



Indústria 5.0

Um panorama da transformação organizacional
no Brasil



Ficha Catalográfica

DADOS DA CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS – SIBI/PUCPR
BIBLIOTECA CENTRAL

In42 Indústria 5.0 : um panorama da transformação organizacional no Brasil / Aniceski et.al . ; Pontifícia Universidade Católica do Paraná -- 2026.

1 recurso online PDF (52 p.) ; il.

Inclui bibliografias

ISBN: 978-65-02-41479-8 (E-Book)

1. Engenharia de produção. 2. Indústria. 3. Inovações tecnológicas.

I. Aniceski, Thiago; Giroto, Felipe Mendes; Clêdson, Otto; Aversani, Maria Eduarda; Loures, Eduardo Rocha; Benítez, Guilherme Brittes; Kai, Dalton Alexandre.

II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Grupo de Operações, Produtos e Estratégias Digitais (GOPED). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) | Escola Politécnica | PUCPR.

III. Título.

CDD. 20. ed. – 670

Nossa história:

O Grupo de Operações, Produtos e Estratégias Digitais (GOPED) é um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). O grupo é composto por professores e pesquisadores que atuam em pesquisas aplicadas relacionadas à transformação digital com destaque para o desenvolvimento de produtos, serviços e estratégias digitais. O GOPED combina conceitos de Engenharia de Produção com técnicas de análise multivariada para entender e resolver problemas de organizações. O grupo promove iniciativas de transformação digital, auxiliando empresas na gestão do desenvolvimento de produtos, gestão da inovação, estratégia de operações e gestão da tecnologia, com enfoque para ecossistemas de inovação, plataformas e cadeia de suprimentos.



@goped-pesquisa



@goped.pesquisa



@gopedpesquisa

Equipe do Projeto:



Thiago Aniceski

Doutorando GOPED
PPGEPS
PUCPR



Felipe Mendes Giroto

Doutorando GOPED
PPGEPS
PUCPR



Otto Clêdson

Aluno 8.º período
Engenharia de Produção
PUCPR



Maria Eduarda Aversani

Aluna 6.º período
Engenharia de Produção
PUCPR



Prof. Eduardo Rocha Loures

Professor PPGEPS
PUCPR



Prof. Guilherme Brittes Benitez

Professor UFRGS
Diretor GOPED
Coordenador do Projeto



Prof. Dalton Alexandre Kai

Pós Doutorando GOPED
Vice-Diretor GOPED
PPGEPS

Sumário

06

Introdução

15

Objetivo

17

Metodologia

23

Panorama
das
empresas

29

Interpretação
dos
resultados

41

Recomendações



Introdução

Evolução da Indústria



O que é Indústria 5.0

A Indústria 5.0 (I5.0) representa a evolução da Indústria 4.0, integrando tecnologias avançadas com a centralidade no ser humano. Esse modelo busca equilibrar eficiência produtiva com bem-estar humano e sustentabilidade, promovendo a colaboração entre pessoas e sistemas inteligentes. A I5.0 tem como pilares a centralidade no ser humano, a resiliência e a sustentabilidade.



O novo papel das pessoas e o bem-estar na Indústria 5.0

Na Indústria 5.0, a transformação do papel dos trabalhadores não significa a eliminação completa das tarefas manuais, uma vez que nem todas as atividades fabris podem ou devem ser automatizadas. Ocorre, na verdade, uma redistribuição estratégica de funções: a tecnologia assume o trabalho puramente repetitivo ou exaustivo, enquanto o ser humano se concentra em funções que exigem julgamento crítico, criatividade, destreza refinada e resolução de problemas complexos.



Para que esta transição seja bem-sucedida, as organizações precisam assumir um papel ativo na busca pelo bem-estar dos seus colaboradores através de ações práticas, tais como:



Smart Working: Introdução de ferramentas digitais (tablets de chão de fábrica e dispositivos vestíveis/wearables) para reduzir o esforço físico e otimizar a comunicação entre equipes.



Capacitação Contínua: Programas estruturados de upskilling* e reskilling** que respeitem o ritmo individual, preparando os trabalhadores para as novas tecnologias e mitigando a ansiedade digital.



Gestão de Mudança Inclusiva: Integração dos operadores no processo de escolha e desenho dos novos sistemas, garantindo que a tecnologia seja vista como um suporte e não como uma ameaça.



Suporte à Saúde Mental: Ações proativas para gerir o stress decorrente da rápida evolução tecnológica e das exigências por novas competências no ambiente de trabalho.

*Upskilling: aprimorar habilidades que a pessoa já possui, tornando-a mais qualificada na função atual.

**Reskilling: desenvolver novas habilidades para assumir uma função diferente.

Por que a Indústria 5.0 é relevante no contexto atual?

O cenário mundial atual passa por grandes mudanças impulsionadas pelo avanço da tecnologia, em particular, à inteligência artificial. Esse progresso tecnológico tem transformando a forma como as pessoas consomem informação, se comunicam e trabalham. Ao mesmo tempo em que essas inovações trazem mais agilidade e oportunidades, também aumentam as preocupações com a saúde mental e o bem-estar dos trabalhadores. Além disso, cresce a preocupação da sociedade com o meio ambiente e com a necessidade de práticas mais sustentáveis, gerando assim, uma alteração no comportamento dos consumidores. Somado a isso, o mundo tem vivido um período de muitas incertezas causado pelos impactos da pandemia de COVID-19, pelos conflitos geopolíticos e pelas mudanças climáticas, fatores que afetam diretamente a vida das pessoas e as organizações.

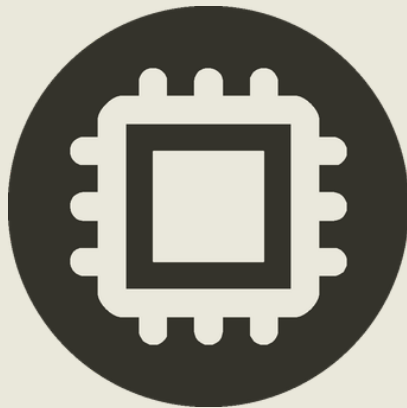
Desta forma, a Indústria 5.0 (I5.0), não origina-se apenas pelos avanços tecnológicos mas, pela mudança de consciência social. Ela surge como o próximo passo da transformação digital, redefinindo o papel das pessoas dentro das organizações. Enquanto as revoluções industriais anteriores focaram em aumento da produção, esta nova era tem como pilares a centralidade do ser humano, a resiliência e a sustentabilidade.

Diferente da Indústria 4.0, que priorizou a digitalização e a eficiência máxima das máquinas, a Indústria 5.0 coloca o ser humano no centro dos processos. Aqui, a tecnologia deixa de ser uma possível ameaça à substituição para se tornar uma ferramenta facilitadora da potencialização das capacidades humanas.

O contexto brasileiro

No contexto brasileiro, a intensificação da transformação digital tem provocado mudanças nos modelos produtivos e de gestão do trabalho. No entanto, ainda existem desafios relevantes, como a desigualdade no nível de maturidade digital entre empresas e limitações estruturais. Por outro lado, esse cenário também representa oportunidades importantes para aumento da competitividade, inovação e desenvolvimento sustentável.

Algumas barreiras da realidade brasileiras



Desigualdade tecnológica entre grandes corporações e pequenas/médias empresas pode isolar negócios que não conseguem acompanhar o ritmo de investimento.



Gargalos em infraestrutura logística e conectividade (5G ainda em expansão) dificultam a integração total das cadeias de suprimentos.



Falta de programas de **requalificação** (reskilling) em larga escala é um risco para a inclusão do trabalhador brasileiro na nova economia.

O Cenário Brasileiro: Níveis de Maturidade e Desafios Estruturais

No contexto brasileiro, a intensificação da transformação digital tem provocado mudanças nos modelos produtivos e de gestão do trabalho. Contudo, a jornada rumo à Indústria 5.0 não ocorre de forma uniforme, sendo marcada por uma forte desigualdade no nível de maturidade digital e limitações estruturais que variam drasticamente conforme o porte das organizações.

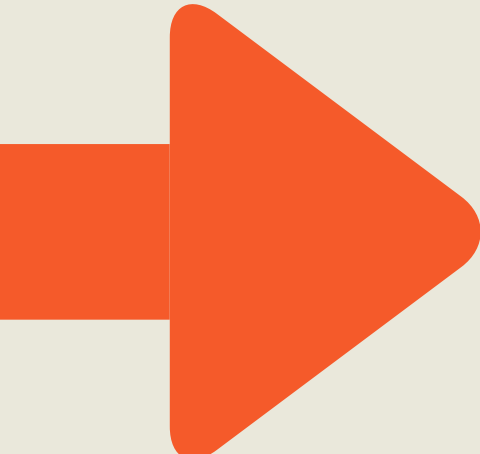
O Desafio da Transição (I3.0 para I4.0): É fundamental reconhecer que a grande maioria das organizações brasileiras, especialmente as pequenas e médias empresas (PMEs), ainda se encontra na transição da Indústria 3.0 (automação básica) para a Indústria 4.0 (digitalização e conectividade). Tentar implementar os conceitos avançados da Indústria 5.0 sem consolidar esta base digital gera um risco crítico de ineficiência e desperdício de recursos.

Pequenas e médias empresas (PMEs), enfrentam severas limitações de capital e de infraestrutura.

Exigir metas imediatas de inteligência artificial avançada ou investimentos complexos em sustentabilidade ambiental, desconsidera a realidade de caixa e a necessidade primária de sobrevivência operacional dessas empresas.

Grandes organizações, embora mais próximas da digitalização, ainda utilizam tecnologias de ponta (como Deep Learning) de forma experimental e isolada, encontrando grandes dificuldades para escalar estas soluções para o dia a dia de toda a operação.

Por outro lado, este cenário de transição também representa uma oportunidade estratégica única. As empresas podem apoiar-se nos pontos fortes identificados na cultura nacional, como a alta capacidade de resiliência e o forte pilar de bem-estar social, para desenhar processos que unam o desenvolvimento tecnológico e sustentável à valorização do capital humano, gerando inovação e diferenciação competitiva desde as etapas iniciais de maturidade.



Como a Indústria 5.0 amplia o conceito de transformação digital

Enquanto a Indústria 4.0 estava centrada na eficiência tecnológica, **a Indústria 5.0 incorpora dimensões humanas, sociais e organizacionais**. Nesse contexto, a tecnologia deixa de ser apenas um meio de aumento de produtividade e passa a ser um instrumento de valorização do trabalho humano, promoção do bem-estar e geração de valor sustentável. Assim, a transformação digital na Indústria 5.0 torna-se mais integrada, equilibrada e **orientada para o desenvolvimento humano e organizacional**.

▶ Objetivo

Objetivo

Objetivo: Investigar o desenvolvimento tecnológico das organizações brasileiras em relação à Indústria 5.0, analisando suas associações com a inovação, a sustentabilidade, a resiliência e a valorização do capital humano.

Esse estudo é uma iniciativa do Grupo de Operações, Produtos e Estratégias Digitais (GOPED) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Neste relatório, pretende-se compreender o estágio de desenvolvimento da Indústria 5.0 nas empresas brasileiras, identificando como seus pilares e as tecnologias avançadas estão sendo incorporados ao contexto organizacional. Além disso, busca-se gerar insights que auxiliem empresas e gestores na tomada de decisões relacionadas à transformação industrial.

Para atingir esse objetivo, foi realizada uma survey com 343 empresas brasileiras, abrangendo diferentes setores econômicos e industriais, avaliando aspectos relacionados à Indústria 5.0.

Os resultados permitiram traçar um panorama da adoção de seus princípios nas organizações, identificando tendências, desafios e oportunidades para a construção de ambientes produtivos mais sustentáveis, resilientes, inovadores e centrados nas pessoas.



Metodologia

Metodologia

Este relatório técnico foi elaborado mediante a implementação de duas fases: coleta e análise de dados.



Fase de coleta de dados

- Realização de Survey



Fase de análise de dados

- Formação de constructos
- Análise fatorial exploratória e análise fatorial confirmatória
- Análises de correlação

Survey

A coleta de dados foi realizada por meio de uma survey estruturada, aplicada a profissionais e organizações/indústrias brasileiras. O instrumento de pesquisa foi desenvolvido com base na literatura acadêmica sobre transformação digital, centralidade humana, resiliência e sustentabilidade. Ao todo, foram obtidas **343 respostas válidas**, garantindo uma base consistente para análise quantitativa. A amostra contempla diferentes perfis organizacionais, permitindo uma visão abrangente do nível de adoção dos princípios da Indústria 5.0 em um país emergente.

Formação dos fatores analisados

Após a coleta dos dados, foi realizada uma etapa de análise estatística com o objetivo de organizar e validar os principais temas investigados pela pesquisa. Esse processo permitiu agrupar questões relacionadas a um mesmo assunto, formando conjuntos representativos dos aspectos avaliados na Indústria 5.0, como centralidade no ser humano, sustentabilidade, resiliência, inovação e utilização de tecnologias avançadas.

Essa etapa contribuiu para aumentar a confiabilidade da análise, garantindo que os resultados representassem adequadamente os temas investigados e permitissem uma interpretação mais consistente dos dados obtidos.

Correlação entre os fatores analisados

Após a validação dos fatores analisados, foi realizada uma análise de correlação com o objetivo de identificar como os diferentes elementos da Indústria 5.0 se relacionam dentro das organizações. Essa etapa permitiu verificar a intensidade das associações entre aspectos como tecnologia, valorização das pessoas, sustentabilidade, resiliência e desempenho organizacional.

A partir dessa análise, foi possível identificar padrões e relações relevantes entre os diferentes fatores estudados, contribuindo para uma compreensão mais ampla dos elementos que favorecem o desenvolvimento da Indústria 5.0 nas empresas brasileiras.

Constructos



Transformação digital

Mede o quanto a empresa avança na digitalização da cadeia de suprimentos, desde digitalizar processos e coletar dados em larga escala, até integrar comunicação entre setores, promover troca de informações ao longo da cadeia e melhorar a interface digital com clientes.



Smart working

Mede a adoção de formas inteligentes de trabalho combinando tecnologia e pessoas. Cobre modalidades flexíveis como home office e híbrido, colaboração humano-robô, uso de wearables e realidade virtual, monitoramento remoto da produção e ferramentas digitais de colaboração.



Automação

Mede a presença e uso efetivo de tecnologias de automação física, robótica avançada como AGVs, drones e cobots, estações robotizadas em linha, máquinas altamente automatizadas e sensores de monitoramento de processo e produto.



Inteligência artificial

Mede a adoção de tecnologias específicas de IA, machine learning, redes neurais, deep learning, visão computacional, processamento de linguagem natural, análise preditiva e pesquisa semântica.

Constructos



Human-centric

Mede o quanto a empresa usa tecnologias digitais a serviço das pessoas, estimulando criatividade, aproveitando habilidades cognitivas, desenvolvendo cibersegurança e saúde ocupacional via tecnologia.



Resiliência organizacional

Mede a capacidade da empresa de lidar com interrupções na cadeia de suprimentos sob seis dimensões: responder rapidamente restaurando o fluxo de produtos, retornar ao estado original, migrar para um novo estado mais desejável, suportar consequências financeiras, manter controle da estrutura durante a crise e extrair aprendizado útil da interrupção.



Worker empowerment

Mede o grau de autonomia e desenvolvimento dado aos trabalhadores, programas de sugestão ativa no chão de fábrica, equipes multifuncionais, treinamento para múltiplas tarefas, polivalência para substituição entre funções e programas dedicados de desenvolvimento e qualificação.



Resiliência de performance

Mede a flexibilidade produtiva durante interrupções, capacidade de lidar com pedidos fora do padrão, atender especificações especiais de clientes, oferecer variações de produto, ajustar rapidamente a capacidade de produção para cima ou para baixo e introduzir melhorias e variações de produto com rapidez.

Constructos



Desempenho operacional

Mede a melhoria nos últimos dois anos em cinco indicadores clássicos de operação: produtividade, lead time de pedidos, gestão de estoques, qualidade com redução de sucata e retrabalho, e eficácia geral dos equipamentos.



Desempenho Social

Mede avanços nos últimos dois anos em cinco dimensões sociais, integração com a sociedade, incorporação de valores sociais, imagem perante consumidores, relacionamento com stakeholders comunitários como ONGs e bem-estar dos funcionários.



Desempenho dos trabalhadores

Mede a melhoria nos últimos dois anos em cinco dimensões do trabalho humano: produtividade individual, autonomia, colaboração entre equipes, flexibilidade e qualidade do trabalho entregue.



Desempenho ambiental

Mede avanços nos últimos dois anos em gestão ambiental, implementação ou melhoria de sistema de gestão ambiental, eficiência energética e redução de emissões, gestão de resíduos, metas de energia renovável e prevenção de poluição.



Desempenho Econômico

Mede a performance financeira nos últimos dois anos, crescimento de vendas, retorno sobre investimentos conforme esperado, aumento de lucro sobre vendas, redução de custos operacionais e crescimento de market share.

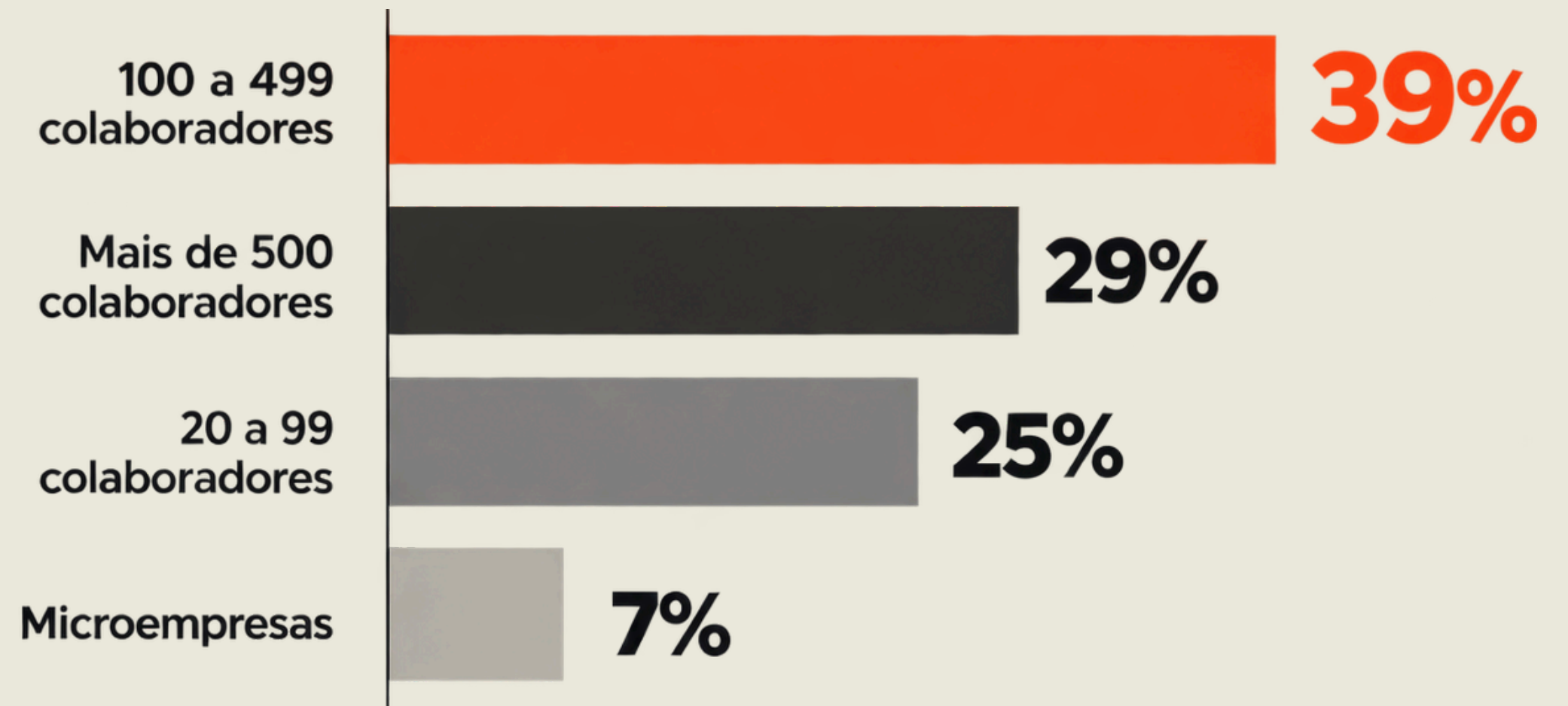


Panorama das empresas

Porte das empresas

Predominância de organizações de médio e grande porte.

A amostra apresenta predominância de organizações de médio e grande porte. Empresas com 100 a 499 colaboradores representam 39% dos respondentes, seguidas pelas organizações com mais de 500 funcionários, com 29%. As empresas de menor porte aparecem em menor proporção, com 25% entre 20 e 99 colaboradores e 7% de microempresas.



As organizações de médio e grande porte representam **68% da amostra.**

Setores em destaque

Predominância da indústria de transformação.

A composição setorial da amostra evidencia forte presença da indústria de transformação, com destaque para os segmentos de fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos e de produtos de metal, ambos com 9% de participação. Na sequência, aparecem a metalurgia, com 8%, e a fabricação de produtos alimentícios, com 7%. A amostra também contempla empresas de tecnologia da informação, manutenção industrial e pesquisa e desenvolvimento, refletindo diversidade setorial, ainda que com maior concentração em atividades industriais.



A amostra é diversa,
mas concentra-se
no setor industrial.

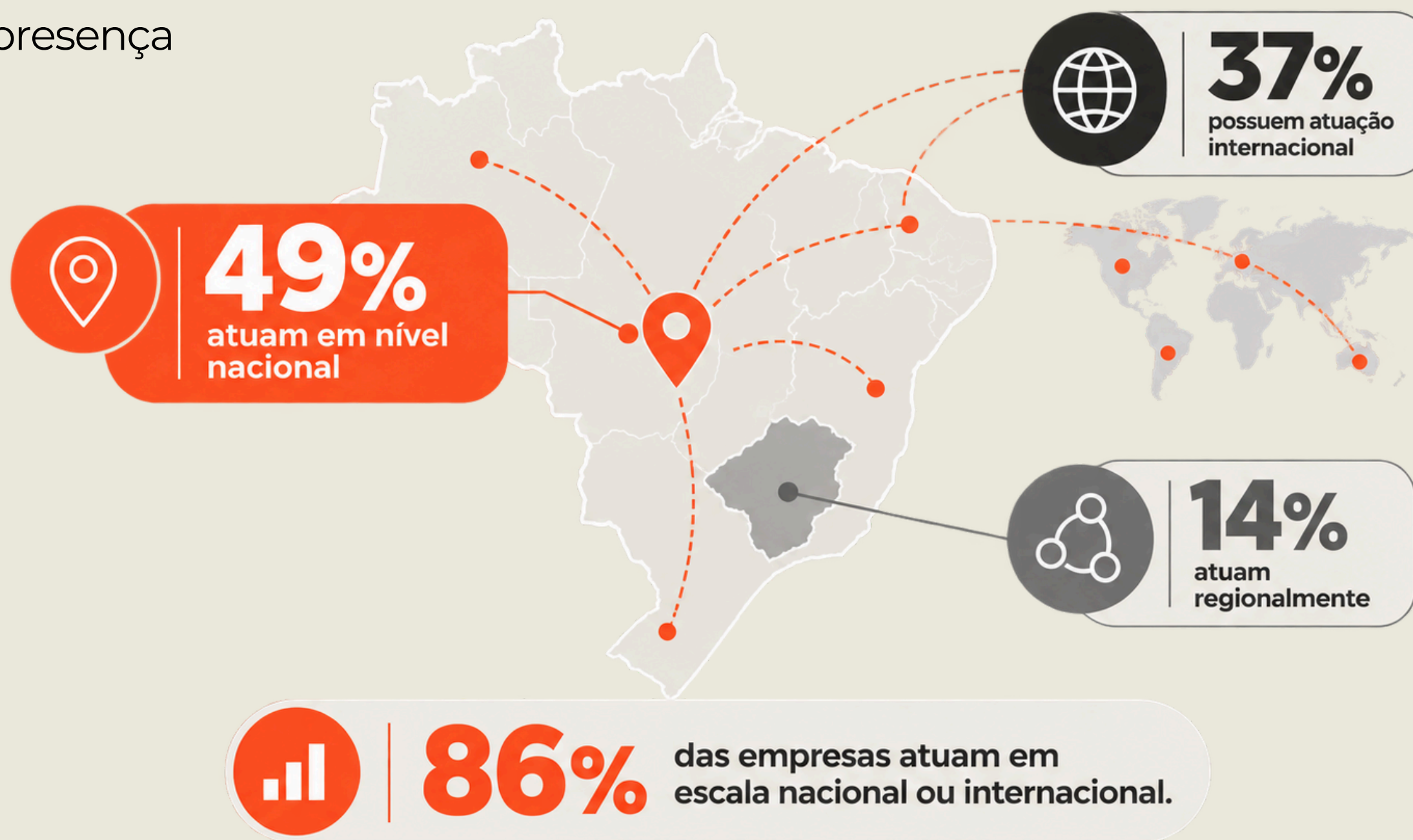


Outros setores presentes:
tecnologia da informação,
manutenção industrial e
pesquisa e desenvolvimento.

Abrangência geográfica

Predominância de atuação nacional e presença relevante em mercados externos.

Em relação à abrangência geográfica, a amostra revela predominância de empresas com atuação ampla. A maior parcela atua em nível nacional, representando 49% das organizações respondentes, enquanto 37% possuem atuação internacional. Já 14% concentram suas atividades em âmbito regional. Esses resultados indicam presença expressiva das empresas em mercados amplos, inclusive com participação relevante em contextos externos.



Posição na cadeia de suprimentos

Predominância de relações interorganizacionais.

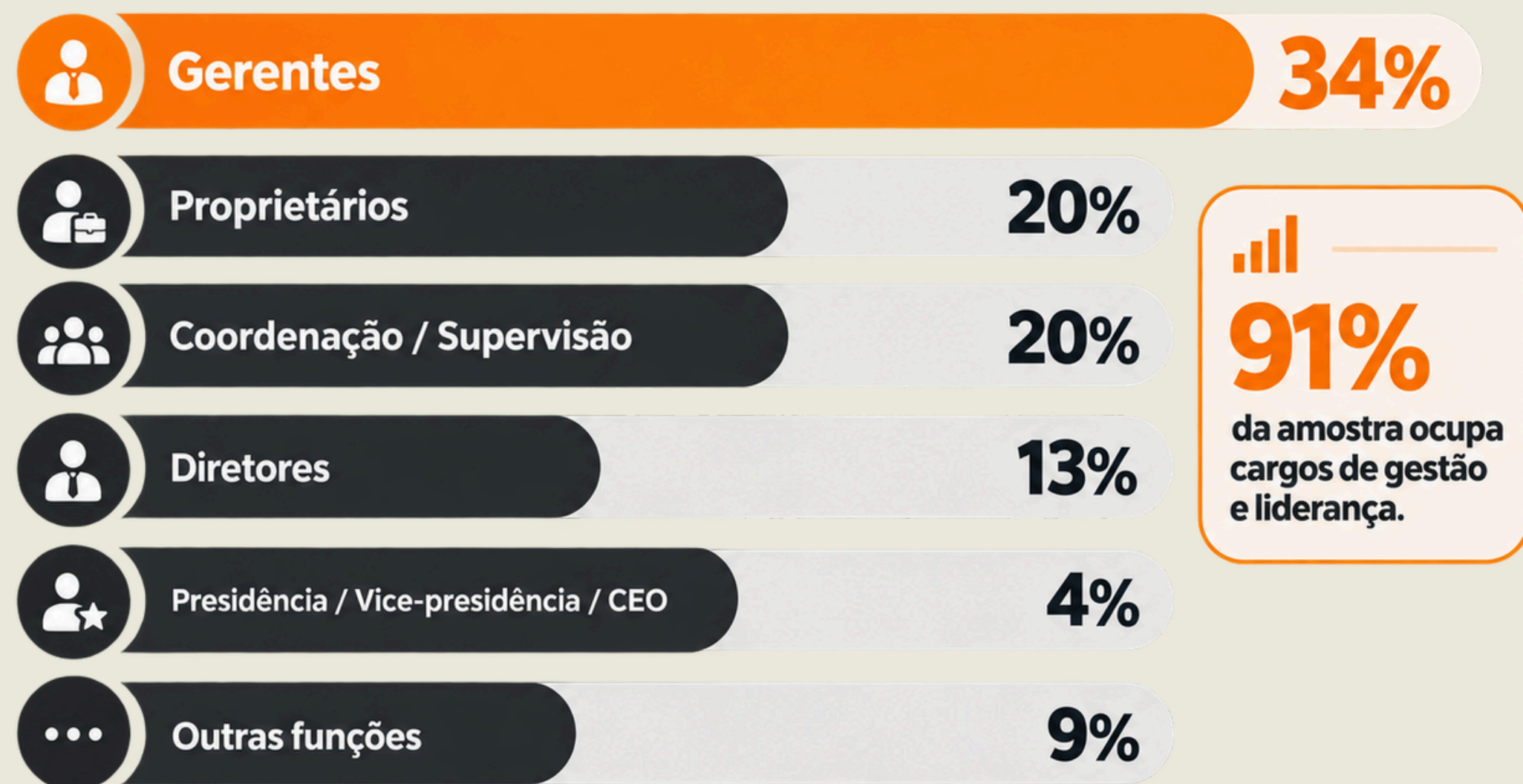
A distribuição das empresas na cadeia de suprimentos deixa evidente a predominância de relações interorganizacionais. Mais da metade da amostra atua no nível 2, em relações B2B, enquanto 41% estão no nível 1, voltado ao mercado consumidor, e 6% atuam como fornecedores de matéria-prima. Esse perfil reforça a presença expressiva de empresas inseridas em cadeias produtivas estruturadas, sobretudo no fornecimento de produtos e serviços para outras organizações.



Perfil da **amostra**

Predominância de cargos de gestão e liderança.

O perfil dos respondentes evidencia forte presença de profissionais em posições de gestão e liderança. Gerentes representam 34% da amostra, enquanto proprietários e profissionais em cargos de coordenação ou supervisão correspondem a 20% cada. Diretores representam 13%, profissionais da presidência, vice-presidência ou CEO somam 4%, e 9% atuam em outras funções. Essa composição reforça que os dados refletem, em grande parte, a percepção de profissionais com participação direta nos processos decisórios das organizações.





Interpretação dos resultados

Sustentabilidade

Os resultados da pesquisa indicam que a sustentabilidade nas organizações está associada à combinação entre automação, inteligência artificial e capacidades humanas e organizacionais. A automação, especialmente quando apoiada pela IA, contribui para ganhos de eficiência operacional e apresenta impactos mais evidentes no desempenho ambiental do que em retornos econômicos diretos. Essa relação sugere que o uso estratégico da tecnologia pode favorecer processos mais eficientes, apoiar a redução de desperdícios e contribuir para práticas produtivas mais alinhadas aos objetivos ambientais das organizações.

Os achados também mostram que os avanços ambientais podem estar associados a benefícios sociais mais amplos, fortalecendo a reputação das empresas, o relacionamento com stakeholders e a sustentabilidade do negócio no longo prazo. Nesse sentido, o crescimento econômico sustentável parece depender menos da adoção isolada de tecnologias e mais da capacidade das organizações de integrá-las a práticas de gestão, desenvolvimento humano e tomada de decisão. Dessa forma, **a sustentabilidade se consolida como um resultado sistêmico, construído pela articulação entre tecnologia, pessoas e capacidades organizacionais.**

Resiliência

Os resultados indicam que a resiliência organizacional não depende de um único investimento ou iniciativa, mas da combinação entre capacidades tecnológicas e humanas. Embora a tecnologia contribua para ampliar a capacidade de antecipação, resposta e adaptação das organizações, seu efeito depende da forma como é integrada às rotinas de trabalho e utilizada pelas equipes. Nesse processo, fatores como autonomia, conhecimento técnico, participação e envolvimento dos trabalhadores assumem papel central, pois são eles que permitem transformar informações e recursos tecnológicos em respostas efetivas diante de falhas, interrupções e situações de incerteza.

Na prática, essa relação pode ser observada em atividades como a manutenção industrial. Ferramentas de manutenção preditiva baseadas em sensores permitem identificar sinais de falha e gerar alertas antecipados, enquanto a experiência técnica das equipes é fundamental para interpretar essas informações, avaliar prioridades e definir as ações mais adequadas. Assim, **a resiliência se fortalece quando tecnologia e capacidade humana atuam de forma complementar, contribuindo para respostas mais rápidas, maior capacidade de adaptação e continuidade das operações em contextos de mudança.**

Centralidade no humano

Os resultados mostraram que a centralidade no ser humano deve ser compreendida como uma estratégia organizacional, e não apenas como uma prática restrita à área de recursos humanos. Investir em práticas centradas nas pessoas pode contribuir simultaneamente para o desempenho operacional, a resiliência e a sustentabilidade social, especialmente quando essas iniciativas são incorporadas às rotinas, aos processos e às decisões da organização. Nesse sentido, valorizar as pessoas significa reconhecer seu papel ativo na geração de resultados, na adaptação às mudanças e na construção de ambientes de trabalho mais colaborativos, participativos e preparados para contextos de transformação.

Além disso, essas práticas produzem maior impacto quando acompanhadas do empoderamento efetivo dos trabalhadores. Cultura e prática atuam, portanto, de forma complementar: valores organizacionais geram resultados mais consistentes quando se traduzem em autonomia, participação e capacidade de ação e isso envolve criar condições para que os trabalhadores contribuam com decisões, proponham melhorias, utilizem seu conhecimento técnico e participem ativamente dos processos de mudança. **A centralidade no ser humano se fortalece quando a valorização das pessoas deixa de ser apenas um princípio declarado e passa a orientar, de forma concreta, a gestão, a organização do trabalho e a tomada de decisão.**

Tecnologia

Os resultados indicam que os impactos da inteligência artificial se concentram mais nas pessoas do que nos processos organizacionais, reforçando uma perspectiva em que a tecnologia atua como meio de ampliação das capacidades humanas. Nesse sentido, sua implementação deve ser pensada de forma integrada à automação e ao trabalho das equipes, apoiando atividades de análise, decisão, adaptação e resolução de problemas, em vez de ser tratada exclusivamente como instrumento de substituição da mão de obra. Essa lógica também reforça a importância de capacitar os trabalhadores para utilizar, interpretar e incorporar novas tecnologias às rotinas organizacionais.

A geração de valor decorrente da transformação digital também está fortemente associada à forma como as pessoas são envolvidas, capacitadas e empoderadas dentro da organização. Mais do que produzir resultados econômicos diretos de forma isolada, a tecnologia parece contribuir para o fortalecimento da resiliência organizacional e para a potencialização das capacidades humanas. Nesse contexto, seu impacto depende da capacidade da organização de integrar recursos tecnológicos a práticas de gestão que promovam participação, autonomia e desenvolvimento das equipes, transformando a adoção tecnológica em resultados mais consistentes e sustentáveis.

Síntese dos resultados

Tecnologia, pessoas e capacidades organizacionais como base da Indústria 5.0.



Sustentabilidade

Automação e IA contribuem para ganhos de eficiência e impactos mais evidentes no desempenho ambiental.

Os benefícios também se conectam à dimensão social, fortalecendo reputação, relacionamento com stakeholders e valor sustentável no longo prazo.



Resiliência

A resiliência organizacional resulta da combinação entre capacidades tecnológicas e humanas.

Autonomia, conhecimento técnico e participação permitem transformar dados e alertas em respostas rápidas, adaptação e continuidade operacional.



Centralidade no humano

A centralidade no ser humano deve ser tratada como estratégia organizacional, e não apenas como prática de RH.

Seu impacto se amplia quando a valorização das pessoas se traduz em autonomia, participação e capacidade de ação.



Tecnologia

A IA gera impactos mais fortes nas pessoas do que nos processos, ampliando capacidades humanas em vez de substituí-las.

O valor da transformação digital depende do envolvimento, da capacitação e do empoderamento das equipes.



Mensagem central

Na Indústria 5.0, a geração de valor depende menos da adoção isolada de tecnologias e mais de sua **integração com pessoas, autonomia, capacidades organizacionais e práticas de gestão.**

O que tudo isso significa para o Brasil?

A pesquisa revela que o Brasil está em uma fase de transição, as empresas não estão apenas digitalizando processos, mas começando a integrar os pilares como resiliência e centralidade no ser humano. A alta confiabilidade estatística encontrada nos constructos de "Smart Working" e "Human-centric" indica que o mercado brasileiro já possui uma estrutura de pensamento consolidada sobre o papel estratégico do colaborador na era digital.

Destacam-se na realidade do mercado brasileiro:

»»»» A Força do Pilar Humano

O fator humano tem ganhado cada vez mais destaque na indústria nacional. As empresas vêm entendendo que a tecnologia deve servir para apoiar e potencializar o trabalho das pessoas, e não apenas automatizar processos. Nesse cenário, trabalhadores capacitados e engajados são vistos como um diferencial competitivo importante, especialmente para enfrentar períodos de crise econômica, lidar com interrupções na cadeia de suprimentos e garantir maior capacidade de adaptação às mudanças do mercado.

O que tudo isso significa para o Brasil?

»»»» Sustentabilidade Operacional

Embora muitas indústrias venham adotando iniciativas relacionadas à digitalização, automação e valorização das pessoas, os investimentos em sustentabilidade ainda avançam em ritmo mais lento. Metas ligadas à eficiência energética, ao uso de fontes renováveis e à prevenção da poluição raramente são tratadas como prioridades estratégicas no planejamento financeiro. Esse descompasso sugere que a transição para modelos industriais mais sustentáveis enfrenta desafios estruturais, funcionando como um dos principais entraves para o avanço da competitividade sustentável no país.

»»»» Transformação digital

Os dados também apontam que o significado da transformação digital no Brasil ainda é muito atrelado à automação básica. Apesar dos custos estarem reduzidos, as ferramentas avançadas de inteligência artificial aplicadas à produção operam em patamares ainda contidos.

No Brasil coexistem no mesmo ecossistema, empresas que ainda lutam para sair da Indústria 3.0 (automação analógica) e migrar para a 4.0 (conectividade), enquanto tentam absorver os valores humanos e resilientes da I5.0.

Onde as empresas parecem mais próximas dos ideais da Indústria 5.0

As empresas brasileiras parecem caminhar em direção aos ideais da Indústria 5.0, principalmente porque foram incentivadas a isso por exigências legais, pela pressão dos consumidores e pela necessidade de se manterem competitivas no mercado. No entanto, ainda existe um caminho a ser percorrido. O desafio agora é fazer com que essas práticas deixem de ser adotadas apenas por obrigação e passem a fazer parte da estratégia das empresas por escolha. Essa mudança é o que diferencia estar alinhado aos princípios da Indústria 5.0 de realmente incorporá-los ao dia a dia organizacional.

Sustentabilidade

A dimensão social, que envolve a imagem da empresa, o bem-estar dos colaboradores e o relacionamento com diferentes públicos de interesse, é uma das áreas em que as empresas brasileiras já apresentam maior proximidade com os princípios da Indústria 5.0. Isso acontece porque muitas organizações já adotam, há anos, práticas como programas de saúde e segurança no trabalho, benefícios aos funcionários, diálogo com sindicatos e ações de responsabilidade social. Em muitos casos, essas iniciativas surgiram para atender exigências legais ou demandas de clientes, mas acabaram se tornando parte da rotina das empresas.

Centralidade no ser-humano

O papel do ser humano no processo industrial se destaca com o investimento das empresas no desenvolvimento de seus colaboradores. Em especial em organizações de médio e grande porte inseridas em cadeias mais exigentes, programas de treinamento têm fortalecido competências técnicas e comportamentais, mostrando que o desempenho industrial também depende da valorização e qualificação contínua das pessoas.

Resiliência

A resiliência brasileira aparece nos dados como algo real, mas pouco explícito. Ela é resultado da experiência com as dificuldades do mercado doméstico e existe mais como uma característica individual e cultural do que como uma prática estruturada dentro das organizações.

Lacunas por porte e maturidade

O principal risco no contexto brasileiro é o nível de maturidade, afetado quando empresas tentam avançar para os pilares mais sofisticados da Indústria 5.0 sem antes consolidar bases de dados e automação da Indústria 4.0, o que pode gerar ineficiência e desperdício de recursos. Para os gestores, o principal aprendizado é reconhecer o estágio atual da própria organização e alinhar as metas de evolução tecnológica e sustentável à sua realidade. Nesse processo, a resiliência organizacional, já presente na cultura industrial brasileira, pode atuar como ponte para integrar a transformação digital de forma gradual e mais humana.

Pequenas e Médias Empresas (PMEs): O Desafio da Sobrevivência e da Transição Básica

- Para a grande maioria das PMEs brasileiras, o conceito de Indústria 5.0 (focada no bem-estar humano, sustentabilidade e resiliência) encontra uma barreira primária: estas organizações ainda estão lutando para consolidar a transição da Indústria 3.0 (automação analógica) para a Indústria 4.0 (conectividade e dados).
- PMEs possuem limitações de caixa, destinando seu foco em diversas vezes para a sobrevivência operacional e a digitalização de processos básicos (como faturamento e controles manuais primários).
- Sem recursos para investir em matrizes de energia renovável ou sistemas complexos de prevenção de poluição, a sustentabilidade prática acaba sendo preterida em função dos custos imediatos de produção.
- Nas PMEs, as práticas centradas nas pessoas não se apoiam em cibersegurança preditiva ou sistemas ciberfísicos, mas sim na dependência direta da flexibilidade e da habilidade técnica do trabalhador para manter o chão de fábrica rodando.



Lacunas por porte e maturidade



Grandes Organizações: A Vanguarda Tecnológica e o Desafio da Escala

- Grandes corporações são as verdadeiras responsáveis por evidenciar elementos de transformação industrial. Elas possuem infraestrutura consolidada da Indústria 4.0, mas enfrentam lacunas na transição para os valores da Indústria 5.0.
- Embora disponham de recursos, ferramentas avançadas como Inteligência Artificial, ainda operam em patamares contidos. Nessas organizações, o desafio não é a falta de acesso à tecnologia, mas sim a dificuldade de escalar soluções-piloto e integrá-las de forma sistêmica à rotina de toda a operação.
- As grandes empresas lideram o pilar de Bem-estar Social, impulsionadas por exigências de mercado e acionistas. Seus desafios ambientais estão atrelados ao redesenho de cadeias logísticas inteiras e à transição para economias de baixo carbono, o que exige um planejamento estratégico de longo prazo.

Recomendações

Recomendações

Os resultados apontam caminhos práticos para fortalecer os pilares da Indústria 5.0 nas organizações.

Centralidade no ser humano



A valorização das pessoas deve ser vista como um investimento estratégico e não apenas como uma responsabilidade do setor de recursos humanos.

Recomendações:

- Investir em capacitação contínua e desenvolvimento profissional.
- Promover ambientes de trabalho seguros e saudáveis.
- Envolver colaboradores nos processos de mudança e inovação.
- Estimular autonomia e participação na tomada de decisões.
- Desenvolver ações voltadas ao bem-estar físico e mental.

Resiliência



Empresas resilientes conseguem responder melhor a crises, mudanças de mercado e novas demandas dos clientes.

Recomendações:

- Desenvolver planos de contingência e gestão de riscos.
- Melhorar a comunicação entre setores.
- Diversificar fornecedores e parceiros estratégicos.
- Utilizar dados para apoiar decisões mais rápidas e assertivas.
- Incentivar a flexibilidade e a capacidade de adaptação das equipes.

Sustentabilidade



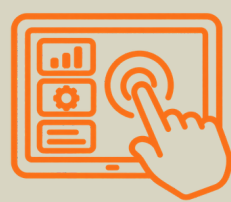
A sustentabilidade deve ser incorporada às operações e decisões organizacionais, contribuindo para a competitividade e para a geração de valor no longo prazo.

Recomendações:

- Reduzir desperdícios de materiais, energia e recursos.
- Adotar práticas de consumo consciente.
- Melhorar a gestão de resíduos e processos produtivos.
- Considerar impactos ambientais nas decisões estratégicas.
- Desenvolver iniciativas que beneficiem a comunidade e o meio ambiente.

Ações Práticas e Realistas para a Promoção do Bem-Estar Operacional

As empresas que desejam alinhar-se aos ideais da Indústria 5.0 precisam adotar uma postura proativa. O bem-estar dos colaboradores, não deve ser tratado como um conceito abstrato, mas sim alcançado por meio de iniciativas realistas e de impacto direto no dia a dia:



1. Smart Working focado na Redução do Esforço Físico

- Ação Realista: Substituição de pranchetas físicas por tablets industriais e instalação de telas de toque fixas nos postos de trabalho para controle de ordens de produção.
- Como promove o bem-estar: Elimina o deslocamento desnecessário do operador para buscar papéis ou relatar falhas, reduzindo o cansaço físico ao fim do turno. Além disso, o uso de coletores de dados simples evita que o operador precise digitar comandos complexos, diminuindo a carga de atenção repetitiva.



2. Gestão de Mudança Inclusiva e Cocriação

- Ação Realista: Criação de "Círculos de Teste" antes da compra de qualquer nova máquina ou software. Uma amostra de operadores testa a ferramenta por uma semana e pontua as dificuldades em um formulário simples.
- Como promove o bem-estar: Combate diretamente a ansiedade tecnológica e o sentimento de impotência. Quando o colaborador percebe que a sua opinião dita o ajuste da tecnologia (como a altura de uma tela ou a simplicidade de um sistema de IA), ele passa a enxergar a máquina como suporte, e não como uma ameaça ao seu emprego.

Ações Práticas e Realistas para a Promoção do Bem-Estar Operacional



3. Mitigação do Estresse Digital e Dispersão

- Ação Realista: Implementação de alertas visuais simples (luzes de status nos painéis ou bipes discretos) nas máquinas em vez de notificações sonoras estridentes ou alarmes múltiplos.
- Como promove o bem-estar: Reduz a poluição sonora e o estresse cognitivo crônico. Em ambientes industriais, o excesso de alarmes gera o fenômeno da "fadiga de alarmes" e eleva os níveis de cortisol (hormônio do estresse). Sinais visuais claros e centralizados mantêm o operador calmo e focado no diagnóstico de problemas estratégicos.



4. Ergonomia de Consciência Operacional

- Ação Realista: Integração de pausas curtas obrigatórias de 5 minutos a cada duas horas, coordenadas pelo próprio ritmo de parada programada das máquinas (aproveitando os momentos de setup ou limpeza técnica), acompanhadas de ginástica laboral rápida focada nos membros mais exigidos daquela função.
- Como promove o bem-estar: Previne lesões por esforços repetitivos (LER/DORT) e fadiga muscular. Ao atrelar a pausa ao ritmo natural de operação dos equipamentos, a empresa protege a saúde do trabalhador sem prejudicar o indicador de Eficácia Geral dos Equipamentos (OEE).

Dicas por área



Liderança

CULTURA | EQUILIBRIO | TRANSFORMAÇÃO

- »»»» Incentivar uma cultura de inovação e colaboração.
- »»»» Equilibrar objetivos financeiros, sociais e ambientais.
- »»»» Apoiar a transformação organizacional de forma gradual.



Recursos Humanos

CAPACITAÇÃO | ADAPTAÇÃO | ENGAJAMENTO

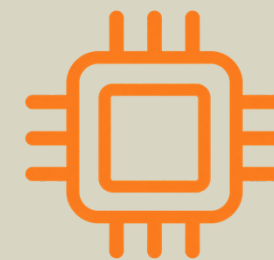
- »»»» Promover capacitação, inclusão e bem-estar.
- »»»» Apoiar a adaptação às mudanças tecnológicas.
- »»»» Fortalecer o engajamento e a valorização das pessoas.



Operações

EFICIÊNCIA | PROCESSOS | SEGURANÇA

- »»»» Buscar eficiência utilizando tecnologia de forma inteligente.
- »»»» Reduzir desperdícios e melhorar processos.
- »»»» Priorizar segurança, ergonomia e qualidade.



Tecnologia

ADEQUAÇÃO | CONFIABILIDADE | SUPORTE HUMANO

- »»»» Implementar soluções alinhadas às necessidades da organização.
- »»»» Garantir segurança e confiabilidade dos sistemas.
- »»»» Utilizar a tecnologia como suporte ao trabalho humano e à tomada de decisão.

Sinais de uma empresa 5.0

A Indústria 5.0 representa uma evolução da transformação digital ao incorporar, além da tecnologia, a valorização das pessoas, a sustentabilidade e a resiliência nas organizações. Nesse contexto, uma empresa alinhada aos princípios da Indústria 5.0 não é necessariamente aquela que possui as tecnologias mais avançadas, mas sim aquela que consegue equilibrar inovação, desempenho e desenvolvimento humano. Os resultados da pesquisa indicam que organizações mais próximas desse modelo utilizam a tecnologia como ferramenta de apoio às pessoas, promovem ambientes de trabalho mais colaborativos e consideram os impactos sociais e ambientais de suas decisões.

- 1 Tecnologia utilizada para potencializar pessoas, e não apenas automatizar tarefas.
- 2 Integração equilibrada entre trabalho humano e sistemas automatizados.
- 3 Investimento contínuo em capacitação e desenvolvimento profissional.
- 4 Bem-estar dos colaboradores tratado como fator estratégico.
- 5 Sustentabilidade presente no planejamento e nas operações.
- 6 Capacidade de adaptação diante de mudanças e incertezas.
- 7 Cultura voltada à inovação, aprendizagem e melhoria contínua.
- 8 Resiliência como estratégia e não como ação durante adversidades.

O que as empresas podem fazer para fortalecer os pilares da Indústria 5.0

Os resultados da pesquisa mostram que o avanço rumo à Indústria 5.0 depende do equilíbrio entre tecnologia, pessoas e sustentabilidade. Independentemente do porte da organização, existem ações que podem contribuir para fortalecer esses pilares e aumentar a competitividade no longo prazo. O mais importante é que as mudanças sejam implementadas de forma gradual e alinhadas à realidade de cada empresa.

Ações recomendadas:

- ➡ Investir no desenvolvimento das pessoas, promovendo capacitação, participação e bem-estar dos colaboradores.
- ➡ Utilizar a tecnologia de forma estratégica, priorizando soluções que apoiem as atividades e melhorem os processos.
- ➡ Fortalecer a resiliência, por meio da capacidade de adaptação da organização, preparando-se para mudanças, crises e novas demandas do mercado.
- ➡ Incorporar práticas sustentáveis ao dia a dia, reduzindo desperdícios e considerando impactos sociais e ambientais nas decisões.

Próximos passos para avançar rumo à Indústria 5.0

O avanço rumo à Indústria 5.0 no Brasil deve ocorrer de forma gradual, equilibrando tecnologia e desenvolvimento humano de acordo com a realidade de cada organização. É importante reconhecer que nem todas as empresas estão no mesmo estágio de evolução: enquanto algumas já avançam em práticas associadas à Indústria 5.0, outras ainda estão consolidando processos e tecnologias característicos das Indústrias 3.0 e 4.0.

- ➔ Avaliar a situação atual da empresa: identificar pontos fortes, desafios e oportunidades de melhoria.
- ➔ Definir prioridades realistas: estabelecer metas compatíveis com os recursos e necessidades da organização.
- ➔ Promover mudanças de forma gradual: implementar melhorias em etapas, reduzindo riscos e facilitando a adaptação das equipes.
- ➔ Respeitar o ritmo de evolução de cada empresa: reconhecer que a transição para a Indústria 5.0 depende do nível de desenvolvimento, da estrutura e da capacidade de investimento de cada organização.
- ➔ Buscar resultados equilibrados: promover avanços não apenas financeiros, mas também relacionados às pessoas, à sustentabilidade e à resiliência organizacional.



A Indústria 5.0 não é sobre máquinas substituindo humanos, mas sobre **máquinas elevando o potencial humano** a níveis nunca antes alcançados.

Agradecimento

Este material só foi possível graças à colaboração de diferentes pessoas e instituições que contribuíram, direta ou indiretamente, para o seu desenvolvimento.

Agradecemos, em especial, às organizações que participaram da survey e disponibilizaram seu tempo, experiência e percepção sobre os desafios e oportunidades associados à Indústria 5.0. A participação de cada respondente foi fundamental para a construção das análises apresentadas ao longo deste estudo.

Registramos também nosso agradecimento às instituições e aos apoiadores que acreditaram na relevância desta pesquisa e contribuíram para sua realização: Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS), Wagner Simm, analista de Sistemas da PUCPR, Fabíola Renata Roberto, Lorene Thalia Pontes, Juliana Bonito, Luana Kreia Umbelino e Marco Antonio Vieira.

A todos que colaboraram com conhecimento, apoio técnico, incentivo e disponibilidade ao longo desse processo, deixamos nosso reconhecimento e agradecimento. A construção de uma indústria mais humana, resiliente e sustentável também depende da cooperação entre pessoas, organizações e diferentes áreas do conhecimento.

Referências

- Ambulkar, S., Blackhurst, J., & Grawe, S. (2015). Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination. **Journal of operations management**, 33, 111-122.
- Baker, W.E. and Sinkula, J.M. (1999), "The synergistic effect of market orientation and learning orientation on organizational performance", **Journal of Academy of Marketing Science**, Vol. 27 No. 4, pp. 411-427, doi: 10.1177/0092070399274002.
- Benitez, G. B., Ferreira-Lima, M., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2022). Industry 4.0 technology provision: the moderating role of supply chain partners to support technology providers. **Supply Chain Management: An International Journal**, 27(1), 89-112.
- Bortolotti, T., Boscari, S. and Danese, P. (2015), "Successful lean implementation: organizational culture and soft lean practices", **International Journal of Production Economics**, Vol. 160, pp. 182-201, doi: 10.1016/j.ijpe.2014.10.013.
- Brandon-Jones, E., Squire, B., Autry, C. W., & Petersen, K. J. (2014). A contingent resource-based perspective of supply chain resilience and robustness. **Journal of supply chain management**, 50(3), 55-73.
- Buffington, C., Foster, L., Jarmin, R., & Ohlmacher, S. (2017). The management and organizational practices survey (MOPS): An overview. **Journal of Economic and Social Measurement**, 42(1), 1-26.
- Caggiano, M., Semeraro, C., & Dassisti, M. (2023). A Metamodel for Designing Assessment Models to support transition of production systems towards Industry 5.0. **Computers in Industry**, 152, 104008.
- Delke, V., Schiele, H., Buchholz, W., & Kelly, S. (2023). Implementing Industry 4.0 technologies: Future roles in purchasing and supply management. **Technological Forecasting and Social Change**, 196, 122847.
- Dolgui, A., & Ivanov, D. (2023). Metaverse supply chain and operations management. **International Journal of Production Research**, 61(23), 8179-8191.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International journal of production economics**, 210, 15-26.
- Fugate, B.S., Stank, T.P. and Mentzer, J.T. (2009), "Linking improved knowledge management to operational and organizational performance", **Journal of Operations Management**, Vol. 27 No. 3, pp. 247-264, doi: 10.1016/j.jom.2008.09.003.
- Januszek, S., Macuvele, J., Friedli, T. and Netland, T.H. (2023), "The role of management in lean implementation: evidence from the pharmaceutical industry", **International Journal of Operations and Production Management**, Vol. 43 No. 3, pp. 401-427, doi: 10.1108/ijopm-022022-0129.

Referências

- Jayaraman, V., Narayanan, S., Luo, Y. & Swaminathan, J.M. (2013). Offshoring Business Process Services and Governance Control Mechanisms: An Examination of Service Providers from India. **Production and Operations Management**, 22(2), 314–334.
- Leoni, L., Ardolino, M., El Baz, J., Gueli, G., & Bacchetti, A. (2022). The mediating role of knowledge management processes in the effective use of artificial intelligence in manufacturing firms. **International Journal of Operations & Production Management**, 42(13), 411-437.
- Meindl, B., Ayala, N. F., Mendonça, J., & Frank, A. G. (2021). The four smarts of Industry 4.0: Evolution of ten years of research and future perspectives. **Technological Forecasting and Social Change**, 168, 120784.
- Modgil, S., Singh, R. K., & Agrawal, S. (2025). Developing human capabilities for supply chains: an industry 5.0 perspective. **Annals of Operations Research**, 348(3), 2075-2105.
- Munir, M., Jajja, M. S. S., & Chatha, K. A. (2022). Capabilities for enhancing supply chain resilience and responsiveness in the COVID-19 pandemic: exploring the role of improvisation, anticipation, and data analytics capabilities. **International Journal of Operations & Production Management**, 42(10), 1576-1604.
- Narasimhan, R. & Kim, S.W. (2002). Effect of supply chain integration on the relationship between diversification and performance: evidence from Japanese and Korean firms. **Journal of Operations Management**, 20(3), 303–323.
- Nasiri, M., Ukko, J., Saunila, M. and Rantala, T. (2020), “Managing the digital supply chain: the role of smart technologies”, **Technovation**, Vols 96-97, p. 102121.
- Nath, V. and Agrawal, R. (2020), “Agility and lean practices as antecedents of supply chain social sustainability”, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 40No.10,pp.1589-1611.
- Paulraj, A., Chen, I. J., & Blome, C. (2017). Motives and performance outcomes of sustainable supply chain management practices: A multi-theoretical perspective. **Journal of Business Ethics**, 145, 239-258.
- Sancha, C., Gutierrez-Gutierrez, L., Tamayo-Torres, I., & Gimenez Thomsen, C. (2023). From corporate governance to sustainability outcomes: the key role of operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, 43(13), 27-49.
- Tortorella, G., Fogliatto, F. S., Kumar, M., Gonzalez, V., & Pepper, M. (2023). Effect of Industry 4.0 on the relationship between socio-technical practices and workers' performance. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 34(1), 44-66.
- Zailani, S., Jeyaraman, K., Vengadasan, G. and Premkumar, R. (2012), “Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: a survey”, **International Journal of Production Economics**, Vol. 140 No.1, pp.330-340.



Programa de
PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
E SISTEMAS
PUCPR



PUCPR
GRUPO MARISTA