

# A DIFUSÃO DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM EMPRESAS BRASILEIRAS



Confederação Nacional da Indústria  
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA



# A DIFUSÃO DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM EMPRESAS BRASILEIRAS

**CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI**

*Robson Braga de Andrade*

Presidente

**Gabinete da Presidência**

*Teodomiro Braga da Silva*

Chefe do Gabinete - Diretor

**Diretoria de Desenvolvimento Industrial**

*Carlos Eduardo Abijaodi*

Diretor

**Diretoria de Relações Institucionais**

*Mônica Messenberg Guimarães*

Diretora

**Diretoria de Serviços Corporativos**

*Fernando Augusto Trivellato*

Diretor

**Diretoria Jurídica**

*Hélio José Ferreira Rocha*

Diretor

**Diretoria de Comunicação**

*Ana Maria Curado Matta*

Diretora

**Diretoria de Educação e Tecnologia**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*

Diretor

# A DIFUSÃO DAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM EMPRESAS BRASILEIRAS



Brasília, 2020



Confederação Nacional da Indústria  
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

© 2020. CNI – Confederação Nacional da Indústria.

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI

**Gerência Executiva de Política Industrial - GEPI**

---

FICHA CATALOGRÁFICA

---

C748d

Confederação Nacional da Indústria.

A difusão das tecnologias da indústria 4.0 em empresas brasileiras /  
Confederação Nacional da Indústria. – Brasília : CNI, 2020.

54 p. : il.

1. Indústria 4.0. 2. Difusão Tecnológica. I. Título.

CDU: 532.72:330.341.424(81)\_

---

CNI  
Confederação Nacional da Indústria  
**Sede**  
Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen  
70040-903 – Brasília – DF  
Tel.: (61) 3317-9000  
Fax: (61) 3317-9994  
<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/>

**Serviço de Atendimento ao Cliente - SAC**  
Tels.: (61) 3317-9989/3317-9992  
[sac@cni.org.br](mailto:sac@cni.org.br)

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	7
RESUMO EXECUTIVO .....	9
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS PARA A PESQUISA .....	15
3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS GERAIS DAS ENTREVISTAS REALIZADAS .....	19
4 CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS 4.0 IMPLEMENTADOS PELAS EMPRESAS.....	27
5 MOTIVAÇÕES DAS EMPRESAS PARA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 ...	33
6 PRINCIPAIS RESTRIÇÕES PARA AS EMPRESAS ADOTAREM AS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	39
7 PROPOSTAS DE AÇÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXO A - TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0.....	53



# APRESENTAÇÃO

A Indústria 4.0 está transformando a produção com novos processos, produtos e modelos de negócios. As empresas que não se adequarem a essa nova realidade podem perder mercados ou, em casos extremos, até deixar de existir. Ao mesmo tempo, essa revolução é uma grande oportunidade para o setor industrial brasileiro tentar diminuir a diferença de produtividade em relação aos países desenvolvidos.

Esse tema é prioritário na agenda da Confederação Nacional da Indústria (CNI) para o desenvolvimento industrial no país. O aumento de produtividade e os ganhos de competitividade, assim como a melhor integração nas cadeias globais de valor, são alguns dos desafios que buscamos superar com a adoção das novas tecnologias.

Nessa perspectiva, o presente trabalho constrói um quadro analítico sobre as características dos projetos até agora implementados, procurando identificar as principais motivações e as maiores restrições para que as empresas adotem as tecnologias da Indústria 4.0. Ao fim, sugere um conjunto de ações para promover a difusão dessas tecnologias nas indústrias brasileiras.

Esperamos, com isso, contribuir para o debate sobre a Indústria 4.0 no Brasil e a construção de ações voltadas à adoção dessas tecnologias na indústria nacional. Isso será fundamental para promover um salto de produtividade que induzirá o necessário aumento da competitividade da indústria brasileira na retomada econômica após a grave crise causada pela pandemia da Covid-19.

Desejo a todos uma boa leitura.

**Robson Braga de Andrade**

Presidente da CNI

SERVICE & MAINTENANCE AUGMENTED REALITY



# RESUMO EXECUTIVO



A Indústria 4.0 tem como uma das principais características a incorporação da digitalização à atividade industrial, integrando tecnologias físicas e virtuais. Entre as principais, podemos destacar: *big data*, robótica avançada, computação em nuvem, impressão 3D, inteligência artificial, sistemas de conexão máquina-máquina, sensores, atuadores e softwares de gestão avançada da produção (CNI, 2017). A integração dessas tecnologias na produção e na gestão configura a chamada 4ª Revolução Industrial.

Essas soluções tecnológicas têm, cada vez mais, impactado a produção industrial, o produto e os modelos de negócios da indústria. Nessa perspectiva, esta pesquisa buscou construir um quadro analítico sobre as motivações, impactos gerados ou potenciais, capacitações existentes nas empresas, restrições à adoção e sugestões de ações relativas à difusão das tecnologias da Indústria 4.0 na indústria brasileira.

Este documento foi estruturado com base em visitas/entrevistas com gerentes e diretores de empresas do setor industrial. É importante ressaltar que este trabalho apresenta uma conotação qualitativa e não exibe uma amostra de empresas com representatividade estatística. As entrevistas foram orientadas por roteiros de questões, e não por questionários fechados.

As variáveis utilizadas para compor os critérios de construção da amostra de empresas foram as seguintes: setor de atividade industrial das empresas, tamanho das empresas e origem do capital—nacional ou estrangeiro. O resultado sobre a estratégia empresarial resulta da determinação de todas essas dimensões, não havendo nenhum determinismo a priori. Mesmo assim, a construção de uma amostra de empresas para entrevistas impõe que essas dimensões sejam consideradas para se ter maior diversidade de situações para análise.

Além disso, buscou-se empresas que já haviam realizado investimentos em Indústria 4.0 e empresas que não implementaram essas tecnologias. Para a identificação das empresas, utilizou-se trabalhos de pesquisas anteriores realizadas pela CNI. Foram entrevistadas 24 empresas entre maio e novembro de 2019. As características gerais das empresas são expostas na tabela a seguir.

### CARACTERÍSTICAS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS

Origem do Capital	Porte	Implementaram I4.0		Não Implementaram I4.0		Total	Total
		Contínuo	Discreto	Contínuo	Discreto		
Estrangeiro	Pequena e Média	-	1	-	2	3	10
	Grande	2	3	1	1	7	
Nacional	Pequena e Média	-	1	-	1	2	14
	Grande	5	1	4	2	12	
Total		7	6	5	6	24	
		13		11			

Fonte: Gepi/CNI

Os principais resultados das entrevistas foram organizados em três dimensões. A primeira está relacionada à caracterização dos projetos 4.0 implementados nas empresas. Esses projetos se mostram muito diversificados, customizados e implicam a integração de várias das tecnologias da Indústria 4.0, o que torna difícil a empresa deter conhecimento suficiente para, isoladamente, decidir sobre os investimentos mais adequados, com maior potencial para elevar sua competitividade. Assim, é importante desenvolver um planejamento estruturado e que utilize conhecimento externo para desenvolvimento e aquisição dessas tecnologias.

A segunda dimensão está relacionada às motivações das empresas para adoção de tecnologias da Indústria 4.0. As grandes motivações citadas nas entrevistas foram a redução de custos e o aumento de produtividade. Outros ganhos, como flexibilidade de processos produtivos, integração com outros elos das cadeias produtivas, inovações de produto, redução de tempo no desenvolvimento de produtos, entre outros, não foram apontados como motivadores dos projetos 4.0, o que demonstra uma fase preliminar da adoção destas tecnologias.

A terceira dimensão aponta as principais restrições para as empresas adotarem as tecnologias da Indústria 4.0. Entre elas estão: a concorrência entre projetos de investimento em um cenário de restrições financeiras; a relativa defasagem tecnológica das empresas, que dificulta a adoção da Indústria 4.0, dada a necessidade de maior investimento para compensá-la; a falta de informação sobre as tecnologias e seus impactos, tanto para o nível executivo, gerencial e operacional; a falta de integração funcional na empresa e problemas de gestão corporativa com grande departamentalização de funções.

A partir desses resultados, o documento apresenta quatro propostas de ações prioritárias:

- **Informação no nível Gerencial:** levar informação para o nível gerencial é fundamental porque executivos neste nível são os responsáveis por identificar os projetos a serem implementados, assim como são os responsáveis por encaminhar a demanda para os níveis superiores de decisão da empresa.
- **Informação para nível Alto Executivo:** diversas empresas entrevistadas afirmaram que encontram dificuldades junto aos altos executivos da empresa para a aprovação de projetos de adoção das tecnologias da Indústria 4.0. Alguns executivos não possuem informação suficiente sobre a importância dessas tecnologias e julgam tratar-se apenas de modismo, ou seja, não há a percepção de que o período é de grandes mudanças na base técnica de produção industrial. Outros julgam que existem projetos alternativos cuja avaliação dos benefícios gerados é mais simples, o que acaba lhes dando prioridade.
- **Estímulos aos Planos Empresariais Estratégicos de Digitalização (PEED):** a CNI já realizou uma experiência-piloto exitosa para formatar um modelo de PEED que pode ser escalado. O Plano entrega para a empresa um conjunto de ações estruturadas para a adoção de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, de acordo com a estratégia da empresa.
- **Concessão de financiamento de baixo custo para a demanda de soluções tecnológicas da Indústria 4.0:** as entrevistas revelaram que uma das restrições à adoção das tecnologias da Indústria 4.0 é a insuficiência de recursos próprios e de linhas de financiamentos adequadas à demanda das empresas industriais. Assim, é preciso fortalecer e divulgar os mecanismos existentes para esses investimentos.



# 1 INTRODUÇÃO



A Indústria 4.0 tem como uma das principais características a incorporação da digitalização à atividade industrial, integrando tecnologias físicas e virtuais. Entre as principais, *big data*, robótica avançada, computação em nuvem, impressão 3D, inteligência artificial, sistemas de conexão máquina-máquina, sensores, atuadores e softwares de gestão avançada da produção (CNI, 2018b). A integração dessas tecnologias na produção e na gestão configura essa revolução.

Essas soluções tecnológicas têm, cada vez mais, impactado a produtividade, o desenvolvimento de novos produtos e os modelos de negócios da indústria. As empresas de todos os setores e portes precisam se planejar para adotar essas tecnologias da forma mais eficiente possível, de acordo com sua estratégia.

Nessa perspectiva, esta pesquisa buscou, por meio de entrevistas com empresas industriais, construir um quadro analítico sobre as características dos projetos 4.0 implementados, avaliar as motivações e as restrições para as empresas adotarem as tecnologias da Indústria 4.0 e propor ações específicas para a disseminação dessas tecnologias na indústria brasileira.



## 2 PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS PARA A PESQUISA



Este documento foi estruturado com base em visitas e entrevistas com gerentes e diretores de empresas do setor industrial, entre maio e novembro de 2019. É importante ressaltar que este trabalho apresenta uma conotação qualitativa e não apresenta uma amostra de empresas com representatividade estatística. As entrevistas foram orientadas por roteiros de questões, e não por questionários fechados.

O primeiro passo foi construir critérios e definir procedimentos para a identificação de um conjunto de empresas a serem entrevistadas. As variáveis utilizadas para compor os critérios de construção da amostra foram as seguintes: setor de atividade industrial das empresas, tamanho das empresas e origem do capital – nacional e estrangeiro. As hipóteses que respaldam a escolha dessas variáveis são descritas a seguir.

O **setor de atividade industrial** é uma variável importante porque o padrão setorial de inovação e difusão determina comportamentos empresariais bastante diferenciados. Alguns setores industriais são mais intensos na geração e na incorporação de inovações. São setores nos quais a determinante tecnológica é um importante fator de competição. Espera-se que setores mais intensivos em tecnologia estejam mais abertos e propensos ao emprego das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

Ainda na dimensão setorial, um segundo ponto a considerar é se o setor de atividade utiliza processos contínuos de produção ou processos discretos<sup>1</sup>. No caso dos fluxos contínuos, geralmente já são empregados processos de produção relativamente mais automatizados eletronicamente, o que facilita a adoção de novas tecnologias na direção da Indústria 4.0. Esses setores, geralmente, são mais intensivos em escala e em capital, conformando empresas com maior volume financeiro em operação, o que facilita esses investimentos. Empresas que operam com escalas mais elevadas e maiores volumes também demandam soluções mais conectadas e inteligentes para melhorar a eficiência logística no uso dos recursos e no manejo dos produtos.

Por outro lado, setores industriais que utilizam processos discretos de produção tendem a introduzir inovações de forma mais segmentada, descontínua e parcial. Por exemplo, é possível digitalizar e robotizar uma atividade específica do processo de produção isoladamente, mantendo as demais atividades ainda não igualmente modernizadas. Todavia, nesses segmentos industriais é mais comum a presença de empresas de diferentes portes e cadeias produtivas mais atomizadas, o que pode inibir a difusão das tecnologias da Indústria 4.0<sup>2</sup>.

Um segundo critério utilizado foi o **tamanho das empresas** industriais. As empresas de maior porte são mais propensas à adoção dessas tecnologias, como demonstrado na sondagem especial sobre Indústria 4.0 da CNI (2016). Ademais, as empresas de maior porte dispõem de maior volume financeiro e de mais trabalhadores especializados em áreas como engenharia, gestão e TI, e podem ter uma posição de mercado mais próxima da liderança, aspectos que favorecem essas empresas a estarem mais atualizadas na Indústria 4.0 do que empresas de menor porte.

Finalmente, o terceiro critério considera a **origem do capital das empresas** industriais. De forma geral, vale a constatação de que empresas com capital de origem estrangeira contam com um maior conjunto de informações técnicas do que as empresas com capital nacional. As empresas estrangeiras teriam maior acesso a informações sobre as novas tecnologias, impactos da adoção dessas tecnologias, tendências tecnológicas, capacitação de recursos humanos etc. Mais do que a simples informação, as empresas multinacionais tendem a definir padrões tecnológicos a partir de suas matrizes ou unidades estabelecidas no exterior que tendem a ser adotadas por todas as unidades globais com pauta

1 Indústrias de processo contínuo (IPC): processo produtivo com interrupções mínimas, produção por meio de mistura, separação, conformação ou reações físico-químicas. Setores: indústria extrativa; coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis; química; farmoquímica e farmacêutica; de produtos alimentícios; bebidas; fumo; papel e celulose; minerais não-metálicos; metalurgia; impressão e reprodução de gravações.

Indústrias de processo discreto (IPD): processo produtivo dividido em etapas de usinagem, soldagem, montagem, entre outras, de partes e componentes. Setores: indústria têxtil; vestuário; calçados; fabricação de artigos de borracha e plástico; produtos de metal; equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos; máquinas, aparelhos e materiais elétricos; máquinas e equipamentos; veículos automotores, reboques e carrocerias; outros equipamentos de transporte; móveis; madeira; produtos diversos.

2 Para mais informações sobre o desempenho desses setores no Brasil, veja CNI (2017).

de produção semelhante. A hipótese básica é de que empresas multinacionais tendem a adotar mais cedo e mais intensamente as soluções da Indústria 4.0 do que as empresas industriais de capital nacional.

Evidentemente, o resultado sobre a estratégia empresarial resulta da determinação de todas essas dimensões, não havendo nenhum determinismo a priori. Mesmo assim, a construção de uma amostra de empresas para entrevistas impõe que essas dimensões sejam consideradas para se ter maior diversidade de situações para análise.

Definidos os critérios para seleção das empresas a entrevistar, foi construída uma amostra de empresas com probabilidade de terem implementado tecnologias da Indústria 4.0, assim como empresas que provavelmente não adotaram ainda essas tecnologias. Essa distinção é importante não apenas para explorar os determinantes empresariais da inovação com tecnologias da Indústria 4.0, mas também para identificar os principais obstáculos à adoção dessas tecnologias. Os roteiros de entrevistas utilizados trataram de questões que apontaram nessas direções.

Para a identificação das empresas utilizou-se trabalhos de pesquisas anteriores realizadas pela CNI<sup>3</sup>.

---

3 Por exemplo, a pesquisa com as integradas de solução 4.0 (CNI, 2017) e o Projeto Indústria 2027 (CNI, 2018a).



# 3 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS GERAIS DAS ENTREVISTAS REALIZADAS

Ao longo do projeto foram realizadas 24 visitas/entrevistas em empresas da indústria brasileira. A tabela abaixo especifica o número de empresas entrevistadas a partir dos critérios abordados na seção anterior<sup>4</sup>.



<sup>4</sup> Microempresa: empresas com receita operacional bruta anual ou renda anual menor ou igual a R\$ 360 mil; pequena empresa: maior que R\$ 360 mil e menor ou igual a R\$ 4,8 milhões; média empresa: maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões; grande empresa: maior que R\$ 300 milhões.

**TABELA 1** – Características das Empresas Entrevistadas

Origem do Capital	Porte	Implementaram I4.0		Não Implementaram I4.0		Total	
		Contínuo	Discreto	Contínuo	Discreto		
Estrangeiro	Pequena e Média	-	1	-	2	3	10
	Grande	2	3	1	1	7	
Nacional	Pequena e Média	-	1	-	1	2	14
	Grande	5	1	4	2	12	
<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	
		<b>13</b>		<b>11</b>			

Fonte: Gepi/CNI

## SETOR DE ATIVIDADE INDUSTRIAL

A diversidade setorial foi buscada ao selecionar as empresas a serem entrevistadas. Assim, foram entrevistadas 12 empresas relacionadas à indústria de processo contínuo e 12 empresas relacionadas a processo discreto de produção. Em cada grupo procurou-se diferentes setores de atuação. As empresas entrevistadas pertenciam aos seguintes setores de atividade industrial:

- Indústrias de processo contínuo: agroindústria, indústria de produtos químicos, fertilizantes, farmacêuticos, higiene e limpeza, cosméticos, mineração e metalurgia.
- Indústria de processo discreto: indústria têxtil e de vestuário, máquinas e equipamentos, aparelhos elétricos e sistema automotivo (montadoras de veículos e autopeças).

A hipótese inicial do trabalho, de que nos setores de fluxo contínuo geralmente já são empregados processos de produção relativamente mais automatizados eletronicamente – o que facilita a adoção de novas tecnologias na direção da Indústria 4.0 – e de que os setores industriais que utilizam processos discretos são mais propícios à introdução de inovações de forma mais segmentada, descontínua e parcial foi confirmada por quase todos os entrevistados. No entanto, o que se constatou na prática foi uma grande heterogeneidade e assimetria entre as empresas de ambos os grupos, tanto entre as que já iniciaram a adoção de algumas das tecnologias da Indústria 4.0<sup>5</sup>, como entre aquelas que afirmaram ainda não se enquadrarem nessa situação.

Por exemplo, entre as que já iniciaram o processo de implantação das tecnologias 4.0, foi encontrado o caso de uma empresa que já tinha digitalizado informações, mas ainda estava em processo de definição sobre como utilizar as informações coletadas. Por outro lado, há o caso de uma empresa que está implantando várias das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e tem uma definição estratégica de acompanhar as tendências globais para identificar possíveis aplicações nos seus negócios.

Entre as que ainda não iniciaram o processo, encontramos casos de empresas que não estavam absolutamente distantes das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Por exemplo, uma empresa produtora de bens de capital sob encomenda (processo discreto) não identifica grandes oportunidades de investimento nessas tecnologias para aplicação em seus processos de produção, mas as conhece e admite a possibilidade de incorporar dispositivos que integram seus produtos com outros bens, ou com sistemas de controle, ou com dispositivos inteligentes. Acredita-se que, se parte dos bens sob encomenda tivesse componentes ou subsistemas mais padronizados e a empresa tivesse escala de produção elevada, haveria maiores chances de utilização das tecnologias digitais nos processos de produção.

Outro caso encontrado foi de uma empresa que produz bens padronizados e não utiliza as tecnologias da Indústria 4.0, mas sabe que essa é uma tendência, embora ainda não saiba por onde começar esse processo na sua produção.

A realidade verificada na pesquisa é que mesmo grandes empresas, de diferentes segmentos industriais, avaliam que podem ganhar eficiência produtiva e obter redução de custos com outras metodologias e procedimentos de gestão da produção que independem da Indústria 4.0. Além disso, em ambos os segmentos, vários dos entrevistados chamaram a atenção de que seria prioritário melhorar a eficiência produtiva com ferramentas de gestão já disponíveis e de conhecimento amplo do que introduzir tecnologias da Indústria 4.0.

Destaca-se, portanto, a grande diferenciação de situações encontradas tanto entre as empresas que já adotam algumas dessas tecnologias, como entre aquelas que ainda não iniciaram esse processo nos diferentes setores. Essa configuração ressalta outra característica da difusão dessas tecnologias no setor industrial, que é a sua customização. Não existem padrões tecnológicos na Indústria 4.0 a serem sempre seguidos e incorporados aos processos de produção das diferentes unidades produtivas, aspectos que serão melhor debatidos na próxima seção.

## PORTE DAS EMPRESAS

A hipótese inicial é a de que as empresas de menor porte se encontram mais atrasadas no processo de adoção das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Das 24 empresas pesquisadas, 5 delas são de pequeno e médio porte. Essas empresas relataram dificuldades na adoção dessas tecnologias. Todavia, nem todas as empresas as desconheciam completamente. Entre essas empresas, 4 fazem parte de cadeias produtivas comandadas por grandes empresas que estão adotando soluções da Indústria 4.0. A questão relevante é que, no segmento em que atuam, ainda não se colocou como uma imposição a produção automatizada e conduzida segundo parâmetros de elevada eficiência. Até o presente momento tem sido possível conviver com o relativo atraso tecnológico e com as dificuldades reconhecidas para objetivamente adotar as tecnologias da Indústria 4.0.

Além disso, apenas 2 delas haviam iniciado a adoção das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Uma em estágio ainda bastante incipiente, pois introduziu esse padrão de produção em apenas uma atividade da sua linha de produção. A outra pode ser considerada mais capacitada, mas sua condição é muito particular porque a empresa, no passado, teve uma inserção na indústria de máquinas e equipamentos, e parte do seu pessoal técnico foi mantido e agora é o responsável pela coordenação dessas iniciativas relativas à Indústria 4.0.

Além da dimensão numérica sobre quem já adota essas tecnologias, o mais relevante é considerar as condições, as possibilidades e os limites dessas empresas nesse processo de adoção. Absolutamente todas as empresas de pequeno e médio porte mencionaram a limitação de seus recursos financeiros como uma restrição à adoção dessas tecnologias.

Entre as 19 empresas de grande porte, 11 delas já haviam iniciado a implantação de tecnologias da Indústria 4.0 e 8 não iniciaram. A realidade verificada entre essas 8 grandes empresas é que podem ganhar eficiência produtiva e obter redução de custos com outras metodologias e procedimentos de gestão da produção que independem da Indústria 4.0, como mencionado.

Por um lado, essa é uma preocupação com relação ao futuro dessas empresas diante do cenário de intensificação das inovações no setor industrial. Por outro, esse cenário demonstra que, apesar de não estarem se modernizando, essas empresas não se encontram atualmente em dificuldades competitivas, e algumas mantêm posições de destaque na concorrência em seus respectivos mercados. O fato é que elas conseguiram manter competitividade com base em outros ativos que não a eficiência produtiva e a competência

no campo da tecnologia. Apesar disso, é sempre incerto garantir que essa situação se mantenha em um cenário produtivo e em um ambiente competitivo distintos como os que se desenham no momento atual para a atividade industrial brasileira.

## ORIGEM DO CAPITAL DAS EMPRESAS

A terceira dimensão a ser considerada pela pesquisa é a origem do capital das empresas. A hipótese inicial do trabalho era de que as empresas estrangeiras tenderiam a estar mais envolvidas com a Indústria 4.0.

Das empresas entrevistadas, 14 são de capital nacional e 10 estrangeiras. Entre as empresas estrangeiras entrevistadas, 3 delas eram de pequeno e médio porte e apenas uma destas havia iniciado o processo de adoção das tecnologias da Indústria 4.0. Isso sugere o fato de que a origem do capital das empresas pode ser fator importante, mas não o mais relevante para explicar a difusão dessas tecnologias. Pode-se dizer que essa conclusão foi confirmada pelo fato de que o percentual das estrangeiras que não implementaram projetos da Indústria 4.0 (ou seja, 40%) está muito próximo daquele equivalente para as empresas nacionais (50%) para a amostra de empresas analisadas.

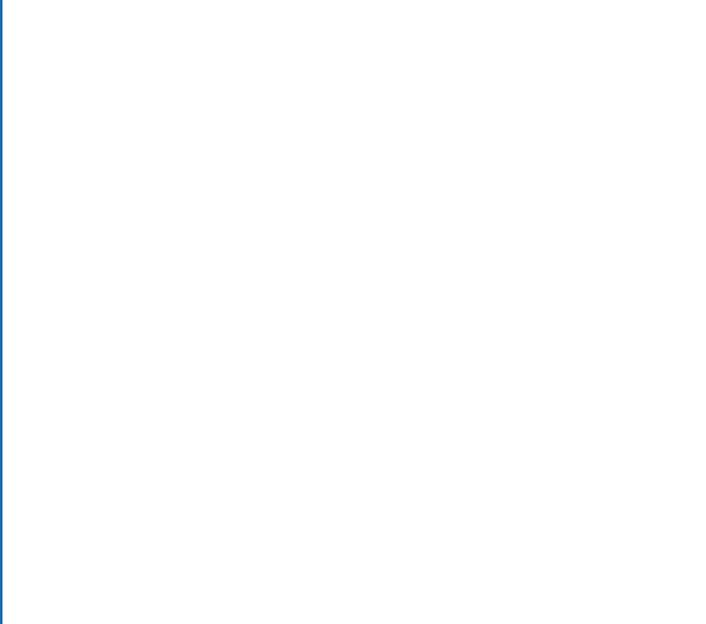
Entre as empresas multinacionais entrevistadas foi comum encontrar aquelas que não tinham autonomia decisória e que consideravam sua situação tecnológica atrasada em relação a outras unidades do grupo. Define-se, assim, uma situação contraditória em que a multinacional tem mais acesso à tecnologia e vantagens decorrentes de pertencer a um grupo econômico mais complexo, mas padece pela importância, geralmente subordinada da unidade brasileira dentro da corporação industrial. A subsidiária brasileira não se apropria de todas as vantagens por pertencer a um grande grupo empresarial industrial, no que diz respeito à difusão das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

Com relação ao acesso ao conhecimento no exterior, dois terços das empresas multinacionais entrevistadas que tinham alguma adoção das tecnologias da Indústria 4.0 dispunham de funcionários brasileiros participando de algum grupo de trabalho na corporação voltado para a definição e/ou implementação de algum projeto 4.0. Evidentemente que a intensidade e a complexidade da participação eram bastante distintas, encontrando-se desde um grupo que tinha a liderança brasileira até grupos em que a participação nacional era de acompanhamento de experiências de aplicação de novas tecnologias no Brasil, com caráter essencialmente passivo.

Enquanto isso, as empresas nacionais enfrentam maiores dificuldades na sua estratégia tecnológica de implementação de tecnologias digitais nas suas unidades. Das 14 empresas nacionais entrevistadas, 7 estão implementando ou implementaram algum projeto, porém em graus bastante diferenciados. Uma delas se encontra em etapa bastante inicial, ainda em um processo incipiente de modernização. Outras duas estão implementando projetos principalmente a partir da sua capacitação tecnológica interna, contando com parcerias específicas para a execução, e outras quatro nacionais buscam soluções tecnológicas em fornecedores estrangeiros de equipamentos, de programas e plataformas computacionais e de prestação de serviços de desenvolvimento de soluções digitais.

As próximas seções detalham os resultados das entrevistas a partir das características dos projetos 4.0 implementados, das motivações e das restrições para as empresas adotarem as tecnologias da Indústria 4.0. Na última seção são propostas ações relativas à disseminação dessas tecnologias na indústria brasileira.





# 4 CARACTERIZAÇÃO DOS PROJETOS 4.0 IMPLEMENTADOS PELAS EMPRESAS



No conjunto de tecnologias da Indústria 4.0, algumas podem ser consideradas como novas, enquanto outras estão evoluindo em suas trajetórias naturais iniciadas há anos. Todavia, a grande novidade dessa nova onda tecnológica é a integração dessas várias tecnologias que se combinam de forma variada, criando um grande número de possibilidades com as quais as empresas do setor industrial se defrontam.

Há ainda uma grande divisibilidade dessas tecnologias, o que significa que as combinações podem ser concebidas aos poucos, ou seja, podem ser implantadas paulatinamente sem a necessidade de completa substituição do parque de máquinas e de processos industriais e de gestão já em vigor nas empresas. Evidentemente que existem limites para essa diversidade de situações. A diversidade não significa que as empresas podem empregar qualquer tipo de tecnologia em suas plantas e nos seus negócios que elas se integrarão e permitirão a interação com o que já existe de processos industriais e de gestão dentro da empresa. Daí decorre haver a necessidade de um levantamento das possibilidades de uso das tecnologias 4.0 em uma empresa específica e, a partir desse levantamento, há a necessidade de um projeto de engenharia que venha a integrar essas tecnologias com máquinas, equipamentos e sistemas de gestão já existentes na empresa industrial.

Considerando isso, é mais adequado se referir a projetos da Indústria 4.0 como sendo a adoção de algumas dessas tecnologias nas empresas do que falar em plantas industriais 4.0. Mesmo que se considere uma empresa nova, com implantação de uma unidade produtiva inteiramente nova, é muito raro se encontrar uma planta e um negócio totalmente 4.0, que seria aquela unidade em que todas as tecnologias empregadas fazem parte da Indústria 4.0, o que representaria o estágio mais avançado de automação da produção e de gestão do negócio, em que tanto processos administrativos, como de produção industrial e de apoio à atividade industrial são completamente automatizados, em que as informações digitalizadas dão suporte às decisões operacionais e estratégicas da empresa e onde decisões são automatizadas.

Durante as entrevistas foi possível verificar que são raros os casos de novas plantas industriais, apesar de casos de ampliação de plantas já existentes. Dessa maneira, a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 no Brasil está bastante associada à modernização de processos fabris e de gestão já existentes nas empresas, aspecto que será melhor comentado na próxima seção. Além disso, com base nas entrevistas, tanto nas empresas que atuam no desenvolvimento e venda de soluções digitais, como nas empresas usuárias do setor industrial, a situação encontrada mais frequente é de utilização de soluções da Indústria 4.0 nos processos fabris da produção industrial propriamente dita. Em outras palavras, a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 se coloca como uma evolução “natural” da automação da produção industrial.

Dito isso, duas questões são relevantes para serem ressaltadas. A primeira diz respeito à segmentação existente nas empresas industriais entre os departamentos responsáveis pela tecnologia de informação (TI) e a tecnologia de automação (TA). No mundo da Indústria 4.0, a TI e a TA se integram, não fazendo sentido a manutenção dessa segmentação.

Na nova onda tecnológica, as tecnologias de informação – como computação, processamento e armazenamento de dados, segurança cibernética, programação, comunicação sem fio – se integram com as tecnologias de automação – como robótica, manufatura aditiva, comandos e controles de processos, instrumentos de automação, sensores inteligentes. É esse casamento entre a TI e a TA que viabiliza significativo aumento da eficiência produtiva, flexibilidade da produção, redução de parada de máquinas, economia de energia e de insumos etc.

Nas empresas do setor industrial que foram entrevistadas por este trabalho, ainda se percebe um distanciamento dessas duas unidades da atividade industrial. O caso mais recorrente é das tecnologias da Indústria 4.0 estarem sendo introduzidas na empresa sob a liderança da equipe de TA, e a TI se coloca como subsidiária desse processo. Esse foi o caso encontrado em 85% das empresas entrevistadas e que introduziram alguma tecnologia da Indústria 4.0.

Deve ser ressaltado que não se trata apenas de uma questão de liderança em uma equipe que trabalha em conjunto e, sim, de reflexo de uma segmentação existente entre as equipes técnicas da empresa. Essa dicotomia revela a falta de compreensão sobre a Indústria 4.0 e as possibilidades de ganhos de competitividade abertas pela sua adoção. Por definição, a Indústria 4.0 pressupõe a utilização de grandes bases de dados e o processamento, armazenamento e segurança dessas informações são o foco das tecnologias da informação. Em outros termos, a dicotomia mencionada empobrece o potencial transformador da Indústria 4.0 e limita o seu alcance como um processo de automação industrial.

A segunda questão a ressaltar é a relação entre a engenharia de produto e a engenharia de manufatura (ou de processos de produção). Seria de se esperar que em uma indústria com predomínio das tecnologias da Indústria 4.0 houvesse alguma (ou até bastante) integração entre as engenharias de produto e de processo, mas, no caso da indústria brasileira, a dicotomia é total, inclusive naquelas empresas que estão implantando projetos da Indústria 4.0. Isso significa que, além do absoluto predomínio da tecnologia de processo na adoção de soluções da Indústria 4.0, ocorre também uma dicotomia com a engenharia de produto. Os produtos são desenhados, concebidos de forma independente do processo de manufatura, e é após o desenvolvimento do produto que se trabalha no desenvolvimento do seu processo de produção. Seria razoável pensar que o desenvolvimento do processo ocorresse conjuntamente com o desenvolvimento do produto. Dessa forma, a manufaturabilidade do produto, que pudesse conceber a forma mais econômica e eficiente de produção, não é devidamente considerada pela engenharia dessas empresas. Assim, em algumas das empresas que foram entrevistadas, a difusão das tecnologias da Indústria 4.0 encontra-se restringida e não alcança a engenharia do produto.

Apesar da adoção das tecnologias da Indústria 4.0 estar concentrada na automação de processos fabris, não significa que a eles fique restrita. Grande parte das empresas que adotaram essas tecnologias avança no sentido de integrar a automação produtiva com a gestão da produção industrial e com a gestão corporativa. Nesse sentido, ocorre maior integração entre os sistemas de produção fabril e de gestão empresarial.

Não resta dúvida de que em todo o mundo as tecnologias da Indústria 4.0 afetam de forma mais ampla e significativa os processos produtivos. Todavia, em outros países essas inovações estão também acompanhadas por inovações em produtos, na gestão e nos modelos de negócios. No Brasil, essas tecnologias, de forma geral, ainda estão pouco difundidas e implementadas mais intensamente na esfera dos processos de produção industrial.

Dada a determinação da importância dos impactos das tecnologias da Indústria 4.0 sobre os processos fabris, a expectativa desde o início deste trabalho era de que essas tecnologias estariam sendo mobilizadas para a resolução de problemas concretos

identificados pelas empresas da indústria brasileira, sobretudo problemas relativos à eficiência produtiva. De fato, é evidente a preponderância do movimento de busca de alternativas técnicas para melhorar processos industriais de produção.

A novidade encontrada foi ouvir de poucas dessas empresas um movimento distinto, no sentido de buscar conhecer as novas tecnologias, sua evolução mundial, casos de sucesso, entre outros, para depois definir como poderiam ser utilizadas para melhorar seus processos produtivos. No primeiro movimento, o seu início está no problema a ser enfrentado pela engenharia da empresa, enquanto no segundo, o início se dá no estudo, acompanhamento e capacitação das tecnologias da Indústria 4.0 para depois identificar problemas que poderiam ser equacionados com essas tecnologias. A grande diferença está em uma maior capacitação no segundo do que no primeiro movimento da empresa industrial.

Das 13 empresas industriais entrevistadas que afirmaram já ter implantado pelo menos um projeto com tecnologias da Indústria 4.0, apenas três delas podem ser qualificadas como empresas que também adotam o segundo movimento em seus processos de trabalho, isto é, possuem processos internos sistematizados e organizados em que destacam técnicos para acompanhar a evolução das tecnologias da Indústria 4.0, sendo todas essas empresas com capital de origem estrangeira.

No caso de uma das multinacionais aqui referida, havia um técnico da unidade brasileira que fazia parte de uma equipe global da corporação que está estudando e se responsabilizando pelo acompanhamento das tecnologias da Indústria 4.0 em nível mundial. Em outro caso, a subsidiária brasileira circunstancialmente está mais atualizada do que outras unidades do grupo empresarial e, para tanto, alocou algumas pessoas para acompanhar essas tecnologias no mundo. No terceiro caso, a subsidiária brasileira se coloca atualmente como a unidade mais importante entre as subsidiárias, dado seu volume de faturamento e diversidade de produtos da corporação. Nesse contexto, esta subsidiária dispõe de um grupo corporativo de inovação que também se volta ao acompanhamento de algumas das tecnologias da Indústria 4.0, principalmente aquelas ligadas à área de Tecnologia da Informação.

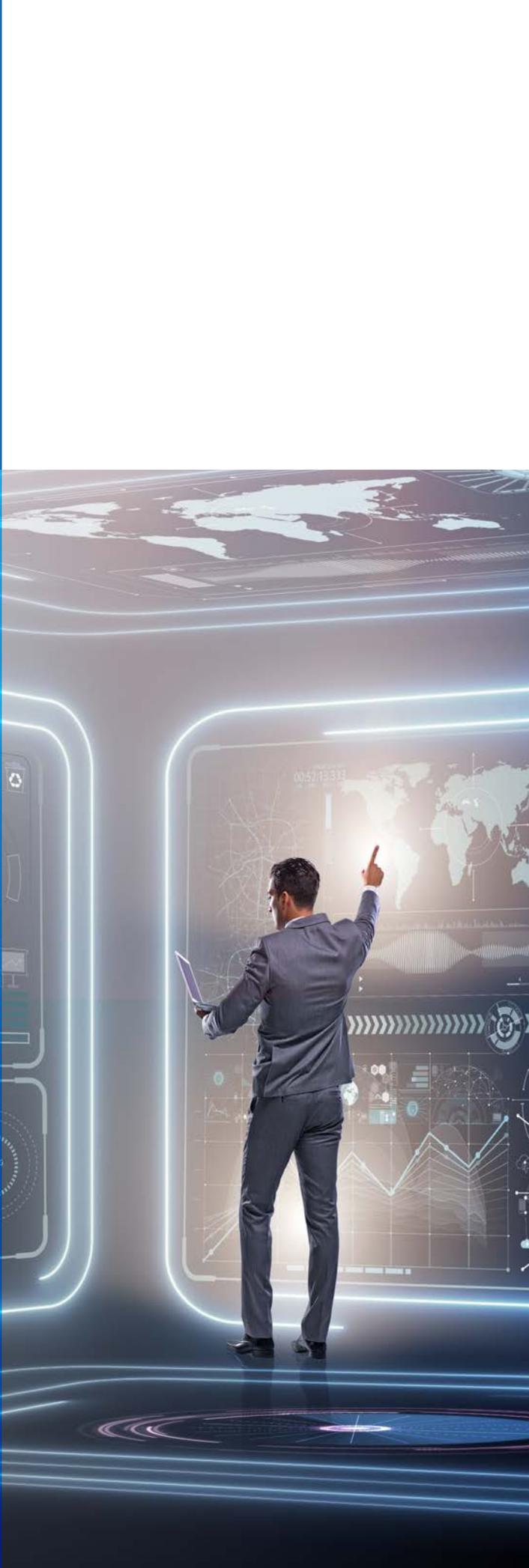
Em todos os casos citados acima, apesar de possuírem processos de trabalho estruturados nesse sentido, isso não significa que tenham alocado número expressivo de técnicos para acompanhar todas as tecnologias envolvidas com a Indústria 4.0. Pelo contrário, houve alocação de um número bastante reduzido de pessoal com essa missão, no máximo três técnicos, que, mesmo assim, não se dedicam exclusivamente a esse trabalho.

Evidentemente que esses técnicos não possuem as condições necessárias e suficientes para dar conta de acompanhar todas as tecnologias da Indústria 4.0 e nem sempre são as pessoas mais preparadas para detalhar em que medida as tecnologias selecionadas podem ser adotadas na empresa. Quando se alcança esse momento, há necessidade de um aprofundamento que apenas um especialista detém, seja ele de dentro ou de fora da empresa. Se a empresa for muito bem estruturada, é possível que seus recursos humanos internos sejam suficientes, mas é mais razoável a opção por técnicos externos, seja no caso da adoção de uma tecnologia que está em desenvolvimento, seja no caso da necessidade de um desenvolvimento de tecnologia específico por terceiros, caracterizando, assim, mais claramente, uma inovação.

Em outros quatro casos, todos de empresas industriais com capital predominantemente nacional, também havia a preocupação com o acompanhamento das tendências tecnológicas da Indústria 4.0 à frente da identificação de problemas técnicos a resolver. Contudo, não se evidenciou uma postura sistemática e organizada por parte dessas empresas, caracterizando muito mais um processo motivado por iniciativas pessoais e não sistematizadas de técnicos das empresas. Apenas uma delas destina parcela da jornada de um profissional para acompanhar as inovações viabilizadas pela Indústria 4.0. A partir daí, havendo interesse da empresa, a prática é contratar empresas integradoras, no Brasil e no exterior, ou ofertantes de soluções digitais, geralmente de empresas estrangeiras.

Em todos os demais casos, pode-se afirmar que o interesse pelas tecnologias da Indústria 4.0 responde muito mais a uma decisão pessoal ou de um executivo da empresa do que uma definição estratégica empresarial. Conseqüentemente, os resultados dessas iniciativas são muito precários, pontuais e não chegam a capacitar propriamente a empresa industrial. Nesses casos, os recursos humanos, financeiros e as ambições técnicas envolvidas são muito limitados. Esse último ponto também foi evidenciado nas empresas que ainda não implementaram nenhum projeto com as tecnologias da Indústria 4.0.

Em síntese, dado que as tecnologias da Indústria 4.0 são muito diversificadas e implicam a integração de várias delas, torna-se muito difícil que a empresa industrial detenha conhecimento suficiente para isoladamente decidir os avanços técnicos mais adequados. Assim, é importante que elas tenham um planejamento estruturado e se utilizem de conhecimento externo para desenvolvimento e aquisição dessas tecnologias.



# 5 MOTIVAÇÕES DAS EMPRESAS PARA ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0



Na seção anterior foi mencionado que a Indústria 4.0 entra nas empresas principalmente pela porta da automação da produção. Portanto, é a busca de produtividade no chão de fábrica a principal motivação das empresas na introdução das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Essa intenção pode ocorrer em circunstâncias distintas ao longo da trajetória da empresa. Como essas tecnologias possuem a característica de divisibilidade, a automação da produção pode ocorrer apenas em alguns segmentos da produção. Isso é mais verdade na indústria de processo discreto, justamente pela possibilidade de segmentação do trabalho ao longo da manufatura, do que na indústria de processo contínuo, em que as operações industriais se encontram integradas.

Introduzir as tecnologias da Indústria 4.0 apenas em alguns momentos do processo produtivo tende a acontecer com maior frequência em empresas industriais que ainda não possuem capacitação avançada e se utilizam dessa possibilidade para iniciar sua trajetória de adoção dessas tecnologias com a preocupação de aprender a trabalhar com essas técnicas mais avançadas, assim como para comprovar e mensurar os impactos derivados dessa adoção tecnológica.

Empresas com restrições orçamentárias para investimentos em modernização de processos produtivos também adotam as tecnologias da Indústria 4.0 de forma paulatina, isto é, em algumas operações ou em uma ou outra linha de produção que passa a conviver com outras linhas que se encontram em estágios inferiores de modernização. É comum encontrar esse tipo de situação em empresas industriais. Nas visitas realizadas foi constatada a convivência de diferentes níveis de tecnologias de produção do chão da fábrica. Outra circunstância na qual a empresa industrial busca aumentar a produtividade no chão de fábrica é quando ela decide pela ampliação da produção de uma planta industrial. Assim como no caso anterior, há a busca por modernização que acaba por aumentar a capacidade produtiva da planta industrial. Os dois movimentos acima descritos geralmente conduzem tanto ao aumento da produtividade quanto ao aumento da capacidade produtiva da empresa.

Uma terceira circunstância em que a empresa adota as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 é quando se decide por implantar uma nova unidade produtiva. Nesse caso, todo o projeto da produção é pensado com a possibilidade de incorporação dessas novas tecnologias e é de se esperar maior racionalidade e eficiência do conjunto do processo de produção industrial.

Outra motivação na adoção de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 é a redução de custos com manutenção e parada de máquinas e equipamentos. Mais uma vez, aqui também se verificou uma diversidade de projetos implementados. Um conjunto deles pode ser considerado genericamente como a captação, visualização e processamento de informações sobre o funcionamento de máquinas e equipamentos (monitorando razões de parada de máquinas, tempo de parada, impactos da parada etc.); a conexão com responsáveis diretos pela manutenção e com técnicos que devem ser mobilizados para a resolução de problemas; alguns controles sobre a operação das máquinas, que podem reduzir o tempo de parada e custos de manutenção etc. Todavia, para esse conjunto de projetos, a manutenção é para a reparação de problemas ocorridos, isto é, a manutenção é feita após o surgimento do problema, parada ou mal funcionamento da máquina. Para esses reparos há necessidade de intervenção humana. Os impactos desses projetos são a redução do tempo de parada na medida em que há maior controle e automatismo no processo de manutenção de máquinas e equipamentos. Conseqüentemente, há redução de custos para a empresa industrial.

Outro conjunto de projetos implementados na área de manutenção também capta informações sobre a operação das máquinas. Essas informações são armazenadas e tratadas por sistemas computacionais, porém o objetivo é prever problemas e paradas de máquinas de tal forma que a manutenção passa a ser melhor programada, de modo

a minimizar os custos com essa atividade. Dessa forma, a parada acontecerá somente quando as informações sobre as máquinas estiverem indicando a real necessidade de manutenção, e não mais quando a manutenção preventiva é definida por parâmetros exógenos e padronizados, e, sim, segundo o desempenho das máquinas e equipamentos nas condições específicas de sua utilização.

Nesse caso, pode-se dizer que a empresa gera informação on-line sobre as condições de operação das máquinas ao longo do processo de produção, e esse conjunto de informações é utilizado para otimizar o uso do maquinário e minimizar o tempo e os custos com a manutenção e as paradas de máquinas e equipamentos. Esse tipo de manutenção, de caráter preditivo, ainda é muito pouco empregado entre as empresas que foram entrevistadas ao longo deste trabalho. Se é assim, a gestão do funcionamento das máquinas e equipamentos por parte dos seus fornecedores não foi encontrada em nenhuma empresa entrevistada. Em outras palavras, esse é um modelo de negócio das empresas produtoras de bens de capital que ainda não se disseminou entre as empresas usuárias desses bens de capital.

Ainda com relação à manutenção, durante as entrevistas, algumas empresas mencionaram adotar a manufatura aditiva, uma das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, para a confecção de partes e peças de máquinas e equipamentos necessários para a sua produção. Essas empresas adquiriram impressoras 3D para produzir peças de reposição para suas máquinas, buscando, assim, também reduzir os custos de manutenção de maquinário.

As duas principais motivações para a adoção de projetos da Indústria 4.0 apresentadas até o momento – aumento de produtividade e redução dos custos com manutenção – sinalizam na direção da redução dos custos de produção. Outra motivação também muito citada pelas empresas entrevistadas vai na mesma direção: busca a redução no consumo de energia elétrica. A energia é um importante item de custo para uma série de segmentos industriais, tais como metalurgia, indústria de alimentos, indústria de produtos de higiene e limpeza e indústria química. Geralmente são segmentos industriais de elevada escala de produção envolvendo a produção e a movimentação de um volume muito grande de insumos e produtos, e se utilizam de processos de transformação que demandam energia elétrica intensivamente.

Como são segmentos de elevada escala, a economia de energia, ainda que relativamente pequena em termos de percentagem, implica montantes de recursos financeiros bastante expressivos, suficientes para justificar a adoção de tecnologias mais atualizadas para a redução no consumo de energia vis-à-vis outras possibilidades de projetos a serem implantados em uma unidade industrial.

Os projetos da Indústria 4.0 com controles da produção mais eficientes, com informação sendo gerada e processada on-line, permitem maior eficiência produtiva e, conseqüentemente, menor utilização de energia em seus processos, conduzindo, ao final, à redução de custos.

A mesma racionalidade poderia ser aplicada à área de logística desse tipo de setor industrial, isto é, a logística conectada e gerida de forma inteligente, otimizando o uso dos meios de transporte, as rotas a serem utilizadas e as operações de carga e descarga de mercadorias, e integrando a unidade industrial com outros elos das respectivas cadeias produtivas, entre outros. Todos esses elementos poderiam reduzir os custos da logística, sobretudo nesses setores de alta escala e grande movimentação de cargas. Algumas unidades industriais visitadas ao longo deste trabalho implantaram projetos com tecnologias da Indústria 4.0, principalmente nas operações de carga e descarga, mas ainda há muito a disseminar dessas tecnologias na área de logística. O fato das tecnologias da Indústria 4.0 terem sido prioritariamente difundidas na automação dos processos produtivos e em outras áreas dentro da unidade fabril, além dos serviços de transportes serem bastante terceirizados, podem ser consideradas razões que justificam o atraso relativo das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 na área de logística.

Por fim, em alguns casos de empresas multinacionais, a motivação para o investimento em projetos da Indústria 4.0 é uma determinação da corporação global. Essa estratégia parece estar mais difundida entre empresas de setores industriais produtores de bens de consumo duráveis. Nesses casos, as subsidiárias brasileiras têm uma orientação global de introduzir essas tecnologias, buscando padronizar o máximo possível seus processos de produção. Isso implica a possibilidade de controle e de gestão de todas as unidades produtivas semelhantes da corporação que estejam instaladas em diferentes localidades. Não somente a unidade de comando central da corporação passa a ter os parâmetros de produção e de eficiência produtiva de todas as plantas industriais on-line, como também cada unidade pode se conectar nesse sistema e buscar informações e consultoria técnica intracorporação para melhorar sua eficiência produtiva.

**QUADRO 1** - Motivações para a Adoção de Projetos 4.0

- Aumento de produtividade;
- Aumento da produção industrial para atender mercado em expansão;
- Redução de custos com manutenção e com paradas de máquinas;
- Controle mais eficiente da produção visando a redução no consumo de energia e de outros insumos industriais;
- Na logística, com modernização nos seus processos de carga e descarga;
- Em casos de empresas multinacionais, a motivação para adoção de projetos 4.0 é a integração à corporação empresarial, determinada externamente.

Fonte: Gepi/CNI (2020)

Em suma, as grandes motivações para a introdução das inovações da Indústria 4.0 nas empresas industriais entrevistadas foram a redução de custos e o aumento de produtividade. Outros ganhos que a Indústria 4.0 pode apresentar, como flexibilidade de processos produtivos, integração com outros elos das cadeias produtivas, inovações de produto, redução de tempo no desenvolvimento de produtos, entre outros, não foram apontados como motivadores dos projetos 4.0.



## 6 PRINCIPAIS RESTRIÇÕES PARA AS EMPRESAS ADOTAREM AS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0



São diversas e bastante diferenciadas as razões para o comportamento das empresas industriais diante da Indústria 4.0, conforme descrito acima. Desde fatores de ordem estrutural (por exemplo, a baixa taxa de inovação), macroeconômica (instabilidade econômica e baixa taxa de investimento na economia), conjuntural (baixo crescimento econômico e da demanda por produtos industrializados), até elementos de natureza microeconômica, que serão privilegiados nesta seção do trabalho. A princípio, vamos tomar os fatores estruturais, macroeconômicos e conjunturais como dados, sendo introduzidos na análise basicamente para qualificar afirmações originadas na dimensão empresarial.

A falta de informação sobre as tecnologias apareceu como um grande limitante para a adoção dessas tecnologias. Isso foi observado nos diferentes níveis dentro de uma organização empresarial, sejam eles executivo, gerencial ou operacional.

A falta de informação do nível executivo nas empresas industriais sobre os benefícios de investir nas tecnologias da Indústria 4.0 se coloca como limitante à sua difusão. A observação de projetos de Indústria 4.0 na indústria brasileira mostra que, em muitos casos, sua implementação envolve investimentos relativamente baixos, com boas perspectivas de retorno e em prazos curtos. Há casos em que pode até ser viabilizado com recursos operacionais, e não necessariamente com recursos financeiros destinados às despesas de capital da empresa.

Seria de se esperar que os executivos da empresa aprovassem a implementação desse projeto, mas não foi isso que se verificou em várias empresas industriais, independentemente da origem do capital, do setor de atividade e do tamanho da empresa. Em alguns casos, os executivos têm uma ideia formada de que as tecnologias da Indústria 4.0 se constituem modismo e que não apresentam grandes novidades, que não são tão positivas quanto se tenta demonstrar e que não é tão simples comprovar o retorno do investimento.

Em outras situações, mesmo diante dos argumentos mencionados acima, os executivos consideram que existem outros projetos de investimento mais relevantes e prioritários. Assim, projetos que contemplam outras áreas, tais como ativos na comercialização, projetos de expansão da produção, projetos de marketing, entre outros, passam a ter maior importância relativa. Por outro lado, no cenário de baixo investimento, instabilidade macroeconômica, baixas taxas de rentabilidade obtida na atividade industrial, as empresas concedem prioridade para aqueles projetos inadiáveis, tais como os que se referem à área de segurança, à adaptação da empresa a normas técnicas, à legislação de proteção ao trabalhador, à regulação ambiental, etc.

Dessa forma, é necessário, em primeiro lugar, desmistificar e mudar o conceito existente em parte do meio empresarial sobre o significado da nova onda tecnológica da Indústria 4.0. Por outro lado, tem-se que demonstrar que os projetos da 4.0 não são incompatíveis com outros projetos e, mais do que isso, podem auxiliar a gerar caixa para a empresa implementar outros projetos considerados necessários pela alta gestão da empresa.

Outro tipo de discussão necessária com o meio empresarial, mas à qual não se está aqui se referindo, é sobre os modelos de negócios que estão em mutação, viabilizados pelas tecnologias da Indústria 4.0. A ampliação dos serviços associados à venda de produtos industrializados ou, no extremo, à venda de serviços e, não, de produtos, são duas tendências que estão revolucionando o mundo dos negócios. Todavia, para isso é necessária uma mudança no modelo mental.

Além do nível executivo, com base nas entrevistas realizadas, pode-se afirmar que a gerência das empresas industriais não se encontra devidamente capacitada para enfrentar esse desafio. A informação no nível gerencial é estratégica porque cabe à gerência identificar os projetos da 4.0 mais promissores para a empresa em determinado momento, segundo sua estratégia de negócios, e convencer o nível executivo na tomada de decisão final. Como se trata de uma nova tendência tecnológica, muitos chamam a atenção de que as pessoas que hoje exercem a função de gerentes não tiveram formação suficiente nessas tecnologias. Por não as conhecerem, tendem a ter uma postura pouco ativa e positiva com relação à incorporação dessas tecnologias.

Além disso, se o nível gerencial, principalmente a gerência de manufatura, não possui informação técnica adequada, a relação entre a área de tecnologia da automação com a tecnologia de informação dentro da empresa tende a ser pouco colaborativa na implementação de melhorias de processos de produção. A área de tecnologia de informação tende apenas a atender pedidos de suporte específico para a área de tecnologia da automação e não se define como uma unidade capacitada para viabilizar o uso da informação como principal instrumento de gestão empresarial.

De forma complementar, também há necessidade de se levar informação para os trabalhadores operacionais, não apenas para que não se coloquem contrários aos projetos da Indústria 4.0, mas também como iniciativas que busquem a formação e a requalificação dos trabalhadores diante das novas tecnologias.

Outra dificuldade enfrentada pelas empresas industriais para implementar um projeto da Indústria 4.0 é a existência de várias possibilidades de investimento com as quais a empresa se defronta diante de um orçamento para investimento que, mais do que nunca, se encontra bastante limitado.

De fato, no dia a dia, as empresas vivenciam uma rotina por demanda de recursos financeiros, seja para criar novos canais de comercialização, modernizar processos, ampliar a produção, atender a regulamentações, conservar maquinário em boas condições operacionais, ampliar e adequar sua logística, entre tantas outras demandas por recursos financeiros. Diante da grande quantidade de projetos que demandam recursos, nesse cenário de dificuldades financeiras, os investimentos em modernização não são devidamente priorizados porque existem outras demandas que se impõem. Dessa forma, a insuficiência de disponibilidade financeira para investimento nas empresas industriais, acompanhada pela insuficiência de mecanismos adequados para o financiamento de projetos da Indústria 4.0, é outra forte restrição enfrentada por esse processo de modernização tecnológica da indústria brasileira.

Para todas as empresas entrevistadas neste trabalho, perguntou-se se a existência de um instrumento de financiamento a projetos da Indústria 4.0, com taxas de juros em níveis próximos à Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP), viabilizaria a implementação desse tipo de projeto. À exceção de duas empresas que afirmaram que não contratam empréstimos, todas as demais concordaram que o financiamento específico para esse tipo de projeto com juros nesse nível e processos não burocratizados ampliariam a adoção de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

A insuficiência de recursos financeiros e de informação sobre as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 foram apontadas por quase todos os entrevistados como as principais dificuldades enfrentadas pela indústria no Brasil para a adoção dessas tecnologias. Com menor frequência, as empresas apontaram a estrutura de gestão bastante atomizada também como uma restrição. A informação não flui adequadamente por toda a empresa e notou-se que, quando mais de um departamento se manifestou interessado em um projeto 4.0, ele foi implementado pela simples razão de que ficou mais evidente a contribuição que o projeto traria para a empresa.

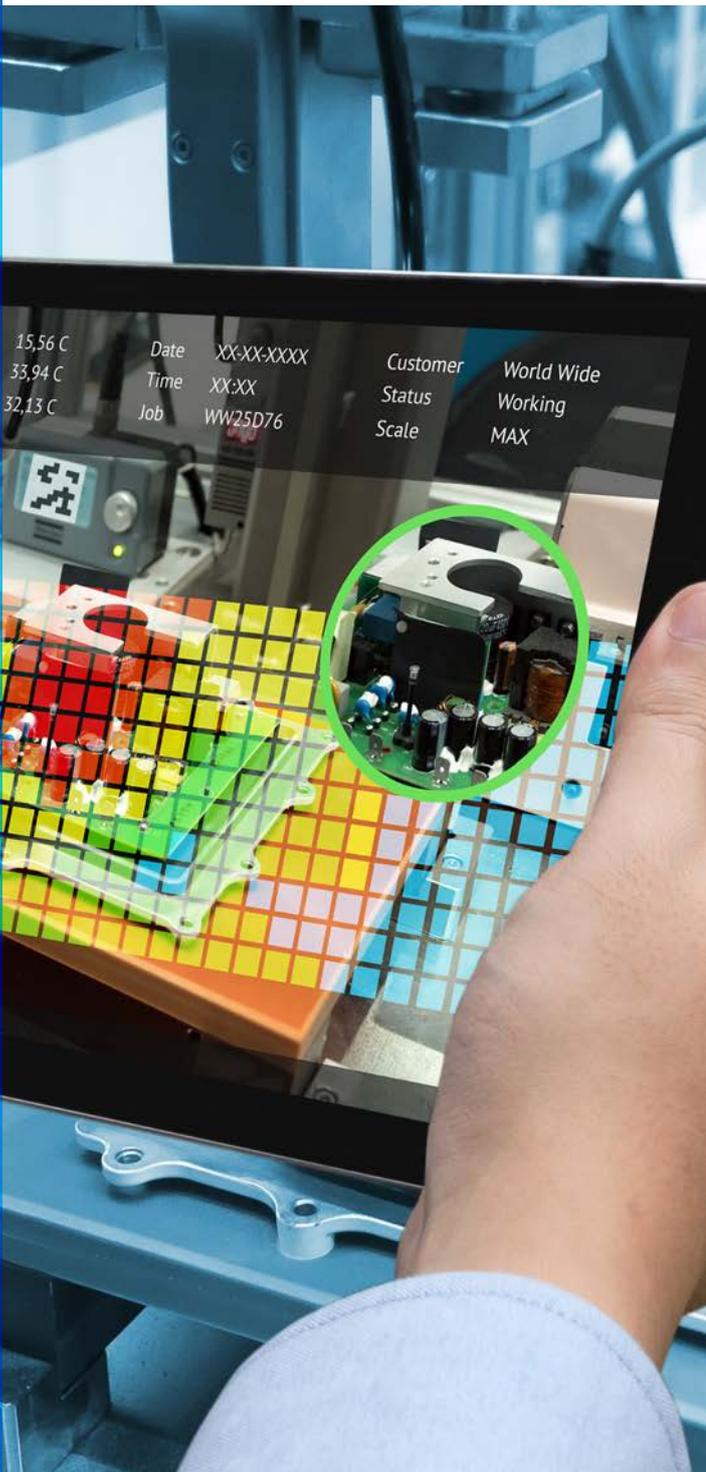
Sob um outro ponto de vista, a falta de integração não contribui para que se tenha uma visão mais geral das possibilidades de adoção das tecnologias da Indústria 4.0. Como a palavra-chave dessa quarta revolução tecnológica é a integração, uma visão mais ampla, estratégica e integrada da empresa seria mais apropriada para a difusão dessas tecnologias do que se vivencia na atualidade da indústria brasileira. De forma análoga, com a integração entre as equipes de tecnologia de automação e de tecnologia de informação das empresas.

#### **QUADRO 2** - Principais Restrições para a Adoção de Projetos 4.0

- Concorrência com outros projetos de investimento em um cenário de baixa taxa de investimento e de restrições financeiras;
- O atraso tecnológico de empresas dificulta a adoção da Indústria 4.0, dada a necessidade de maior investimento para compensar o atraso existente na empresa;
- Falta de informação sobre as tecnologias e seus impactos, tanto para o nível executivo, gerencial quanto operacional;
- Falta de integração funcional na empresa e problemas de gestão corporativa com grande departamentalização de funções.

Fonte: Gepi/CNI (2020)





Temp Min  
Temp Max  
Temp Ambient

15,56 C  
33,94 C  
32,13 C

Date XX-XX-XXXX  
Time XX:XX  
Job WW25D76

Customer World Wide  
Status Working  
Scale MAX



# 7 PROPOSTAS DE AÇÕES



Com base nas entrevistas realizadas e nos desafios que as empresas industriais deverão enfrentar diante das novas tendências advindas da Indústria 4.0, apresentam-se algumas recomendações, tanto para a indústria e suas entidades de representação, quanto para o governo federal. As sugestões objetivam contribuir para acelerar o processo de adoção dessas tecnologias pela indústria brasileira<sup>6</sup>.

## INFORMAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO NO NÍVEL GERENCIAL

Criar ações para levar informações sobre aplicações de tecnologias da Indústria 4.0 para o nível gerencial das empresas do setor industrial.

Os gerentes são os responsáveis por identificar os projetos a implementar, assim como são os responsáveis por encaminhar a demanda para os níveis superiores de decisão da empresa.

Não se trata de estabelecer programas de capacitação técnica para que trabalhem rotineiramente com alguma tecnologia daquelas que compõem o mundo da Indústria 4.0, mas difundir informações concretas e com profundidade sobre o potencial dessas tecnologias, dos impactos que podem gerar na competitividade da empresa e dos custos e requisitos necessários para a sua adoção.

<sup>6</sup> Para mais sugestões de políticas para a Indústria 4.0, veja CNI (2018b).

Para atingir esse objetivo, propõe-se duas atividades:

1º - Eventos regionais ou com foco em segmentos industriais específicos: o foco regional permite explorar a identidade regional dos interlocutores. O foco em segmentos, por outro lado, permite a seleção e apresentação de casos concretos de aplicação de tecnologias da indústria 4.0 no setor, favorecendo a sensibilização do público-alvo. Recomenda-se, ainda, que os casos sejam, sempre que possível, apresentados por representantes de empresas que vivenciaram o processo de adoção das tecnologias.

2º - Produzir e divulgar vídeos de casos concretos das empresas. Associações empresariais setoriais e outras entidades empresariais poderiam contribuir para identificar casos bem-sucedidos de adoção das tecnologias da Indústria 4.0.

A biblioteca de vídeos deve ficar permanentemente disponível para que cada interessado selecione a opção que lhe for mais interessante.

Recomenda-se que, junto com a apresentação de casos de aplicação das tecnologias, sejam oferecidas informações sobre instrumentos de apoio para o planejamento e implantação de projetos de Indústria 4.0.

## **INFORMAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO PARA A ALTA DIREÇÃO DAS EMPRESAS**

Durante a fase de entrevistas deste trabalho, a falta de conhecimento da alta direção das empresas sobre as tecnologias da Indústria 4.0 e sua importância para o aumento da competitividade foi mencionada diversas vezes como um fator limitante para a realização de projetos para a implantação destas tecnologias. A alta direção das empresas é responsável pela aprovação de projetos de Indústria 4.0 e, para isso, é fundamental que esteja bem informada sobre os benefícios que as tecnologias podem trazer para o negócio.

Para isso, sugere-se a realização de reuniões com a participação de altos executivos das empresas e, eventualmente, alguns técnicos especializados nas tecnologias da Indústria 4.0. O foco destas reuniões é difundir esclarecimentos sobre a Indústria 4.0, transmitidos por empresários de empresas que já passaram por essa experiência. O pressuposto é de que os executivos participantes tendem a dar maior importância aos esclarecimentos se o apresentador for um outro alto executivo reconhecido e respeitado por todos.

Assim como no caso do nível de gerência, essa reunião pode ou não ter recorte regional. Se tiver abrangência regional é importante que o apresentador convidado seja um executivo respeitado pelos demais da região. Se não tiver uma delimitação regional dos convidados, a liderança a fazer a exposição deve ser um empresário de notoriedade e reconhecimento nacional.

Ainda que nessa reunião não se objetive focar em temas técnicos, pois o foco é mais estratégico, recomenda-se a participação de uma assessoria técnica ao apresentador que possa intervir nos debates caso haja necessidade de abordagem de natureza mais técnica e especializada.

## **ESTÍMULOS À ELABORAÇÃO DE PLANOS EMPRESARIAIS ESTRATÉGICOS DE DIGITALIZAÇÃO**

A partir da metodologia do projeto piloto desenvolvimento pela CNI para a elaboração de um modelo de Plano Empresarial Estratégico de Digitalização<sup>7</sup>, sugere-se a criação de um programa para escalar essa iniciativa.

A proposta se baseia na constatação de que mesmo empresas que possuem conhecimento genérico da Indústria 4.0 e compreendam tratar-se de uma nova tendência tecnologia fundamental para a competitividade, frequentemente não sabem por onde iniciar o processo de adoção dessas tecnologias. Tampouco têm informações sobre a ordem de grandeza dos investimentos necessários, assim como do retorno esperado por cada projeto de implantação dessas tecnologias.

## **CONCESSÃO DE FINANCIAMENTO DE BAIXO CUSTO PARA A DEMANDA DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS NO PADRÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Uma das restrições mais mencionadas à adoção das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 é a insuficiência de recursos próprios e de financiamentos adequados à demanda das empresas industriais. Dessa forma, é fundamental fortalecer e divulgar os programas existentes.

<sup>7</sup> Vide <https://www.youtube.com/watch?v=xWTaURlaMvU&feature=youtu.be>

## FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – FINEP

A FINEP lançou dois programas que atingem o objetivo de financiar a implantação de projetos 4.0 para empresas industriais: FINEP IoT<sup>8</sup> e INOVACRED 4.0<sup>9</sup>. Grosso modo, o primeiro é voltado para projetos de maior porte ou para médias/grandes e grandes empresas, enquanto o segundo viabiliza a implantação de projetos da Indústria 4.0 para empresas de menor porte.

As condições dos programas da FINEP são adequadas às características dos projetos 4.0, seja no que diz respeito aos custos do financiamento, aos prazos de carência e de pagamento do financiamento e a respeito de garantias, principalmente no contexto do INOVACRED 4.0. A única dificuldade apontada nas entrevistas está na exigência de CND para o tomador do financiamento, que é a empresa industrial, principalmente no contexto da crise econômica.

Nesses programas, o custo do financiamento está próximo do valor da TJLP<sup>10</sup>, podendo variar um ponto percentual, para mais ou para menos, dependendo do grau de inovação do projeto apresentado e do montante do faturamento da empresa tomadora do recurso.

Os custos relativamente baixos dos financiamentos da FINEP são viabilizados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), cuja preservação é fundamental para a viabilidade deste e de outros programas.

## BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES

O BNDES também lançou duas linhas com o objetivo de adotar tecnologias relacionadas à Indústria 4.0: Finame Máquinas 4.0<sup>11</sup> e Serviços 4.0. O Finame Máquinas 4.0 possibilita financiamento para aquisição de máquinas e equipamentos com tecnologia 4.0. Esse programa está em operação com um conjunto de produtos credenciados. O FINAME Serviços 4.0, por sua vez, tem por objetivo financiar soluções tecnológicas com tecnologias da 4.0 e está aberto para o credenciamento de serviços por parte de empresas fornecedoras.

8 Mais informações em <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/programas-e-linhas/finep-iot>.

9 Mais informações em <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/programas-e-linhas/inovacred4-0>.

10 Mais informações em <http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/condicoes-operacionais>.

11 Mais informações em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-maquinas-40>.

Apesar da importância desses programas para a modernização do parque industrial brasileiro, suas taxas são relativamente elevadas, não apenas com relação ao que se pratica no mercado internacional, mas à própria Selic. Para viabilizar investimentos nas áreas estratégicas sugeridas, considerando as regras da TLP<sup>12</sup>, será necessário buscar recursos que permitam a equalização das taxas de juros praticadas pelo Banco.

---

12 Mais informações em <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/taxa-de-juros>.



# REFERÊNCIAS

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. **Sondagem especial**, Brasília, v. 66, abr. 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-66-industria-4-0/>. Acesso em: 01 jun. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Oportunidades para a indústria 4.0:** aspectos da demanda e oferta no Brasil. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/2/oportunidades-para-industria-40-aspectos-da-demanda-e-oferta-no-brasil/>. Acesso em: 01 jun. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Projeto Indústria 2027**. Brasília: CNI, 2018a. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/publicacoes/>. Acesso em: 01 jun. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Indústria e digitalização da economia**. Brasília: CNI, 2018b. (Propostas da Indústria para as Eleições de 2018). Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/propostas-da-industria-para-eleicoes-2018/downloads/>. Acesso em: 01 jun. 2020.



# ANEXO A - TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA INDÚSTRIA 4.0

1. Internet das coisas: interconexão entre objetos por meio de infraestrutura habilitadora (eletrônica, software, sensores e/ou atuadores), com capacidade de computação distribuída e organizados em redes, que passam a se comunicar e interagir, podendo ser remotamente monitorados e/ou controlados, resultando em ganhos de eficiência.

2. *Big data*: é uma abordagem para atuar em dados com maior variedade e complexidade, que chegam em volumes crescentes e com velocidade cada vez maior, usados para resolver problemas de negócios. Esses conjuntos de dados são tão volumosos que o software tradicional de processamento de dados não consegue gerenciá-los. São utilizadas técnicas estatísticas e de aprendizagem de máquina para extrair informações relevantes aos negócios, inferências e tendências não possíveis de se obter com uma análise humana.

3. Computação em nuvem: é a distribuição de serviços de computação – servidores, armazenamento, bancos de dados, redes, software, análises, inteligência – pela Internet, com utilização de memória, capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores hospedados em Datacenter, proporcionando recursos flexíveis e economia na escala. A computação em nuvem permite às empresas acessar recursos computacionais abundantes como um serviço e a partir de distintos dispositivos remotos. Desta forma evitam-se investimentos altos em equipamentos e equipe de suporte, permitindo a empresas focarem seus investimentos nas suas atividades principais.

4. Segurança digital: é um conjunto Infraestruturas de hardware e software voltado para a proteção dos ativos de informação, por meio do tratamento de ameaças que põem em risco a informação que é processada, armazenada e transportada pelos sistemas de informação que estão interligados.

5. Robótica avançada: dispositivos que agem em grande parte, ou parcialmente, de forma autônoma, que interagem fisicamente com as pessoas ou seu ambiente e que são capazes de modificar seu comportamento com base em dados de sensores.

6. Manufatura digital: é o uso de um sistema integrado, baseado em computador, que consiste em simulação, visualização 3D, análises e ferramentas de colaboração para criar definições de processos de manufatura e produto simultaneamente.

7. **Manufatura aditiva:** consiste na fabricação de peças a partir de um desenho digital (feito com um software de modelagem tridimensional), sobrepondo finas camadas de material, uma a uma, por meio de uma Impressora 3D. Podem ser utilizados materiais como plástico, metal, ligas metálicas, cerâmica e areia, entre outros.

8. **Integração de sistemas:** união de diferentes sistemas de computação e aplicações de software física ou funcionalmente, para atuar como um todo coordenado, possibilita a troca de informações entre os diferentes sistemas. Permite a empresas um olhar abrangente sobre o seu negócio. As informações em tempo real sobre o processo produtivo influenciam a tomada de decisões gerenciais mais rapidamente bem como decisões estratégicas sobre o negócio da empresa conseguem ser mais facilmente implantadas na planta de produção. Somente a instalação de pacotes ERP não se enquadram, mas a sua integração a sistemas de controle da produção industrial sim.

9. **Inteligência artificial:** aplicação de análise avançada e técnicas baseadas em lógica, incluindo aprendizado de máquina, para interpretar eventos, analisar tendências e comportamentos de sistemas, apoiar e automatizar decisões e realizar ações.

10. **Sistemas de simulação:** utilização de computadores e conjunto de técnicas para gerar modelos digitais que descrevem ou exibem a interação complexa entre várias variáveis dentro de um sistema, imitando processos do mundo real.

11. **Digitalização:** consiste no uso de tecnologias digitais para transformar processos de produção, de desenvolvimento de produtos e/ou modelos de negócios, visando a otimização e eficiência nos processos. A transformação digital abrange: projeto e implementação de plano de digitalização, sensoriamento, aquisição e tratamento de dados.



**CNI**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente

**DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL**

*Carlos Eduardo Abijaodi*  
Diretor de Desenvolvimento Industrial

**Gerência Executiva de Política Industrial - GEPI**

*Joao Emilio Padovani Goncalves*  
Gerente-Executivo de Política Industrial

*Vinicius Cardoso de Barros Fornari*  
*Roberto Vermulm*  
Elaboração

*Vinicius Cardoso de Barros Fornari*  
*Vinicius Luis de Souza Nonato*  
Equipe Técnica

**DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO - DIRCOM**

*Ana Maria Curado Matta*  
Diretora de Comunicação

**Gerência de Publicidade e Propaganda**

*Armando Uema*  
Gerente de Publicidade e Propaganda

*Katia Rocha*  
Coordenadora de Gestão Editorial

*André Oliveira*  
Produção Editorial

**DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS – DSC**

*Fernando Augusto Trivellato*  
Diretor de Serviços Corporativos

**Superintendência de Administração - SUPAD**

*Maurício Vasconcelos de Carvalho*  
Superintendente Administrativo

*Alberto Nemoto Yamaguti*  
Normalização

---

*Roberto Vermulm*  
Consultor

*Sarita Gonzalez Fernandes*  
Revisão Gramatical

*Editorar Multimídia*  
Projeto Gráfico e Diagramação



 cni.com.br

 /cniBrasil

 @CNI\_br

 @cniBr

 /cniweb

 /company/cni-brasil



Confederação Nacional da Indústria  
**PELO FUTURO DA INDÚSTRIA**