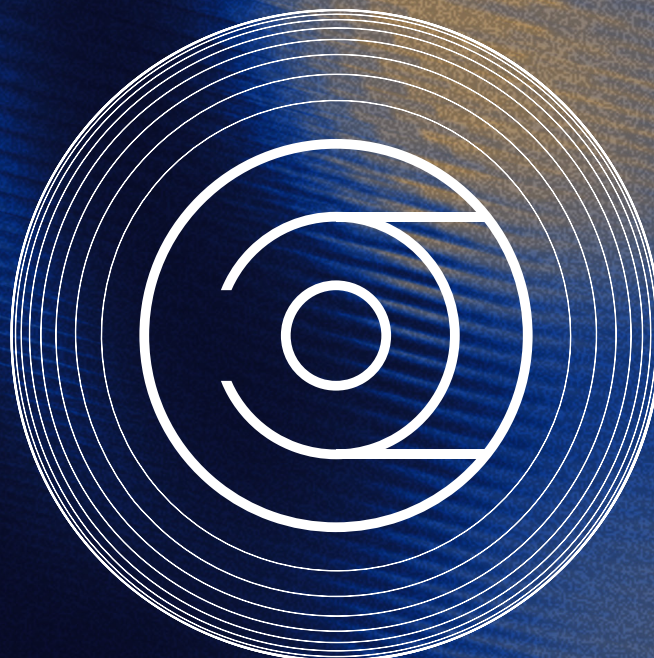
*Nossa relação com a tecnologia
modificando a forma como
interagimos com o mundo, alterando
habilidades e ampliando sentidos*

PONTOS CENTRAIS

Sentidos / Linguagem /
Competências

MICROTEMAS

Habilidades sociais
Fluência tecnológica
Vestíveis industriais
Sentidos sintéticos
Percepções ciborgue
Comunicação ampliada



TECNOCRACIA

PONTOS CENTRAIS:

Geopolítica | Soberania | Energia

Os territórios digitais construindo uma nova
ordem global a partir da infraestrutura
tecnológica dos países

Governos e grandes empresas disputam o controle dos fatores que sustentam a economia digital. Entre os insumos críticos, destacam-se: chips e sistemas para treinar e operar modelos de inteligência artificial; energia limpa, estável e acessível para data centers; dados e suas regras de soberania e compartilhamento; padrões e regulação que definem o que é seguro e ético; e, por fim, profissionais altamente qualificados.

A demanda por processamento cresce com a difusão da IA e pressiona toda a cadeia de semicondutores, do design à fabricação. Em resposta, diversas regiões lançam programas de política industrial para atrair fábricas, reduzir dependências geopolíticas e estimular pesquisa aplicada.

Energia torna-se ponto central. Projeções indicam que o consumo elétrico de data centers pode mais que dobrar na próxima década. ***Empresas ampliam contratos de compra de renováveis, investem em eficiência hídrica e térmica e exploram soluções como resfriamento avançado e gestão inteligente de carga.*** Paralelamente, autoridades ajustam regras do setor elétrico para conciliar expansão de demanda com custos e estabilidade de rede.

A disputa por dados é tão estratégica quanto a energética. Para reduzir incertezas, organizações adotam ***sistemas de gestão de IA, estruturas de risco e práticas de governança de dados que viabilizam ciclos de vida rastreáveis, seguros e auditáveis.***

Padrões técnicos e marcos legais reconfiguram produtos e serviços digitais. Diretrizes regulatórias de IA, emergentes em várias jurisdições, estabelecem classes de risco, obrigações proporcionais e requisitos de transparência, o que acelera a profissionalização de processos e exige evidências de segurança, qualidade de dados e controle por parte de fornecedores.

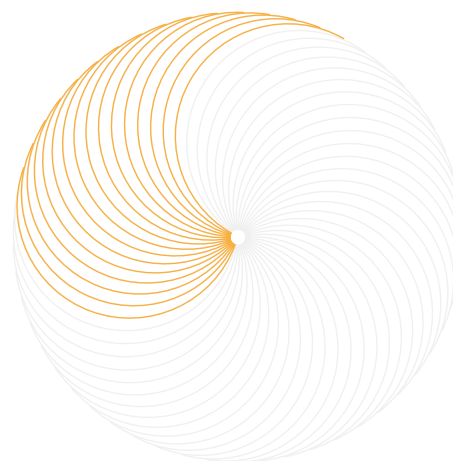
Competências ligadas à IA, dados e operação de infraestrutura ganham peso no planejamento estratégico dos países. Relatórios apontam requalificação acelerada, transformação de postos e diferenciais competitivos para governos e organizações com maior difusão de habilidades digitais.

A INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL **REORGANIZA**
A ECONOMIA DIGITAL:
GOVERNOS E
EMPRESAS DISPUTAM
CHIPS, ENERGIA,
DADOS E TALENTOS;
REGULAÇÕES
AMADURECEM;
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
E GOVERNANÇA SE
TORNAM VITAIS.

RUPTURAS

A macrotendência Tecnocracia surge de movimentos que alteram a forma como países e empresas planejam crescimento, risco e investimento a partir da tecnologia.

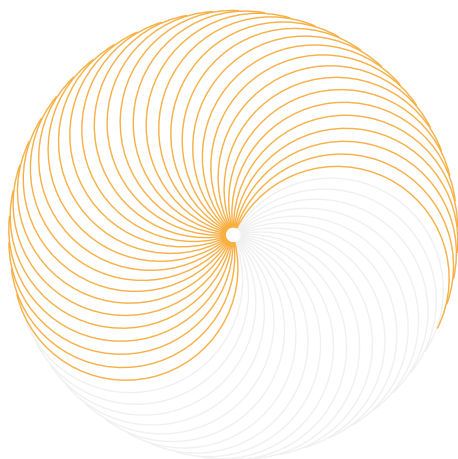
No conjunto, as três rupturas mudam prioridades. Energia confiável e limpa deixa de ser detalhe operacional e vira estratégia. Ao estabelecer regras para o desenvolvimento e o uso da IA, os países moldam não só o modo de fazer, mas também as tecnologias, os dados e a infraestrutura necessários. Parques tecnológicos se tornam plataformas para inovação e ativos geopolíticos estratégicos.



DEMANDA ENERGÉTICA

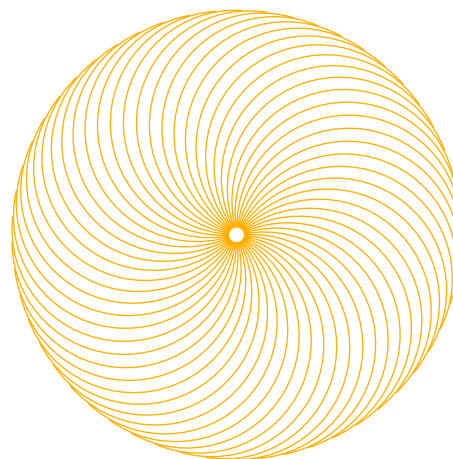
A inteligência artificial elevou a carga elétrica a um nível que pressiona redes e transforma energia em uma licença essencial para operar. A fragilidade da malha energética de alguns países é exposta pela intensa demanda de computação, que cresce mais rápido que a expansão de geração e transmissão. Na Europa, a **nova diretiva de eficiência criou obrigações de monitoramento e relatório para data centers** e determinou uma base comum de indicadores de uso de energia e água. Nos EUA, o aumento acelerado da demanda eleva os preços nos mercados de energia, um sinal de que a rede precisa de reforços para segurar picos de carga.

RUPTURAS



REGULAÇÃO TECNOLÓGICA

Os países passaram a definir como a IA deve ser desenvolvida e usada e, com isso, influenciam também quais tecnologias e insumos serão adotados. A lei de IA europeia (AI Act) estabeleceu **regras harmonizadas para desenvolvimento e uso, com requisitos proporcionais ao risco**. Isso redefine práticas de projeto, validação, auditoria e atendimento ao cliente. Em paralelo, o Tratado Europeu de IA do Conselho da Europa inaugurou um padrão jurídico internacional com foco em direitos humanos, democracia e Estado de Direito. O tratado cria princípios que atravessam todo o ciclo de vida da tecnologia e ajuda a alinhar políticas nacionais.



PARQUES TECNOLÓGICOS NACIONAIS

Governos passaram a fomentar parques tecnológicos domésticos com energia limpa contratada, licenciamento ágil, conectividade internacional e governança de dados desde o desenho. O Brasil entrou nessa corrida. O BNDES e a Prefeitura do Rio firmaram acordo para **desenvolver um hub de data centers e o governo federal prepara incentivos fiscais para atrair investimentos com uso obrigatório de energia renovável**. Parques com esse perfil conectam indústria de energia, fabricantes de equipamentos, provedores de nuvem e universidades, geram empregos qualificados e reduzem a distância entre pesquisa e aplicação.

MICROTEMAS

MICROTEMAS

**GOVERNANÇA
TECNOLÓGICA**

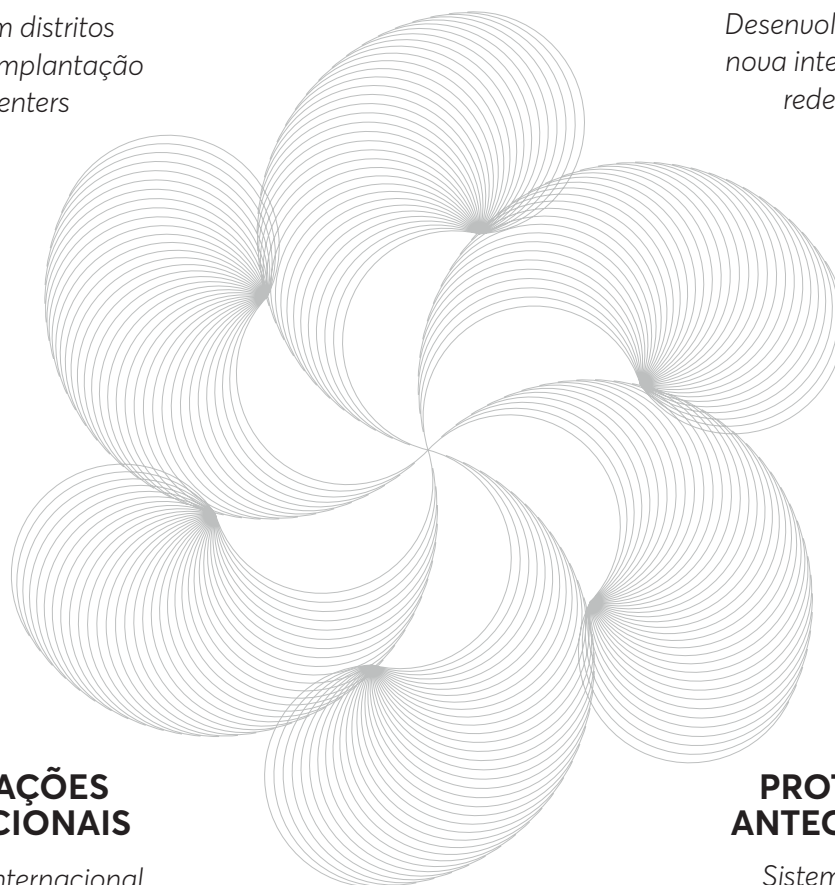
*Cidades criam distritos
digitais para a implantação
de data centers*

**LIDERANÇA
ENERGÉTICA**

*Parcerias para fornecimento de
energia vira moeda geopolítica*

**COMPUTAÇÃO
REPROGRAMADA**

*Desenvolvimento de uma
nova internet a partir das
redes quânticas*

**COOPERAÇÕES
TRANSNACIONAIS**

*Coordenação internacional
estabelece padrões,
transparência e governança
para inovação tecnológica*

**COMPONENTES
ESTRATÉGICOS**

*Investimentos impulsionam
inovação, capacitação e
competitividade na cadeia
de semicondutores*

**PROTOCOLOS
ANTECIPATÓRIOS**

*Sistemas preditivos
para confiança digital,
conectando inovação e
governança responsável*

01

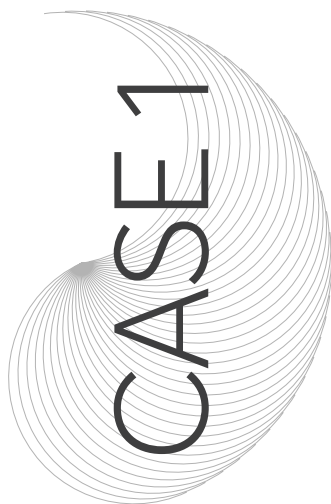
GOVERNANÇA TECNOLÓGICA

TECNOCRACIA

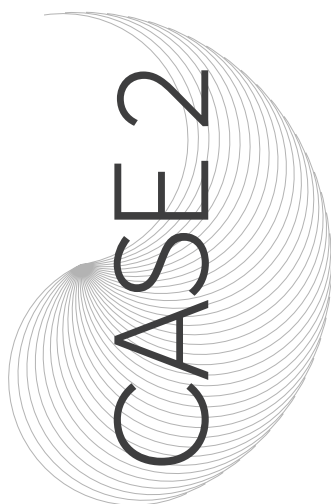
ROBOTECNIA

SENSORIUM

Diante da corrida para desenvolver infraestruturas tecnológicas, cidades redesenham sua estratégia de atração para data centers. Pacotes de estímulos eficazes combinam três frentes: preparação territorial (com disposição de espaço e energia), velocidade regulatória (licenciamentos e avaliações ambientais) e estabilidade econômica (isenções e financiamentos). Os acordos envolvem contrapartidas como: metas de eficiência, gestão hídrica e reaproveitamento do calor. Ao vincular implantação dos data centers a investimentos locais, há um grande debate sobre a preservação dos recursos e da qualidade de vida da região. *Para acelerar e qualificar essa agenda, uma saída é mapear áreas com vocação logística e ampliar a participação de fontes renováveis.* Programas de capacitação técnica podem formar talentos locais e reduzir a rotatividade. Ao planejar distritos digitais, o poder público conecta data centers a hubs de inovação, startups e universidades, multiplicando efeitos econômicos. *Usos criativos do calor residual podem aquecer estufas, piscinas e redes prediais.* Indicadores claros de consumo hídrico, carbono e empregos ajudam a acompanhar impactos, mantendo o desenvolvimento equilibrado e sustentável. Para conjugar retorno significativos, atração de investimento e inovação contínua é preciso implementar governança de dados, transparência fiscal e metas públicas.



O Rio de Janeiro ***quer se tornar um dos dez maiores polos de inteligência artificial do mundo até 2032.*** Essa é a ambição do projeto Rio AI City, que prevê a construção de um complexo de data centers, operando exclusivamente com energia limpa e renovável. A iniciativa, liderada pela Elea Data Centers e apoiada pela Prefeitura do Rio, pretende atrair bilhões de dólares em investimentos, gerar mais de 10 mil empregos qualificados e consolidar a cidade como referência global em infraestrutura digital.



A Digital Realty e a Oxford Quantum Circuits anunciaram o ***lançamento do primeiro data center Quantum-AI na cidade de Nova York,*** construído com superchips NVIDIA. A ideia é integrar computadores quânticos supercondutores e supercomputação de inteligência artificial em um só lugar, criando um centro de dados desenvolvido para a era da IA quântica. Essa iniciativa permite que as empresas acessem um ambiente de integração tecnológica que permite geração de dados mais eficiente e aplicações transformadoras em finanças e segurança.

02

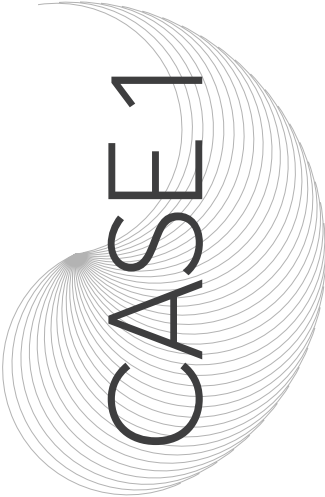
LIDERANÇA ENERGÉTICA

TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

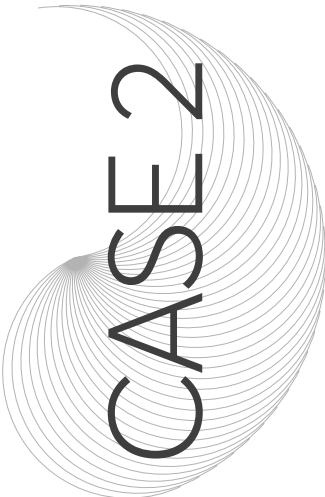
SENSORIUM

A aceleração da inteligência artificial está convertendo energia em vantagem competitiva. Data centers de alto desempenho pressionam redes que já operam no limite em grandes centros urbanos. Países e estados disputam investimentos oferecendo infraestrutura, incentivos fiscais e processos de licenciamento mais rápidos. Nesse novo ciclo de expansão, o desafio é conciliar sustentabilidade, segurança energética e velocidade de implantação. Para sustentar o avanço das novas tecnologias, formou-se uma corrida por megawatts que reorganiza mapas de localização e cadeias de suprimentos. Projeções apontam que a demanda elétrica de data centers deve dobrar nesta década, puxada por IA generativa e computação de alto desempenho. ***Empresas de tecnologia vêm estreitando parcerias com fornecedores de energia para viabilizar o atendimento à alta demanda.*** Ganham espaço fontes de energia de baixa emissão, como nuclear e hidrelétricas, combinadas a eólica e solar, equilibrando custo, confiabilidade e pegada de carbono. Governos, por sua vez, ajustam regras para acelerar linhas de transmissão e simplificar licenças, enquanto reguladores vinculam benefícios a eficiência e desempenho climático. No tabuleiro global, vencem os territórios capazes de tornar energia limpa, previsível e rapidamente disponível, pré-requisito estratégico para inovação em ampla escala.



CASE 1

A Meta anunciou que fechou um acordo com a Constellation Energy para **manter um dos reatores da concessionária operando por 20 anos**, no primeiro acordo desse tipo firmado pela empresa com uma usina nuclear. O Estado de Illinois ajuda a subsidiar a usina nuclear da Constellation, por meio de um programa de emissões zero, que recompensa a geração de energia praticamente livre de carbono. Esse programa expira em 2027, quando o contrato de compra de energia da Meta passará a apoiar a usina no relicenciamento e nas operações. O acordo também permite que a Constellation aumente a capacidade da usina.



CASE 2

O Google fechou um contrato de compra de energia com a Kairos Power, empresa de tecnologia nuclear, com entrega pela Tennessee Valley Authority, **para alimentar seus data centers no Tennessee e no Alabama com eletricidade nuclear limpa e contínua**. A usina envolvida no acordo deve ampliar a potência de 28 para 50 MW e começar a operar em 2030. A meta conjunta é chegar a 500 MW até 2035, barateando e acelerando o fornecimento firme e sem carbono.

03

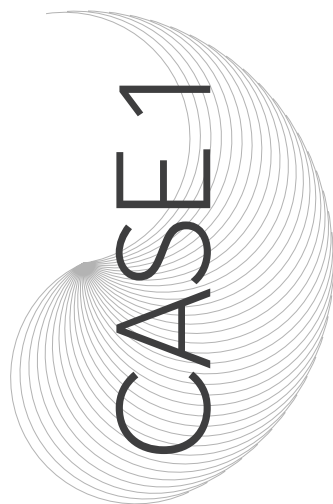
COMPUTAÇÃO REPROGRAMADA

Investimentos em pesquisa quântica deixaram de ser apostas distantes para virar estratégia de Estado e de mercado. Universidades, empresas e governos convergem para um objetivo comum: *construir redes quânticas capazes de interligar processadores, sensores e memórias de forma segura, abrindo caminho para uma nova camada da internet*. Tais projetos aceleram a transição do laboratório para a infraestrutura crítica. Essa corrida não substitui a internet clássica, ela a complementa com funcionalidades inéditas, como distribuição de chaves invioláveis, sincronização ultra precisa e computação distribuída entre máquinas. O resultado é um ecossistema mais robusto, que envolve interoperabilidade, escalabilidade e retorno econômico de longo prazo. Somado a isso, o risco de invasões e sequestros de dados é reduzido, aumentando a segurança de integridade de dados, tornando os sistemas praticamente invioláveis. Sendo assim, *a internet quântica poderá atuar em campos que vão de transações bancárias a questões de segurança nacional*. Por outro lado, as tecnologias quânticas ainda precisam resolver alguns desafios, como o desenvolvimento de interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes, ou seja, se os dados poderão ser lidos em diferentes aparelhos. Outro desafio é a questão da transmissão, ainda muito suscetível a variações por vibrações, temperatura e outras condições climáticas.

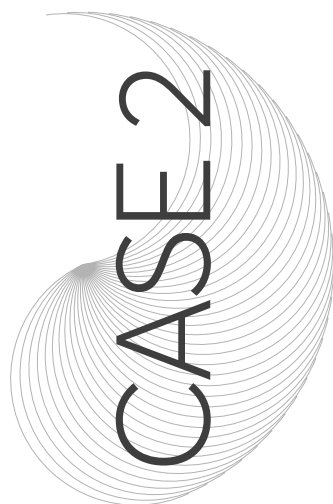
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



Pesquisadores da Universidade de Ciência e Tecnologia da China **revelaram um novo protótipo de computador quântico supercondutor**, o Zuchongzhi-3, que estabelecerá as bases para uma nova era de processadores. Os cientistas chineses dizem que o computador quântico opera a uma velocidade um quatrilhão de vezes mais rápida que o supercomputador mais rápido disponível atualmente. O processador também foi considerado um milhão de vezes mais rápido que o último experimento do Google.



Em um experimento inédito, engenheiros da Escola de Engenharia e Ciências Aplicadas da Universidade da Pensilvânia trouxeram **redes quânticas do laboratório para cabos de fibra óptica comerciais usando o mesmo Protocolo de Internet que alimenta a internet atual**. O trabalho mostrou que sinais quânticos frágeis podem ser executados na mesma infraestrutura que transporta o tráfego online diário. A equipe testou sua abordagem na rede de fibra óptica do campus da Verizon. Essa abordagem pode abrir caminho para uma futura internet quântica, que os cientistas acreditam que um dia poderá ser tão transformadora quanto o início da era online.

04

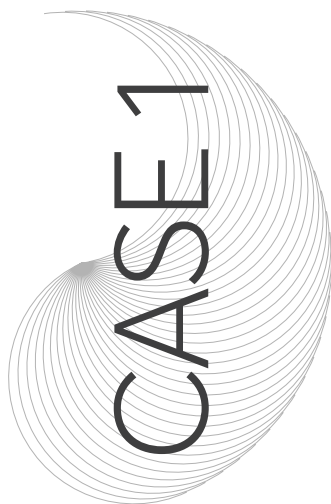
PROTÓCOLOS ANTECIPATÓRIOS

Governos e empresas estão adotando protocolos preditivos para reduzir a assimetria entre a velocidade das novidades tecnológicas e a capacidade institucional de resposta. O núcleo desses protocolos combina três camadas: análise contínua de sinais fracos e modelagem de cenários, testes de risco e auditorias independentes, além de mecanismos de mitigação rápida. **O objetivo é transformar incerteza em rotinas: mapear riscos sistêmicos, estabelecer limites operacionais e padronizar evidências para fiscalização.** Em tecnologias de uso geral, como inteligência artificial, isso se traduz em exigências de transparência sobre protocolos de segurança, proteção das propriedades intelectuais, relatórios de falhas e salvaguardas para denunciantes de eventuais irregularidades e vieses. Já no âmbito da segurança digital, a migração para algoritmos pós-quânticos entra no calendário de resiliência, apesar da computação quântica ainda possuir um caráter mais experimental, levando em conta os riscos futuros que os computadores quânticos podem trazer às criptografias atuais. Entre instituições reguladoras, observa-se a convergência para criação de códigos de prática éticas e de métricas de risco, reduzindo incertezas para inovação responsável. Protocolos preditivos não anulam o imprevisível, mas encurtam o caminho entre o alerta e a ação.

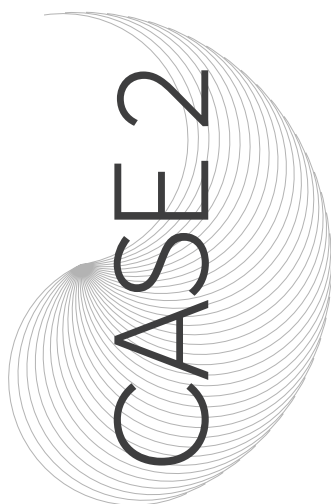
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



As assinaturas digitais utilizadas na plataforma Gov.br, responsável por concentrar os serviços digitais do governo federal, passarão por uma atualização significativa. A medida **vai introduzir a tecnologia de computação pós-quântica, com o objetivo de proteger os dados dos brasileiros** frente aos avanços esperados nos próximos anos no campo da computação quântica, que não substitui diretamente os modelos atuais de criptografia, mas impõe a necessidade de novos mecanismos e testes de segurança. A principal preocupação está no fato de que computadores quânticos terão a capacidade de quebrar os sistemas criptográficos atuais.



A Califórnia aprova lei de segurança (AI Safety Law) exigindo transparência de grandes companhias. A nova lei determina que **as principais empresas de inteligência artificial devem divulgar publicamente seus protocolos de segurança e proteção** de forma redigida para proteger a propriedade intelectual. Elas também devem relatar incidentes críticos de segurança, incluindo ameaças de armas ativadas por modelos, grandes ataques cibernéticos ou perda de controle. A legislação também estabelece proteções para denunciante que revelem evidências de perigos ou violações. A lei exige que as empresas relatem casos em que os sistemas de IA se envolvem em comportamento perigoso e enganoso durante os testes.

05

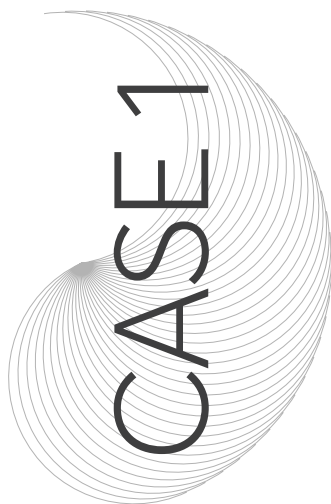
COMPONENTES ESTRATÉGICOS

TECNOCRACIA

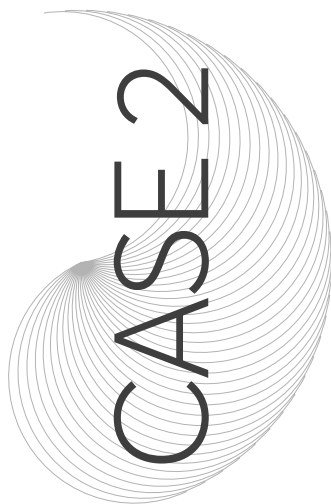
ROBOTECNIA

SENSORIUM

Um novo ciclo de investimento em pesquisa e desenvolvimento redefine o mercado de chips. Governos e empresas avançam em diversas frentes: de incentivos pontuais para estratégias de ecossistema, conectando design, fabricação e serviços. Países se organizam para novas políticas de semicondutores, com foco em acelerar aprovações de novas licenças de uso, expandir orçamento dedicado a essas políticas e fortalecer competências estratégicas críticas ao longo da cadeia. Já aqueles com grandes reservas de terras raras também se preparam para desenvolver programas específicos. *O objetivo é garantir a prospecção com ganhos econômicos significativos em atividades que englobariam toda a cadeia da mineração, desde os processos de extração dos minérios, passando pelo beneficiamento desses materiais, até a fabricação dos componentes de alta tecnologia.* Em paralelo, a corrida por supercomputadores de inteligência artificial expõe a natureza sistêmica do setor: a cadeia de suprimentos é complexa e exige as tecnologias mais avançadas de fabricação, montagem e teste. Para capturar oportunidades estratégicas, é decisivo antecipar gargalos, qualificar pessoas e fidelizar fornecedores-chave. Ao alinhar incentivos públicos e privados, o setor amplia a presença global e fortalece a segurança econômica.



Todos os estados-membros da União Europeia entraram em uma coalizão de chips liderada pela Holanda que está pressionando por revisões na Lei de Chips da UE. Todos os ministros da UE **concordaram que a estratégia industrial da Europa deve se adaptar às crescentes tensões geopolíticas no mundo.** Legisladores, grupos industriais e empresas europeus estão pressionando para preencher rapidamente as lacunas na estratégia de semicondutores do continente. A coalizão argumenta que o bloco precisa reformular sua lei para uma iniciativa mais direcionada para garantir tecnologias críticas, acelerar aprovações e aprofundar habilidades e finanças em toda a cadeia de semicondutores.



A empresa NVIDIA está trabalhando com seus principais parceiros de fabricação para **projetar e construir fábricas que, pela primeira vez, produzirão supercomputadores de IA inteiramente nos EUA.** A empresa está organizando espaços para construir e testar chips NVIDIA Blackwell no Arizona e supercomputadores de IA no Texas. Nos próximos quatro anos, a NVIDIA planeja produzir até meio trilhão de dólares em infraestrutura de IA no país. Os supercomputadores são motores de um novo tipo de data center criado com o propósito de processar inteligência artificial.

06

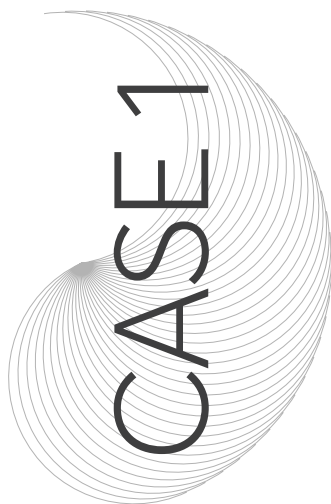
COOPERAÇÕES TRANSNACIONAIS

TECNOCRACIA

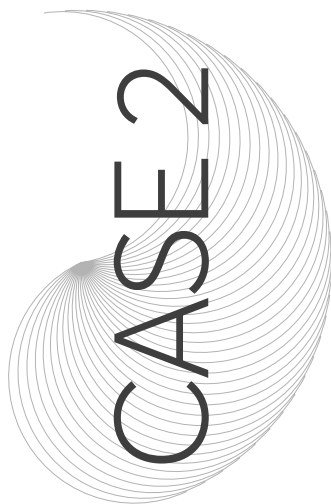
ROBOTECNIA

SENSORIUM

A governança global de inteligência artificial está ingressando numa fase de coordenação prática. Países, blocos regionais e organismos técnicos costuram acordos que combinam princípios de direitos humanos com padrões operacionais, como auditorias, trilhas de prestação de contas e métricas de risco comparáveis. ***A meta é transformar diretrizes difusas em regras interoperáveis, capazes de serem transpostas entre jurisdições sem travar a inovação.*** Ganha força uma organização conjunta, com declarações globais que trazem diretrizes gerais; tratados e convenções definindo obrigações mínimas, e normas técnicas que criam uma língua comum para avaliação de risco e transparência algorítmica. Em paralelo, cresce a aposta em mecanismos científicos independentes para avaliar impactos, orientar políticas e alinhar expectativas entre Estados, empresas e sociedade civil. Essa coordenação não elimina tensões. Há disputa sobre soberania digital e acesso a modelos e dados. Ainda assim, delineia-se um núcleo de convergência: princípios de abertura responsável, inclusão, segurança, governança de dados com recortes setoriais, e cooperação para capacitar países com menor infraestrutura. Para governos e empresas, é cada vez maior a demanda para se adaptar a processos de conformidade a múltiplas jurisdições e participar ativamente da definição de padrões regulatórios.



A Assembleia Geral das Nações Unidas adotou por consenso uma resolução **estabelecendo novos mecanismos para fortalecer a cooperação internacional em governança de inteligência artificial**: o Painel Científico Internacional Independente sobre IA e o Diálogo Global sobre Governança de IA. A adoção reflete amplo apoio da comunidade internacional e um compromisso de trabalhar coletivamente em torno de princípios compartilhados para o desenvolvimento e uso responsáveis da inteligência artificial. Essa iniciativa é um marco no processo do Pacto Digital Global, aprovado durante a Cúpula do Futuro, e representa um passo decisivo na promoção do uso seguro, ético e inclusivo da IA em escala global.



Durante a Cúpula para a Ação sobre Inteligência Artificial, 61 países **firmaram uma declaração conjunta estabelecendo compromissos para o desenvolvimento de uma IA aberta, inclusiva e ética**. Os signatários do documento também defenderam um fortalecimento da governança da IA por meio de um diálogo global e pediram que se evite uma concentração de mercado para tornar essa tecnologia mais acessível. Dois marcos importantes foram anunciados: a criação de um observatório, sob comando da Agência Internacional de Energia, que monitorará o impacto energético da IA, e a formação de uma coalizão para IA sustentável, que busca integrar as principais empresas do setor tecnológico.

DESAFIOS

○ PREVISIBILIDADE ENERGÉTICA

A proliferação de data centers transformou a energia em insumo estratégico. Para isso é necessário garantir fornecimento contínuo, limpo e com preço acessível, no ritmo que as inovações tecnológicas chegam ao mercado. Isso demanda combinação de fontes de energia confiáveis, modernização da rede, ampliação rápida das linhas de transmissão e uso responsável da água. Sem previsibilidade, data centers atrasam, custos sobem e regiões perdem investimentos para lugares com energia disponível e regras claras.

○ DEPENDÊNCIA DIGITAL

Com o avanço do uso de tecnologias digitais na gestão pública e privada, há o risco de regiões e empresas se tornarem consumidoras passivas de infraestrutura externa. Com isso, tornam-se vulneráveis a decisões de governos e empresas estrangeiros, assim como seus dados armazenados em nuvens externas podem ser controlados e vazados.

○ IMPACTO AMBIENTAL

A instalação de parques tecnológicos e data centers sem a regulamentação ambiental adequada pode gerar sobrecarga das fontes energéticas e aumentar o consumo de água para resfriamento, principalmente em localidades com temperaturas elevadas. Tais centros podem aumentar ainda mais o risco socioambiental das regiões, principalmente nas que já são vulneráveis e mais atingidas por eventos extremos.

OPORTUNIDADES

○ ESPAÇOS DE SOBERANIA TECNOLÓGICA

Desenvolver e investir em parques tecnológicos locais, que irão possibilitar que governos e empresas tenham autonomia para criar e controlar suas próprias tecnologias. Isso significa não apenas a construção de data centers, mas a gestão de dados e de seus tratamentos para garantir maior segurança digital e autonomia, além de promover o desenvolvimento econômico e social da região.

○ INTEGRAÇÃO DIGITAL E AGENDAS VERDES

Incentivar a capacidade do Brasil no uso de energias limpas e investir em data centers sustentáveis, com o menor impacto socioambiental possível. Também considerar dados ambientais como estratégicos, apoiando pesquisas para desenvolver produtos digitais verdes, como sistemas de monitoramento ambiental, tecnologias de blockchain, entre outros.

○ REDUÇÃO DA VAZÃO DE DADOS

Criar tecnologias nacionais e ferramentas próprias para o uso das empresas para reduzir o volume de dados que são captados, transmitidos e tratados por sistemas digitais de outras empresas, especialmente as estrangeiras. O uso de redes de computação de borda, ou seja, o processamento de dados o mais próximo possível de onde ele é coletado, reduz a dependência de nuvem centralizada e aumenta a velocidade de processamento.

POSSIBILIDADES DE AÇÃO

E SE SUA EMPRESA...

1. Contratasse serviços de gestão e armazenamento de dados desenvolvidos por empresas nacionais?

Ao buscar parceiros brasileiros para estes serviços, sua empresa irá contribuir para o desenvolvimento econômico local e garantindo que seus dados, de seus clientes e de seus parceiros estarão sob as regulamentações do Brasil, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

2. Investisse na integração entre tecnologias de gestão administrativa e soluções para diminuir o impacto ambiental de suas operações?

Integrar as ferramentas de gestão e governança com o processo de tornar a empresa mais adequada às normas ambientais e de empresa verde, usando novas tecnologias para reduzir consumo de energia, emissões de carbono, entre outros.

3. Firmasse parcerias de incentivo à pesquisa e inovação com sua rede local?

Para que um país e suas empresas tenham independência tecnológica, é preciso investir em pesquisa de novos produtos e tecnologias. Esse incentivo também pode vir de parcerias entre empresas e setores públicos, como universidades e instituições de pesquisa científica que podem ser aplicadas ao mercado.

ÍNDICE GLOBAL



Aponta índice de força alto porque há forças simultâneas em várias frentes: contratos energéticos de longo prazo e de grande porte (nuclear, hídrica e renováveis); corrida por data centers com aceleração regulatória; reorganização do mercado de chips e minerais críticos em políticas industriais; além de marcos de governança internacional que começam a padronizar práticas (auditorias, métricas de risco). Essa combinação eleva prontidão (pilotos virando operação) e amplitude (muitos players e países).

FORÇA DOS SINAIS

Nível atual de presença no mercado

ÍNDICE BRASIL



O índice de inserção brasileiro reflete um quadro misto: ambições relevantes (ex: complexos de data center 100% renováveis e iniciativas estaduais) e alguns pilotos em tecnologias estratégicas (quânticas), mas ainda com dispersão geográfica limitada, poucos players locais por tema e políticas/setups em implantação, não em escala. Sinais consistentes, porém, desbalanceados quando comparados ao avanço global médio.



ROBOTECNIA

PONTOS CENTRAIS:

Robotização | Trabalho | Recapacitação

O mundo do trabalho sendo redesenhado pela conjunção entre a disseminação da robótica e uma nova pirâmide demográfica

A inteligência artificial está reconfigurando o processo de entrada do mercado de trabalho. Em alguns países, nota-se uma redução nas vagas para iniciantes e maior competição por posições de início de trajetória profissional, à medida que parte das tarefas migra para assistentes de IA. Nesse rearranjo, o processo de construção de carreiras começa a ser redesenhado.

Na ponta operacional, cadeias de comércio, logística e manufatura intensificam a automação física, envolvendo a utilização cada vez maior da robótica. Projetos-piloto com agentes físicos e digitais avançam, mas a adoção é gradual e varia conforme maturidade tecnológica e exigências regulatórias. ***Em sociedades cuja pirâmide demográfica está invertida, a automação se torna uma resposta direta à escassez de mão de obra.***

Em paralelo, surgem contrapesos institucionais e novos arranjos de valor: negociações sobre direitos autorais, diretrizes para uso responsável e instrumentos de fomento à infraestrutura e à qualificação. Esses vetores moldam a difusão da IA e a criação de empregos qualificados.

Na educação e formação profissional, discute-se as melhores práticas e os limites do uso da tecnologia. Simulações imersivas, gêmeos digitais e treinamentos com óculos de realidade aumentada e virtual permitem praticar procedimentos complexos com segurança, enquanto assistentes de IA oferecem feedback imediato, registram evidências de aprendizagem e personalizam trilhas. ***Letramento de dados e de prompt e segurança e ética no uso de IA passam a compor a base, ao lado de especializações técnicas.***

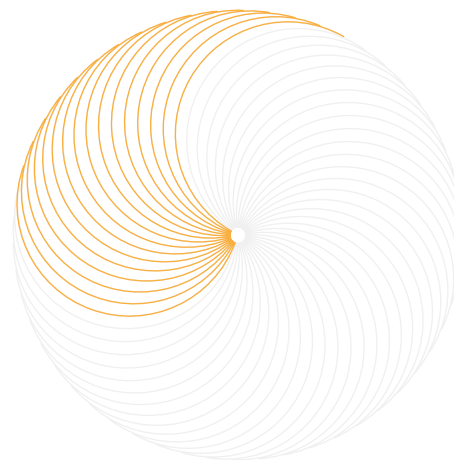
Esse cenário apresenta um mercado de trabalho com menos tarefas de base para treinar iniciantes, mais agentes de IA integrados aos processos, estruturas mais leves nas áreas de suporte e uma nova economia de competências. Isso demanda um redesenho nas formações, integração de novos profissionais e progressão de carreira para um mundo em que a IA não substitui o humano, mas redefine o que significa começar, aprender e crescer dentro das empresas.

A INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL **REDEFINE A
ENTRADA NO TRABALHO:**
MENOS TAREFAS DE
BASE, AUTOMAÇÃO
CRESCENTE E
EDUCAÇÃO IMERSIVA,
EXIGINDO NOVAS
COMPETÊNCIAS
E CARREIRAS
RECONFIGURADAS.

RUPTURAS

A macrotendência Robotecnia surge de movimentos que combinam IA e robótica com questões demográficas, redesenhando formação, carreiras e produtividade em múltiplos setores.

Automação vira estratégia industrial para produtividade e mitigação do déficit de mão de obra. Ao regulamentar segurança, responsabilidade e integração humano-máquina, países e setores moldam arquiteturas de fábrica, competências e investimentos em robôs e simulações. Ambientes de ensino corporativo se tornam infraestrutura crítica para escalar a demanda de requalificação contínua.

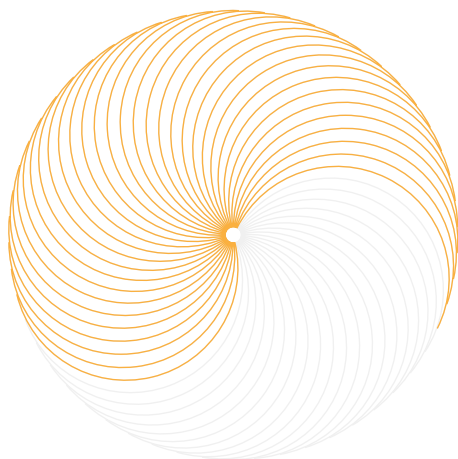


LIMITAÇÕES DEMOGRÁFICAS E DEMANDAS DE TRABALHO

O envelhecimento populacional e a escassez de profissionais para funções mais técnicas aceleram a automação em diversos setores da economia.

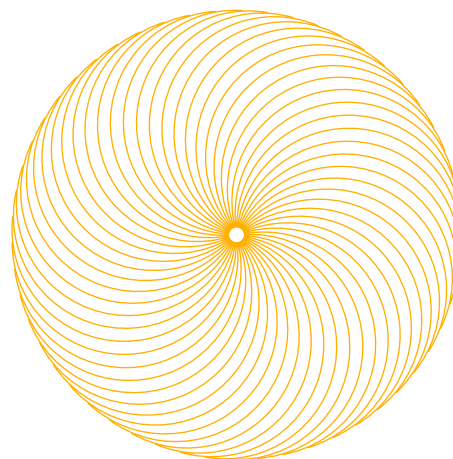
A logística em países com a população economicamente ativa reduzida robotiza armazéns para manter capacidade e a alta eficiência. Humanoides avançam para preencher lacunas operacionais, em países como Japão, Reino Unido, EUA e Índia. Na saúde, países adotam inteligência artificial e robôs para prevenção e cuidado de idosos. No setor de energia e na indústria, inspeções autônomas feitas por drones reduzem deslocamentos, custos e riscos, com ganhos de produtividade.

RUPTURAS



LOGÍSTICA AUTÔNOMA

Modelos generativos, visão computacional e simulação aceleraram projetos pilotos com agentes físicos e digitais, enquanto ofertas robóticas, como serviço especializado e integração avançada a sistemas reduziram o tempo de implantação de novas estruturas fabris. A adoção avança por diferentes setores, modulada por segurança e regulação. **Modelos de IA conseguem ler plantas de fábricas, identificam gargalos nos processos produtivos e sugerem novos desenhos de manufatura.** No Brasil, um projeto de universidade federal mostra como a produtividade da indústria pode aumentar com a adoção de tecnologias 4.0.



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL REDESENHANDO CARREIRAS

A combinação de agentes de inteligência artificial cada vez mais capazes com ciclos econômicos incertos está mudando as dinâmicas de entrada e de permanência no mercado de trabalho. **Algumas tarefas de base já estão sendo substituídas por sistemas generativos.** Além disso, mesmo os jovens que saem formados pelas melhores universidades do mundo, como Harvard, estão identificando uma redução de vagas para posições júnior. Paradoxalmente, um dos setores mais atingidos é o próprio setor de tecnologia, no qual o uso da IA vem dispensando profissionais recém-formados em funções de programadores iniciantes.

MICROTEMAS

MICROTEMAS

ECOLOGIA MAQUÍNICA

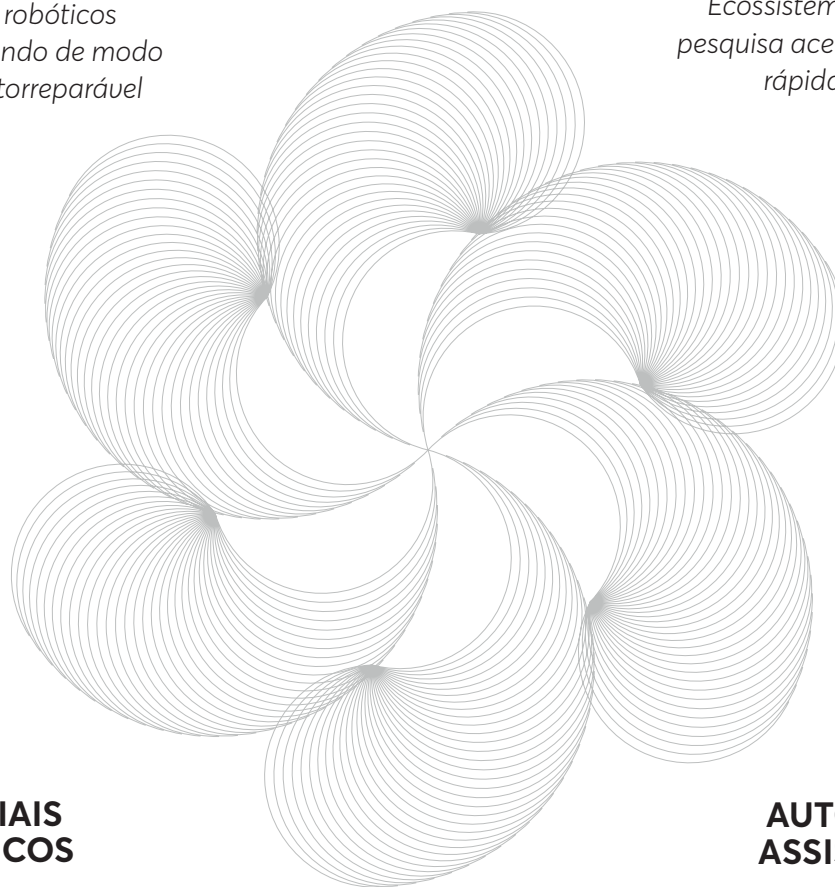
*Ecossistemas robóticos
modulares, operando de modo
autônomo e autorreparável*

FÁBRICAS INTELIGENTES

*Sensores, máquinas, pessoas
e sistemas constroem novas
estruturas industriais*

LABORATÓRIOS MULTIRROBÔS

*Ecossistemas autônomos de
pesquisa acelerando descobertas
rápidas e eficientes*



MATERIAIS ROBÓTICOS

*Metamateriais autorreparáveis
calculam, atuam e se
reconfiguram com precisão*

RECAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA

*Requalificação contínua torna
empresas organismos aprendizes,
fluentes com máquinas*

AUTOMAÇÃO ASSISTENCIAL

*Robótica ampliando serviços
essenciais, apoiando saúde,
logística e cuidado*

01

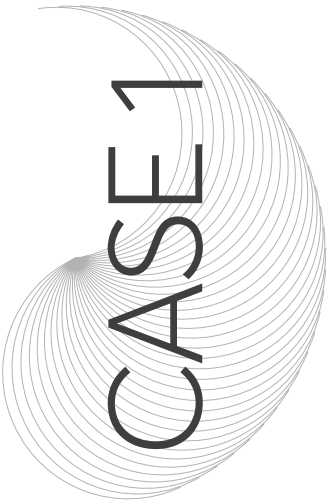
ECOLOGIA MAQUÍNICA

Está acontecendo um ponto de virada no contexto das máquinas, que deixam de ser objetos isolados e passam a formar sistemas quase totalmente autônomos, como um organismo ou um ecossistema que aprendem juntas e se mantêm em funcionamento quase sem intervenção humana. *São robôs que se abastecem de energia, trocam peças e se reorganizam de forma automática para continuar operando, mesmo quando ocorre alguma falha.* As bases desse movimento incluem, em primeiro lugar, uma morfologia adaptativa, com módulos que se conectam e se separam, dando nova forma aos robôs e às plantas fabris. Esses novos ecossistemas também preservam seus desempenhos em situações imprevistas. Em segundo, possuem comportamento coletivo, com negociação de rotas e compartilhamento de dados em tempo real, tornando operações mais rápidas e resilientes. Por fim, dispõem de autonomia persistente, ou seja, que engloba um planejamento de longo prazo através de ferramentas de inteligência artificial, além da recarga e troca de módulos, que permitem operações com menos paradas. O resultado é um ciclo metabólico: unidades que crescem, se reparam e redistribuem capacidades conforme a demanda.

TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

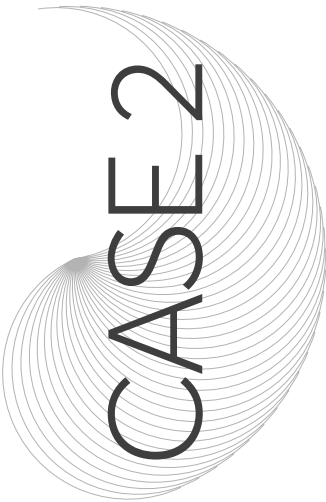
SENSORIUM



CASE 1

A empresa chinesa UBTech apresentou o Walker S2, o primeiro robô humanoide capaz de trocar, sozinho, suas baterias. O modelo consegue se aproximar de uma estação, remover a bateria esgotada e inserir outra em cerca de três minutos, sem desligar e sem a ajuda de operadores humanos. O robô operário então retorna à linha de montagem e é capaz de funcionar de forma autônoma enquanto houver baterias novas disponíveis. Essa tecnologia elimina paradas para recarga e amplia a disponibilidade, reduzindo custos de manutenção e aumentando a eficiência nas linhas de produção.

O foco inicial são tarefas repetitivas em manufatura, manuseio, como inspeção de qualidade, solda e pintura.



CASE 2

Pesquisadores da Universidade de Columbia apresentaram um processo chamado metabolismo robótico, que permite a máquinas crescerem fisicamente ao integrar peças do ambiente ou de outros robôs. ***O conceito viabiliza estruturas que se auto-organizam, se reparam e melhoram seu desempenho.*** A novidade aponta para ecologias robóticas autossustentáveis, redefinindo o conceito de autonomia maquínica, trazendo uma abordagem mais flexível à condição física dos robôs. Pesquisadores vislumbram futuras ecologias robóticas, nas quais as máquinas se manterão de forma independente, crescendo e se adaptando a tarefas e ambientes imprevisíveis. A iniciativa pode ter aplicações em resgate de desastres e exploração espacial.

02

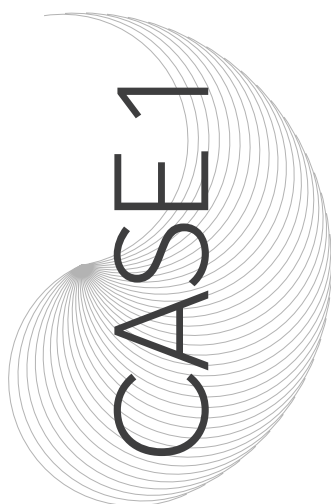
FÁBRICAS INTELIGENTES

O avanço da manufatura envolve ambientes conectados que combinam inteligência artificial, automação, visão computacional, internet das coisas e gêmeos digitais para transformar dados em decisões na velocidade da produção fabril. *O diferencial não é só o algoritmo, mas a combinação de diferentes ferramentas, como sensores, máquinas, pessoas e sistemas, que permite o funcionamento adequado de todos os processos.* Quando esse processo consegue ser operacionalizado de forma eficiente, unindo tecnologia, processos e pessoas, a manutenção se transforma em processo preditivo. Além disso, a qualidade é inspecionada continuamente e a logística flui com rastreabilidade e eficácia. Esse percurso envolve conectividade, como redes 5G, plataformas interoperáveis, avanços em IA, padronização, automação de fluxos, requalificação, novas rotinas que combinam operação e análise. Gêmeos digitais entram como cérebro de simulação e melhoria contínua, um mercado em forte expansão. E o 5G, agora maduro, habilita decisões mais rápidas e redes privadas mais confiáveis na fábrica. Como ganhos, são esperados: menos paradas, mais rendimento, menos desperdício e impacto ambiental menor. O objetivo final é uma fábrica conectada, adaptativa e resiliente, capaz de personalizar o volume de produção, reagir a mudanças bruscas de oferta e competir em mercados voláteis.

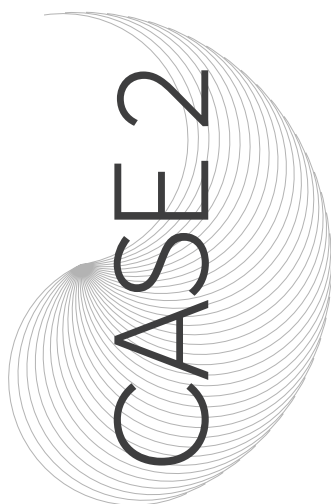
TECNOCRACIA

ROBOTICIA

SENSORIUM



Na planta de motores elétricos da Siemens na Alemanha, foi construído um **armazém totalmente automatizado, projetado e simulado com gêmeo digital**, que eleva a logística a um novo patamar. O sistema integra informações operacionais com programas de gestão, abastecendo a produção de forma autônoma, um passo em direção à fábrica orientada a dados. O gêmeo digital oferece dados para embasar decisões estratégicas, como a forma ideal de armazenamento e a de produção e separação de pedidos, o que otimiza layout, fluxos e testes, reduzindo erros e custos. Esse sistema logístico é um investimento da empresa para construir avanços na Indústria 4.0.



O Centro de Pesquisa em Autonomia para STEAHM da Universidade Estadual da Califórnia, com o apoio da Fundação Nacional de Ciências dos EUA, desenvolveu o MaVila, o nome representa uma abreviação de Manufatura, Visão e Linguagem. O modelo opera como um assistente inteligente, **que analisa o interior da fábrica, entende o que está acontecendo e oferece maneiras de resolver problemas, tornando a fabricação mais inteligente, segura e competitiva**. A ferramenta analisa imagens de peças, descrevendo defeitos em linguagem simples, sugerindo correções e até mesmo se comunicando com máquinas para realizar ajustes automáticos. O objetivo é criar sistemas de manufatura mais inteligentes e adaptáveis.

03

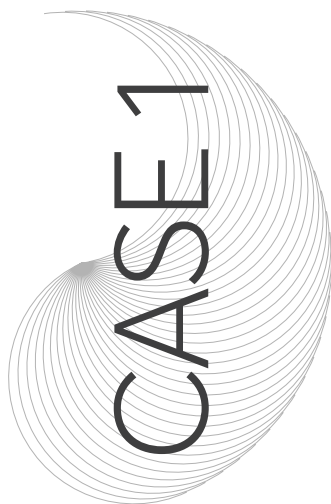
LABORATÓRIOS MULTIRROBÔS

Modelos laboratoriais com autonomia ganham protagonismo como infraestrutura de pesquisa, capaz de acelerar o processo de descoberta, validação e produção. Nesses ambientes, múltiplos braços, veículos e módulos analíticos operam em paralelo, orquestrados por inteligência artificial, para explorar espaços experimentais com segurança e rastreabilidade. *A combinação de execução contínua, aprendizado ativo e instrumentação reconfigurável eleva o rendimento e a qualidade dos dados, permitindo ciclos mais curtos de hipóteses e decisões mais informadas.* Relatos recentes indicam ganhos de ordem de magnitude em coleta de dados, eficiência de processos e uso de insumos, ao mesmo tempo que diminuem custos e impacto ambiental. Em paralelo, avanços em orquestração de múltiplos robôs e em robótica de enxame ampliam a coordenação entre agentes, reduzindo tempos e melhorando a resposta a falhas. Assim, laboratórios autônomos reportam ganhos significativos em suas descobertas ao combinar experimentação contínua, aprendizado ativo e instrumentação reconfigurável. O modelo de mercado de robótica em enxame projeta expansão, abrindo caminho à adoção industrial, com a adoção de grupos de robôs que, interagindo localmente, geram comportamentos coletivos inteligentes.

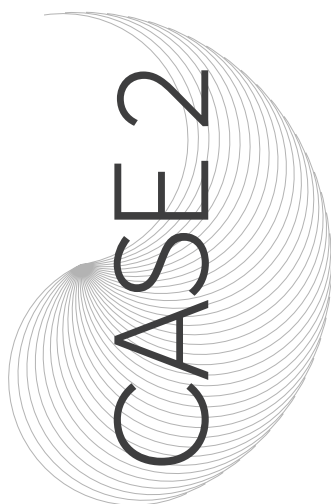
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



Pesquisadores da Universidade Estadual da Carolina do Norte revelaram o Rainbow, **um laboratório autônomo multirrobô pioneiro que descobre, de forma autônoma, pontos quânticos de alto desempenho**, nanopartículas semicondutoras essenciais para telas de última geração, células solares, LEDs e tecnologias de engenharia quântica. Combinando robótica avançada com inteligência artificial, o sistema pode conduzir e analisar até 1.000 experimentos por dia sem intervenção humana, acelerando significativamente o ritmo da descoberta de materiais. Após encontrar a receita ideal, o Rainbow muda do modo de bancada para produção em escala.



Pesquisadores da Universidade de Chicago apresentaram um projeto interdisciplinar que **está desenvolvendo robôs autônomos guiados por aprendizado de máquina para fabricar materiais quânticos, com foco em escalabilidade**. A equipe busca automatizar a produção de supercondutores raros e difíceis de reproduzir, ampliando o acesso. Como há poucos dados, o sistema usa aprendizado por reforço para ajustar experimentos, acelerar descobertas e expandir aplicações em computação, comunicação e sensores. Trabalhando na intersecção da ciência quântica, ciência dos materiais e manufatura orientada por IA, a pesquisa pode disponibilizar cada vez mais tipos de materiais quânticos para pesquisadores e fabricantes, abrindo oportunidades para inovações e avanços tecnológicos.

04

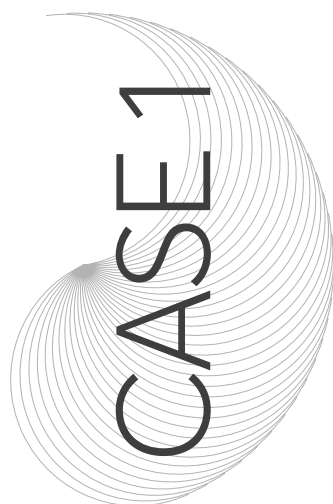
AUTOMAÇÃO ASSISTENCIAL

A adoção coordenada de inteligência artificial, robótica e sensoriamento para sustentar e ampliar serviços essenciais, em áreas como saúde, logística, cuidado e atendimento público, diante de três pressões estruturais: envelhecimento populacional, escassez de mão de obra e metas de eficiência. O pano de fundo demográfico é um grande mobilizador de mudanças: as Nações Unidas projetam aumento da população de mais de 65 anos, alterando a relação entre pessoas em idade ativa e dependentes e exigindo novos arranjos produtivos e de cuidado. No mercado de trabalho, a OCDE destaca uma mudança acelerada no perfil de competências, com o envelhecimento elevando a urgência de requalificação e realocação de trabalhadores. Nessa transição, há uma demanda por investimentos em tecnologias de automação para mitigar gargalos, como diminuição de força de trabalho. *Do lado tecnológico, a maturidade de soluções cresce, a base instalada de robôs industriais atingiu novo recorde e os utilizados em armazéns e cobots em clínicas e na assistência de pessoas idosas ampliam casos de uso.* Na saúde, organismos internacionais apontam o potencial da IA para triagem, detecção precoce e ampliação de acesso a tratamentos, em linha com o desafio global do envelhecimento saudável.

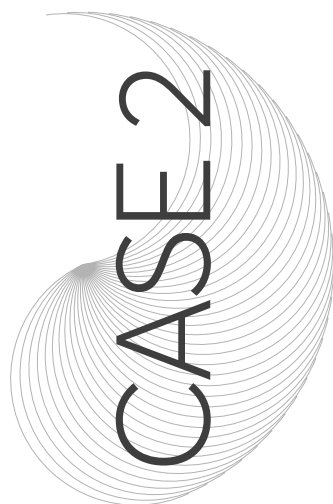
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



Em um Japão que envelhece rapidamente, a logística virou laboratório de automação. Diante da falta de trabalhadores e da pressão por entregas mais rápidas, **armazéns utilizam robôs móveis, braços automatizados e sistemas de IA para coleta de itens, triagem e empacotamento**. O objetivo é manter produtividade e ampliar capacidade sem depender de expansão da força de trabalho. Em seu centro de distribuição perto de Tóquio, a Amazon já conta com robôs que superam o número de funcionários e a capacidade de armazenamento é 40% maior do que a de um depósito comum.



Até 2030, uma em cada quatro pessoas em Singapura terá mais de 65 anos. Diante desse cenário, o governo do país tornou a saúde mental e o bem-estar uma prioridade fundamental na agenda nacional. **Com uma grave escassez de enfermeiros, o sistema de saúde da região está investigando o potencial das ferramentas de inteligência artificial para auxiliar no tratamento preventivo de doenças**. Em um centro do Exército da Salvação, o robô humanoide Dexie conduz exercícios, bingo e cantos. No campo da saúde mental, o SoundKeepers coleta biomarcadores de voz para detectar sinais precoces de depressão em idosos. Há também monitoramento por aprendizado de máquina para quedas e projetos de memórias de vida.

05

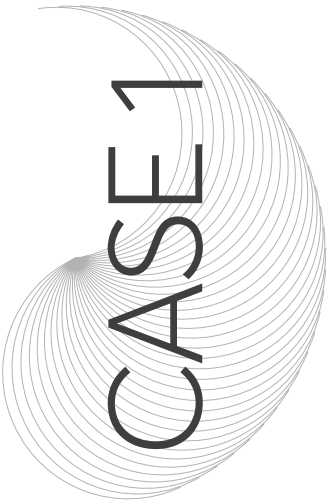
RECAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA

TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

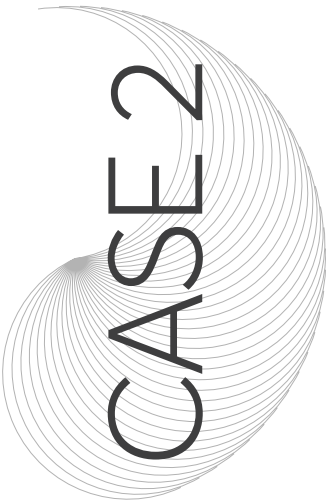
SENSORIUM

Os processos de requalificação em novas tecnologias estão se tornando uma infraestrutura de aprendizagem fundamental para a digitalização das empresas. As capacitações combinam trilhas de aprendizado com recortes específicos para cada função, laboratórios de protótipos, mentoria e comunidades de prática para a implementação da tecnologia. ***Nesse processo, carreiras se reconfiguram, novas funções emergem e áreas inteiras ganham uma linguagem comum para dialogar com as máquinas.*** Em vez de cursos avulsos, são desenvolvidos ecossistemas de aprendizagem contínua, com padrões específicos e embaixadores que disseminam boas práticas. A formação prática encurta o caminho entre intenção e a materialização das ideias, fazendo com que os processos ganhem mais fluidez. As academias de treinamento personalizadas para as demandas de cada negócio tornam o uso das novas tecnologias um hábito coletivo e estratégico para todos os níveis de profissionais. Métricas de impacto orientam ajustes rápidos, garantindo aderência estratégica das iniciativas. Parcerias com universidades e startups ampliam repertórios. Para que essa dinâmica funcione, é fundamental a participação dos líderes, tanto no processo de capacitação quanto na disseminação de uma cultura de aprendizagem ativa, ética, inclusiva e adaptada às demandas da empresa e de seus funcionários.



CASE 1

A Danone está transformando sua fábrica em Opole, na Polônia, em um centro de uma iniciativa global de treinamento. Até 2026, a empresa prevê que até 20.000 profissionais da linha de frente em sua rede global **serão treinados para usar ferramentas de inteligência artificial, cobots e gêmeos digitais**. A iniciativa, intitulada Academia da Indústria 5.0, busca recapacitar os funcionários em habilidades centrais. A Danone argumenta que a IA não pode entregar todo o seu valor a menos que as equipes de fábrica tenham escritores de prompts, intérpretes de dados e parceiros cobot. O conteúdo da aula é baseado em trabalho específico de cada equipe.



CASE 2

A EY Índia lançou a AI Academy para apoiar as empresas na qualificação dos seus talentos. Depois de capacitar 44.000 funcionários internamente, a empresa está trabalhando com outros negócios, de áreas como telecomunicações, infraestrutura, bancos, TI e bens de consumo **para ajudar a desenvolver capacidades de inteligência artificial por meio de programas personalizados e casos de uso específicos**. A iniciativa concentra-se no desenvolvimento de competências e capacidades essenciais em IA, necessárias para as demandas de mercado atuais. O programa oferece trilhas de aprendizagem estruturadas e práticas, selecionadas por especialistas renomados, abrangendo desde conceitos básicos até aplicações avançadas, incluindo casos de uso reais adaptados a setores específicos.

06

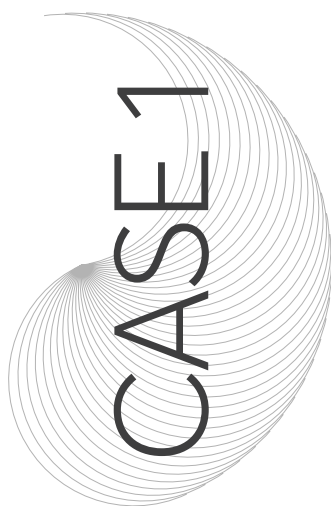
MATERIAIS ROBÓTICOS

Superfícies, estruturas e compósitos (materiais feitos da combinação de fibras diferentes que possuem propriedades inteligentes) capazes de sentir, calcular e atuar avançam rumo ao uso industrial. Estão sendo criadas novas combinações de substâncias flexíveis e metamateriais programáveis, projetados com apoio de inteligência artificial, ampliando atributos como autorreparo e mudança de forma sob calor, luz, campo elétrico ou magnético. Um exemplo é a pesquisa de cientistas do MIT que tentam descobrir novos materiais com capacidades semicondutoras que possam aumentar a capacidade de placas solares. Já para operações industriais, a ideia é unir maleabilidade com desempenho, como garras que se moldam sem danificar produtos, atuadores que variam rigidez conforme a tarefa, vedações que reparam microfissuras, amortecedores que absorvem impactos sob demanda e estruturas que se reconfiguram para otimizar peso, fluxo e vibração. *Isso permitirá que robôs fabris tenham uma forma de coordenação motora mais fina, aproximando-se de movimentos humanos.* Testes indicam a possibilidade de uso em maior escala de materiais que se imprimem já funcionais, plataformas que aceleram descobertas e materiais híbridos capazes de recuperar integridade e se remodelar, oferecendo a chance de uma produção mais flexível.

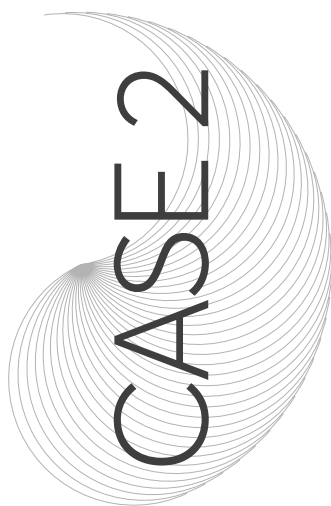
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



Engenheiros da Universidade de Princeton **criaram um tipo de material que pode se expandir, assumir novas formas, se mover e seguir comandos eletromagnéticos** como um robô controlado remotamente, mesmo sem ter motor ou engrenagens internas. A invenção é um metamaterial, um material projetado para apresentar propriedades novas e incomuns que dependem de sua estrutura física, e não de sua composição química. Os pesquisadores utilizaram uma combinação de plásticos simples e compósitos magnéticos personalizados. Dentre as aplicações possíveis, estão a robótica suave, dispositivos médicos, antenas e engenharia aeroespacial avançada.



Pesquisadores da Universidade de Michigan e da Universidade Jiao Tong de Xangai **desenvolveram um robô flexível que pode ras-tejar por um caminho plano e escalar superfícies verticais usando sua estrutura única de origami**. O robô SPARC pode se mover com uma precisão normalmente vista apenas em robôs rígidos. Suas estruturas geométricas se dobras sob pressão de vácuo, com isso, a equipe utiliza o movimento natural de torção para determinar com precisão o formato do corpo do robô, sem sensores externos. Além de vários robôs trabalhando juntos, o design modular também permite integrar diferentes pacotes de sensores e unidades de computação, dependendo da aplicação.

DESAFIOS

- **ALINHAMENTO DE DADOS, PESSOAS E MÁQUINAS**

Para o funcionamento adequado das fábricas conectadas é necessário fazer os dados, as pessoas e as máquinas dialogarem entre si. O desafio é alinhar comunicação entre sistemas, gêmeos digitais e redes privadas 5G com rotinas, métricas e papéis claros. Requalificar times e padronizar dados exige governança e parâmetros rígidos de cibersegurança. É preciso que todos os níveis da empresa estejam alinhados com o projeto e as estratégias a longo prazo.
- **REQUALIFICAÇÃO EM ESCALA**

Num cenário onde os avanços tecnológicos reconfiguram continuamente as carreiras, a capacitação em novas tecnologias tornou-se requisito competitivo. Por isso, é necessário vincular a formação a vagas concretas, com o mapeamento de lacunas estratégicas por função. Parcerias com escolas técnicas e empresas estruturam a cadeia de formação e contratação. Indicadores de acesso preservam a inclusão de múltiplos grupos etários absorvendo as particularidades de cada um deles.
- **NOVOS MATERIAIS NO CONTEXTO FABRIL**

Metamateriais e materiais híbridos funcionais prometem garras sensíveis, rigidez variável e superfícies autorreparáveis. O desafio é conseguir escalonar as inovações laboratoriais e comprovar durabilidade, custo e segurança em ciclos industriais. É preciso padronizar testes e certificações. Sem isso, o ganho de precisão motora não escala e nem se financia. A integração entre academia e indústria precisa ser cada vez mais próxima para auxiliar no desenvolvimento e escalabilidade de protótipos.

OPORTUNIDADES

○ EFICIÊNCIA E AUTOMANUTENÇÃO DOS SISTEMAS DIGITAIS

Investir em plantas integradas como sistemas digitais interligados, que irão aumentar a eficiência da produção e permitirão aplicação de modelo de negócios norteado por dados, podendo gerar produção hiperespecializada e mais flexível, adequando-se à velocidade das mudanças de padrões de consumo e novas tecnologias.

○ AUTOMAÇÃO MITIGANDO IMPACTOS AMBIENTAIS

Além do aumento de produtividade e de um controle de qualidade maior, processos de automação podem contribuir para fábricas alcançarem padrões de redução de impacto ambiental, através do uso de opções como softwares que reduzem desperdício de energia e água, internet das coisas e manutenção preditiva por IA.

○ EPIS INTELIGENTES E PRODUTIVIDADE COM SEGURANÇA

Programas-piloto de exoesqueletos e sensores vestíveis em setores de alto risco, como óleo e gás, construção naval e siderurgia. Essas tecnologias reduzem esforços físicos, monitoram a saúde dos trabalhadores em tempo real e previnem acidentes, minimizando afastamentos e fortalecendo práticas sustentáveis de proteção laboral e produtividade contínua.

POSSIBILIDADES DE AÇÃO

E SE SUA EMPRESA...

1. Estimulasse o aprendizado intergeracional para IA?

Formação de grupos intergeracionais em que profissionais 55+ traduzem seu conhecimento prático para treinar a inteligência artificial. Eles selecionam e organizam dados, destacam situações raras, registram exceções e regras de negócio, conferem as respostas do sistema e constroem mapas de termos e coleções de comandos.

2. Apostasse em vestíveis industriais para maior segurança no trabalho?

Uniformes e equipamentos de proteção individual munidos de sensores de movimentos começam a ser testados e podem ser importantes aliados para a segurança do trabalho. Munidos de detectores que identificam sobrecargas, movimentos errados e problemas de ergonomia, que podem gerar acidentes e licenças por problemas de saúde.

3. Investisse em melhoria contínua na produção através de gêmeos digitais?

Ao recriar a planta das fábricas e seu maquinário em um ambiente virtual, através de dados que recebe das máquinas reais conectadas ao 5G, é possível identificar os principais gargalos da produção e procurar corrigi-los de forma mais rápida. Assim, o ciclo de melhoria contínua de falha, correção e aprendizado fica mais curto.

ÍNDICE GLOBAL



A força dos sinais é forte porque há tração simultânea em frentes já industriais, com 5G privado, gêmeos digitais, visão computacional e academias corporativas escalando processos, enquanto a automação assistencial avança puxada por demografia e escassez de mão de obra. O conjunto de sinais é formado também por uma frente mais experimental, com inovações tecnológicas ainda em pilotos e pesquisa avançada, mas com progressos evidenciados.

FORÇA DOS SINAIS

Nível atual de presença no mercado

ÍNDICE BRASIL



A inserção no Brasil é moderada: manufatura conectada e iniciativas de requalificação já encontram terreno (incluindo hubs industriais e consultorias), e há pilotos em saúde e logística. Por outro lado, a adoção das inovações laboratoriais segue concentrada em nichos acadêmicos e empresariais, com menos amplitude geográfica e menos players locais.



SENSORIUM

PONTOS CENTRAIS:

Sentidos | Linguagem | Competências

Nossa relação com a tecnologia modificando
a forma como interagimos com o mundo,
alterando habilidades e ampliando sentidos

A fusão entre nossos sentidos e os sistemas digitais cria experiências mais naturais, precisas e imersivas. À medida que algoritmos aprendem a interpretar cheiros, texturas e vibrações, surgem tecnologias refinadas capazes de sentir como humanos, ampliando diagnósticos, protocolos de segurança e ofertas de consumo.

No cotidiano, vemos pessoas conversando com assistentes de inteligência artificial e até moldando sua fala ao estilo de modelos conversacionais, sinal de que a interface dominante passou a ser a linguagem. ***Nas empresas, tem se disseminado a criação de tecnologias que dialogam com o léxico das empresas.*** Na educação, escolas experimentam currículos centrados em personalização, com uso intensivo de IA para tutoria e análises em tempo real.

Gradualmente, ensaia-se uma sociedade pós-literata, em que áudio, voz, gesto e tato ganham protagonismo diante da mediação textual, reagregando atenção em fluxos mais conversacionais. Em paralelo, cresce o debate sobre habilidades de escrita e comunicação: iniciativas têm priorizado competências como empatia, escuta e gestão do tempo. Pesquisadores e educadores alertam para a perda de fluência comunicativa entre jovens e ganha força a preocupação com o declínio da caligrafia e seus efeitos cognitivos e culturais.

Nesse cenário, tecnologias sem telas ampliam terreno: ambientes responsivos, vestíveis táteis, objetos que falam e cheiram, interfaces ambientais que somem no pano de fundo. Avançam protótipos e produtos que priorizam voz e áudio: de iniciativas ligadas a novos dispositivos de IA a telefones infantis sem tela, que operam por comandos de voz.

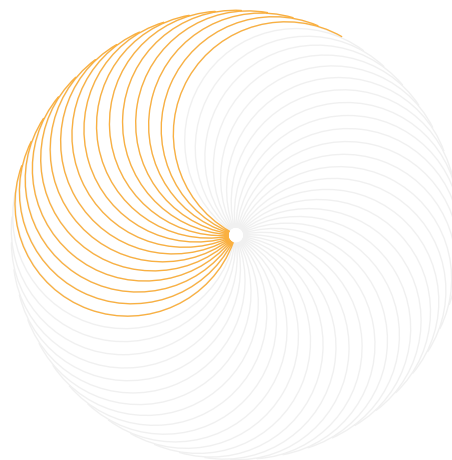
Vivemos num mundo onde cada vez mais objetos ganham vida e as camadas de sentido se ampliam. O resultado é um tecido sensorial conectado, no qual serviços antecipam necessidades e produtos e serviços competem por relevância afetiva. Da possibilidade de usar a tecnologia para expandir nossos sentidos à possibilidade de trazer efeitos sensoriais à máquina.

A INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL **CONECTA**
SENTIDOS AO DIGITAL:
VOZ E LINGUAGEM SE
TORNAM INTERFACE
DOMINANTE; TELAS
PERDEM ESPAÇO;
AMBIENTES E VESTÍVEIS
TÁTEIS ANTECIPAM
NECESSIDADES,
AMPLIANDO
VÍNCULOS AFETIVOS.

RUPTURAS

A macrotendência Sensorium surge de movimentos que deslocam a interface dominante para a linguagem, conectam sentidos ao digital e reconfiguram atenção, aprendizagem e a cultura.

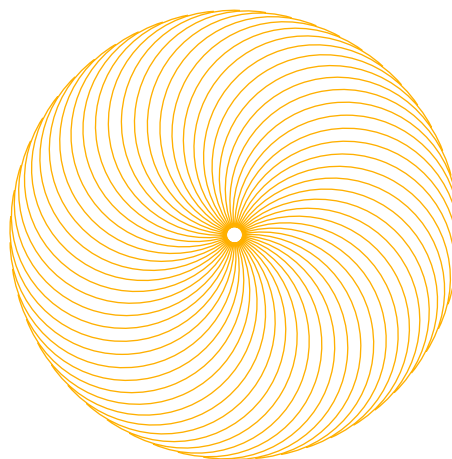
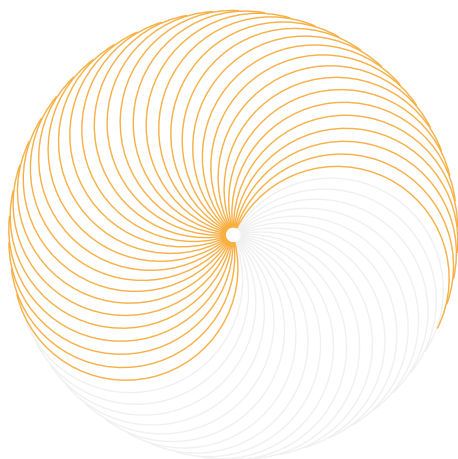
A linguagem vira ponto central nas mudanças culturais trazidas pela interação com as novas tecnologias. Ao ampliar a camada de dados sensoriais que está sendo produzida e coletada, as empresas oferecem novos campos de possibilidade para a interação entre humanos e máquinas, junto a ferramentas que permitem ampliar e incorporar linguagens próprias.



HABILIDADES REDEFINIDAS

Estamos redesenhando nossas habilidades no convívio diário com as telas e os chatbots. Enquanto a caligrafia e a memória perdem espaço, nossa fala é atravessada pela forma de se expressar das tecnologias conversacionais. Escolas e governos de diversos países tentam reequilibrar o jogo, alguns reintroduzem o cursivo, outros proíbem celulares para devolver foco, e muitos aceleram a alfabetização em inteligência artificial. **O paradoxo disso é que delegamos mais à máquina e, por isso, precisamos de competências mais humanas, como capacidade de atenção, síntese e julgamento crítico.** O desafio é equilibrar essa relação, absorvendo as potencialidades desse encontro.

RUPTURAS



EXPERIÊNCIAS AMPLIADAS

Sensores que interpretam cheiros, texturas e vibrações, combinados à inteligência artificial, aproximam máquinas da sensorialidade humana. Enquanto isso, humanos ampliam potenciais por meio de tecnologias que permitem novas possibilidades para os sentidos. No Japão, robôs ganham pele óptica flexível e sensores que antecipam o toque, permitindo manipulações delicadas. Nos EUA e em Israel, terapias gênicas começam a devolver audição em crianças e adultos. No Reino Unido, avança o plano de iniciar ensaio para regenerar neurônios auditivos. Na Austrália, um olho biônico melhora tarefas do dia a dia; no Canadá, implantes prometem imagens mais nítidas.

DEMANDAS RELACIONAIS

Enquanto as conexões humanas parecem estar diminuindo e o índice de solidão aumentando, cresce a procura por chatbots e robôs que escutam sem interrupções. Governos começam a reagir. **A OMS pede aos Estados-Membros que façam da conexão social uma prioridade de saúde pública.** O Japão está discutindo um plano de políticas relativas a medidas para combater a solidão e o isolamento; a China e a Coreia do Sul investem em ações para expansão do uso de robôs-companheiros para idosos; o Reino Unido incorpora metas de pertencimento em políticas locais; organização norte-americana debate métricas nacionais sobre epidemia da solidão.

MICROTEMAS

MICROTEMAS

**FLUÊNCIA
TECNOLÓGICA**

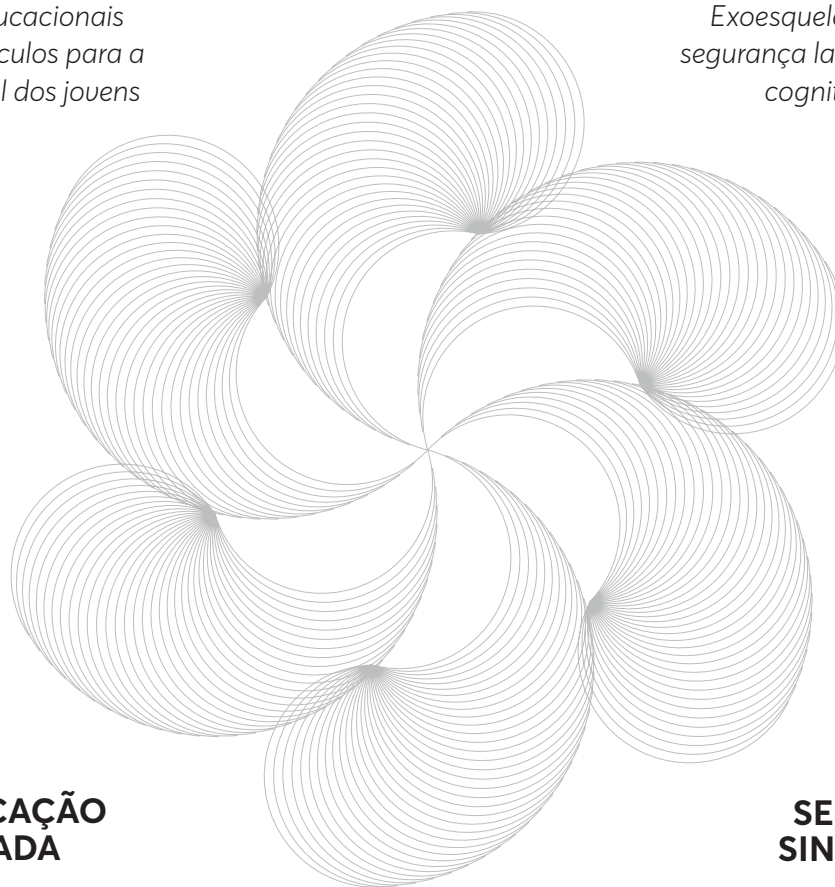
*Inteligência artificial se torna
uma língua a ser aprendida*

**HABILIDADES
SOCIAIS**

*Ambientes educacionais
expandem currículos para a
formação social dos jovens*

**VESTÍVEIS
INDUSTRIAIS**

*Exoesqueletos transformam
segurança laboral em prevenção
cognitiva contínua*

**COMUNICAÇÃO
AMPLIADA**

*Sensores e IA transformam
fala, gestos e sinais em
interações fluidas*

**SENTIDOS
SINTÉTICOS**

*Robôs multissensoriais
ganham novas capacidades
de perceber o mundo*

**PERCEPÇÕES
CIBORGUE**

*Integração de sensores e
IA criando experiências
corporais avançadas*

01

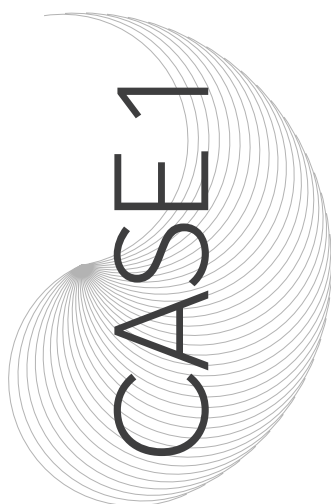
HABILIDADES SOCIAIS

Os jovens entram em um mundo de desafios acumulados: pós-Covid, crise climática, custo de vida, ciberespaço e conflitos. Ao crescerem imersos na hiperconectividade, muitos chegam à vida adulta com lacunas em habilidades sociais essenciais. Em resposta, governos e redes de ensino têm reposicionado a formação humana como eixo estratégico. A agenda inclui alfabetização socioemocional, saúde mental, cidadania digital, empatia, criatividade e colaboração, articuladas com competências acadêmicas. Isso traz uma expansão de currículos que cultivam autorregulação, cooperação e pensamento crítico, associando essas capacidades a melhor desempenho, bem-estar e empregabilidade. Ao mesmo tempo, avança a regulação e a orientação pública para mitigar riscos digitais que afetam a saúde mental, com foco em prevenção, ambientes seguros e serviços integrados. A ênfase desloca-se de intervenções pontuais para ecossistemas: escola, família, comunidade, plataformas e trabalho. ***A formação integral dos jovens para que sejam socialmente competentes deixa de ser um extra e se torna infraestrutura do desenvolvimento.*** O objetivo é formar uma base social para sociedades resilientes, inclusivas e tecnologicamente responsáveis, capazes de inovar eticamente.

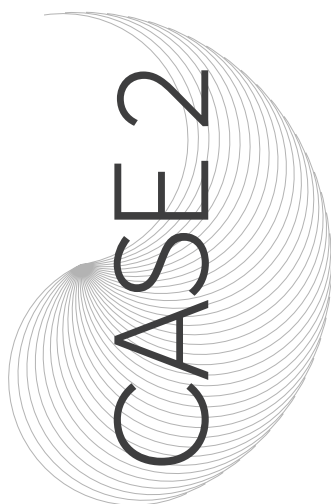
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



Em Manchester, na Inglaterra, **milhares de estudantes da geração Z aprenderão habilidades sociais, como empatia e gerenciamento de tempo.** O programa visa capacitar os jovens a prosperar no local de trabalho, depois que os empregadores disseram que os nativos digitais tinham medo de falar ao telefone ou fazer entrevistas de emprego. O Skills 4 Living foi desenvolvido pela Higher Health, uma organização sem fins lucrativos parceira da Unesco. O projeto também inclui seminários sobre como identificar notícias falsas, como se manter seguro na internet, como combater o racismo, o sexismo e a homofobia, conscientização sobre jogos de azar e como evitar golpes.



A Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais desenvolveu uma nova etapa do Projeto Socioemocional. A iniciativa agora possui o apoio do Instituto Hortense, que **implementará a Metodologia Emoção, Aprendizagem e Inteligência em cerca de 800 escolas.** Essa metodologia foca no desenvolvimento de habilidades socioemocionais: comunicação, criatividade, socialização, relacionamento, foco, autogestão, colaboração e propósito. Os primeiros passos do projeto incluíram uma pesquisa de clima escolar e a oferta do curso de bem-estar e convivência para os professores. O objetivo é ir além do desenvolvimento cognitivo, buscando a formação integral do estudante como ser humano e cidadão ativo.

02

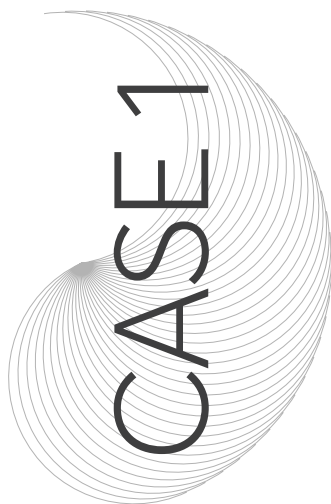
FLUÊNCIA TECNOLÓGICA

A forma de dialogar com a tecnologia cresce cada vez mais como uma nova língua. O setor educacional global vive uma inflexão: a inteligência artificial deixa de ser tema periférico e passa a compor currículos e formação docente. Diretrizes internacionais convergem para a alfabetização de estudantes e professores em IA, do básico às práticas éticas. Essa fluência envolve compreender dados, algoritmos, limitações e vieses; experimentar ferramentas; e refletir sobre impactos sociais, autoria e privacidade. A relação com a IA se torna cada vez mais integrada ao currículo, não apenas como disciplina isolada. Ao mesmo tempo, cresce o investimento em capacitação contínua de professores: trilhas de aprendizagem, guias de uso responsável e estratégias de avaliação que valorizam processos e pensamento crítico. *A ênfase migra do o que a máquina faz para a ideia do que podemos aprender com a máquina e sobre a máquina, mantendo a agência docente.* Para os estudantes, a meta é usar a IA com segurança e participar de sua criação, articulando conhecimento técnico e visão ética. Essa combinação aparece como competência-chave para cidadania digital, inovação e empregabilidade em cenários de trabalho mediados por modelos generativos. No fim, tratar a IA como uma nova língua significa preparar todos para ler, escrever e dialogar com sistemas inteligentes com autonomia.

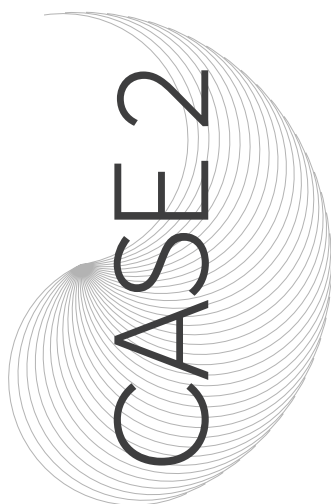
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



As escolas públicas dos Emirados Árabes Unidos ***estão começando a introduzir inteligência artificial como disciplina formal em todas as séries, a partir do jardim de infância.*** O objetivo é equipar os alunos com o conhecimento e as habilidades necessárias para entender os princípios da IA e aplicá-los na vida diária, alinhando-se à visão do país de preparar as gerações futuras para as mudanças globais e a criação de soluções inovadoras. O Ministério da Educação anunciou que cerca de 1.000 professores ministrarão o novo currículo de IA em diferentes etapas educacionais, garantindo cobertura abrangente para todos os níveis de ensino.



A Estônia está se unindo a duas das maiores empresas no campo da inteligência artificial, OpenAI e Anthropic, ***para lançar uma iniciativa nacional para ensinar habilidades de inteligência artificial a estudantes do ensino médio,*** com o objetivo de prepará-los para empregos do futuro. A iniciativa não visa substituir os professores, mas sim desenvolver o pensamento crítico entre os alunos e a conscientização sobre a IA. Alunos terão acesso gratuito a ferramentas de aprendizagem baseadas em IA. Cerca de 3.000 professores já estão iniciando workshops de treinamento.

03

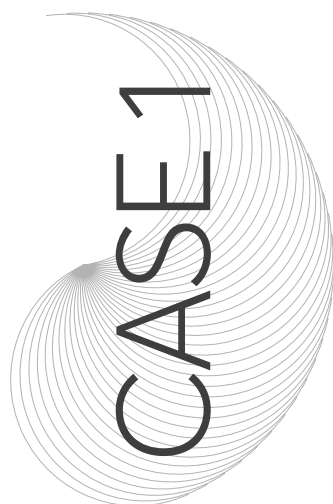
VESTÍVEIS INDUSTRIAIS

Na segurança do trabalho, as tecnologias vestíveis entram como camada ativa de prevenção. Exoesqueletos reduzem o esforço repetitivo, enquanto óculos de realidade aumentada exibem instruções passo a passo e sinalizam zonas de risco em tempo real. Capacetes conectados e coletes com sensores monitoram o ambiente e sinais de fadiga, emitindo alertas. Isso permite elevar o nível de produtividade e o bem-estar das equipes. Além da mitigação de riscos imediatos, vestíveis industriais inauguram uma camada cognitiva de segurança: combinam sensores e inteligência artificial para transformar cada tarefa em um gerador de inúmeros dados. A coleta de informações biomecânicas e contextuais alimenta algoritmos que antecipam sobrecarga, posturas inadequadas e exposição a agentes nocivos, permitindo intervenções rápidas. *No nível de gestão, é possível mapear demandas de ajustes de layout, turnos e treinamento, mitigando afastamentos por problemas de saúde e ampliando potencialidades.* A maturidade do tema avança em três frentes: ergonomia amplificada, com suporte físico e orientação visual; análise preditiva, que cruza rastreo dos trabalhadores e condições ambientais para prevenir incidentes e afastamentos; integração com sistemas de manutenção, qualidade e ESG, permitindo rastreabilidade de riscos e novas métricas de bem-estar.

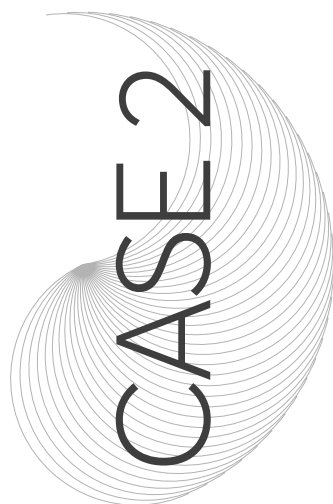
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



A empresa German Bionic lançou o Exia, exoesqueleto para cantoneiros de obras que reduz esforço físico e eleva a produtividade. O equipamento se intitula o primeiro exoesqueleto do mundo potencializado por inteligência artificial. Ele utiliza inúmeros pontos de dados de movimento para informar seu sistema sobre como as pessoas trabalham, carregam objetos, se curvam e se movimentam. **O mecanismo de elevação adaptável aprende os gestos de cada usuário e oferece suporte sincronizado e um gêmeo digital em tempo real sinaliza questões de segurança e situações de alto risco.** Casos de uso incluem transporte de materiais e ferramentas, remoção de resíduos e montagem de estruturas.



Na Airbus, exoesqueletos estão **sendo testados para reduzir fadiga e prevenir lesões nas linhas finais de montagem**, trazendo mais bem-estar ao cotidiano dos trabalhadores. O programa, conduzido com foco no operador, avalia 118 unidades em diversos países. Ele investiga principalmente como os equipamentos podem aliviar o estresse em três áreas diferentes do corpo: ombros e pescoço, lombar e joelhos. Os exoesqueletos formarão uma parte do kit de ferramentas na estratégia ergonômica mais ampla da Airbus, com robôs FlexTrack, braços de gravidade zero e robôs colaborativos como o CABI, um robô de marcação que reduz o tempo de ajoelamento dos operadores.

04

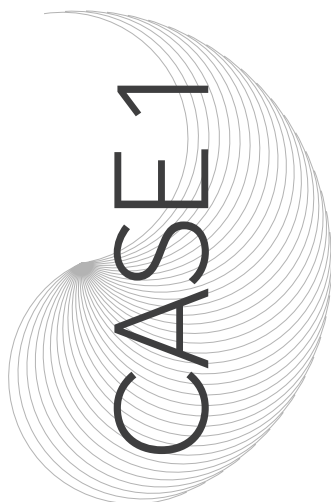
SENTIDOS SINTÉTICOS

De laboratórios a fábricas, está se disseminando a construção de robôs com sentidos reais. Além de ver e ouvir, máquinas passam a tocar, cheirar e perceber temperatura, vibração e proximidade, combinando sinais para entender contextos com detalhes antes restritos aos seres vivos. Esse salto sensorial inaugura robôs mais adaptativos e colaborativos, capazes de tomar decisões com base no que sentem, não apenas no que calculam. O olfato sintético transforma moléculas em padrões elétricos interpretados por IA, permitindo identificar odores, níveis de concentração e mudanças ambientais. O toque evolui com tecidos eletrônicos que detectam pressão, calor e deslizamento, ajudando na manipulação de objetos. Ao fundir visão e tato, algoritmos aprendem a antecipar riscos, ajustar força e mover-se com precisão em terrenos e tarefas imprevisíveis. ***Na manufatura, sensores olfativos e táteis aumentam qualidade, eficiência e manutenção preditiva.*** Na saúde e no cuidado a idosos, sistemas mais sensíveis monitoram ambientes, reduzem incidentes e ampliam assistência. Em casas inteligentes, a percepção melhora o bem-estar, auxilia na conservação de alimentos e no cuidado de animais. À medida que governos e empresas padronizam plataformas e dados, a robótica sensorial deixa de ser promessa e torna-se alicerce da próxima etapa do avanço na automação.

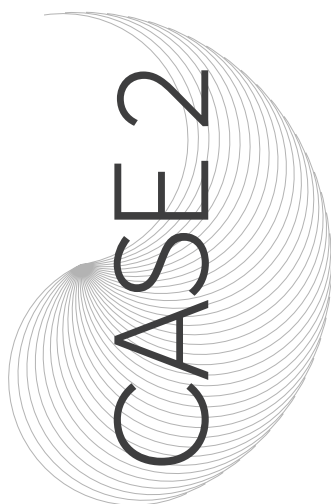
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



A Amazon informou que obteve um avanço significativo na robótica após desenvolver um robô com sentido de tato. O Vulcan foi projetado para ajudar humanos a classificar itens para armazenamento e, em seguida, prepará-los para entrega, sendo o mais recente de um conjunto de robôs que têm um papel cada vez maior na ampla operação da empresa. ***Ao trazer o sentido do tato ao robô, é possível alçar novas possibilidades de uso das máquinas.*** Eles serão capazes de identificar objetos pelo toque, usando inteligência artificial para descobrir o que podem ou não manipular e a melhor forma de pegá-los.



A empresa Ainos instalou seu AI Nose em um robô humanoide construído pela Ugo, a principal empresa de robótica de serviços do Japão. ***A instalação marca a primeira vez que a tecnologia foi integrada a um robô humanoide de nível comercial para uso.*** O sistema permite a identificação de uma ampla gama de aromas, que pode ser aplicado para diversos fins, como auxiliar na detecção de vazamentos de gás, anomalias químicas, de contaminações e odores perigosos, no monitoramento da saúde humana e de animais e na qualidade de alimentos.

05

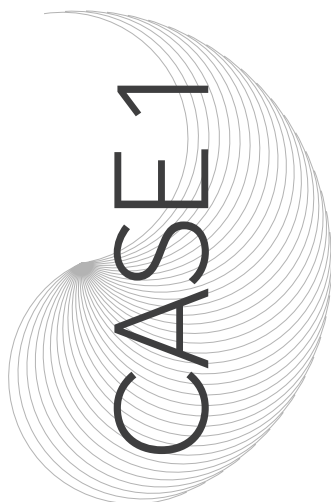
PERCEPÇÕES CIBORGUE

Ampliar os sentidos sempre foi um desejo humano. Esse movimento ganha escala com laboratórios e empresas convertendo visão, tato, olfato e paladar em dados acionáveis. O corpo passa a operar como uma plataforma estendida, na qual sensores e inteligência artificial criam camadas perceptivas adicionais: toques gerados no ar, cheiros sintetizados sob demanda, gostos reproduzidos por circuitos. *Essa convergência inaugura uma era de computação sensorial, em que experiências digitais deixam de ser apenas vistas e ouvidas para serem sentidas e interpretadas pelo organismo.* Embora já seja possível compartilhar imagens, sons e até sensações táteis remotamente, cheiros e sabores impõem obstáculos práticos: estimular a língua por eletricidade ou calor evoca apenas um subconjunto de gostos. Os compostos químicos enfrentam desafios de segurança, calibragem e confiabilidade; e a arquitetura das papilas exige atingir áreas específicas para provocar percepções distintas. Paralelamente, a captura e a síntese de aromas dependem de instrumentação robusta e modelos que traduzam moléculas em padrões. Dos ambientes imersivos às aplicações clínicas, a ampliação sensorial sai do protótipo e entra em produção, habilitando casos de uso concretos e trazendo novas demandas de segurança, usabilidade e ética.

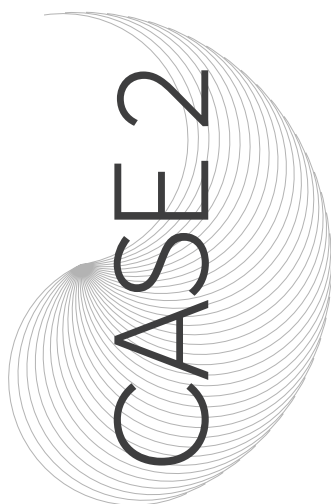
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



Em um estudo recente, uma equipe de pesquisadores da Universidade de Ciência e Tecnologia de Hefei, na China, anunciou a **criação de lentes de contato que permitem a visão da radiação infravermelha**. Isso possibilita ver no escuro, com identificação de imagens reais, porém menos nítidas. A inovação tem potencial para aplicações em procedimentos cirúrgicos, criptografia e proteção contra falsificações. Além disso, as lentes poderiam auxiliar no resgate de pessoas em ambientes com pouca visibilidade. As possibilidades são variadas e incluem soluções de tecnologia de consumo para o dia a dia, como auxílio a daltônicos e integração com dispositivos vestíveis.



Cientistas **desenvolveram um dispositivo para recriar os sabores de alimentos e bebidas, permitindo que eles sejam compartilhados remotamente**. O e-Taste poderá ser usado para aprimorar sistemas de realidade virtual e realidade aumentada, potencializando experiências imersivas. Também poderá ser útil para pesquisas biomédicas ou até para aventuras gastronômicas virtuais. As aplicações potenciais incluem jogos imersivos, compras on-line, educação remota, gerenciamento de peso, testes sensoriais, reabilitação física. No entanto, a equipe observa que o sistema precisa de mais desenvolvimento, principalmente porque há sensações gustativas que o dispositivo não consegue reproduzir, como picante e gordura.

06

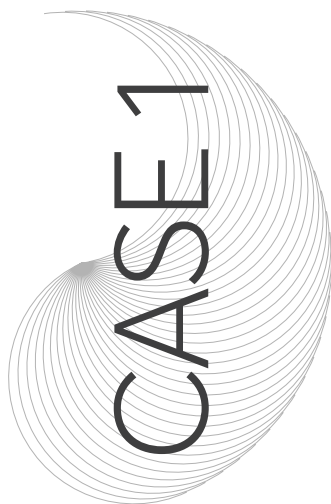
COMUNICAÇÃO AMPLIADA

Um novo ciclo de inovação vem reposicionando a comunicação como um território expandido. *Laboratórios e empresas investem em sistemas capazes de traduzir fala, texto, gestos e sinais biológicos em tempo quase real, integrando sensores, modelos multimodais e computação de borda.* Fones com tradução instantânea, óculos que fazem leitura labial para pessoas com perda auditiva e assistentes que resumem conversas presenciais já apontam para uma voz ampliada, em que barreiras de idioma, ruído e acessibilidade deixam de ser obstáculo. Em paralelo, cresce a ambição de aproximar humanos e outras espécies: algoritmos treinados em grandes bancos de vocalizações começam a decifrar padrões e a sugerir respostas plausíveis, abrindo debates éticos sobre interpretação, bem-estar animal e limites de uso. A próxima fronteira combina captação multimodal (áudio, vibração, imagem) com personalização contínua, incluindo léxicos, sotaques e perfis auditivos, para tornar a comunicação mais fluida e menos ruidosa. Esse processo de inovação para uma comunicação mais ampliada, permite criar novas possibilidades de interação entre culturas para além da barreira dos idiomas, maior acessibilidade para pessoas com limitações auditivas, além de novas camadas de informação possíveis de extrair por meio da fala, como estado emocional do interlocutor.

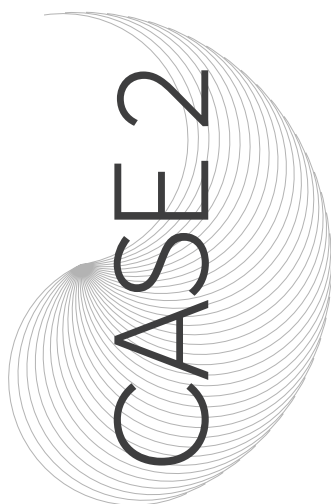
TECNOCRACIA

ROBOTECNIA

SENSORIUM



A empresa Timekettle **apresentou um novo par de fones de ouvido com tradução em tempo real**, os W4 AI Interpreter Earbuds. Eles utilizam tecnologia de condução óssea que ajuda a melhorar a precisão em ambientes barulhentos. A empresa afirma que o sistema converte instantaneamente a fala entre 42 idiomas e 95 sotaques com até 98% de precisão, graças à capacidade de entender e antecipar o contexto do que está sendo dito, para que possa diferenciar entre palavras com sons semelhantes. A duração da bateria é estimada em até quatro horas de tradução contínua.



Cientistas na Escócia estão **desenvolvendo um protótipo de óculos que combina tecnologia de leitura labial, inteligência artificial e computação em nuvem para melhorar as conversas nos aparelhos auditivos das pessoas**. O objetivo é melhorar significativamente a forma como pessoas com perda auditiva vivenciam o som, combinando tecnologia de leitura labial e inteligência artificial, potencialmente aprimorada pelo poder da computação em nuvem. Mesmo que duas pessoas estejam falando ao mesmo tempo, a IA usa pistas visuais para extrair a voz da pessoa para quem o usuário está olhando.

DESAFIOS

○ FLUÊNCIA CRÍTICA

Sem fluência tecnológica crítica, os ambientes de ensino e de trabalho ampliam desigualdades, o que promove diálogos com a inteligência artificial sem entender dados, limitações e vieses. Currículos precisam integrar habilidades socioemocionais, autorregulação e cidadania digital, treinando docentes continuamente. O objetivo é usar, questionar e criar com segurança. Caso contrário, surgem dependências cognitivas, redução de senso crítico, atenção fragmentada e decisões automatizadas pouco transparentes.

○ GOVERNANÇA DOS SENTIDOS

Robôs que cheiram e tocam entram em ambientes críticos, mas faltam padrões para calibragem, segurança e utilização dos dados sensoriais. É necessário avaliar quem responde por um falso negativo de vazamento. Além de pensar como auditar a percepção tátil-olfativa. Definir métricas, certificações, limites de coleta e propriedade dos sinais corporais torna-se urgente para evitar vieses, sabotagens e abusos, preservando confiança pública.

○ MOBILIDADE ROBÓTICA

Há um investimento cada vez maior na busca de aproximar a forma como os robôs humanoides operam da forma como os humanos agem. Gestos que para uma pessoa é trivial, vai encontrar desafios em ser replicado por uma máquina de motores rígidos e sensores limitados. É necessário utilizar materiais cada vez mais maleáveis e adaptativos, tato denso, controle preditivo e aprendizado contínuo a partir de diversos estímulos do ambiente. Sem isso, robôs interpretam mal demonstrações, falham em ambientes irregulares e permanecem inaptos para a escalabilidade.

OPORTUNIDADES

○ CONSTRUÇÕES COM INTELIGÊNCIA SENSORIAL

Associar tecnologias responsivas em edifícios e espaços públicos, como escolas, hospitais, escritórios, lojas. Planejar espaços conectados a sensores olfativos, táteis e acústicos para ajuste de iluminação, ventilação, cheiros e até mesmo vibrações conforme o estado emocional e fisiológico dos ocupantes. Assim, os espaços podem identificar problemas de segurança e garantir mais conforto, produtividade e bem-estar dos seus ocupantes.

○ DIAGNÓSTICOS E ALERTAS COM SENTIDOS SINTÉTICOS

Uso de dispositivos sensoriais em diagnósticos individuais de doenças de forma mais ágil e menos invasiva através de tecnologias de olfato sintético e tecidos inteligentes de identificação de substâncias no suor da pele. Também pode ser usado para monitoramento de idosos e pacientes crônicos na identificação de sinais de problemas de saúde difíceis de captar sem intervenção médica, prevenindo complicações e custos com internações.

○ TREINAMENTOS DE COMPETÊNCIAS SOCIOEMOCIONAIS

Atender a demanda cada vez mais crescente por desenvolvimento de habilidades interpessoais através de formação de profissionais com o uso de simulação de cenários imersivos, como mediação de conflitos. Ambientes responsivos poderiam ser utilizados para identificação de comunicação não verbal, para identificar sinais através como postura, tom de voz. Tutorias individualizadas com IA para treinamento de líderes em gestão de equipes.

POSSIBILIDADES DE AÇÃO

E SE SUA EMPRESA...

1. Oferecesse programas multissensoriais de treinamento?

Criar programas de formação tanto de habilidades sociais quanto em letramento de novas tecnologias. Capacitações em formas de comunicação e interação humano-máquina. Cursos em que colaboradores interajam com sistemas que interpretam voz, gestos e expressões para desenvolver habilidades interpessoais alinhadas à cultura da empresa. Simular situações como reuniões, mediações de conflitos e atendimento ao cliente.

2. Tivesse espaços imersivos de contatos com clientes e parceiros

Incrementar a relação com fornecedores, consumidores e demais parceiros e a apresentação de novidades, tanto para ações entre empresas quanto para aquelas voltadas ao consumidor final, com ambientes responsivos e sensoriais, criando experiências mais imersivas. Locais que possibilitam a cocriação de novos produtos entre diferentes atores através de testes e simulações realistas de formas de uso.

3. Implementasse processos de controle de qualidade com sentidos sintéticos

Adoção de sensores avançados capazes de identificar, em tempo real, contaminações, alterações químicas e físicas de produtos durante os processos de fabricação, especialmente em segmentos como indústria química, farmacêutica e alimentícia. Essa tecnologia elimina a dependência exclusiva da avaliação humana, garantindo maior precisão e agilidade em processos industriais, além de aumentar a estabilidade dos produtos e reduzir desperdícios.

ÍNDICE GLOBAL



O conjunto combina frentes que já estão prontas para serem produzidas com pesquisa aplicada. Há produtos e pilotos, elevando prontidão. Vestíveis industriais mostram valor claro em ergonomia, segurança e dados operacionais, enquanto a recapacitação profissional consolida diretrizes e currículos de inteligência artificial, expandindo amplitude institucional. Habilidades sociais entram como infraestrutura educacional e de políticas públicas que sustenta adoções responsáveis. Os sinais mais experimentais, que envolvem os sensores robóticos, ainda puxam a média para baixo, mas não reverte o quadro: há múltiplos setores, atores e países operando simultaneamente.

FORÇA DOS SINAIS

Nível atual de presença no mercado

ÍNDICE BRASIL



Há terreno fértil em escolas e políticas (socioemocional, letramento em inteligência artificial) e oportunidades em saúde, logística e segurança do trabalho (vestíveis e sensores ambientais). Porém, os blocos mais intensivos em hardware, que envolvem robótica de maneira mais inovadora, ainda aparecem de forma pontual e concentrada em nichos acadêmicos e empresariais, com menor difusão geográfica e ecossistemas de fornecedores menos densos.

EQUIPE AGRADECIMENTO

Ana Carolina Fernandes
Fernando Schlemm
Gabrielle Barbosa
Gaya Lamin
Geovane Costa
Isabela Petrosillo
Iuri Campos
Lorena Moraes
Marcelo Ghizi
Marco Aurelio Martins
Maria Isabel Oschery
Mariana Teixeira
Natany Borges
Nathalia Coelho
Renata Viol
Sabrina Campos
Silvio Huang
Wallace Soares
Willian Barela

REFERÊNCIA DOS DADOS

Páginas 26 e 27 – Abertura - Macrotendência 1: Tecnocracia

<https://www.reuters.com/technology/south-korea-unveils-23-billion-support-package-chips-amid-us-tariff-uncertainty-2025-04-14/>
<https://www.reuters.com/world/india/india-approves-hcl-foxconn-joint-venture-semiconductor-unit-2025-05-14/>
<https://www.japantimes.co.jp/business/2025/04/02/companies/rapidus-test-production-start/>
<https://www.reuters.com/business/energy/pge-unveils-73-billion-spending-plan-meet-surging-data-center-energy-demand-2025-09-29/>
<https://www.reuters.com/technology/european-lawmakers-urge-commission-move-quickly-chips-act-20-2025-03-24/>
<https://www.reuters.com/business/nvidia-ceo-says-ai-boom-far-over-after-temperid-sales-forecast-2025-08-28/>
<https://www.trendforce.com/news/2025/09/19/news-japan-pledged-jpy-536-billion-to-micron-escalating-global-semiconductor-subsidy-race/>
<https://www.utilitydive.com/news/pjm-cifp-fast-track-data-center-large-load/757399/>
<https://www.reuters.com/sustainability/boards-policy-regulation/eu-targets-8-power-grid-bottlenecks-cut-prices-boost-security-2025-09-10/>
<https://www.theverge.com/report/785992/ai-chip-cooling-microsoft-microfluidic-energy-efficiency>
<https://www.eesi.org/articles/view/data-centers-and-water-consumption>
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act>
<https://www.dlapiperdataprotection.com/?c=IN&t=law&utm>
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai?utm>
<https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>

Páginas 28 e 29 – Rupturas - Macrotendência 1: Tecnocracia

<https://www.iea.org/news/ai-is-set-to-drive-surging-electricity-demand-from-data-centres-while-offering-the-potential-to->

[transform-how-the-energy-sector-works](https://www.bloombergenvironment.com/news/articles/2025-09-30/data-centers-powering-chatgpt-google-ai-drive-up-power-bills-big-take-podcast)

<https://www.bloombergenvironment.com/news/articles/2025-09-30/data-centers-powering-chatgpt-google-ai-drive-up-power-bills-big-take-podcast>
<https://www.reuters.com/business/energy/big-tech-power-grids-take-action-reign-surging-demand-2025-08-18/>
https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en
<https://www.reuters.com/business/energy/biggest-us-power-grid-auction-prices-rise-by-22-new-heights-2025-07-22/>
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai?utm>
https://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/2025_136?utm
<https://www.reuters.com/technology/artificial-intelligence/eu-lays-out-guidelines-misuse-ai-by-employers-websites-police-2025-02-04/>
<https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/infraestrutura/BNDES-e-Prefeitura-do-Rio-assinam-acordo-para-desenvolver-hub-de-data-centers/>
<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/07/mcti-bndes-finep-e-elektrobras-unem-esforcos-para-transformar-o-rio-de-janeiro-em-hub-de-ia-e-data-centers>
<https://www.gov.br/casaciivil/pt-br/assuntos/noticias/2025/setembro/governo-federal-edita-mp-para-instituir-regime-especial-de-tributacao-para-servicos-de-datacenter>

Páginas 32 e 33 – Microtema e Casos - Governança Tecnológica - Macrotendência 1: Tecnocracia

<https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/power-and-utilities/data-center-infrastructure-artificial-intelligence.html>
<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/07/accelerating-federal-permitting-of-data-center-infrastructure/>
<https://www.datacenterfrontier.com/site-selection/article/55307797/incentivizing-the-digital-future-inside-americas-race-to-attract-data-centers>
<https://www.circleofblue.org/2025/water-energy/data-center-energy-demand-is-putting-pressure-on-u-s-water-supplies/>
<https://fordschool.umich.edu/news/2025/growth-data-centers-requires-new-policies-mitigate-local-community-impacts>

REFERÊNCIA DOS DADOS

<https://goodjobsfirst.org/data-centers-best-reforms-for-state-subsidy-legislation/>
<https://www.reuters.com/business/energy/pge-unveils-73-billion-spending-plan-meet-surging-data-center-energy-demand-2025-09-29/>
<https://brasilien-riodejaneiro.ahk.de/br/servicos/estudo-aponta-potencial-do-rio-para-se-tornar-polo-global-de-data-centers-e-inteligencia-artificial>
<https://www.digitalrealty.com/about/newsroom/press-releases/123345/digital-realty-and-oqc-team-with-nvidia-to-launch-first-quantum-ai-data-center-in-new-york-city>
Páginas 34 e 35 – Microtema e Cases - Liderança energética - Macrotendência 1: Tecnocracia
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-data-centre-electricity-consumption-by-equipment-base-case-2020-2030>
<https://about.bnef.com/insights/commodities/power-for-ai-easier-said-than-built/>
<https://www.bloomberg.com/professional/insights/commodities/ai-data-centers-fuel-quicker-growth-in-power-demand/>
<https://ig.ft.com/ai-data-centres/>
<https://bep.brookfield.com/press-releases/bep/brookfield-and-google-sign-hydro-framework-agreement-deliver-3000-mw-homegrown>
<https://www.reuters.com/sustainability/boards-policy-regulation/google-inks-3-billion-us-hydropower-deal-largest-clean-energy-agreement-its-kind-2025-07-15/>
<https://www.constellationenergy.com/newsroom/2025/constellation-meta-sign-20-year-deal-for-clean-reliable-nuclear-energy-in-illinois.html>
<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/meta-firma-acordo-de-energia-com-usina-nuclear-da-constellation/>
<https://investors.constellationenergy.com/news-releases/news-release-details/constellation-meta-sign-20-year-deal-clean-reliable-nuclear>
https://kairopower.com/external_updates/google-kairos-power-tua-collaborate-to-meet-americas-growing-energy-needs/

Páginas 36 e 37 – Microtema e Cases - Computação

Reprogramada - Macrotendência 1: Tecnocracia

<https://cacm.acm.org/news/quantum-internet-is-slowly-becoming-a-reality/>
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.adx6176>
<https://www.reuters.com/business/media-telecom/cisco-rolls-out-software-aimed-connecting-quantum-computing-cloud-2025-09-25/>
<https://penntoday.upenn.edu/news/penn-engineers-send-quantum-signals-standard-internet-protocol>
<https://news.yale.edu/2025/10/01/state-grant-new-haven-innovation-cluster-will-propel-quantum-economy>
<https://www.bain.com/insights/quantum-computing-moves-from-theoretical-to-inevitable-technology-report-2025/>
<https://news.yale.edu/2025/10/01/state-grant-new-haven-innovation-cluster-will-propel-quantum-economy>
<https://iclnoticias.com.br/china-computador-quantico-mais-avancado-mundo/>
<https://penntoday.upenn.edu/news/penn-engineers-send-quantum-signals-standard-internet-protocol>

Páginas 38 e 39 – Microtema e Cases - Protocolos

antecipatórios - Macrotendência 1: Tecnocracia

https://www.lemonde.fr/en/pixels/article/2025/09/30/california-enacts-ai-safety-law-targeting-tech-giants_6745919_13.html
<https://www.reuters.com/legal/litigation/californias-newsom-signs-law-requiring-ai-safety-disclosures-2025-09-29/>
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
<https://artificialintelligenceact.eu/>
<https://www.cybersecuritydive.com/news/nist-post-quantum-cryptography-guidance-mapping/760638/>
<https://portaldeprefeitura.com.br/brasil/goubr-adotar-assinaturas-digitais-seguranca-pos-quantica/597702/>
<https://portaldeprefeitura.com.br/brasil/goubr-adotar-assinaturas-digitais-seguranca-pos-quantica/597702/>

REFERÊNCIA DOS DADOS

Páginas 40 e 41 – Microtema e Cases - Componentes estratégicos - Macrotendência 1: Tecnocracia

<https://www.reuters.com/en/eu-states-rally-around-dutch-chips-coalition-bid-chips-act-20-2025-09-29/>

<https://techcet.com/techcet-projects-big-development-for-lithography-materials/>

<https://www.reuters.com/world/china/australia-offers-sell-shares-critical-minerals-reserve-allies-sources-say-2025-09-30/>

<https://www.reuters.com/markets/commodities/us-critical-minerals-list-expands-ahead-possible-tariffs-2025-09-09/>

<https://www.reuters.com/markets/commodities/critical-minerals-are-stuck-between-demand-hopes-oversupply-reality-2025-09-29/>

<https://portalclubedeengenharia.org.br/brasil-prepara-politica-para-minerais-estrategicos-e-enfrenta-pressao-dos-eua-por-acesso-as-reservas/>

<https://www.reuters.com/en/eu-states-rally-around-dutch-chips-coalition-bid-chips-act-20-2025-09-29/>

<https://blogs.nvidia.com/blog/nvidia-manufacture-american-made-ai-supercomputers-us/>

Páginas 42 e 43 – Microtema e Cases - Cooperações transnacionais - Macrotendência 1: Tecnocracia

<https://www.un.org/independent-international-scientific-panel-ai/en>

<https://dig.watch/updates/un-general-assembly-adopts-terms-of-reference-for-ai-scientific-panel-and-global-dialogue-on-ai-governance>

<https://www.elysee.fr/en/emmanuel-macron/2025/02/11/statement-on-inclusive-and-sustainable-artificial-intelligence-for-people-and-the-planet>

<https://www.reuters.com/technology/us-britain-have-not-signed-paris-ai-summit-declaration-2025-02-11/>

<https://www.oecd.org/en/topics/policy-issues/artificial-intelligence.html>

https://www.oecd.org/en/publications/2025/06/governing-with-artificial-intelligence_398fa287.html

<https://www.coe.int/en/web/Conventions/full->

<list/?module=signatures-by-treaty&treatynum=225&https://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/onu/en/Comunicacion/Noticias/Paginas/Articulos/The-UN-approves-the-creation-of-a-Scientific-Panel-and-a-Global-Dialogue-on-Artificial-Intelligence.aspx>

<https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/rfi/2025/02/11/cupula-de-paris-61-paises-assinam-declaracao-para-uma-ia-etica-aberta-e-inclusiva.htm>

Páginas 44 e 45 – Desafios e Oportunidades - Macrotendência 1: Tecnocracia

<https://www.reuters.com/world/americas/brazil-launches-proposals-attract-data-centers-regulate-digital-competition-2025-09-18/>

<https://www.theguardian.com/global-development/2025/may/22/datacentre-drought-chinese-social-media-supercomputers-brazil-latin-america>

<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202509/na-soberania-digital-brasil-consolida-a-nuvem-de-governo-como-passo-para-a-independencia-e-a-protecao-de-dados>

<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/edge-computing>

Páginas 48 e 49 – Abertura - Macrotendência 2: Robotecnica

<https://fortune.com/2025/08/26/stanford-ai-entry-level-jobs-gen-z-erik-brynjolfsson/>

<https://www.weforum.org/stories/2025/04/ai-jobs-international-workers-day/>

<https://www.cbsnews.com/losangeles/news/college-graduates-entry-level-jobs-market-ai/>

<https://www.theguardian.com/technology/2025/oct/01/us-jobs-market-yet-to-be-seriously-disrupted-by-ai-yale-study>

<https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-million-robots-ai-foundation-model>

<https://www.freightwaves.com/news/warehouse-automation-surging-ahead-despite-predicted-slowdown>

<https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2025-01-07/robots-fill-workforce-gap-in-korea-s-aging-society>

<https://www.reuters.com/sustainability/sustainable-finance-reporting/japan-firms-face-serious-labour-crunch-aging-population-survey-shows-2025-01-15/>

REFERÊNCIA DOS DADOS

<https://www.copyright.gov/ai/Copyright-and-Artificial-Intelligence-Part-3-Generative-AI-Training-Report-Pre-Publication-Version.pdf>
<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2025/07/Americas-AI-Action-Plan.pdf>
<https://www.apufsc.org.br/2025/07/25/uso-da-ia-na-educacao-tera-regras-pela-primeira-vez-no-brasil/>
<https://www.dol.gov/newsroom/releases/osec/osec20250826>
<https://www.journalofaccountancy.com/issues/2025/sep/incorporating-prompt-engineering-into-the-accounting-curriculum/>
<https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence>

Páginas 50 e 51 – Rupturas - Macrotendência 2: Robotecnia

<https://restofworld.org/2025/singapore-ai-eldercare-tools/>
<https://dronelife.com/2025/03/14/the-inside-story-on-cheurons-autonomous-drone-inspections-with-percepto/>
<https://www.investors.com/news/technology/humanoid-robots-labor-shortages/>
<https://www.ft.com/content/4902b92d-ca3f-4061-9a8d-74449167540e?>
<https://group.dhl.com/en/media-relations/press-releases/2025/dhl-to-deploy-1000-additional-robots-across-uk-operations.html>
<https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-million-robots-ai-foundation-model>
<https://www.dqindia.com/features/indian-factories-and-automation-the-everything-bagel-is-here-10521704>
<https://g1.globo.com/bemestar/blog/longevidade-modo-de-usar/post/2025/02/16/ate-2030-80percent-das-pessoas-no-planeta-vaao-interagir-com-robos.ghml>
<https://www.oficinadanet.com.br/noticias/61860-gemeo-digital-industria-4-0-brasil-produtividade-2025>
<https://www.axios.com/2025/09/25/jobs-market-ai-indeed-retail?>
<https://www.investopedia.com/future-workforce-could-be-at-risk-as-hiring-managers-doubt-high-school-graduates-readiness-11816041?>
<https://www.businessinsider.com/cisco-exec-says-entry-level-hiring-slowdown-is-total-blip-2025-9?>

<https://hbr.org/2025/09/the-perils-of-using-ai-to-replace-entry-level-jobs?>

Páginas 54 e 55 – Microtemas e cases – Ecologia maquina - Macrotendência 2: Robotecnia

<https://newatlas.com/ai-humanoids/walker-s2-humanoid-robot-swaps-batteries/>
<https://www.dlr.de/en/latest/news/2025/robots-train-in-luna-for-their-work-on-the-moon>
<https://www.engineering.columbia.edu/about/news/robots-grow-consuming-other-robots>
<https://www.theverge.com/news/785193/google-deepmind-gemini-ai-robotics-web-search>
<https://www.statesmanjournal.com/story/news/local/2025/09/12/salem-oregon-agility-robotics-warehouse-labor-shortage/85629748007/>
<https://news.cgtn.com/news/2025-07-22/China-unveils-first-humanoid-robot-that-can-change-its-own-batteries-1FdnkCg4chi/p.html>
<https://www.engineering.columbia.edu/about/news/robots-grow-consuming-other-robots>

Páginas 56 e 57 – Microtemas e cases - Fábricas inteligentes - Macrotendência 2: Robotecnia

<https://www.cio.com/article/3994397/digital-twins-combine-with-ai-to-help-manage-complex-systems-2.html>
<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmgsites/xx/pdf/2025/05/intelligent-manufacturing-report.pdf>
<https://www.ericsson.com/en/blog/2025/9/see-everything-always-manufacturing-precise-positioning-with-private-5g>
<https://www.arcweb.com/blog/private-4glte-5g-networks-2025-key-trends-growth-drivers-market-insights>
<https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/2025-smart-manufacturing-survey.html>
<https://www.businessinsider.com/hyundai-ai-powered-factory-smart-metaplanet-america-2025-8>
<https://www.cio.com/article/4029061/siemens-builds-fully-automated-warehouse-with-digital-twin.html?utm>
<https://www.nsf.gov/news/new-ai-model-could-revolutionize-us-manufacturing>

REFERÊNCIA DOS DADOS

Páginas 58 e 59 – Microtemas e cases - Laboratórios multirrobôs - Macrotendência 2: Robotecnia

<https://news.ncsu.edu/2025/07/fast-forward-for-self-driving-labs/>
<https://www.sciencedaily.com/releases/2025/07/250714052105.htm>
<https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.adu7932>
<https://www.automate.org/news/the-future-of-swarm-robotics-applications-and-challenges-123>
<https://techxplore.com/news/2025-05-gen-swarm-robots-simple-linked.html>
<https://news.ncsu.edu/2025/08/rainbow-multi-robot-lab/>
<https://pme.uchicago.edu/news/quantum-materials-built-ai-robot>

Páginas 60 e 61– Microtemas e cases - Automação assistencial - Macrotendência 2: Robotecnia

<https://population.un.org/wpp>
https://www.oecd.org/en/publications/2024/12/oecd-economic-outlook-volume-2024-issue-2_67bb8fac/full-report/understanding-labour-shortages-the-structural-forces-at-play_321e116a.html
https://www.oecd.org/en/publications/2025/07/oecd-employment-outlook-2025_5345f034/full-report/reviving-growth-in-a-time-of-workforce-ageing-the-role-of-job-mobility_6fdecf3a.html
<https://ifr.org/ifr-press-releases/news/record-of-4-million-robots-working-in-factories-worldwide>
<https://ifr.org/wr-service-robots/>
https://reports.weforum.org/docs/WEF_The_Future_of_AI_Enabled_Health_2025.pdf
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/06/enhancing-productivity-and-growth-in-an-ageing-society_68a94c77/605b0787-en.pdf
<https://www.ft.com/content/4902b92d-ca3f-4061-9a8d-74449167540e>
<https://restofworld.org/2025/singapore-ai-eldercare-tools/>

Páginas 62 e 63– Microtemas e cases - Recapacitação

tecnológicas - Macrotendência 2: Robotecnia

https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf
<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/superagency-in-the-workplace-empowering-people-to-unlock-ais-full-potential-at-work>
<https://hai.stanford.edu/ai-index/2025-ai-index-report>
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/04/bridging-the-ai-skills-gap_b43c7c4a/66d0702e-en.pdf
<https://www.newsweek.com/nw-ai/ai-impact-award-2025-workplace-2085461>
<https://www.forbes.com/sites/ronschmelzer/2025/07/09/danones-academy-wants-to-train-20000-ai-ready-workers/>
https://www.ey.com/en_in/newsroom/2025/07/ey-launches-ai-academy-to-support-industry-wide-talent-upskilling-in-gen-ai

Páginas 64 e 65 – Microtemas e cases - Materiais robóticos - Macrotendência 2: Robotecnia

<https://news.mit.edu/2025/ai-system-learns-many-types-scientific-information-and-runs-experiments-discovering-new-materials-0925>
<https://techxplore.com/news/2025-05-soft-robots-3d-printer.html>
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.4c00972>
<https://www.uni-stuttgart.de/en/university/news/all/Soft-materials-for-smarter-robots/>
<https://news.mit.edu/2025/robotic-probe-quickly-measures-key-properties-new-materials-0704>
<https://news.mit.edu/2025/mapping-future-metamaterials-0327>
<https://phys.org/news/2025-08-programmable-soft-material-absorbs-energy.html>
<https://attheu.utah.edu/science-technology/shape-shifting-hybrid-materials-offer-bright-future-for-solar-and-led-innovation/>
<https://pme.uchicago.edu/news/shape-shifting-particles-let-scientists-control-how-fluids-flow>
<https://engineering.princeton.edu/news/2025/04/23/material-robot-its-metabot>
<https://robotics.umich.edu/news/2025/sparc-climbing-origami-robot/>

Páginas 66 e 67– Desafios e Oportunidades - Macrotendência

REFERÊNCIA DOS DADOS

2: Robotecnia

<https://outraspalavras.net/outrasaude/como-digitalizar-o-sus-sem-rendicao-as-big-techs/>
https://www.lemonde.fr/en/environnement/article/2024/05/23/rare-earth-mining-in-myanmar-an-extreme-example-of-widespread-destruction_6672433_114.html

Páginas 70 e 71– Abertura - Macrotendência 3: Sensorium

<https://fortune.com/2025/10/01/citi-ai-prompt-training-mandate-employees-reskilling-workforce-business/>
<https://www.bcg.com/publications/2025/ai-at-work-momentum-builds-but-gaps-remain>
<https://learning.linkedin.com/resources/workplace-learning-report>
<https://www.theguardian.com/news/2025/jan/21/signature-moves-are-we-losing-the-ability-to-write-by-hand>
<https://www.wusf.org/education/2025-04-21/florida-loops-back-cursive-bill-looks-expand-instruction-classroom>
<https://timesofindia.indiatimes.com/city/mumbai/mumbai-ai-voice-cloning-violates-celebritys-personality-rights-says-bombay-high-court-on-singer-asha-bhosles-plea/articleshow/124264867.cms>
<https://www.euronews.com/next/2025/07/13/ai-scams-can-now-impersonate-your-voice-heres-how-to-avoid-them>
<https://www.theguardian.com/world/2025/jul/12/new-research-centre-to-explore-how-ai-can-help-humans-speak-with-pets>
<https://www.theverge.com/openai/686748/chatgpt-linguistic-impact-common-word-usage>
<https://www.newyorker.com/magazine/2025/07/07/the-end-of-the-english-paper>
<https://mindmatters.ai/2025/09/thanks-to-our-screens-were-heading-for-a-post-literate-culture/>

Páginas 72 e 73 – Rupturas - Macrotendência 3: Sensorium

https://www.theguardian.com/news/2025/jan/21/signature-moves-are-we-losing-the-ability-to-write-by-hand?utm_medium=email&utm_source=substack
[https://www.terra.com.br/vida-e-estilo/a-geracao-z-esta-](https://www.terra.com.br/vida-e-estilo/a-geracao-z-esta-perdendo-uma-habilidade-que-a-humanidade-possui-ha-5500-anos-40-nao-sao-fluentes-em-comunicacao,c605455d611b7a2573-8cad42ee64e830itihqi0o.html)

<https://www.terra.com.br/vida-e-estilo/a-geracao-z-esta-perdendo-uma-habilidade-que-a-humanidade-possui-ha-5500-anos-40-nao-sao-fluentes-em-comunicacao,c605455d611b7a2573-8cad42ee64e830itihqi0o.html>
https://abcnews.go.com/Politics/states-banning-cellphones-schools/story?id=125515186&utm_
https://georgiarecorder.com/2025/06/23/cursive-writing-in-schools-georgia-schools-are-about-to-loop-it-back-into-the-classroom/?utm_
https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/04/advancing-artificial-intelligence-education-for-american-youth/?utm_
<https://timesofindia.indiatimes.com/city/chandigarh/punjab-sets-ball-rolling-for-ai-debut-in-its-schools/articleshow/124168635.cms>
<https://www.thetimes.com/world/europe/article/french-students-banned-from-using-computers-during-lectures-ncs8j6z8q>
https://www.optica.org/about/newsroom/news_releases/2025/flexible_optical_touch_sensor_simultaneously_pinpoints_pressure_strength_and_location/
<https://techxplore.com/news/2025-08-soft-skin-sharp-robotic-danger.html>
<https://www.timesofisrael.com/israeli-researchers-report-breakthrough-gene-therapy-for-hearing-and-balance-disorders/>
<https://www.timesofisrael.com/israeli-researchers-report-breakthrough-gene-therapy-for-hearing-and-balance-disorders/>
<https://www.fightingblindness.ca/news/a-glimpse-into-the-future-bionic-eye-technology/>
<https://www.who.int/news/item/30-06-2025-social-connection-linked-to-improved-health-and-reduced-risk-of-early-death>
<https://japan.kantei.go.jp/103/actions/202505/27kodokukoritsu.html>
<https://www.scmp.com/economy/economic-indicators/article/3293883/chinas-calling-humanoid-robots-care-granny-needs-elderly-outpace-workers>
<https://www.gov.uk/government/publications/pride-in-place-strategy/pride-in-place-strategy>
<https://www.aarp.org/advocacy/improving-measurements-loneliness-isolation-2025/>
<https://restofworld.org/2025/korea-ai-robot-senior-care-hyodol/>
<https://www.wired.com/story/chatbots-play-with-emotions-to-avoid-saying-goodbye>

REFERÊNCIA DOS DADOS

<https://www.aarp.org/advocacy/improving-measurements-loneliness-isolation-2025/>

Páginas 76 e 77 – Microtemas e Cases - Habilidades sociais - Macrotendência 3: Sensorium

<https://www.theguardian.com/society/2025/apr/21/gen-z-students-in-manchester-to-learn-soft-skills-such-as-empathy-and-time-management>

<https://www.educacao.mg.gov.br/educacao-apresenta-novidades-da-nova-etapa-do-projeto-socioemocional-nas-escolas-estaduais/>

Páginas 78 e 79 – Microtemas e Cases - Fluência tecnológica - Macrotendência 3: Sensorium

<https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-teachers>

https://www.oecd.org/en/publications/what-should-teachers-teach-and-students-learn-in-a-future-of-powerful-ai_ca56c7d6-en.html

<https://efuet.org/unesco-digital-learning-week-2025-artificial-intelligence-ai-in-education/>

https://hai-production.s3.amazonaws.com/files/hai_ai_index_report_2025.pdf

<https://www.wam.ae/en/article/15qfeob-national-identity-shape-uae%E2%80%99s-2025%E2%80%932026-academic>

<https://www.ft.com/content/897c43a1-e366-415e-9472-4607604aa483>

Páginas 80 e 81 – Microtemas e Cases - Vestíveis industriais - Macrotendência 3: Sensorium

https://ohsonline.com/articles/2025/09/08/printpub-kopf.aspx?admgarea=ht.ConstructionSafety&utm_

<https://www.xrtoday.com/augmented-reality/ar-smart-glasses-case-studies-how-ar-enhances-field-work/>

https://ohsonline.com/articles/2025/09/04/exoskeletons-in-the-workplace.aspx?admgarea=ht.BehavioralSafety&utm_

<https://www.constructiondive.com/news/assp-conference-ppe-safety-gear/754183/>

https://www.cpwr.com/wp-content/uploads/SS2025-Exoskeletons_Ethical_Social_Risks.pdf?utm_

<https://www.constructiondive.com/news/german-bionic-exoskeleton-exia-construction/750448/>

<https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2025-06-powering-production-and-protecting-people-with-exoskeletons>

Páginas 82 e 83 – Microtemas e Cases - Sentidos sintéticos - Macrotendência 3: Sensorium

<https://phys.org/news/2025-05-ai-powered-electronic-nose-diverse.html>

<https://www.buffalo.edu/news/releases/2025/07/liu-e-textile.html>

<https://www.nature.com/articles/s41528-025-00431-6>

<https://techxplore.com/news/2025-08-soft-skin-sharp-robotic-danger.html>

<https://neurosciencenews.com/ai-robots-vision-touch-29659/>

<https://pratt.duke.edu/news/wildfusion-robot-navigation/>

<https://www.sciencedaily.com/releases/2025/06/250616040237.htm>

<https://www.theguardian.com/technology/2025/may/07/amazon-makes-fundamental-leap-forward-in-robotics-with-device-having-sense-of-touch>

<https://interestingengineering.com/innovation/ainos-and-ugo-unlock-olfactory-sensing>

Páginas 84 e 85 – Microtemas e Cases - Percepções ciborgue - Macrotendência 3: Sensorium

<https://group.ntt/en/newsrelease/2025/05/13/250513b.html>

<https://www.oaepublish.com/articles/ir.2025.31>

<https://www.weforum.org/stories/2025/06/olfactory-intelligence-health-smell-ai-amnc/>

<https://phys.org/news/2025-07-graphene-based-artificial-tongue-human.html>

<https://www.livescience.com/technology/worlds-first-artificial-tongue-tastes-and-learns-like-a-real-human-organ>

<https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/lentes-de-contato-infravermelhas-permitem-ver-no-escuro-e-de-olhos-fechados/>

<https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adus.202501912>

<https://www.gamespress.com/OVR-Technology-Unlocks-a-New-Era-for-Immersive-Storytelling-at-Gamesco>

REFERÊNCIA DOS DADOS

<https://www.theguardian.com/science/2025/feb/28/scientists-create-e-taste-device-that-could-add-flavour-to-virtual-reality-experiences>

<https://www.theguardian.com/science/2025/feb/28/scientists-create-e-taste-device-that-could-add-flavour-to-virtual-reality-experiences>

Páginas 86 e 87 – Microtemas e Cases - Comunicação ampliada - Macrotendência 3: Sensorium

<https://www.theverge.com/news/771665/timekettle-w4-ai-interpret-wireless-earbuds-bone-conduction>

<https://www.thetimes.co.uk/article/ai-glasses-that-can-lip-read-for-deaf-people-zx5cwh2rj>

<https://www.theguardian.com/world/2025/jul/12/new-research-centre-to-explore-how-ai-can-help-humans-speak-with-pets>

<https://www.businessinsider.com/ai-humans-talk-to-animals-llm-language-communication-2025-6>

<https://www.theverge.com/news/771665/timekettle-w4-ai-interpret-wireless-earbuds-bone-conduction>

<https://news.sky.com/story/scientists-working-on-superpower-glasses-that-help-people-hear-more-clearly-13410874>

Página 88 e 89 – Desafios e Oportunidades - Macrotendência 3: Sensorium

<https://br.ign.com/tech/134273/news/geracao-z-esta-perdendo-uma-habilidade-que-temos-ha-55-mil-anos-40-estao-perdendo-a-fluencia-na-comu>

<https://gizmodo.com/microsoft-study-finds-relying-on-ai-kills-your-critical-thinking-skills-2000561788>

<https://www.theatlantic.com/press-releases/archive/2025/01/atlantics-derek-thompson-anti-social-century/681236/>

<https://www.thetimes.com/world/europe/article/french-students-banned-from-using-computers-during-lectures>

REFERÊNCIA DAS IMAGENS

Página 02 – Estudo

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/pessoas-andando-na-rua-em-fotografia-em-tons-de-cinza-nPjap1RiadM>

Página 04 – Abertura

<https://unsplash.com/es/fotos/personas-subiendo-escaleras-mecanicas-dentro-del-edificio-en-fotografia-en-escala-de-grises-S9CWnl4njro>

Página 06 – Nosso Foco

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-pessoa-esta-sozinha-em-uma-praca-vazia-da-cidade-d5ntNJ9A0YM>

Páginas 08 e 09 – Conteúdo

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/paisagem-urbana-embacada-com-luz-vermelha-e-luzes-de-rua-a-noite-oKyZoJy03ZA>

Página 10 – Contexto

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-close-up-de-um-telefone-celular-com-um-fundo-escuro-QhzCpzYSfqw>

Página 14 – Estudo em números

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-pessoa-andando-em-uma-escada-rolante-com-um-skate-ALLdonCL0yA>

Página 16 – Histórico de microtemas

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/pessoas-andando-no-chao-de-tijolos-marrons-3qrqB7551Gc>

Página 21 – Vetores

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-fundo-abstrato-preto-e-verde-com-circulos-FNa4RAAPWbc>

Páginas 22 e 23 – Vetores

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-multidao-de-pessoas-caminhando-por-uma-rua-a-noite-wkttYGiRWNw>

Página 24 – Macrotendências

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-fundo-azul-e-branco-com-linhas-onduladas-2GfU3qLLe2M>

Página 32 – Microtema – Governança tecnológica

https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-rack-de-equipamentos-eletronicos-em-uma-sala-escura-Onl_TNclv9U

Página 34 – Microtema – Liderança energética

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/torres-de-concreto-cinza-sob-nuvens-brancas-e-ceu-azul-durante-o-dia-uMQFh9rAkeU>

Página 36 – Microtema – Computação reprogramada

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-close-up-de-um-objeto-de-metal-com-uma-chama-Z58iaJuJ7Gc>

Página 38 – Microtema – Protocolos antecipatórios

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/software-colorido-ou-codigo-da-web-em-um-monitor-de-computador-Skf7HxARcoc>

Página 40 – Microtema – Componentes estratégicos

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-close-up-de-um-padrao-de-pequenos-quadrados-7hR3FrFs4Q0>

Página 42 – Microtema – Cooperações transnacionais

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/mulher-no-casaco-preto-em-pe-perto-da-parede-redonda-branca-vermelha-e-azul-k0Jo8m6DO6k>

Página 44, 45, 66, 67, 88 e 89 – Desafios e Oportunidades

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-tela-de-computador-com-um-design-abstrato-nela-ql8bSuYu7Pw>

Página 46, 68 e 90 – Possibilidades de ação

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-grupo-de-pessoas-caminhando-por-uma-calcada-rCO-ROEfV50>

REFERÊNCIA DAS IMAGENS

Página 54 – Microtema – Ecologia maquina

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/maquina-industrial-azul-e-prata-nyAzMQ6Ejgs>

Página 56 – Microtema – Fábricas Inteligentes

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-fabrica-cheia-de-muitas-maquinas-laranja-8gr6bObQLOI>

Página 58 – Microtema – Laboratórios multirrobôs

https://unsplash.com/pt-br/fotografias/black-laptop-computer-on-table-9xHsWmh3m_4

Página 60 – Microtema – Automação assistencial

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-armazem-cheio-de-prateleiras-cheias-de-caixas-Xlyjy26oEjY>

Página 62 – Microtema – Recapacitação tecnológica

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-robo-branco-segurando-um-tablet-na-mao-nzVztZUZ3YI>

Página 64 – Microtema – Materiais Robóticos

https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-imagem-gerada-por-computador-de-um-grupo-de-passaros-voando-no-ceu-SxhHa53X_qA

Página 76 – Microtema – Habilidades sociais

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/duas-mulheres-colaboram-em-um-laptop-em-um-escritorio-irfWcn-sF48>

Página 78 – Microtema – Fluência tecnológica

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/pessoa-segurando-o-telefone-preto-FPt10LXK0cg>

Página 80 – Microtema – Vestíveis industriais

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-soldador-trabalhando-em-uma-peca-de-metal-Ws8SCmDS9mw>

Página 82 – Microtema – Sentidos Sintéticos

https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-pessoa-segurando-uma-mao-robotica-em-frente-a-um-espelho-_7ceGXTAtyQ

Página 84 – Microtema – Percepções ciborgue

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/uma-mulher-no-escuro-com-a-mao-no-rostro-DXNufXOtSlo>

Página 86 – Microtema – Comunicação ampliada

<https://unsplash.com/pt-br/fotografias/um-microfone-que-esta-sentado-em-um-suporte-ekHSHvgr27k>

