

# RISCOS E OPORTUNIDADES PARA AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS BRASILEIRAS DIANTE DE INOVAÇÕES DISRUPTIVAS:

UMA VISÃO A PARTIR DO ESTUDO  
INDÚSTRIA 2027



Confederação Nacional da Indústria  
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA



RISCOS E OPORTUNIDADES  
PARA AS MICRO E PEQUENAS  
EMPRESAS BRASILEIRAS  
DIANTE DE INOVAÇÕES  
DISRUPTIVAS:

UMA VISÃO A PARTIR DO ESTUDO  
INDÚSTRIA 2027

**CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA  
INDÚSTRIA – CNI**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente

**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 Inovação**

*Gianna Cardoso Sagazio*  
Diretora

**Diretoria de Educação e Tecnologia**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor

**Serviço Social da Indústria – SESI**

*Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira*  
Presidente do Conselho Nacional

**SESI – Departamento Nacional**

*Robson Braga de Andrade*  
Diretor

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*

Diretor-Superintendente

*Paulo Mól Júnior*

Diretor de Operações

**Serviço Nacional de Aprendizagem  
Industrial – SENAI**

*Robson Braga de Andrade*  
Presidente do Conselho Nacional

**SENAI – Departamento Nacional**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*  
Diretor-Geral

*Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira*

Diretor-Adjunto

*Gustavo Leal Sales Filho*

Diretor de Operações

**Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e  
Pequenas Empresas – SEBRAE**

*Carlos Melles*  
Diretor-Presidente

*Bruno Quick*

Diretor Técnico

*Eduardo Diogo*

Diretor de Administração e Finanças

# RISCOS E OPORTUNIDADES PARA AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS BRASILEIRAS DIANTE DE INOVAÇÕES DISRUPTIVAS:

UMA VISÃO A PARTIR DO ESTUDO  
INDÚSTRIA 2027



**SEBRAE**

**CNI**

Confederação Nacional da Indústria  
PELO FUTURO DA INDÚSTRIA

© 2019. CNI – Confederação Nacional da Indústria.  
© 2019. SESI – Serviço Social da Indústria.  
© 2019. SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.  
© 2019. SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.  
Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI  
**Diretoria de Inovação – DI**

SEBRAE  
**Diretoria Técnica – DITEC**

---

FICHA CATALOGRÁFICA

---

C871r

Confederação Nacional da Indústria.

Riscos e Oportunidades para as micro e pequenas empresas brasileiras diante de inovações disruptivas: uma visão a partir do Estudo Indústria 2027 / Confederação Nacional da Indústria, Serviço Social da Indústria, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.– Brasília: CNI, 2019.

60 p. : il.

1. Indústria 2027. 2. Micro e Pequenas Empresas. 3. Inovação I. Título.

CDU: 658.589

---

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.com.br](mailto:sac@cni.com.br)

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMO EXECUTIVO</b> .....	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2 UMA VISÃO DOS DESAFIOS PARA AS MPEs A PARTIR DO ESTUDO INDÚSTRIA 2027</b> .....	<b>21</b>
2.1 Desafios para MPEs inovadoras, associadas ao grupo de empresas aptas a evoluir na fronteira tecnológica.....	22
2.2 Desafios para MPEs associadas ao grupo de empresas capazes de evoluir para a fronteira da eficiência produtiva.....	26
2.3 Desafios para as MPEs associadas ao grupo de empresas que podem encurtar distâncias da fronteira de eficiência produtiva.....	30
2.4 Agenda de desafios para as MPEs com base nos programas em curso em vários países.....	35
<b>3 DESAFIOS SISTÊMICOS PERTINENTES ÀS MPES: DIGITALIZAÇÃO DA GESTÃO E AVANÇO EM DIREÇÃO À MANUFATURA 4.0</b> .....	<b>43</b>
3.1 A digitalização da gestão das MPEs .....	45
3.2 A introdução modularizada da Manufatura 4.0 nas MPEs .....	46
3.3 Desenvolvimento de capacitações e talentos dos recursos humanos nas MPEs.....	48
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>
<b>GLOSSÁRIO</b> .....	<b>59</b>



# APRESENTAÇÃO

A velocidade do avanço de tecnologias disruptivas impulsiona os países na busca pelo desenvolvimento no contexto da 4ª Revolução Industrial. Esse fenômeno, que implica mudanças radicais na economia e na sociedade, provoca reflexões sobre como absorver as inovações. Se realidades como inteligência artificial, internet das coisas e big data transformam produção, modelos de negócios e padrões de consumo, quais estratégias adotar para aproveitar esse potencial tecnológico?

No Brasil, perguntas como essa se tornam cada vez mais pertinentes, visto a necessidade de se acompanhar o movimento mundial e fortalecer a competitividade das empresas nacionais. Iniciativa da Confederação Nacional da Indústria (CNI), com execução técnica dos institutos de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o Projeto Indústria 2027 é um importante ponto de partida para desenhar o panorama atual das empresas brasileiras diante desse cenário e para visualizar os desafios futuros.

Idealizado pela Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), grupo coordenado pela CNI que reúne líderes de 300 das maiores empresas que atuam no país, o estudo Indústria 2027 investigou o impacto de um conjunto de tecnologias em uma série de sistemas produtivos e avaliou em que estágio da digitalização se situam centenas de indústrias. Desse cenário fazem parte as empresas de micro e pequeno porte (MPEs), cujo relevante papel para a economia brasileira é incentivado por ações do Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) em favor do empreendedorismo no país.

A presente publicação – intitulada *Riscos e Oportunidades para as micro e pequenas empresas brasileiras diante de inovações disruptivas: uma visão a partir do Estudo Indústria 2027* – mostra as oportunidades para as MPEs com as novas tecnologias e os desafios a serem superados nos próximos anos diante de aspectos como a digitalização da gestão e os recursos humanos.

É grande a diversidade entre as MPEs brasileiras, seja no tamanho ou no setor a que pertencem. A variedade também se manifesta no nível de digitalização em que se encontra cada uma delas. Esta publicação posiciona as MPEs no centro do estudo sobre o impacto das inovações disruptivas a fim de orientar as empresas – umas com maior potencial inovador, outras mais defasadas tecnologicamente – sobre estratégias a serem adotadas em um caminho com enorme potencial de ganhos para a indústria. Juntos em iniciativas como esta, CNI e Sebrae mais uma vez unem esforços para pensar o futuro do país.

Boa leitura.

**Robson Braga de Andrade**  
Presidente da CNI

**Carlos Melles**  
Diretor-Presidente do Sebrae



# RESUMO EXECUTIVO

## A 4ª REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E OS DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA

Uma onda de inovações tecnológicas avança rapidamente nas economias desenvolvidas e causa impactos disruptivos na produção, na concorrência, nos modelos de negócios, no consumo e no estilo de vida das pessoas. A convergência de tecnologias – como inteligência artificial (IA) e internet das coisas (IoT) – também tem efeitos sobre a competitividade e as estruturas de mercado em todas as atividades produtivas. É a 4ª Revolução Industrial.

Economias tecnologicamente mais avançadas já adotam estratégias de políticas públicas para potencializar essas inovações. A ideia é sustentar a competitividade internacional, fortalecer os ecossistemas de inovação, consolidar a capacitação e a qualificação de recursos humanos, gerar os empregos e apoiar as micro e pequenas empresas (MPEs), inclusive startups.

Para pensar os caminhos do Brasil rumo à Indústria 4.0, a Confederação Nacional da Indústria (CNI), por meio do Instituto Euvaldo Lodi (IEL), no âmbito da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), desenvolveu o Projeto *“Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas”*. O estudo, encomendado aos Institutos de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), avaliou o impacto de um conjunto de oito tecnologias transformadoras sobre dez sistemas produtivos e seus respectivos focos setoriais, no horizonte de cinco a dez anos.

Foram estudados os seguintes grupos de tecnologias:

- Inteligência artificial (IA), big data e computação em nuvem.
- Internet das coisas (IoT).
- Produção inteligente e conectada (manufatura avançada).
- Redes de comunicação.
- Nanotecnologias.
- Bioprocessos e biotecnologias avançadas.
- Materiais avançados.
- Novas tecnologias de armazenamento de energia.

Por sua vez, os sistemas produtivos analisados foram:

- Agroindústrias.
- Insumos básicos.
- Química.
- Petróleo e gás.
- Bens de capital.
- Complexo automotivo.
- Tecnologias da informação e comunicação (TICs).
- Farmacêutica.
- Bens de consumo.
- Aeroespacial e defesa.

O Projeto também analisou a capacidade das empresas de afastar riscos e aproveitar oportunidades que surgem a partir dessas tecnologias. Para isso, foram traçadas recomendações para as empresas se planejarem estrategicamente e para a formulação de políticas públicas.

Ao longo de 14 meses, 75 especialistas realizaram o estudo, que contou com uma pesquisa de campo feita com 750 empresas industriais para descobrir o estágio atual de digitalização dessas organizações e as perspectivas para os próximos anos.

## DESAFIOS PARA MPEs BRASILEIRAS

As tecnologias emergentes trazem ganhos para as empresas, como o aumento da produtividade e o fortalecimento da competitividade. Mas é preciso saber de que modo as empresas absorverão essas tecnologias, além de considerar desafios, como o alto nível de ociosidade industrial e as restrições de acesso ao crédito e ao mercado de capitais.

No caso das MPEs, especificamente, o Indústria 2027 mostrou um grande número de oportunidades a partir dessa convergência tecnológica, por meio da digitalização da gestão e da produção e de mudanças nos modelos de negócios.

*No caso das MPEs, especificamente, o Indústria 2027 mostrou um grande número de oportunidades a partir dessa convergência tecnológica, por meio da digitalização da gestão e da produção e de mudanças nos modelos de negócios*

Presentes em todos os setores do sistema industrial brasileiro, as MPEs têm níveis de capacitação diferentes que dependem, em boa medida, do setor ao qual pertencem. Assim, segundo o **I-2027**, podemos dividir as MPEs brasileiras em três grupos:

- 1) **MPEs inovadoras:** empresas prontas para evoluir em sintonia com a fronteira tecnológica global e que já estão inseridas em setores intensivos em ciência e em pesquisa e desenvolvimento (P&D) colaborativo. Representam uma parcela bem pequena entre as MPEs e incluem startups ou pequenas empresas de base tecnológica.
- 2) **MPEs capazes de evoluir para a fronteira de eficiência produtiva:** empresas conscientes da relevância das tecnologias digitais e capazes de avançar na digitalização da gestão e na gradual conexão e integração aos processos de Manufatura 4.0. Também representam uma fração pequena das MPEs, mas superam o grupo anterior.
- 3) **MPEs defasadas do ponto de vista da digitalização:** empresas ainda não plenamente conscientes das mudanças que virão com a 4ª Revolução Industrial. Representam a maior parte das MPEs e incluem dois subgrupos: o de empresas conscientes dos riscos da inação diante do fenômeno; e o de empresas vagamente ou sem essa consciência.

Segundo o estudo do **Indústria 2027**, há muitas oportunidades para as MPEs inovadoras, principalmente startups, nos seguintes sistemas: TICs, aeroespacial e defesa, petróleo e gás, bens de capital, farmacêutica e bioeconomia.

Nesses sistemas produtivos, as MPEs e as startups encontram oportunidades tanto nos ecossistemas tecnológicos liderados por grandes empresas, quanto oportunidades para serem protagonistas ou, ao menos, coadjuvantes importantes nos processos de inovações disruptivas.

*Há muitas oportunidades para as MPEs inovadoras, principalmente startups, nos seguintes sistemas: TICs, aeroespacial e defesa, petróleo e gás, bens de capital, farmacêutica e bioeconomia*

Isso porque as empresas líderes buscam interações com institutos de ciência e tecnologia (ICTs) e outras empresas, inclusive MPEs inovadoras para fortalecerem seus ecossistemas de inovação.

As oportunidades para MPEs inovadoras aparecem, de forma relevante, nos segmentos e setores mais intensivos em ciência – notadamente para MPEs em biotecnologia e nanotecnologia. Estas MPEs poderão participar de forma criativa dos ecossistemas de inovação organizados pelas grandes empresas líderes dos sistemas de aeroespacial e defesa, petróleo e gás, farmacêutica e bioeconomia. Nos casos das TICs e dos bens de capital, as oportunidades concentram-se em startups e MPEs prestadoras de serviços de digitalização da gestão, de automação e de integração on-line dos processos produtivos.

Como a maioria das MPEs inovadoras é recente e já tem o DNA digital, podem adotar, desde o início, processos produtivos e gerenciais digitalizados e adequados às suas características, sem necessidade de reestruturações. Essas empresas nascem pequenas, mas, quando alcançarem escalas comerciais, não terão dificuldades no emprego de softwares de gestão empresarial ou *Enterprise Resources Planning* (ERP) nem de sistemas conectados e integrados de manufatura inteligente.

Por sua vez, as MPEs capazes de evoluir para a fronteira da eficiência produtiva a partir da adoção de plataformas de manufatura avançada e da participação em ecossistemas de inovação também encontram oportunidades nos seguintes sistemas produtivos: insumos básicos, cadeia automotiva, agroindústrias, indústria química, segmentos de bens de capital, petróleo e gás, e TICs.

Essas oportunidades vêm das necessidades de sensorização<sup>1</sup> e digitalização integrada on-line da produção das empresas líderes e da integração on-line das respectivas cadeias de produção e distribuição. Para isso, é necessário aprendizado e interação com pequenas empresas de base tecnológica que podem suprir essas inovações. Além disso, as MPEs inovadoras em biotecnologia e nanotecnologia, sendo intensivas em ciência, podem ajudar a P&D das grandes empresas a desenvolver novos produtos ou processos.

No caso das MPEs atrasadas na digitalização e ainda não plenamente conscientes acerca da 4ª Revolução Industrial, é necessário conhecimento do novo paradigma de gestão/manufatura inteligente. Com planos de implantação, passo a passo, de sensorização de máquinas, implantação de sistemas de conexão em redes on-line e digitalização da gestão, será possível encurtar a distância da fronteira tecnológica.

---

1 Sensorizar: instalar sensores para maior inteligência no negócio.

Essas empresas têm maior expressividade nos seguintes sistemas produtivos: bens de consumo, agroindústrias, segmentos de bens de capital, segmentos da indústria química e segmentos da indústria automotiva.

Conscientizar e mudar a atitude das MPEs defasadas é o maior dos desafios entre esses três grupos de empresas, já que, além de dificuldades técnicas, essas apresentam obstáculos financeiros. Para isso, é necessário empregar programas de suporte realistas e economicamente viáveis.

## EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

Capacitar e apoiar as MPEs já é prioridade em vários países. A partir do relatório elaborado pelo Institute for Manufacturing da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, no âmbito do Projeto Indústria 2027, há cinco prioridades relevantes para a implementação de políticas que podem ser úteis para o caso brasileiro, principalmente para as MPEs:

- 1) Apoiar a capacitação das médias empresas e MPEs.
- 2) Coordenar as Instituições de Pesquisa Científica e Tecnológica (ICTs), instituições e agências públicas.
- 3) Desenvolver as capacitações e habilitações em tecnologias disruptivas.
- 4) Desenvolver o scale up e a manufaturabilidade das tecnologias emergentes.
- 5) Apoiar a formação de redes colaborativas de P&D.

Para aproveitar as oportunidades a partir das tecnologias da 4ª Revolução Industrial, tornou-se imprescindível articular ecossistemas tecnológicos e de P&D, promover habilitações e capacitações, além de mobilizar instituições, infraestruturas e atores empresariais.

## DESAFIOS SISTÊMICOS DAS MPEs

As MPEs brasileiras enfrentam três principais desafios para encurtar as distâncias da fronteira da eficiência produtiva:

- Digitalização da gestão.
- Introdução modularizada da Manufatura 4.0.
- Desenvolvimento e capacitação de recursos humanos.

A digitalização da gestão por meio da adoção de sistemas ERP é um passo importante para aproximar as MPEs da fronteira da eficiência produtiva. Os sistemas ERP permitem

otimizar os processos de gestão – financeira, contábil, de recursos humanos, manufatura e processamento de ordens de produção, gestão de suprimentos e matérias-primas, desenvolvimento de projetos e relações com consumidores – e são imprescindíveis para que as empresas possam usufruir plenamente dos benefícios da digitalização. No entanto, a implantação do sistema requer uma preparação cuidadosa por parte da empresa, pois exige tempo, atenção e apoio de consultoria especializada.

Em segundo lugar, a possibilidade de introduzir a automação avançada por módulos é particularmente importante para as MPEs, pois o processo permite tanto flexibilizar o cronograma de investimentos, quanto possibilita o aprendizado e o treinamento gradual de recursos humanos para a transição ao padrão 4.0. A introdução da automação conectada por módulos ou etapas deve ter como critério a taxa de retorno dos investimentos em cada etapa – o que, obviamente, está associado aos respectivos ganhos de produtividade.

A transição para 4.0 é marcada, em todos os casos, por desafios decorrentes da existência de equipamentos de diferentes gerações tecnológicas – incluindo equipamentos mais antigos sem a presença de controle numérico computadorizado (CNC) ou controlador lógico programável (CLP) –, o que requer mais sensorização e adaptação dessas máquinas e, logo, customização às necessidades das empresas. No caso das MPEs, porém, esse processo é muito mais desafiador, por conta das deficiências de capacitação e da escassez de engenheiros.

*A digitalização da gestão e da produção exigirá das MPEs um grande esforço de organização, treinamento e desenvolvimento de novas capacitações de seus trabalhadores*

Por fim, o treinamento e a capacitação de recursos humanos são essenciais para aproximar as MPEs da fronteira produtiva. Num quadro de deficiência de recursos humanos qualificados, a digitalização da gestão e da produção exigirá das MPEs um grande esforço de organização, treinamento e desenvolvimento de novas capacitações de seus trabalhadores. Em vários países, esse desafio é apoiado por programas subsidiados de extensão.





# 1 INTRODUÇÃO



A 4ª Revolução Industrial avança com profundas transformações nas lideranças empresarias, nos modelos de negócios, nas estruturas de mercado e na competitividade, a partir da combinação de uma série de tecnologias.

Enquanto as economias tecnologicamente mais avançadas ganham vantagens competitivas por adotarem políticas arrojadas em inovação, as economias em desenvolvimento correm sérios riscos de serem excluídas dos benefícios da 4ª Revolução Industrial.

O novo paradigma industrial 4.0 não foca apenas a digitalização integrada e on-line das grandes unidades fabris, mas compreende toda a cadeia de valor, de ponta a ponta, e abrange fornecedores, estoques, produção, distribuição, vendas, logística, marketing e relação com consumidores e clientes. Como se sabe, mesmo nas cadeias dominadas por grandes empresas, existem elos a montante e/ou a jusante, em que é notável a presença das micro e pequenas empresas (MPEs).

Por isso, nos países desenvolvidos, existe, hoje, grande preocupação em relação à digitalização e ao avanço técnico das pequenas empresas, pois, sem a participação delas, será impossível integrar e otimizar toda a cadeia de valor. Consequentemente, as novas políticas de competitividade conferem prioridade a programas de qualificação, gestão e digitalização da manufatura/serviços especialmente dirigidos às MPEs.

No Brasil, segundo a pesquisa de campo do **Estudo Indústria 2027 (I-2027)**<sup>2</sup>, o conjunto de empresas que ainda se encontrava nas gerações tecnológicas 1.0 e 2.0<sup>3</sup> (correspondente a 75,6% da amostra) exibia as seguintes características:

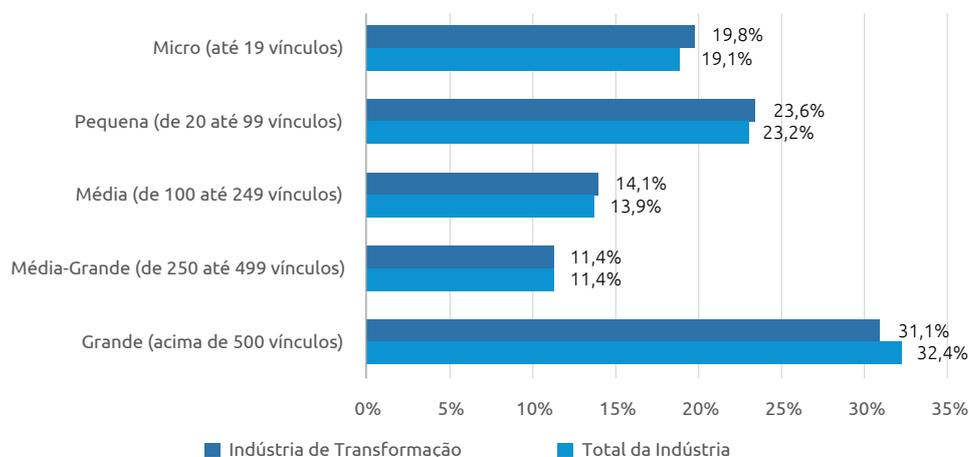
- Tinha 75% de probabilidade de serem de menor porte (em amostra de médias, médias-grandes e grandes empresas).
- Apresentava baixa capacitação em engenharia e gestão.
- Precisava de planos de digitalização e de automação (IEL, 2017; IEL, 2018l).

**Entretanto, é relevante ressaltar que quase a metade dessas empresas de médio porte aspirava alcançar, em 2027, pelo menos o estágio de manufatura 3.0. A outra metade, porém, ou não tinha consciência dos desafios decorrentes da 4ª Revolução Industrial ou não enxergava condições de se modernizar e ascender em direção ao novo paradigma de digitalização da gestão e de automação conectada e inteligente da produção.**

No caso das MPEs, segundo dados da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), em 2017, essas empresas respondiam por 42% dos empregos formais na indústria de transformação brasileira (Figura 1). Em contraposição, elas empregavam apenas 16% do total de engenheiros vinculados à indústria de transformação brasileira (como exibido na Tabela 1).

De fato, a maioria das empresas de pequeno porte tem processos de gestão e de produção relativamente simples, precisa de capacitação em engenharia e não tem domínio pleno das tecnologias de informação. Além disso, enfrentam uma conjuntura de significativa restrição de acesso ao crédito e ao mercado de capitais, agravada durante e após o período recente de severa recessão da indústria.

**FIGURA 1** – Participação relativa dos empregos formais na indústria brasileira, por porte da empresa: 2017



Fonte: Rais.

<sup>2</sup> IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Relatório síntese da pesquisa de campo**: análise agregada dos resultados. Brasília: IEL/NC, 2017. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

<sup>3</sup> Vide o glossário anexo para definição conceitual das gerações G1, G2, G3 e G4 pertinentes à evolução dos processos de automação da manufatura.

**TABELA 1** – Número de engenheiros empregados na indústria brasileira, por porte da empresa: 2017

Porte da empresa	Indústria de Transformação		Total da Indústria	
	Vínculos ativos	Participação (%)	Vínculos ativos	Participação (%)
Micro (até 19 vínculos)	3.209	5%	3.961	4,5%
Pequena (de 20 até 99 vínculos)	6.907	11%	9.773	11,1%
Média (de 100 até 249 vínculos)	8.000	12%	10.561	12%
Média-Grande (de 250 até 499 vínculos)	8.630	13%	11.484	13%
Grande (acima de 500 vínculos)	37.513	58%	52.264	59,4%
TOTAL	64.259	100%	88.043	100%

Fonte: Rais.

Contudo, é importante observar que, apesar das desvantagens, as empresas de pequeno porte têm capacidade de resposta mais flexível, especialmente se forem apoiadas por políticas de capacitação e crédito

De outro lado, como os estudos setoriais do **I-2027** apontaram, as startups e as MPEs de base tecnológica têm um grande número de oportunidades a partir da digitalização abrangente da gestão e da produção, em todas as cadeias de valor, e das mudanças simultâneas nos modelos de negócios. Por sua vez, as startups de base científica, especialmente em biotecnologia e nanotecnologia, têm oportunidades interessantes de desenvolver produtos e serviços inovadores ao se inserirem nos ecossistemas colaborativos de P&D.

Assim, as startups e as MPEs de base tecnológica ou científica podem desempenhar papel muito positivo, seja no âmbito dos processos colaborativos de inovação, seja nos processos de *catching up* ou de emparelhamento das empresas eficientes que planejam se aproximar do paradigma 4.0.



## 2 UMA VISÃO DOS DESAFIOS PARA AS MPES A PARTIR DO ESTUDO INDÚSTRIA 2027



As MPes estão presentes em todos os setores do sistema industrial brasileiro e têm características variadas. Utilizando a metodologia do **Estudo I-2027** (IEL, 2018I), as MPes foram classificadas em três grupos:

- 1) **MPes inovadoras:** empresas prontas para evoluir em sintonia com a fronteira tecnológica global e que já estão inseridas em setores intensivos em ciência e em P&D colaborativo. Representam uma parcela bem pequena entre as MPes e incluem startups ou pequenas empresas de base tecnológica.
- 2) **MPes capazes de evoluir para a fronteira da eficiência produtiva:** empresas conscientes da relevância das tecnologias digitais e capazes de avançar na digitalização da gestão e na gradual conexão e integração aos processos de Manufatura 4.0. Também representam uma fração pequena das MPes, mas superam o grupo anterior.
- 3) **MPes defasadas do ponto de vista da digitalização:** empresas ainda não plenamente conscientes das mudanças que virão com a 4ª Revolução Industrial. Representam a maior parte das MPes e incluem dois subgrupos: de empresas conscientes dos riscos da inação diante do fenômeno; e o de empresas vagamente ou sem essa consciência.

A análise dos dez sistemas produtivos do **I-2027** revelou que os três grupos de MPEs têm características específicas em cada um desses sistemas setoriais. Além disso, há outras diferenças que demandam um olhar customizado para a sugestão de programas de capacitação empresarial.

São mais raros os Arranjos Produtivos Locais (APLs) virtuosos, que têm capacidade de elaborar processos de inovação endógenos, diferenciando-se em termos de marcas, capacidade competitiva e aprendizado tecnológico. Embora existam em vários estados APLs em setores sofisticados de manufatura, predominam no país concentrações de atividades manufatureiras mais simples, com processos produtivos dotados de automação rígida e limitada.

Essa heterogeneidade do perfil de atividades dos APLs entre regiões representa um desafio adicional para a política de capacitação. Além de despertar as lideranças das MPEs para os impactos das inovações disruptivas e para a consequente urgência de adotarem posturas proativas de digitalização da gestão e da produção, é necessário fazê-lo de modo adequado às características setoriais, regionais e sub-regionais ou locais. Isso requer que os programas de capacitação e fomento das MPEs sejam, em boa medida, adaptados e customizados às realidades setoriais e regionais.

## 2.1 DESAFIOS PARA MPEs INOVADORAS, ASSOCIADAS AO GRUPO DE EMPRESAS APTAS A EVOLUIR NA FRONTEIRA TECNOLÓGICA

As MPEs inovadoras e aptas a evoluir na fronteira científica tecnológica são, em geral, empresas que possuem um DNA digital. Essas pequenas empresas – sejam startups ou empresas emergentes de base tecnológica – já utilizam intensamente as ferramentas digitais (*data analytics*, computação de alto desempenho em nuvem, *machine learning*, algoritmos de inteligência artificial, entre outras) como meio para desenvolver seus produtos ou serviços. As inovações de produtos e serviços por parte dessas MPEs podem se constituir em opção mais eficiente *vis-à-vis* os processos de P&D internos às grandes empresas.

No caso das startups das empresas iniciantes, embrionárias que enfrentam o estágio inicial de alto risco, ao conceber e desenvolver novos serviços e produtos revolucionários, ainda não se coloca o desafio da gestão e da produção em escala comercial. Mas, ao alcançar o estágio de desenvolvimento e expansão de produtos e serviços lucrativos e comercialmente viáveis, será indispensável a rápida adoção dos sistemas digitais.

Por serem, em geral, empresas relativamente recentes, as MPEs emergentes e inovadoras poderão adotar os novos processos produtivos e gerenciais digitalizados e adequados às suas características, sem necessidade de reestruturar a organização. A implantação de sistemas de ERP e de *Manufacturing Execution Systems* (MES)<sup>4</sup> tende a ser facilitada pelo fato de que a liderança empresarial (controladores e executivos-chefes) já tem compreensão a respeito da necessidade de adoção desses sistemas e poderá colaborar com as empresas de engenharia/integração para especificação das soluções mais adequadas.

O **I-2027** indica a abertura de muitas oportunidades para MPEs inovadoras, em produtos e/ou serviços, com destaque para as startups, nas seguintes cadeias setoriais: **TICs** – com destaque para softwares aplicados; **aeroespacial e defesa, petróleo e gás, bens de capital** – com destaque para sistemas de automação; **farmacêutica e bioeconomia**.

Constatou-se, também, que as empresas líderes, próximas ou operando na fronteira da inovação tecnológica, buscam fortalecer os ecossistemas de inovação que incluem ICTs, laboratórios públicos e privados, fornecedores, clientes, concorrentes e startups, por meio de fundos de *corporate venture*.

Para tirar proveito das inovações tecnológicas sem incorrer em custos elevados, a opção mais interessante ou eficiente é recorrer às startups. Estas últimas, por sua vez, precisam interagir com as empresas líderes e com os demais participantes dos ecossistemas de inovação.

Se as inovações tecnológicas geradas se tornarem viáveis do ponto de vista comercial e de manufatura, as respectivas startups se transformarão em empresas emergentes de base tecnológica e precisarão estar conectadas, de modo eficiente, às cadeias de valor das empresas líderes sob o paradigma 4.0.

*Se as inovações tecnológicas geradas se tornarem viáveis do ponto de vista comercial e de manufatura, as respectivas startups se transformarão em empresas emergentes de base tecnológica e precisarão estar conectadas, de modo eficiente, às cadeias de valor das empresas líderes sob o paradigma 4.0*

<sup>4</sup> Uma descrição conceitual a respeito da importância dos sistemas MES consta do Glossário Técnico.

As **TICs**, por exemplo, oferecem o arcabouço de hardwares e softwares que são importantes ao avanço rápido das inovações em todos os setores e dão condições acessíveis para as startups e MPEs tecnológicas.

Nos sistemas produtivos brasileiros mais capacitados a acompanhar a fronteira tecnológica, surgem as melhores oportunidades para parcerias entre grandes empresas líderes e startups (IEL, 2018j). A seguir, há alguns exemplos de acordo com o setor:

- **Aeroespacial:** na indústria aeroespacial brasileira (IEL, 2018a), por exemplo, a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer) promove parcerias tecnológicas importantes com startups. Espera-se que as inovações disruptivas abram novas oportunidades para o setor, como em softwares dedicados ao planejamento e à otimização de projetos e produtos novos, à integração e montagem de produtos complexos em três dimensões (3D), à simulação de desempenho de produtos via realidade virtual, à integração de grandes sistemas (controle de tráfego aéreo e defesa), às aplicações de *machine learning* e inteligência artificial, ao desenvolvimento de compósitos e materiais nanoestruturados de miniturbinas para veículos aéreos não tripulados (VANTs)<sup>5</sup> e para mísseis.
- **Petróleo e gás:** na cadeia brasileira de petróleo e gás, por sua vez, há oportunidades para MPEs inovadoras no desenvolvimento de softwares aplicados à otimização e ao controle de fluxos em tempo real e sob incerteza; análise de big data para gestão e otimização de processos; modelagem e simulação preventivas; aperfeiçoamentos do imageamento e da sísmica<sup>6</sup>; aperfeiçoamentos de modelos geológicos de geração, migração e acumulação de hidrocarbonetos; desenvolvimento de algoritmos para interpretação de sísmica com dados livres de ruído (sísmica 4D); aplicações de inteligência artificial a novos modelos de gerenciamento de dados e rotinas de sistemas complexos (IEL, 2018h).
- **Bens de capital:** no setor, as oportunidades para as MPEs inovadoras estão em áreas como a integração de sistemas de manufatura e de cadeias de valor (IEL, 2018d).

Em relação às máquinas agrícolas, existem oportunidades, por exemplo, para as MPEs associarem-se a empresas nacionais ou a subsidiárias estrangeiras para o desenvolvimento de soluções de precisão para equipamentos de irrigação, pulverização e adubação, e o aperfeiçoamento de colheitadeiras (IEL, 2018d).

No que diz respeito aos equipamentos para geração de energia, há MPEs fornecedoras de partes ou subconjuntos e também MPEs ofertantes de serviços de tecnologia

<sup>5</sup> Vide Glossário Técnico.

<sup>6</sup> Explicações das tecnologias de exploração de petróleo e gás (sísmica, 3D e 4D, modelos matemático-estatísticos) estão disponíveis no glossário.

de informação que podem contribuir para acelerar a digitalização das respectivas cadeias de valor, por exemplo, com o desenvolvimento de sensores e de sistemas de integração para redes inteligentes, aplicativos para coleta e organização de dados úteis para *machine learning* e aplicativos dotados de ferramentas de inteligência artificial (IEL, 2018d).

Em relação às máquinas agrícolas, as MPES inovadoras em engenharia/software podem desenvolver sistemas de comunicação e de integração da cadeia de valor a montante e a jusante, aplicativos para conexão de equipamentos autônomos, soluções de precisão para equipamentos de irrigação, pulverização e adubação, e aperfeiçoamento de colheitadeiras (IEL, 2018d).

No que toca aos equipamentos para geração de energia, especialmente hidroelétrica e eólica, MPES fornecem partes ou subconjuntos e serviços de tecnologia de informação para acelerar a digitalização das respectivas cadeias de valor – como, por exemplo, desenvolvimento de sensores e de sistemas de integração para redes inteligentes, aplicativos para coleta e organização de dados úteis para *machine learning* e aplicativos dotados de ferramentas de IA (IEL, 2018d).

- **Química:** na indústria química, principalmente os subsetores da bioeconomia podem se beneficiar de parcerias com startups de engenharia e software para a geração de bancos de dados que reduzam o consumo de energia e proporcionem manutenção preditiva dos equipamentos (IEL, 2018i).

Quanto às atividades de P&D das grandes empresas, as startups e as MPES inovadoras podem prover sistemas de simulação para teste de experimentos ou desenvolver modelos matemáticos para selecionar um número menor de rotas alternativas de interesse. Podem, igualmente, se beneficiar de startups e MPES científico-tecnológicas, visando ao desenvolvimento de novas moléculas ou de organismos de “DNA editado”.

Já no campo do marketing e da promoção de vendas, podem contribuir com aplicativos úteis aos clientes e usuários, propiciando a criação de novos modelos de negócio, principalmente para os segmentos de especialidades e defensivos. Trata-se, neste último caso, de vender serviços com base em parâmetros de desempenho do usuário e não mais de, simplesmente, vender produtos.

Os setores de biocombustíveis avançados e de bioprodutos derivados de matérias-primas renováveis são setores emergentes, ainda sem estrutura definida, notabilizando-se pela existência de um grande número de projetos inovadores, muitos em estágio piloto ou de demonstração. A variedade do perfil das empresas nesses setores é marcante, destacando-se, porém, a presença numerosa de startups e pequenas empresas de base científica tecnológica.

- **Farmacêutica:** na indústria farmacêutica, além do incontestável papel dos institutos de ciência e tecnologia e das universidades, é pertinente destacar a função inovadora que as startups científicas e tecnológicas podem vir a desempenhar (IEL, 2018f). Em áreas em que a fronteira tecnológica está em movimento, as pequenas empresas de base científica e tecnológica podem acelerar a passagem do conhecimento científico para tecnologias aplicadas e, daí, para a criação de novos produtos e serviços. A experiência internacional, na última década, mostra como as startups foram relevantes nos processos de inovação nessa indústria. No entanto, as empresas farmacêuticas brasileiras, com poucas exceções, ainda não estão engajadas em parcerias com startups na escala que seria desejável.

Em resumo, nos sistemas produtivos que se movem na fronteira das inovações, as startups não são apenas beneficiárias de oportunidades no âmbito dos ecossistemas tecnológicos liderados por grandes empresas, mas tendem a ser protagonistas ou, no mínimo, coadjuvantes relevantes de processos de inovação disruptiva.

## 2.2 DESAFIOS PARA MPEs ASSOCIADAS AO GRUPO DE EMPRESAS CAPAZES DE EVOLUIR PARA A FRONTEIRA DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA

Segundo o critério adotado pelo **I-2027**, as empresas eficientes que podem se emparelhar com a fronteira tecnológica são aquelas com condições de adotar plataformas de manufatura avançada e de evoluir na constituição de ecossistemas de inovação aberta e colaborativa. Essas empresas, em geral de grande porte, precisarão se reorganizar para implantar estratégias de inovação com visão de longo prazo. Isso significa, por exemplo, aprender a cooperar com startups e com pequenas empresas de base tecnológica (IEL, 2018l).

A adoção de plataformas de manufatura avançada no padrão 4.0, por parte dessas empresas eficientes, requer a sensorização e digitalização integrada on-line das respectivas unidades fabris, sob sistemas de *Manufacturing Execution Systems* (MES) e, mais desafiador, demanda um processo de integração on-line dos fornecedores, provedores de logística, distribuidores e pontos de comercialização, provedores de assistência técnica, entre outros.

Já o avanço em direção à estruturação de ecossistemas de inovação com múltiplos parceiros requer que essas empresas não mais se limitem às atividades próprias de laboratórios e/ou de departamentos de engenharia de produto/processos. É indispensável a interação permanente com ecossistemas que incluem ICTs, universidades, fornecedores, clientes, parceiros e startups, inclusive em âmbito internacional.

Para que consigam evoluir em direção ao paradigma avançado de digitalização dos negócios e de manufatura conectada, integrada e inteligente, essas empresas não podem prescindir da colaboração de startups e de MPes de base tecnológica.

Segundo o estudo **I-2027** (IEL, 2018l), o grupo de empresas eficientes, de todos os portes, que pode se emparelhar em termos de processos industriais e, além disso, aproximar-se da fronteira tecnológica, tem representatividade importante nos seguintes sistemas produtivos setoriais: **insumos básicos, cadeia automotiva, agroindústrias, indústria química**, segmentos de **bens de capital, petróleo e gás, e TICs**.

Dada a relevância das economias de escala empresariais nos sistemas de insumos básicos, automotivo, petróleo e gás, química, agroindústrias, a presença de MPes eficientes é mais frequente nas cadeias fornecedoras, na prestação de serviços às empresas de grande e de médio portes e nas cadeias de distribuição e vendas. Além disso, nos sistemas de bens de capital e TICs, também há espaços para MPes eficientes em nichos especializados de menor escala (bens de capital) ou no desenvolvimento de softwares adaptados ou customizados (TICs).

Em todos esses sistemas produtivos e setores, a necessidade de digitalização avançada de processos de gestão e manufatura e de compartilhamento das atividades de pesquisa e desenvolvimento deverá abrir espaços de mercado para startups, MPes de base tecnológica e também para empresas grandes e médias, especialmente aquelas dos setores de TICs (IEL, 2018j).

Os serviços de MPes de engenharia de software (também conhecidas como “empresas integradoras”) serão necessários para o *retrofit*<sup>7</sup> de unidades industriais existentes ou para a digitalização incremental em setores já automatizados. Já as grandes empresas de TICs poderão oferecer plataformas

*Em todos esses sistemas produtivos e setores, a necessidade de digitalização avançada de processos de gestão e manufatura e de compartilhamento das atividades de pesquisa e desenvolvimento deverá abrir espaços de mercado para startups, MPes de base tecnológica e também para empresas grandes e médias, especialmente aquelas dos setores de TICs*

<sup>7</sup> Vide glossário.

avançadas de integração on-line da cadeia produtiva, especialmente para as empresas que já contam com sistemas sofisticados de ERP.

Na esfera das atividades de P&D, as startups e as MPEs de base científica e tecnológica detêm agilidade, flexibilidade e multidisciplinaridade que, muitas vezes, não estão disponíveis nos ativos intangíveis das grandes empresas líderes. Por isso, a parceria entre as grandes usuárias e as startups e MPEs tende a ser muito favorável e deve ser estimulada. Confira as especificidades de acordo com o setor:

- **Insumos básicos:** as empresas líderes do sistema industrial de insumos básicos (siderurgia, mineração, metais não ferrosos, celulose) exibem competitividade em custos, porém, encontram-se moderadamente defasadas em relação às inovações disruptivas (IEL, 2018g). Ainda não se engajaram plenamente, com exceção das empresas do setor de celulose, em utilizar big data e *analytics* para compreender as mudanças nos seus mercados consumidores, nem avançaram na digitalização abrangente das respectivas cadeias de valor. A interação cooperativa com clientes, para aumentar a qualidade, a conformidade e diferenciação de produtos, está aquém do padrão que prevalece nos países mais avançados.

Todavia as empresas líderes já despertaram para a necessidade de evitar o aprofundamento desse hiato tecnológico e compreendem a necessidade de estreitar a cooperação e a contratação de serviços de MPEs de base tecnológica para acelerar os esforços nacionais, assim como já vem ocorrendo em vários países desenvolvidos.

- **Automotivo:** na cadeia automotiva, a necessidade de avançar com mais rapidez na digitalização da produção e da gestão, especialmente no que diz respeito aos fornecedores de subconjuntos, partes e peças, tende a multiplicar as oportunidades para MPEs inovadoras e tecnicamente qualificadas, em duas vertentes. De um lado, abre espaço para MPEs provedoras de engenharia de software para o *retrofit* de muitas empresas de autopeças, inclusive de MPEs, e, em estágio mais avançado, para a implantação de sistemas MES. De outro, a tendência à interconexão sistemática dos veículos à internet (carro conectado) para entretenimento, monitoramento e manutenção, segurança, apoio à condução e outros novos serviços também tende a gerar oportunidades de mercado para novos negócios, sob a liderança de pequenas empresas inovadoras (IEL, 2018c).
- **Agroindústrias:** startups e MPEs de base tecnológica (*agritechs*) serão protagonistas importantes para o avanço da agroindústria brasileira (IEL, 2018b). As pequenas empresas originárias das TICs poderão criar novos segmentos de mercado e agregar valor às cadeias agroindustriais ao oferecer sistemas de monitoramento e gestão de fazendas com técnicas da internet das coisas, rastreamento da origem de produtos, controle on-line de estoques, ganhos de produtividade baseados em técnicas de

agricultura “de precisão”, e uso de big data e IA para monitoramento fino das tendências e preferências dos diversos segmentos do mercado. As MPes de base biotecnológica poderão contribuir para o setor por meio do desenvolvimento de novos sabores, texturas e propriedades funcionais dos alimentos para responder à demanda por produtos mais saudáveis.

Outra oportunidade para MPes deriva da crescente priorização pelo mercado de produtos frescos e naturais, via aplicativos em smartphones e computadores pessoais, para entrega em domicílio (*foodservices*). Essa oportunidade estende-se a MPes dedicadas à oferta de pratos prontos, congelados, resfriados ou frescos. Essas oportunidades também são acessíveis a MPes associadas à agricultura familiar.

- **Química:** na indústria química, as MPes de base tecnológica podem ajudar na caminhada para o novo paradigma digital contribuindo como prestadoras de serviços às grandes empresas defasadas, seja na esfera da digitalização da gestão e da produção, seja no campo do aperfeiçoamento de processos e produtos *biobased*, por exemplo, nos subsetores de cosméticos, higiene pessoal e de fitoterápicos (IEL, 2018i).
- **Bens de capital:** a contribuição das MPes para o processo de emparelhamento também se apresenta no sistema de bens de capital (IEL, 2018d). No setor de máquinas-ferramenta, por exemplo, em que a concorrência internacional de preços em produtos padronizados é muito acirrada, a produção brasileira concentra-se em produtos de sofisticação tecnológica média (centros de usinagem, prensas, máquinas de estações múltiplas) e injetoras de plásticos.

A sobrevivência competitiva desses segmentos de bens de capital depende de sua capacidade de embarcar nos equipamentos de sensoriamento e de conexão, oferecendo aos seus usuários reduções de custo e ganhos de produtividade.

Nesses casos, a parceria com MPes integradoras, com competências em engenharia de software, é, sem dúvida, uma alternativa conveniente e viável. Dessas parcerias poderão surgir novos serviços integrados aos equipamentos, habilitando os usuários a adotar ferramentas de gestão, como a MES e, também, de criar/adaptar aplicativos para coleta de dados, *data analytics*, *machine learning*, inteligência artificial e segurança cibernética.

- **Petróleo e gás:** assim como apontado para o setor de máquinas-ferramenta, na cadeia de petróleo e gás, também é desejável o estreitamento de parcerias de MPes com competência em engenharia de software, visando ao *upgrade* tecnológico de fornecedores de equipamentos e serviços, que precisam se adaptar aos desafios de produzir com mais eficiência em águas ultraprofundas, bem como de introduzir soluções de manufatura inteligente para o parque de refino (IEL, 2018h).

De outro lado, MPEs de bases nanotecnológica e/ou biotecnológica podem contribuir no desenvolvimento de novos materiais, processos químicos e bioquímicos e em aplicações de proteção ao meio ambiente. Esses desenvolvimentos podem agregar valor, aumentar a eficiência e reduzir riscos nos processos de exploração em águas ultraprofundas ou em novos negócios decorrentes da exploração do gás associado ao petróleo do pré-sal.

Portanto, as MPEs de base tecnológica (em TICs, biotecnologias e nanotecnologias) são fundamentais para prover soluções aos sistemas produtivos que precisam acelerar suas trajetórias de emparelhamento com os novos padrões 4.0 de gestão e de produção. Além disso, as transformações nos modelos de negócios podem abrir novos segmentos de mercado para MPEs que estejam minimamente qualificadas como usuárias de novos softwares e aplicativos.

### **2.3 DESAFIOS PARA AS MPEs ASSOCIADAS AO GRUPO DE EMPRESAS QUE PODEM ENCURTAR DISTÂNCIAS DA FRONTEIRA DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA**

A pesquisa de campo do **I-2027** revelou que, em 2017, um percentual muito expressivo da indústria brasileira (75,6%) ainda se encontrava em estágios de automação pertinentes às gerações 1.0 e 2.0, ou seja, de automação pontual, não integrada ou limitadamente integrada. Uma parcela dominante desse grupo (cerca de 75%) é formada por empresas de médio porte (IEL, 2017).

Porém, quase a metade dessas empresas aspirava alcançar, em 2027, pelo menos o estágio 3.0. A outra metade, ou não tinha consciência dos desafios decorrentes da 4ª Revolução Industrial, ou não enxergava condições de se modernizar e ascender em direção ao novo paradigma de digitalização da gestão e de automação conectada e inteligente da manufatura.

De fato, no que diz respeito às empresas de pequeno porte, há razões para crer que os processos de gestão e de produção ainda são relativamente mais simples, em comparação com as empresas grandes e médias, e precisam de capacitação em engenharia e de domínio pleno das tecnologias de informação. Segundo estatísticas da Rais, em 2017, na indústria brasileira total, as MPEs contavam, em todo o país, com apenas 13,7 mil engenheiros formalmente empregados – sendo que destes 10,1 mil eram vinculados à indústria de transformação. Contudo, é importante observar que, apesar das desvantagens, as MPEs têm capacidade de resposta mais flexível, principalmente se vierem a ser apoiadas por políticas de capacitação.

Assim, o grupo de MPes que precisam encurtar distâncias da fronteira de eficiência gerencial e produtiva subdivide-se em duas categorias:

- 1) Subgrupo que tem consciência da relevância de percorrer o caminho da digitalização da gestão e da produção, mas ainda não está preparado para investir em instrumentação e em conectividade, e ainda não possui um plano estruturado para tal.
- 2) Subgrupo que não tem essa consciência e desconfia que essas novas tecnologias são excessivamente complexas, onerosas e estão fora do alcance da empresa.

Por isso, o avanço das MPes mais atrasadas depende de um processo prévio de conscientização que ofereça conhecimento sobre o novo paradigma de gestão e manufatura inteligentes e mostre que é possível e acessível caminhar passo a passo, por exemplo, por meio de planos de sensorização de máquinas. Esses passos são acessíveis e podem ser planejados com o suporte técnico de pequenas empresas de engenharia de software.

Também é necessário que o processo de conscientização das MPes compreenda a necessidade de digitalização da gestão, por meio de sistemas de ERP simplificados e adaptados aos pequenos negócios, e que os novos sistemas de digitalização da manufatura possam a eles se integrar.

Essa agenda de conscientização, de aprendizado e de estímulo à adoção de planos de digitalização por etapas por parte das MPes pouco capacitadas é desafiadora e requer a cooperação entre várias agências e entidades governamentais e privadas, sendo especialmente relevante ao Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). Agora, é importante destacar que esse é o desafio mais difícil para conseguir avançar na 4ª Revolução Industrial.

Os estudos setoriais do **I-2027** mostram que o grupo de empresas que precisa encurtar distâncias em relação à fronteira da eficiência produtiva e que, provavelmente, compreende um

*É necessário que o processo de conscientização das MPes compreenda a necessidade de digitalização da gestão, por meio de sistemas de ERP simplificados e adaptados aos pequenos negócios, e que os novos sistemas de digitalização da manufatura possam a eles se integrar*

grande número de MPEs tem expressão importante nos seguintes sistemas produtivos: **bens de consumo** duráveis e não duráveis, **agroindústrias**, segmentos de **bens de capital**, segmentos da **indústria química** e segmentos da **indústria automotiva** (IEL, 2018!). A seguir, elencam-se as características de acordo com o setor:

- **Bens de consumo:** a maioria das cadeias produtivas de bens de consumo caracteriza-se pela presença importante de MPEs e médias empresas. Novas tendências de mercado – como envelhecimento das populações, conectividade abrangente via smartphones com forte expansão do e-commerce, novos estilos de vida com demanda por customizações – já afetam significativamente os padrões de consumo e de concorrência. Todos os setores das cadeias de bens de consumo precisarão se adaptar. A digitalização da gestão, da produção, do marketing e das relações com os usuários e consumidores terá que ganhar tração. Além disso, as empresas precisarão ampliar esforços próprios de inovação, tanto em produtos novos ou adaptação de produtos existentes quanto, também, em processos produtivos, para ganhar flexibilidade sem perder a produtividade (IEL, 2018e).

A inovação não é apenas um desafio para as empresas líderes, mas será demandada em geral, incluindo fabricantes e comercializadores de pequeno e médio porte. Por exemplo, nos setores de **bens não duráveis**, tais como os de confecções e de calçados, em que é significativa a participação de MPEs, é fundamental acompanhar as transformações tecnológicas com velocidade para não perder mercados e sacrificar empregos.

Os setores de bens duráveis também serão alcançados pelas inovações disruptivas: os produtos precisarão ser sensorizados e conectados e gerarão expressivos volumes de dados a respeito dos hábitos e das preferências dos consumidores. Esta última característica permitirá as aplicações de inteligência artificial (criação de produtos inteligentes) e a criação de novos modelos de negócios.

Assim, dois desafios fundamentais se antepõem aos produtores de bens de consumo:

- 1) Avançar na digitalização da gestão e na adoção de plataformas integradas de manufatura on-line para ganhar flexibilidade, capacidade de customização e de oferta de novos serviços associados.
- 2) Desenvolver produtos digitalizados, rastreáveis e conectados e/ou produtos com materiais avançados que correspondam a novas características e funcionalidades demandadas pelos consumidores.

As MPEs existentes e numerosas nas cadeias produtivas de bens de consumo, especialmente as mais defasadas, precisarão de estímulos e de suporte tecnológico

para acelerar seus processos de aprendizado. Essa necessidade cria oportunidades para MPes inovadoras e provedoras de soluções digitais, tais como, ERPs adaptados a pequenos negócios e sistemas acessíveis de manufatura conectada, customizados por MPes integradoras.

- **Agroindústrias:** várias cadeias produtivas do setor de agroindústrias têm base em redes de pequenos produtores tradicionais ou da agricultura familiar, notadamente em áreas em que é forte a presença de cooperativas. Esses setores também possuem ramificações verticalizadas em atividades de processamento ou fabricação de alimentos processados/industrializados em pequenas ou médias unidades produtivas (IEL, 2018b).

Esses segmentos dominados por MPes da agricultura familiar contam com tecnologias básicas de produção, em geral, satisfatórias. O desafio atual é de implantação de soluções de digitalização da gestão e de digitalização da produção, com ênfase em qualidade e em acesso a novos canais digitais de financiamento (providos por *fintechs*, por exemplo) e de comercialização (plataformas e portais de *e-commerce*, acessíveis por meio de aplicativos em smartphones e de redes sociais).

A demanda crescente por produtos diferenciados – naturais, livres de defensivos agrícolas, frescos, processados sem aditivos e conservantes – abre espaços interessantes para MPes capacitadas a oferecê-los de modo confiável. O suporte tecnológico às cooperativas e ao desenvolvimento de plataformas comerciais digitais, regionalizadas, apresenta-se como uma externalidade meritória a ser apoiada por políticas públicas.

- **Bens de capital:** o sistema produtivo de bens de capital conta com setores mais dinâmicos (máquinas agrícolas, máquinas de geração de energia, motores elétricos seriados) que, no entanto, ainda dependem de fornecedores em estágio inicial de adoção das novas técnicas 4.0 (IEL, 2018d). Parcela importante desses fornecedores são MPes. As empresas líderes desses setores deveriam ser estimuladas a promover a aceleração da digitalização de suas MPes fornecedoras, com o suporte de instituições públicas de financiamento.

O sistema de bens de capital também conta com um grupo expressivo de fabricantes de máquinas e equipamentos de uso geral (como caldeiras, estruturas metálicas, equipamentos elétricos e mecânicos), que enfrenta situação difícil em função da conjuntura depressiva dos investimentos em geral. Embora tenha consciência da necessidade de avançar em direção ao paradigma 4.0, esse grupo ainda se encontra em estágio inicial de adoção das novas tecnologias de manufatura e muitas das pequenas empresas fornecedoras de partes e peças dependem de iniciativas que possam redinamizar a cadeia produtiva.

A possibilidade de iniciar processos graduais de digitalização da gestão e da produção desse grupo de empresas (inclusive das suas MPEs fornecedoras) poderia ser apoiada por serviços de engenharia de software (*retrofit*, conexão, integração) prestados por MPEs integradoras, com base em programas adequados de financiamento, patrocinados, por exemplo, pelas instituições financeiras federais.

- **Automotivo:** analogamente, segmentos mais atrasados de fornecedores para o setor automotivo, do terceiro e do quarto escalão, fabricantes de equipamentos e peças mecânicas e elétricas mais simples, produtos de borracha e outros insumos – em sua maioria MPEs – precisam caminhar com rapidez em direção à digitalização da gestão e da produção. A adoção de ERP, junto com a digitalização da manufatura, pode ser promovida, passo a passo, por meio da contratação de MPE de software e de engenharia, em condições acessíveis (IEL, 2018c).
- **Química:** a indústria química brasileira, assim como a grande maioria dos setores, apresenta elevado grau de heterogeneidade no que diz respeito à capacitação tecnológica. Empresas nacionais de grande porte e subsidiárias de empresas transnacionais, relativamente próximas da fronteira internacional de eficiência produtiva, convivem com empresas médias e pequenas que ainda estão nos estágios 1.0 e 2.0 de automação. Além disso, em muitos casos, a gestão é deficiente, e a eficiência dos processos químicos, a conformidade das matérias-primas e a qualidade dos produtos poderiam aumentar significativamente. Para acelerar processos de transição em direção à fronteira da eficiência, será necessário contar com programas de apoio à digitalização da gestão e de integração inteligente dos processos produtivos acessíveis às MPEs, em linha com exemplos acima descritos para outros sistemas produtivos (IEL, 2018i).

Em resumo, a agenda de emparelhamento por parte das empresas médias e MPEs defasadas, que permanecem nas gerações tecnológicas 1.0 e 2.0, é a mais desafiadora. De um lado, na grande maioria dos setores, ainda prevalece uma conjuntura de anemia econômica com escassez de crédito e endividamento excessivo. Portanto, os programas de suporte a processos de catching up devem ser realistas, graduais e viáveis do ponto de vista financeiro, com a expectativa de uma recuperação gradual do crescimento da economia.

Um aspecto positivo é que esses programas efetivamente podem ser implementados passo a passo, seus custos não são exorbitantes e, mais importante, a taxa de retorno desses investimentos é atrativa. Além disso, os serviços de implantação das novas tecnologias digitais no âmbito da gestão e dos processos de produção podem ser supridos por MPEs intensivas em engenharia de software. Na próxima seção, serão abordadas as experiências internacionais exitosas de apoio ao *retrofit* tecnológico de MPEs.

**QUADRO 1** – Resumo dos desafios para as MPes (a partir do Estudo Indústria 2027)

Grupos de MPes	Sistemas Produtivos com presença marcante de MPes	Contribuição das MPes tecnológicas/startups	MPes defasadas objeto de programas
<b>Inovadoras (startups e de base tecnológica)</b>	TICS	Participar ativamente em ecossistemas avançados de inovação e da oferta de soluções de digitalização.	A digitalização das MPes associadas às empresas que operam na fronteira tecnológica pode ser acelerada.
	Aeroespacial e defesa		
	Petróleo e gás		
	Bens de capital		
	Farmacêutica		
<b>Capazes de evoluir na fronteira tecnológica</b>	Bioeconomia	Prover soluções para as cadeias de valor capazes de se emparelhar no padrão 4.0 e caminharem para P&D colaborativo.	Estimular a parceria entre grandes empresas e MPes tecnológicas e startups para acelerar a digitalização nas MPes fornecedoras/prestadoras de serviços nas cadeias de valor.
	Insumos básicos		
	Automotiva		
	Agroindústrias		
	Química		
	Segmentos de bens de capital		
<b>Defasadas na digitalização</b>	Petróleo e gás	Contribuir para a oferta de soluções de baixo custo para digitalização/automação (como ERPs e processos modulares de retrofit e automação).	Demanda programas extensionistas de conscientização, aprendizado e apoio à digitalização da gestão/produção, acessíveis, de baixo custo.
	TICS		
	Bens de consumo não duráveis e duráveis		
	Agroindústrias		
	Bens de capital		
Química			
	Automotivo/Autopeças		

## 2.4 AGENDA DE DESAFIOS PARA AS MPES COM BASE NOS PROGRAMAS EM CURSO EM VÁRIOS PAÍSES

O **Estudo Indústria 2027** buscou inspiração na experiência internacional recente em vários países desenvolvidos e em desenvolvimento. Para isso, foi contratado o Institute for Manufacturing (IfM) da Universidade de Cambridge, Reino Unido, com o objetivo de mapear e analisar os programas atuais de políticas para pequenas e médias empresas, políticas tecnológicas, de *lean manufacturing*, de capacitação de recursos humanos, de normas e padrões técnicos, assim como programas de desenvolvimento regional e outros.

Esse mapeamento origina conclusões importantes para instituições que dão apoio e capacitam as MPes, como é o caso do Sebrae. Outra fonte de inspiração é o Programa Brasil Mais Produtivo e da respectiva contribuição à iniciativa por parte do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai).

O relatório do IfM-Cambridge (IEL, 2018k) detectou que a questão da capacitação e apoio às MPes é um tema prioritário comum nas experiências recentes de vários países e, por isso, pesquisou o perfil e o escopo de programas na China, na Dinamarca, na Alemanha, na Irlanda, em Cingapura, na Suécia e nos Estados Unidos. A partir disso, o IfM destacou

*O Institute for Manufacturing (IfM) da Universidade de Cambridge, Reino Unido, destacou cinco prioridades relevantes para o desenho e a implementação de políticas que podem ser úteis para o caso brasileiro, especialmente para as MPEs*

cinco prioridades relevantes para o desenho e a implementação de políticas que podem ser úteis para o caso brasileiro, especialmente para as MPEs:

- 1) **Apoio à capacitação das médias empresas e das MPEs:** a maioria das pequenas e médias empresas tem grande dificuldade em acessar e explorar as oportunidades oferecidas pelas inovações disruptivas. Mesmo nos casos em que algumas dessas tecnologias estejam disponíveis, as MPEs têm dificuldade em tirar proveito delas para reformar seus produtos e processos manufatureiros. O impacto dessa deficiência é preocupante, pois a integração às cadeias de valor de forma conectada e inteligente é uma condição-chave para que as MPEs desenvolvam novos modelos de negócio e sejam capazes de competir no futuro que se aproxima.
  - O desenho de iniciativas de capacitação de MPEs depende de uma visão a respeito dos ecossistemas (e/ou Arranjos Produtivos Locais –APLs) em que estejam inseridas. Ou seja, deve-se considerar a rede de instituições de apoio técnico, as redes de colaboração existentes entre outras empresas e essas instituições, além do número potencial de MPEs que podem ser engajadas.
  - A experiência internacional ensina que, para serem efetivas, as políticas de apoio às MPEs não podem se limitar à provisão de informações e ao estímulo aos agentes para que organizem redes colaborativas (ou seja, a ações de *soft support*). Políticas eficazes requerem o engajamento do tipo *hands-on*, por meio de atividades regulares de treinamento, disponibilização de apoio técnico e de consultoria, acesso das MPEs a laboratórios e instituições tecnológicas.

- Alguns dos programas analisados oferecem possibilidades de acesso a um cardápio de serviços de consultoria e apoio, incluindo a formação de recursos humanos, oferta de soluções tecnológicas aplicadas aos processos de manufatura e gestão. Esses serviços são prestados por provedores devidamente qualificados, sob supervisão direta ou certificação por parte de universidades e centros de pesquisa de vários países. Outro exemplo interessante é o da promoção de estágios ou consultorias de engenheiros e cientistas diretamente em empresas locais por meio de programas de apoio à relação universidade-indústria.
- 2) **Necessidade de coordenação entre ICTs, instituições e agências públicas:** a natureza sistêmica dos desafios, já sublinhada, requer coordenação entre atores, instituições e redes. A necessidade de coordenação é reconhecida nas experiências internacionais e inclui uma integração próxima entre expertise técnica e infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento. Por isso, os programas em curso procuram estimular a interação estreita entre pesquisadores de laboratórios e ICTs, engenheiros de produção, produtores de equipamentos e empresas usuárias.
- Exemplos internacionais de esforços para assegurar a formação de arcabouços de coordenação incluem a criação de grupos de trabalho entre agências e institutos (para tornar visível a contribuição de cada um e facilitar as iniciativas colaborativas).
  - A publicação de planos nacionais de tecnologia com o objetivo de promover sinergias entre atores/fontes em torno de programas de interesse comum.
  - Constituição de funções e poderes de coordenação por parte das agências nacionais de inovação com vista a obter visões convergentes e fomentar laços de colaboração.
- 3) **Desenvolvimento de capacitações e habilitações em tecnologias disruptivas:** a difusão de tecnologias novas, habilitadoras, tende a acelerar ganhos de produtividade junto à criação de novos produtos e serviços e, conseqüentemente, de empregos. Porém, para mobilizar esses processos virtuosos, é imprescindível promover a capacitação e habilitação de recursos humanos por meio de sistemas de educação e treinamento. Nesse sentido, programas intensivos de treinamento têm recebido prioridade nas agendas nacionais de inovação em praticamente todos os países, posto que as tecnologias disruptivas demandam trabalhadores com competências multidisciplinares, que combinam diversos conhecimentos e habilidades.

- O debate a respeito do impacto líquido sobre o emprego derivado das tecnologias digitais não é conclusivo. De um lado, as novas tecnologias de automação tendem a eliminar mais rapidamente os postos de trabalho manuais repetitivos, e, provavelmente, a inteligência artificial tende a suprimir postos de trabalho qualificados e de alta escolaridade que lidem com rotinas codificáveis (que poderão ser substituídas por sistemas de IA). De outro lado, novos serviços e modelos de negócio certamente criarão novos empregos e ocupações. Porém, esses novos postos e/ou formas de trabalho demandam novas habilidades e capacitações.
  - Essas tendências impõem desafios aos empresários, aos trabalhadores e aos governos. Por isso, programas de treinamento voltados às novas tecnologias têm sido alvo de esforço crescente dessas três partes, incluindo conscientização, mentoria e treinamento em qualificações e habilitações digitais, para diversos níveis de escolaridade e estágios nas carreiras profissionais, priorizando-se o acesso às médias e pequenas empresas.
  - A colaboração entre ICTs públicas, universidades, escolas técnicas e setor privado vem valorizando conteúdos curriculares propostos pela indústria, com foco em temas de engenharia e desenvolvimento de softwares aplicados. O desenvolvimento de novas habilitações demanda a criação de ambientes que repliquem linhas de manufatura no estado da arte, de forma a permitir treinamentos eficazes, com qualidade. No que toca às MPEs, treinamentos vocacionais têm sido criados ou adaptados às necessidades específicas desse grupo de empresas, tendo em vista as novas tecnologias digitais.
- 4) **Desenvolver o “scale up” e a “manufaturabilidade” para tecnologias emergentes:** o desenvolvimento e o teste de processos industriais a partir de escalas que funcionam bem em laboratório são sempre desafiadores. O sucesso comercial, além das qualidades intrínsecas dos novos produtos e da satisfação de demandas e necessidades dos consumidores e usuários, depende da possibilidade de produção em larga escala industrial a custos economicamente viáveis. Uma preocupação marcante de governos que praticam políticas de inovação industrial tem sido fomentar a transformação de resultados promissores de pesquisa aplicada em plantas industriais piloto ou de demonstração, eficientes e capazes de gerar retornos atrativos.
- Governos querem, assim, extrair mais valor dos consideráveis investimentos feitos em ciência e tecnologia e respectivas infraestruturas.

- A revisão da experiência internacional mostra que vários países estão aprofundando investimentos em centros de pesquisa aplicada e em experimentos piloto para fazer mais rapidamente o *scale up*, a fim de evoluir mais rapidamente da “prova de conceito” para a realidade da produção comercialmente viável.
  - O *scaling up* e a manufaturabilidade, no caso das tecnologias emergentes, requerem a combinação adequada e coordenada de várias ferramentas e infraestruturas – como metrologia, monitoramento em tempo real, análises e testes, bases de dados, modelos de simulação – recursos não facilmente disponíveis às empresas de médio e pequeno porte. Por isso, faz sentido o apoio a infraestruturas facilitadoras, tais como *test beds*, linhas piloto e fábricas de demonstração, que possam prover um ambiente acessível de pesquisa aplicada, ferramentas e tecnologias habilitadoras e pessoal técnico qualificado.
- 5) **Apoio à formação de redes colaborativas de P&D:** na indústria brasileira, a prática regular de P&D é escassa e concentrada em grandes empresas. A grande maioria das pequenas e médias empresas tem margens comprimidas e não dispõem de recursos e de capacitação para participar de ecossistemas de inovação, interagindo com institutos tecnológicos, universidades e outras empresas. Essa dificuldade de engajamento em atividades de inovação representa um risco de longo prazo à sobrevivência diante dos impactos das inovações disruptivas, principalmente nos setores tecnologicamente mais dinâmicos, que demandam inovação contínua.
- É duvidosa a eficácia e a funcionalidade das experiências de incentivo à aplicação de novas tecnologias de forma isolada e tradicional – tal como a venda de soluções de digitalização e automação por grandes empresas provedoras. Por isso, a avaliação de programas conduzida pelo IfM-Cambridge para o **I-2027** revela crescente atenção das políticas governamentais à promoção de ecossistemas de inovação organizados na forma de redes colaborativas de P&D.
  - Essa abordagem responde a várias necessidades contemporâneas:
    - a) Engajar um número crescente de empresas de P&D, com destaque para MPEs.
    - b) Formar equipes multidisciplinares.
    - c) Fomentar projetos colaborativos e interdependentes entre si, com alinhamento de investimentos e esforços.

- d) Assegurar massa crítica e externalidades por meio da participação de institutos públicos e de financiamentos adequados (por exemplo, *test beds* e unidades de demonstração; indução a *venture capital* e a *venture debt*; treinamento e assistência tecnológica por institutos qualificados).
- A avaliação destaca a importância dada às redes colaborativas entre setores industriais, e entre MPEs e grandes empresas. Essas redes podem ser valiosas para identificar oportunidades e pontos de lacuna que demandam iniciativas de fomento por parte das políticas públicas. As grandes empresas líderes de ecossistemas podem ainda funcionar como parceiras dessas iniciativas de suporte e fortalecimento de projetos colaborativos de pesquisa que mobilizam MPEs. Em segmentos em que as grandes empresas estão ausentes, os programas analisados apontam para a formação de consórcios entre MPEs como forma de articulação, busca de parceiros e fontes de financiamento a projetos relevantes.

Os pesquisadores do IfM-Cambridge assinalam que o levantamento apresentado de programas e experiências de política de fomento não foi exaustivo nem pretende transferir conclusões automaticamente para o contexto brasileiro. Mas registram que a amostra pesquisada revelou temas-chave que poderão contribuir ao aperfeiçoamento das nossas políticas com base em análises adicionais específicas e mais profundas. Destacam, ainda, que a descrição dos programas de outros países é útil para mostrar a variedade de iniciativas em curso por parte de nossos competidores (IEL, 2018k).

Na conclusão, o relatório enfatiza uma característica comum: a capacidade de os países traduzirem novas tecnologias em atividades de alto valor agregado em seus territórios depende crucialmente da forma como as bases industriais domésticas se integram com os respectivos sistemas de ciência e tecnologia. Uma conexão frágil entre ciência e indústria enfraquece muito o potencial próprio de inovação necessário ao desenvolvimento de novos produtos de alto valor agregado. Por isso, tornou-se imprescindível articular ecossistemas tecnológicos e de P&D, promover habilitações e capacitações, além de mobilizar instituições, infraestruturas e atores empresariais.





# 3 DESAFIOS SISTÊMICOS PERTINENTES ÀS MPES: DIGITALIZAÇÃO DA GESTÃO E AVANÇO EM DIREÇÃO À MANUFATURA 4.0



A grande maioria das empresas brasileiras, especialmente as MPes, ainda está distante dos padrões avançados de digitalização da gestão e da manufatura/serviços. Conforme destacado no Relatório “Desenvolvendo capacidades empresariais para enfrentar inovações disruptivas”<sup>8</sup>:

As empresas que precisam (e podem) encurtar as distâncias da fronteira de eficiência produtiva representam a vasta maioria da indústria brasileira. A pesquisa de campo amostral realizada pelo Projeto I-2027, em meados de 2017, constatou que 36,8% das empresas se encontravam em estágio atrasado de automação (aplicação pontual de tecnologias digitais defasadas a poucos equipamentos) e que 38,8% tinham sistemas digitais instalados apenas para algumas funções (algumas linhas monitoradas por PCPs, módulos de gestão e controle não integrados), ou seja,

<sup>8</sup> Nota Técnica de uso interno, preparada pelo consultor Luciano Coutinho para a diretoria de inovação da CNI, intitulada “Desenvolvendo capacidades empresariais para enfrentar inovações disruptivas”. Março de 2019.

75,6% da nossa indústria estava muito distante do paradigma 4.0 e sequer havia dominado completamente o estágio da *lean production*.

Testes estatísticos apontaram para elevada probabilidade de que esta vasta maioria fosse constituída principalmente pelas empresas menores da amostra que, além de terem menor porte, careciam de maior capacitação empresarial e ainda não dispunham de planos de adoção das novas tecnologias digitais de produção e gestão.

De fato, essa grande maioria de empresas, especialmente as de menor porte, enfrenta limitação de acesso a crédito, pena para manter a regularidade fiscal, carece de engenharia qualificada e se descapitalizou significativamente no período de severa recessão, entre 2014 e 2017.

A forte queda da demanda aguçou a concorrência em preços e resultou em pesada compressão das margens de rentabilidade. Esse quadro ainda persiste. Como é sabido, a recuperação das atividades da indústria vem sendo muito lenta. À guisa de ilustração, segundo dados do IBGE, em dezembro de 2018 a produção da nossa indústria de transformação ainda se situava 15% abaixo do nível observado há cinco anos, em fevereiro de 2014.

Apesar da dureza e renitência da recessão e, não obstante a constatação da expressiva defasagem tecnológica das empresas menores, é digno de nota assinalar que (segundo a pesquisa de campo do I-2027) pouco mais da metade (51,7%) do contingente dessas empresas almejava alcançar, até 2027, a Geração 3 (G3) de empresas eficientes e capacitadas para acompanhar a fronteira da produtividade. Vale dizer, há um campo fértil para o trabalho do IEL, do SESI e do SENAI – considerada a vontade manifesta desse grupo de empresas de encurtar as distâncias em relação à digitalização da gestão e à automação da produção.

Os esforços e ações do SENAI no âmbito do Programa Brasil Mais Produtivo demonstram a receptividade e os resultados efetivos da introdução às técnicas de produção enxuta e eficiente em parcelas relevantes desse grupo de empresas, abrindo o caminho para novos avanços em direção à automação conectada e integrada.

É necessário, porém, assinalar a grande escala dos desafios. Para mobilizar cerca de 250 mil pequenas empresas industriais espalhadas pelo país será necessário massificar os programas de capacitação empresarial, utilizando-se as redes existentes das Federações estaduais, os núcleos estaduais do IEL e as estruturas do Sistema Sebrae (IEL/CNI, 2019, grifo do autor).

Trata-se de um desafio de natureza sistêmica, já que afeta todo o sistema industrial brasileiro e porque o novo paradigma de automação avançada necessariamente abrange as cadeias dominadas por empresas de pequeno e médio portes e também as empresas fornecedoras, distribuidoras e prestadoras de serviços às grandes empresas.

Há um desafio sistêmico de disseminar a consciência do sistema empresarial em relação à necessidade e urgência de compreender, adquirir capacitação mínima e escolher as soluções digitais mais adequadas aos respectivos negócios. Ou seja, é necessário disseminar competências básicas de gestão contemporânea para que os pequenos empresários aprendam os seguintes aspectos: especificar e implementar os softwares de gestão; adotar progressivamente as plataformas de manufatura avançada; e preparar trabalhadores para essa nova era de digitalização abrangente.

### *3.1 A DIGITALIZAÇÃO DA GESTÃO DAS MPES*

A digitalização da gestão das MPES, por meio da adoção de sistemas de ERP adaptados à realidade dos pequenos negócios, pode contribuir para o avanço em direção à manufatura conectada e inteligente.

Os sistemas de ERP vêm sendo adaptados para empresas de pequeno porte, por meio de versões mais simplificadas, com processamento em nuvem e menor número de módulos, de forma a permitir saltos na gestão empresarial das MPES.

A introdução do ERP pode ser um passo concomitante fundamental para as MPES que precisam se aproximar da fronteira da eficiência produtiva, habilitando-as a se conectarem com cadeias digitais de grandes empresas, como fornecedoras ou distribuidoras.

A implantação permite, ainda, otimizar a gestão financeira-contábil, de recursos humanos, manufatura e processamento de ordens de produção, gestão de suprimentos e matérias-primas, desenvolvimento de projetos e relações com consumidores. A integração entre ERP e sistemas de automação é imprescindível para que as empresas possam usufruir plenamente dos benefícios da digitalização.

Além disso, os ERPs têm especificidades setoriais e de processos que demandam customizações, integração simples entre os módulos e colaboração ativa de todas as áreas. O processo de implantação pode e deve ser feito por etapas precedidas de treinamentos e testes funcionais.

Os custos dos sistemas de TI necessários à operacionalização do ERP caíram significativamente com a opção de processamento na nuvem. A introdução prévia ou simultânea do ERP é essencial para a adoção de plataformas de manufatura avançada, com ganhos substanciais de eficiência produtiva, gestão e prontidão para responder amigavelmente aos clientes e inovar em produtos.

A implantação de ERP afeta significativamente a organização e a estrutura da gestão e demanda uma preparação cuidadosa. É previsível que ocorram resistências ou dificuldades de adaptação às novas rotinas mais eficientes a serem introduzidas pelo sistema de ERP.

Por isso, é recomendável a criação de uma equipe dedicada sob a direção do executivo-chefe ou de um diretor responsável com delegação de poderes para comandar o processo. Em qualquer hipótese, o engajamento da liderança empresarial e dos executivos-chefes é indispensável. A preparação demanda tempo, atenção e apoio de consultoria especializada.

A disseminação do uso de ERP por pequenas empresas vem ocorrendo de forma relativamente lenta. As grandes empresas já utilizam esses sistemas há vários anos com base em softwares desenvolvidos por grandes empresas internacionais. No Brasil, a Totvs foi pioneira no desenvolvimento desses sistemas para empresas de portes médio e médio-grande. Sistemas simplificados e adaptáveis a MPEs (supridos por MPEs do setor de software) são mais recentes e sua adoção apenas começou a ganhar impulso nos últimos dois anos, principalmente nas regiões Sul e Sudeste.

### 3.2 A INTRODUÇÃO MODULARIZADA DA MANUFATURA 4.0 NAS MPEs

Manufaturar melhor e com mais eficiência e flexibilidade tornou-se um imperativo para responder às demandas de mercados mais exigentes em qualidade, design e preços. O design de produtos novos ou redesenho de produtos existentes para reagir a essas demandas permite às MPEs mais ágeis diferenciar seus produtos e criar vantagens competitivas preciosas para sua sobrevivência num ambiente de dura concorrência em preços.

Simultaneamente, produtos de maior qualidade e de design mais avançado precisam estar ligados à modernização dos processos de manufatura, para obter ganhos de produtividade na fabricação e montagem. Consultorias empresariais podem ajudar na identificação das melhorias necessárias nos processos de produção e de montagem que agreguem qualidade e desempenho aos produtos.

A introdução dos novos processos de conexão digital on-line das máquinas e equipamentos cujo funcionamento pode ser mimetizado e virtualizado por computação em nuvem ou em servidores próprios pode ser feita por etapas. Não é necessário conectar e integrar, de modo abrangente, todo o processo fabril de uma só vez, em um único movimento. É possível começar pelas máquinas mais importantes da linha de produção mais relevante ou iniciar por módulos que integrem etapas sequenciais do processo de produção.

Essa possibilidade de introduzir a automação avançada por etapas é particularmente importante para as MPes. Primeiro porque, como veremos, o processo pode ser diferido no tempo, com a ampliação do cronograma dos dispêndios de investimento e ao eliminar a necessidade de substituir, de uma só vez, os equipamentos mais antigos. Em segundo lugar, permite processos graduais de aprendizado e treinamento dos trabalhadores que precisarão transitar dos padrões anteriores de automação (controles numéricos, controles numéricos computadorizados e controladores lógicos programáveis) para o padrão 4.0 de automação integrada e gerenciada por plataformas de computação.

Grandes fabricantes de equipamentos de automação oferecem ao mercado plataformas de alto desempenho, capazes de integrar todas as máquinas e equipamentos (desde que estas já tenham instrumentação eletrônica embarcada) e otimizar todo o ciclo de produção on-line, com processamento simultâneo em computadores ou em nuvem.

As grandes empresas contam com engenharia própria de processos e produtos, o que facilita a concepção e a adaptação das plataformas mencionadas. Além disso, as grandes empresas, em geral, já dispõem de softwares sofisticados e abrangentes de ERP, o que facilita a conexão dessas plataformas de automação aos respectivos módulos de produção ou de manufatura dos ERPs, permitindo a completa digitalização da produção e da gestão simultaneamente.

No caso das MPes ou de empresas de porte médio, a situação de partida é diferente e muito mais desafiadora. É comum a existência de equipamentos mais antigos sem a presença de CNC ou CLP. Nesses casos, empresas de engenharia especialistas em processos de automação integrada podem preparar e executar planos de sensorização desses equipamentos antigos (isto é, da instalação de sensores externos aos equipamentos capazes de transmitir dados por meio de sinais de radiofrequência, representando

*Essa possibilidade de introduzir a automação avançada por etapas é particularmente importante para as MPes, porque o processo pode ser diferido no tempo, com a ampliação do cronograma dos dispêndios de investimento e ao eliminar a necessidade de substituir, de uma só vez, os equipamentos mais antigos, e por permitir processos graduais de aprendizado e treinamento dos trabalhadores que precisarão transitar dos padrões anteriores de automação para o padrão 4.0 de automação integrada e gerenciada por plataformas de computação.*

variáveis, como vibração, rotação, temperatura, nível de ruído, tempos operacionais incorridos, consumo de energia). No caso dos equipamentos que já têm capacidade de computação embarcada, a tarefa será introduzir um dispositivo adicional para transmitir os dados à plataforma integradora.

Em resumo, nas MPEs e empresas médias, a migração em direção à automação avançada requer mais sensorização e mais adaptação, portanto, mais customização, na medida em que as respectivas linhas de produção contam com equipamentos de gerações tecnológicas diferentes. Ao mesmo tempo, os serviços de sensorização, de conexão e de integração on-line podem ser implantados por etapas ou por módulos, sendo oferecidos por MPEs capacitadas em engenharia de software e em processos industriais, conhecidas como “integradoras”. A existência de um número suficientemente grande e devidamente qualificado de MPEs integradoras é vital para o avanço mais rápido em direção ao paradigma 4.0.

A priorização e a sequência de introdução da automação conectada devem ter como critério a taxa de retorno dos investimentos nos módulos ou etapas. Obviamente, os maiores retornos estão diretamente associados aos ganhos de produtividade, de precisão e de qualidade dos produtos. Esse elemento de cálculo econômico deve estar presente nos serviços oferecidos pelas MPEs integradoras, de forma mensurável, para tornar visíveis os ganhos obtidos e os prazos de recuperação das inversões feitas.

Portanto, a modelagem dos sistemas digitais de controle da produção e dos pontos de coleta de informações-chave de medida da produtividade e da qualidade deve merecer especial atenção dos integradores. Com efeito, os ganhos de produtividade e qualidade estão, via de regra, associados a ganhos de eficiência fabril, minimização de custos de energia, minimização de perdas de matérias-primas, de rejeitos, de erros de especificação técnica e de retrabalho. O conjunto desses ganhos reverte em maiores retornos e isso deve ser mensurado, reportado e reconhecido.

### **3.3 DESENVOLVIMENTO DE CAPACITAÇÕES E TALENTOS DOS RECURSOS HUMANOS NAS MPEs**

Desenvolver e capacitar talentos dos recursos humanos é essencial para os processos de digitalização e automação. Isso porque a adoção de plataformas de manufatura conectada e inteligente e a evolução dos sistemas de ERP, com introdução de módulos mais sofisticados, requer que a empresa reveja a organização, o perfil de recursos humanos, desenvolva novas capacitações, e treine e aperfeiçoe os trabalhadores eficientes.

Os impactos positivos das novas tecnologias digitais só poderão ser aproveitados se a empresa evoluir em termos de capacitações, a começar pelos principais executivos e gestores da organização. É necessário que se engajem em processos de aprendizado, adquiram conhecimentos, desenvolvam habilidades e dominem o uso de novas ferramentas de gestão. Ou seja, é essencial que a empresa, enquanto organização, se transforme, abrace o paradigma digital e que seus recursos humanos perfaçam uma mudança de mentalidade na mesma direção.

A adoção do novo paradigma digital de gestão e de produção vai de encontro às práticas tradicionais enraizadas e tende a gerar resistências e rejeições. Por isso, é indispensável a preparação de um programa motivacional que mostre claramente a todos que, sem a adoção das novas tecnologias e métodos de gestão, a sobrevivência da empresa e dos seus empregos será posta em risco.

Os executivos e dirigentes devem dar o exemplo. Os responsáveis pelas áreas de planejamento, tecnologia da informação, recursos humanos, produção, suprimentos e estoques, vendas e marketing, finanças e contabilidade devem se reciclar e absorver os novos conhecimentos necessários. Devem ser capazes de explicar e mobilizar positivamente o nível intermediário de chefias e de ganhar o engajamento de todos os trabalhadores.

Esses processos necessários de reciclagem e de capacitação demandam conhecimentos e informações técnicas organizadas que poderão ser supridas por consultores especializados e por cursos de curta duração oferecidos por algumas instituições qualificadas. Além disso, a contratação de alguns profissionais jovens, que já tenham formação nas tecnologias digitais, de modo a demonstrar aos demais trabalhadores como operar e aplicar os novos sistemas, pode ser um recurso interessante para acelerar a reciclagem.

Finalmente, o planejamento de recursos humanos (RH) precisa ter visão de longo prazo e suas atividades de capacitação devem ser entendidas como duradouras, no sentido de que os processos de aprendizado demandam uma evolução contínua. O planejamento deve estabelecer quais competências devem ser desenvolvidas intramuros e quais poderão ser terceirizadas.



# 4 CONCLUSÕES



A percepção do rápido avanço das inovações disruptivas despertou nos países desenvolvidos, e em vários países em desenvolvimento, a compreensão sobre a necessidade de novas políticas industriais centradas na inovação. O apoio, sob diversas formas, à aceleração dos processos de digitalização da gestão e da manufatura, ganhou relevância nesses países e encurtou o tempo de emparelhamento para as economias que desejam ter papel ativo na 4ª Revolução Industrial.

O novo paradigma de Manufatura 4.0 implica a integração conectada e inteligente, de ponta a ponta, das cadeias de valor, compreendendo desde os fornecedores até os consumidores. Nesse contexto, a atenção às MPEs ganhou especial relevo nos países citados – já que precisam estar habilitadas a participar tempestivamente desses processos integrados de digitalização, sob pena de comprometer o avanço do conjunto.

Por essa razão, as políticas de capacitação das MPEs vêm sendo reforçadas, com destaque para os seguintes vetores: i) programas de capacitação com foco nas tecnologias digitais e nas novas tecnologias; ii) coordenação entre agências e instituições para aumentar a sinergia e a eficiência dos programas; iii) desenvolvimento de habilitações de recursos humanos em tecnologias disruptivas; iv) apoio ao *scaling up* e à manufaturabilidade de novos produtos/serviços; v) fomento à formação de redes colaborativas de P&D e inovação.

Ao adotar a metodologia proposta pelo **Indústria 2027**, este estudo organizou a análise do papel das MPEs e as respectivas sugestões de políticas e programas em três grupos: 1) Grupo de MPEs em sistemas/setores produtivos avançados e capazes de evoluir/liderar na fronteira tecnológica; 2) Grupo de MPEs em sistemas/setores competitivos e aptos a acelerar processos de emparelhamento em direção à fronteira de eficiência produtiva;

3) Grupo de MPEs em sistemas/setores relativamente defasados que precisam encurtar distâncias em relação à digitalização da gestão e da manufatura. Como visto, as MPEs têm pesos e papéis distintos em cada um dos grupos acima mencionados.

As MPEs inovadoras (startups e MPEs de base científica e tecnológica) podem ter um qualitativo papel-chave na evolução do Grupo 1 (empresas que já inovam na fronteira) ao participarem, de forma criativa, dos ecossistemas avançados de inovação. Por suas características de flexibilidade e liberdade de “pensar fora da caixa”, as startups e as MPEs de base tecnológica podem enriquecer e alavancar a criatividade nos ecossistemas, como protagonistas ou como coadjuvantes importantes das atividades de P&D das grandes empresas e das ICTs. Além disso, as MPEs inovadoras podem desempenhar papel seminal na difusão das soluções digitais para as empresas e MPEs dos Grupos 2 e 3.

Por isso, é preciso aperfeiçoar o marco legal pertinente a fim de aumentar a segurança jurídica, melhorar a regulação, facilitar a abertura e o fechamento de MPEs tecnológicas, simplificar e diminuir significativamente a tributação e a incidência de encargos. Também se deve buscar reforçar as formas de investimento e capitalização, tais como os fundos de capital-semente, os fundos de investidores-anjos, os fundos de *venture capital*, bem como os sistemas de incubadoras e aceleradoras.

As MPEs tecnológicas e as startups que participam do grupo de empresas eficientes e competitivas que podem perfazer o emparelhamento em relação ao paradigma 4.0 também poderão desempenhar papel relevante na aceleração da digitalização conectada e inteligente da gestão e da produção das empresas líderes e das respectivas cadeias de valor. Poderão, ainda, contribuir para atualizar e dinamizar os ecossistemas de inovação nos setores dominados por esse grupo de empresas, conforme visto.

As MPEs tecnológicas e as startups podem ter papel decisivo na aceleração da digitalização da gestão e da produção nesse grupo de empresas, especialmente das suas MPEs fornecedoras ou distribuidoras. Neste último caso, podem contribuir para dar velocidade ao *retrofit* de equipamentos e de processos produtivos, viabilizando a integração on-line das cadeias de valor.

As empresas líderes desse grupo devem, portanto, articular e induzir esses processos de digitalização em parceria com MPEs tecnológicas. Nesse sentido, o Sistema Indústria e o Sebrae devem trabalhar conjuntamente na mobilização das grandes empresas competitivas com o objetivo de acelerar os processos de digitalização e de requalificação tecnológica de suas MPEs fornecedoras. São válidas para esse grupo as observações feitas acima em relação ao Marco Legal de Startups e aos mecanismos de capitalização e fomento às MPEs tecnológicas.

No que diz respeito às numerosas MPEs que participam do grupo de empresas relativamente defasadas, que precisam encurtar as distâncias que as separam do novo paradigma conectado e inteligente de gestão e de produção, os desafios são significativos. Também, nesse caso, as MPEs de base tecnológica devem ser mobilizadas para auxiliar a aceleração da introdução dos processos digitais de gestão (ERPs) e de manufatura (MES). Além de representar um número expressivo de pequenas empresas, a intensidade das operações de “sensorização” e *retrofit* nesse grupo é muito maior, exigindo mais customização, mais planejamento e mais capacitação das empresas participantes, notadamente das MPEs.

Por isso, o fomento às MPEs tecnológicas – tais como MPEs especializadas em ERPs adaptados e simplificados e MPEs integradoras de processos de Manufatura 4.0 – deve merecer prioridade na atuação conjunta entre o Sistema Indústria e o Sebrae. Sem a participação dessas MPEs tecnológicas, provedoras de soluções e plataformas digitais, a eficácia de programas extensionistas por parte dos dois Sistemas tende a ficar prejudicada.



# REFERÊNCIAS

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Relatório síntese da pesquisa de campo: análise agregada dos resultados.** Brasília: IEL/NC, 2017. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo aeroespacial e defesa.** Brasília: IEL/NC, 2018a. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo agroindústria.** Brasília: IEL/NC, 2018b. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo automotivo.** Brasília: IEL/NC, 2018c. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo bens de capital.** Brasília: IEL/NC, 2018d. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo bens de consumo.** Brasília: IEL/NC, 2018e. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo farmacêutica.** Brasília: IEL/NC, 2018f. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo insumos básicos.** Brasília: IEL/NC, 2018g. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo petróleo e gás.** Brasília: IEL/NC, 2018h. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo química.** Brasília: IEL/NC, 2018i. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Estudo de sistema produtivo tecnologias de informação e comunicação.** Brasília: IEL/NC, 2018j. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Position Paper:** a review of international approaches to industrial innovation: lessons to inform Brazil's "I2027" strategy, IfM Education and Consultancy Services (IfM ECS), University of Cambridge. Brasília: IEL/NC, 2018k. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas)

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Síntese dos resultados.** Brasília: IEL/NC, 2018l. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Position Paper:** paper prepared for the Brazilian Industry Innovation Summit, June 27-28, by Alistair Nolan. Brasília: IEL/NC, 2018m. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Position Paper:** the future of manufacturing: opportunities for Brazil, May 2017, by Peter Marsh. Brasília: IEL/NC, 2018n. (Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI; CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desenvolvendo capacidades empresariais para enfrentar inovações disruptivas.** Nota Técnica de preparada pelo consultor Luciano Coutinho para a diretoria de inovação da CNI, 2019. (Documento de circulação interna).

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **RAIS – relação anual de informações sociais.** Brasília: Ministério da Economia, 2018. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/rais/default.asp>. Acessado em: 01 ago. 2019.





# GLOSSÁRIO

Este glossário não é exaustivo, atendo-se a termos científicos ou técnicos pouco conhecidos, na ordem em que aparecem neste Estudo:

**Bioteχνologias “ômicas”** – As bioteχνologias “ômicas” evoluíram nos últimos 15 anos e tornaram-se ferramentas fundamentais para a elucidação dos processos regulatórios dos genes em diferentes níveis celulares. As técnicas modernas de genômica e de proteômica têm como objetivo, respectivamente, compreender, de forma abrangente, o conjunto genético e o inventário proteico.

**Equipamentos de detecção de dados ou “geofones”, de computação e softwares de visualização** – Avanços tecnológicos vêm permitindo um contínuo aperfeiçoamento da captação, processamento e imageamento dos dados geofísicos, visando diminuir ou filtrar a incidência de “ruídos” ou distorções que podem mascarar a representação real das camadas geológicas e da presença dos hidrocarbonetos. Modelagens matemáticas e estatísticas e softwares mais sofisticados constituem um campo importante no aperfeiçoamento da sísmica contemporânea.

**ERP ou *Enterprise Resource Planning***, cuja tradução literal é “planejamento dos recursos da empresa” são softwares aplicados que integram todos os dados e processos de uma empresa em um sistema único, capaz de integrar todos os seus departamentos ou áreas possibilitando a automação e o armazenamento não redundante de todas as informações do fluxo de negócios. Os sistemas ERP são compostos por módulos (compras, estoques, produção, pedidos e encomendas, vendas, tributos, contabilidade, contas a pagar, folha de pagamentos, finanças, etc.) formando um sistema integrado de gestão que permite otimizar custos e maximizar a eficiência. Esses sistemas podem e devem ser customizados conforme as características de cada empresa. ERPs simplificados e customizados vêm sendo crescentemente ofertados, especialmente no Sul-Sudeste, por pequenas empresas de TI.

**Gerações “estilizadas” descritivas de estágios de automação da manufatura: G1, G2, G3, G4**  
**G1** – Automação rarefeita, dispersa e “*stand alone*” (autossuficientes), tais como Controles Numéricos (CNs) e Controles Numéricos Computadorizados (CNCs), em máquinas e equipamentos que não se comunicam entre si ou com um sistema integrado de automação.

**G2** – Automação parcial, com integração limitada a partes dos processos industriais (por exemplo, com presença de Controladores Lógicos Programáveis ou CLPs, concatenados por computadores de processos), porém sem integração abrangente do conjunto.

Portanto, parte das máquinas e equipamentos não dispõe de capacidade de comunicação entre si e/ou com um sistema integrado de automação.

**G3** – Automação integrada do processo de manufatura por meio de uma arquitetura abrangente de conectividade e controle por computadores de processo ou por processamento em nuvem, em que todas as máquinas e equipamentos estão conectadas por redes fabris (por meio de padrão Bluetooth ou de outras opções), para permitir a implantação de softwares de execução otimizada da operação. Viabiliza-se a introdução de aplicações de *machine learning* e de manutenção preditiva.

**G4** – Estágio avançado de automação abrangente e inteligente dentro das principais plantas industriais, com aplicações de inteligência artificial que alavancam processos de aprendizado das máquinas e equipamentos e viabilizam estágios superiores de otimização de custos e ganhos de produtividade. Além disso, a automação e a integração avançam para compreender a cadeia de suprimentos, a logística, as vendas e o comportamento dos usuários e consumidores, ou seja, abrangem toda a cadeia de valor.

**Genômica** – Estudo de toda a informação hereditária de um organismo, que está codificada em seu DNA (ou, em alguns vírus, no RNA). Isso inclui tanto os genes, como as sequências não codificadoras.

**MES ou *Manufacturing Execution Systems*** – MES literalmente significam “Sistemas de Execução da Manufatura”. Esses sistemas MES surgiram inicialmente como softwares de gestão centralizada dos processos de produção industrial. Com o advento da automação inteligente e flexível (que inclui *machine learning* e inteligência artificial), os sistemas MES evoluíram para abrigar subsistemas distribuídos e flexíveis, sem perder a capacidade de gestão/otimização do fluxo completo da produção. Os sistemas MES buscam gerir a produção no plano físico-operacional, de modo completamente automatizado e integrado, abrangendo todo o processo manufatureiro. Ele se compõe de um conjunto de softwares de coleta e controle de dados, controle de fluxos, controle dos tempos de atividade/parada das máquinas, conexão a computadores de processo etc. À medida que os fornecedores também adotam sistemas MES, estes podem ser integrados aos sistemas dos fabricantes, criando uma cadeia de valor integrada. No estágio 4.0, o sistema MES precisa estar plenamente integrado ao ERP empresarial de modo a integrar on-line o fluxo físico da produção à gestão/planejamento microeconômico da empresa em todas as suas dimensões (vide explicação dos ERPs neste glossário).

**Metabolômica** – Estudo do conjunto de todos os metabólitos ou produtos do metabolismo – tais como carboidratos, álcoois, aminoácidos, ácidos orgânicos, lipídios – em uma célula, fluido biológico, tecido ou organismo.

**Métodos Sísmicos na exploração de petróleo e gás** – São técnicas de geração de ondas sísmicas, ou seja, de movimentos vibratórios das partículas das rochas, que se transmitem segundo superfícies concêntricas devido a uma liberação súbita de energia no foco sísmico. Essa liberação de energia pode resultar de uma explosão provocada por dinamite ou por choques físicos provocados por um dispositivo vibratório (conhecido como vibroseis) ou por um canhão de ar comprimido. A energia associada à propagação das ondas sísmicas subdivide-se em três componentes: uma parte retorna diretamente à superfície como energia refletida, outra parte se propaga ao longo das camadas geológicas para depois retornar sob a forma de energia refratada e uma terceira parcela continua a propagar-se sem retorno, como energia transmitida.

**Miniturbinas** – Turbinas aeronáuticas de pequeno porte para propulsão de veículos aéreos não tripulados ou para a propulsão de pequenos mísseis de uso militar.

**Proteômica** – Estudo do conjunto de todas as proteínas e enzimas em uma célula, organela, fluido biológico, tecido ou organismo, em um dado momento.

**Retrofit dos processos de manufatura** – O *retrofit* de processos deve, necessariamente, ser precedido pelo *retrofit* das máquinas de gerações antigas, sem capacidade de conexão wireless com sistemas integrados de processamento, capazes de gerenciar on-line a execução do processo de manufatura. Uma vez que todas as máquinas relevantes estejam devidamente “sensorizadas” e dotadas de dispositivos e/ou painéis de controle e de conexão, através de ondas de radiofrequência, poderão ser integradas a uma plataforma única de processamento simultâneo e virtual de todo o processo de manufatura. Essas plataformas integradas precisam ser customizadas de modo correspondente às características específicas dos processos manufatureiros de cada unidade fabril. O estágio 4.0, o mais avançado, não apenas integra a fabricação de produtos, mas compreende toda a cadeia de valor, desde o suprimento de matérias-primas, partes e insumos até a distribuição e, no caso de bens semiduráveis e duráveis, inclui o monitoramento de seu desempenho e uso por parte dos consumidores ou usuários.

**Retrofit de máquinas** – O *retrofit* é uma expressão utilizada na engenharia de produção para designar a reforma e modernização de máquinas ou equipamentos existentes, dotando-os de novos dispositivos elétricos e eletrônicos e de painéis de controle que agregam novas funções, permitem a conectividade e aumentam a eficiência. O *retrofit* resulta em atualização tecnológica das máquinas, com melhora do desempenho e aumento da produtividade. O *retrofit* é uma opção acessível, especialmente em períodos de baixo crescimento econômico, ao substituir investimentos de vulto em novos equipamentos. Pode ser empreendido de forma modularizada, por etapas, começando pelas máquinas e linhas de produção mais importantes. Além disso, viabiliza a conexão destas a sistemas integrados de automação da manufatura.

**CNI**

*Robson Braga de Andrade*

Presidente

**DIRETORIA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA – DIRET**

*Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti*

Diretor

**DIRETORIA DE INOVAÇÃO – DI**

*Gianna Cardoso Sagazio*

Diretora de Inovação

**Gerência Executiva de Inovação – GI**

*Suely Lima Pereira*

Gerente-Executiva de Inovação

*Suely Lima Pereira*

Coordenação Geral

*Julieta Costa Cunha*

Coordenação Técnica

*Débora Mendes Carvalho*

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

*Walner de 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 Uamaguti*

Normalização Pré e Pós-Textual

**SEBRAE**

*Carlos Melles*

Diretor-Presidente

*Bruno Quick*

Diretor Técnico

*Eduardo Diogo*

Diretor de Administração e Finanças

**Unidade de Inovação**

*Paulo Renato Cabral*

Gerente

*Paulo Puppim Zandonadi*

Gerente-Adjunto

**Unidade de Gestão de Marketing**

*Luiz Aurélio Alzamora Gonçalves*

Gerente

**Unidade de Competitividade**

*César Reinaldo Rissete*

Gerente

*Carlos Eduardo Pinto Santiago*

Gerente-Adjunto

*Roberta Aviz*

Coordenação Técnica

---

*Luciano Coutinho (coordenação)*

*Giovanna Guimarães Gielfi*

*Roberto Vermulm*

Elaboração

*Julieta Costa Cunha*

*Roberta Aviz*

Revisão técnica

*Sarita González Fernandes*

Revisão textual

*Danúzia Queiroz*

Revisão gramatical

*Editorar Multimídia*

Projeto Gráfico e editoração



 [www.cni.com.br](http://www.cni.com.br)

 [/cnibrasil](https://www.facebook.com/cnibrasil)

 [@CNI\\_br](https://twitter.com/CNI_br)

 [@cni.br](https://www.instagram.com/cni.br)

 [/cniweb](https://www.youtube.com/c/cniweb)

 [/company/cni-brasil](https://www.linkedin.com/company/cni-brasil)

 [www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)

 [/sebrae](https://www.facebook.com/sebrae)

 [@sebrae](https://twitter.com/sebrae)

 [@sebrae](https://www.instagram.com/sebrae)

 [/sebrae](https://www.youtube.com/c/sebrae)

 [/sebrae](https://www.linkedin.com/company/sebrae)

