



TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS: INSERÇÃO DAS PMES BRASILEIRAS NA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

GOVERNO FEDERAL

Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

MINISTÉRIO DA ECONOMIA

Ministro da Economia

Paulo Guedes

Secretário Especial da Produtividade, Emprego e Competitividade

Carlos da Costa

Secretário de Desenvolvimento da Indústria, Comércio, Serviços e Inovação

Gustavo Ene

Subsecretário de Inovação

Igor Nazareth

Coordenador-Geral de Tecnologias Inovadoras e Propriedade Intelectual

Luciano Cunha de Sousa

Diretor Nacional da Iniciativa

Ganesh Inocalla

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES

Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações

Marcos Pontes

Secretário de Empreendedorismo e Inovação - SEMPI

Paulo Cesar Rezende de Carvalho Alvim

Diretor do Departamento de Apoio à Inovação - DEPAI

Jorge Mario Campagnolo

Coordenadora-Geral de Serviços Tecnológicos

Eliana Cardoso Emediato de Azambuja

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES

Ministro de Estado das Relações Exteriores

Ernesto Araujo

Chefe do Departamento da Europa

Carlos Luís Dantas Coutinho Perez

Chefe da Divisão Europa III

Marcela Pompeu de Sousa Campos

DELEGAÇÃO DA UNIÃO EUROPEIA NO BRASIL

Embaixador

Ignacio Ybáñez

Primeira Secretária - Chefa do Sector FPI - Regional Team Américas

Maria Rosa Sabbatelli

Adido Civil – Gerente de Projetos – Instrumento da Parceria (FPI) Regional Team Americas

Costanzo Fisogni

Perito do projeto e autor do Estudo

Giancarlo Nuti Stefanuto

Consórcio Executor

CESO Development Consultants/WYG/ Camões, I.P.

CONTATOS

Direção Nacional da Iniciativa

dialogos.setoriais@planejamento.gov.br

www.sectordialogues.org

| | |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Nome do Projeto | Tendências Tecnológicas: Inserção das PMEs Brasileiras na Transformação Digital |
| Código do Projeto | PMEE0108 |
| Beneficiários | Ministério de Economia, Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações |
| Tipo de Relatório | Final |
| Autor | Giancarlo Nuti Stefanuto |
| Data do Relatório | 18/12/2019 |

Implementado por:



Uso e Divulgação dos Dados

Os dados da presente proposta não deverão ser divulgados e não deverão ser duplicados ou utilizados, no todo ou em parte, para qualquer outra finalidade que não a de avaliar a proposta.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, e não representam, necessariamente, o ponto de vista do Governo Brasileiro e da União Europeia.

ÍNDICE

| | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. | Introdução..... | 11 |
| 2. | Conceitos e Tendências na Indústria 4.0..... | 13 |
| 2.1. | Conceito de Indústria 4.0 e Tecnologias-Chave | 13 |
| 2.2. | Indústria 4.0 e os Desafios para Pequenas e Médias Empresas (PMEs) . | 15 |
| 3. | Resultados da Pesquisa de Campo..... | 24 |
| 3.1. | Caracterização da Amostra | 24 |
| 3.2. | Breve caracterização dos Ecossistemas Seleccionados..... | 28 |
| 3.3. | Empresas Fornecedoras de I4.0 nos Ecossistemas..... | 40 |
| 3.4. | Casos de Sucesso de PMEs Fornecedoras de I4.0 | 42 |
| 3.5. | Potenciais Investidores em Pequenos Negócios..... | 47 |
| 3.5.1. | Fundos públicos | 49 |
| 3.5.2. | Fundos privados..... | 50 |
| 3.6. | Análise de tendências de I4.0 observadas nas PMEs..... | 59 |
| 4. | Análise de Resultados e Impactos da I4.0..... | 71 |
| 4.1. | Forças | 72 |
| 4.2. | Fraquezas..... | 73 |
| 4.3. | Oportunidades | 75 |
| 4.4. | Ameaças | 76 |
| 4.5. | Implicações para a Transformação Digital de PMEs..... | 79 |
| 4.6. | Matriz SWOT e Plano de Ação da Câmara I4.0..... | 80 |
| 5. | Considerações Finais..... | 87 |
| 6. | Referências Bibliográficas..... | 90 |
| 7. | Anexo I. Diagnóstico das PMEs no Brasil | 96 |
| 8. | Anexo II- Políticas públicas para promoção da Indústria 4.0 existentes no Brasil | 110 |
| 9. | Anexo III. Roteiro do questionário para pesquisa de campo: Empresas e Stakeholders..... | 112 |

SIGLAS E ACRÔNIMOS

| | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| ABDI | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial |
| BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social |
| CESO | CESO – Development Consultants |
| CNI | Confederação Nacional da Indústria |
| FINEP | Financiadora de Estudos e Projetos |
| I4.0 | Indústria 4.0 |
| IA | Inteligência Artificial |
| IEL | Instituto Euvaldo Lodi |
| IoT | Internet of Things (Internet das Coisas) |
| MCTIC | Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações |
| ME | Ministério da Economia |
| P&D&I | Pesquisa, desenvolvimento e Inovação |
| PME | Pequena e Média Empresa |
| SEBRAE | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas |
| TIC | Tecnologias de Informação e Comunicação |

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta o relatório final do projeto “Technology trends: digital transformation of small business and industry of the future”, cujo objetivo geral é realizar estudos prospectivos para apoiar as políticas públicas para inserção de pequenas e médias empresas (PMEs) na Indústria 4.0.


Os objetivos específicos do trabalho são:

- I. Identificar as tecnologias exponenciais da I4.0 que podem impactar diretamente os negócios das PMEs no Brasil;
- II. Mapear as principais capacidades instaladas em PMEs do Brasil, quanto à oferta e demanda de tecnologias exponenciais da I4.0;
- III. Analisar o impacto da I4.0 na transformação digital de PMEs no Brasil;
- IV. Identificar eventuais casos de sucessos de PMEs na I4.0 no Brasil e potenciais financiadores.

Este produto apresenta os resultados finais do trabalho, incluindo uma síntese do levantamento de fontes secundárias e o trabalho de campo realizado nos meses de setembro a novembro de 2019.

O relatório está estruturado em quatro capítulos além desta introdução. O capítulo 2 apresenta um resumo do levantamento de fontes secundárias, acerca do conceito de Indústria 4.0 e dos impactos da Indústria 4.0 em pequenas e médias empresas, em âmbito internacional e no Brasil.

O capítulo 3 descreve os ecossistemas selecionados para a pesquisa de campo, apresenta uma caracterização da amostra, um resumo dos principais resultados das entrevistas de campo e uma análise dos principais impactos atuais e previstos da Indústria 4.0 no Brasil. Para o trabalho de campo foram selecionados 5 ecossistemas de empreendedorismo e inovação no Brasil: São Paulo, Porto Alegre, Florianópolis, Campinas e Manaus.



O quarto capítulo tem como foco a apresentação de uma matriz SWOT, elaborada a partir dos resultados da pesquisa de campo, com uma breve discussão de cada um dos seus elementos. Em seguida, há as considerações finais e as referências bibliográficas empregadas no trabalho.

Os anexos sintetizam material crítico de apoio para fundamentar a pesquisa e que pode ser consultado na íntegra pelo contratante. No anexo I consta a caracterização das PMEs brasileiras, ou seja, um panorama de pequenas e médias empresas no Brasil. No anexo II há uma síntese das políticas e iniciativas públicas relacionadas à indústria 4.0 em andamento que foram mapeadas no Brasil. No anexo III consta roteiro estruturado do questionário aplicado nas entrevistas.

2. CONCEITOS E TENDÊNCIAS NA INDÚSTRIA 4.0

Neste segundo capítulo do relatório são sintetizados alguns conceitos e análises encontradas na literatura, relativos à Indústria 4.0, particularmente relacionados com as pequenas e médias empresas e que auxiliarão a interpretar e analisar os resultados das entrevistas de campo.

2.1. Conceito de Indústria 4.0 e Tecnologias-Chave

O termo “Indústria 4.0” foi publicado inicialmente em novembro de 2011, pelo Governo Alemão, em decorrência de esforços na construção de uma estratégia em alta tecnologia destinada à transformação da indústria até 2020.

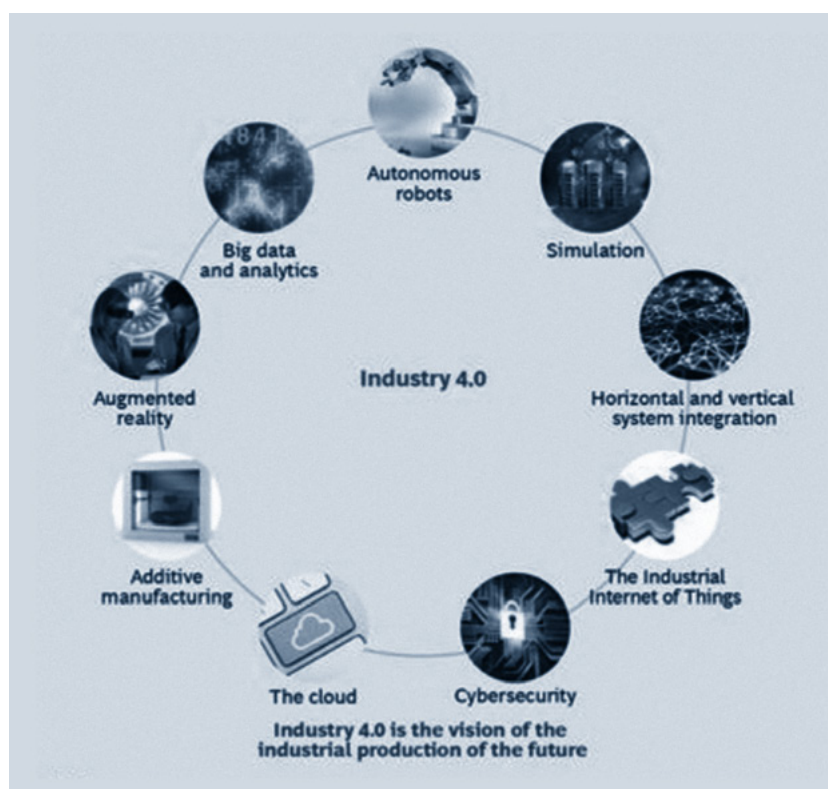
A característica fundamental desta mudança, decorrente da 4ª. Revolução industrial¹, é seu caráter pervasivo, com a integração do mundo físico ao mundo digital, ao permitir a integração dos elementos da manufatura de forma autônoma, com troca de informações em tempo real, tornando-os “inteligentes” a partir de determinadas tecnologias digitais. Os seus impactos podem ser agrupados em 6 grandes áreas: i) indústria, ii) produtos e serviços, iii), modelos de negócios e mercados, iv) economia; v) ambiente de trabalho e vi) habilidades de trabalho (Pereira & Romero, 2017).

Neste sentido, a Indústria 4.0 é reconhecida pelas mudanças nos processos de produção, caracterizada por um alto volume de dados, comunicação multilateral e interconectividade em tempo real entre sistemas ciber-físicos e pessoas. É consenso que este movimento é centrado em um conjunto de tecnologias-chave, dentre elas: big data e analytics, robótica autônoma,

1. A 4ª. Revolução Industrial ou Indústria 4.0 caracteriza, assim, uma mudança de paradigma. A primeira Revolução Industrial, de origem inglesa no fim do século XVIII, alterou os processos industriais a partir do uso do carvão e da máquina a vapor. A Segunda Revolução Industrial, ocorrida em meados do século XIX, caracteriza-se pelo emprego da eletricidade. A Terceira Revolução Industrial, já na segunda metade do século XX, destaca-se pela difusão das TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação).


simulação, integração de sistemas horizontais e verticais, Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), cybersecurity, manufatura aditiva e realidade aumentada (Boston Consulting Group, 2015; Ustuntag & Cevikcan, 2018), como ilustra a figura 1 apresentada a seguir.

Figura 1. Tecnologias-chave da Indústria 4.0



Fonte: Boston Consulting Group (2015).

Ainda há uma amplitude de conceitos inter-relacionados e diversidade nos enfoques nos trabalhos acadêmicos, estudos governamentais e estudos de consultorias que têm sido difundidos recentemente, mas o maior potencial econômico reside na necessidade de adaptação das empresas a este movimento e na velocidade da tomada de decisão das empresas. Tal fato irá, assim, modificar processos para incremento da eficiência, mas também mudar o foco de unidades de negócios bem como gerar também novos modelos de negócios (OCDE, 2017). Além disso, a adaptação dos sistemas para enfrentar os desafios da Indústria 4.0 deve considerar três elementos fundamentais: .

- 
- I. integração horizontal por meio das cadeias de valor,
 - II. integração vertical e conexão da manufatura ou sistemas de serviços (fábrica inteligente com capacidade flexível) e, por último,
 - III. engenharia end-to-end ao longo de toda a cadeia de valor (integração digital entre as exigências do consumidor, design de produto, manutenção e reciclagem) (Ustuntag & Cevikcan, 2018: 07).


Frente ao exposto, entendemos que a Indústria 4.0 pode ser definida **como um conjunto de mudanças nos processos produtivos relacionados à manufatura industrial, por meio da adoção de mudanças organizacionais, inovações tecnológicas e novos modelos de negócios decorrentes do uso de tecnologias-chave (IoT, cloud, robótica autônoma, integração de sistemas, cibersegurança, manufatura aditiva, realidade aumentada e big data e analytics)**. Como resultado disso, observa-se um incremento da produtividade da indústria 'tradicional' para a Indústria 4.0, já que há maior coordenação, integração e eficiência nos processos de produção.

Desta forma, na Indústria 4.0, a cadeia de valor se transforma e os sistemas de manufatura são atualizados para um nível de maior inteligência por meio do emprego destas tecnologias-chave para possibilitarem a tomada de decisão em tempo real e para tornar o processo de produção mais ágil e flexível para atender às demandas dos mercados cada vez mais globais (Zhong et al, 2017).

2.2. Indústria 4.0 e os Desafios para Pequenas e Médias Empresas (PMEs)

A introdução de tecnologias digitais em uma PME, enseja um processo de transformação digital da mesma e este processo é mais acentuado na medida em que a empresa passa a utilizar e priorizar a transformação digital como estratégia de crescimento e inserção no mercado.

A transformação digital percorre 4 níveis. O primeiro é o dos dados digitais, em que capturar, processar e analisar dados permite melhorar as previsões e



tomada de decisão. O segundo nível é o da automação, no qual se combinam as tecnologias tradicionais com inteligência artificial para algum trabalho de forma autônoma. No terceiro nível, surge a conectividade em tempo real. No quarto nível, há o acesso digital do cliente, já que a internet (geralmente móvel) permite que o consumidor acesse diretamente a produção com novos intermediários com completa transparência e novos serviços.


A introdução das tecnologias-chave de I4.0 em uma empresa, PME ou grande empresa, enseja ações de transformação digital nos níveis três e quatro, dadas as suas características técnicas intrínsecas que induzem a integração de sistemas e interoperabilidade.

As dificuldades das PMEs na adoção das tecnologias-chaves e implementação das mudanças para o padrão I4.0 são significativas, seja no Brasil como também no exterior.

2.2.1. Desafios da I4.0 para PMEs no Exterior

No estudo de Schroder (2016), abordando os desafios de I4.0 para pequenas e médias empresas alemãs, foram identificados os seguintes desafios:

- As pequenas e médias empresas geralmente carecem de uma estratégia abrangente envolvendo a transformação digital e I4.0 - A integração dos dados gerados no processo de criação de valor requer a conexão em rede de vários sistemas de TI dentro e fora da empresa. Dessa forma, áreas funcionais, como compras, produção e vendas, podem trocar seus dados em tempo real. Não é fácil para as pequenas e médias empresas, devido à falta de recursos, avaliar a maturidade tecnológica das soluções relevantes e seus usos nos negócios. A gerência carece de uma abordagem metódica da implementação;
- As pequenas empresas superestimam seu grau de digitalização - A digitalização em pequenas empresas é principalmente motivada



pela redução de custos. Na maioria dos casos, as empresas trocam dados com fornecedores e empresas de serviços, enquanto os departamentos de vendas, compras e controle também costumam estar envolvidos. Mas apenas uma minoria de pequenas e médias empresas está envolvida na implementação de modelos de negócios baseados em dados ou na produção de produtos inteligentes. Na pesquisa, eles identificaram como principais obstáculos os problemas organizacionais;

- Falta de normas e padrões de segurança de dados - A reserva de pequenas e médias empresas com relação à mudança para as novas tecnologias da Indústria 4.0 também podem ser atribuídas à falta de padrões e normas, bem como às preocupações com o acesso não autorizado a dados. Embora tenha havido progresso no desenvolvimento de padrões, um padrão internacional ainda não foi implementado. Normas e padrões de segurança também são uma condição para atingir um número elevado de parceiros de rede e, assim, desenvolver o potencial econômico da Indústria 4.0. No momento, pequenas e médias empresas geralmente se adaptam ao padrão da grande empresa de que são fornecedores;

Outro estudo que trata dos principais desafios de I4.0 para as PMEs da região do Mar do Norte (EU, 2018), realizado pela União Europeia, aponta os seguintes desafios para introdução de I4.0:

- Definir/aprimorar o modelo de negócios, tendo em vista o potencial das tecnologias-chave de I4.0
- Construir a base tecnológica, bem como as ferramentas básicas para analytics;
- Criar a estrutura organizacional e competências adequadas ao novo modelo;
- Desenvolver parcerias essenciais para o mundo digital;
- Participar e modelar a padronização tecnológica;

- Atualizar a infraestrutura tecnológica, como os serviços de banda larga fixa e móvel;
- Adquirir os conhecimentos e habilidades necessárias ao novo modelo, os treinamentos, programas universitários e abordagens empresariais que ampliem as habilidades em TICs e em inovação.

A dificuldade das Pequenas e Médias Empresas (PMEs) na adoção das tecnologias digitais e no enfrentamento dos desafios da Indústria 4.0 é ainda maior no que se refere à análise do grande volume de dados (big data), frente às suas características estruturais relacionadas às restrições financeiras e de capital humano.

2.2.2. Desafios de I4.0 para PMEs no Brasil

Para analisar a realidade brasileira, o estudo contratado pela CNI para o IEL, intitulado “Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas”, identificou que “todos os sistemas produtivos conviverão com tecnologias disruptivas em até 10 anos... evoluindo para modelos de negócios integrados, conectados, inteligentes e servitizados” (pag. 15).

Neste trabalho, dos clusters tecnológicos examinados, 4 deles são tecnologias-chave para I4.0: inteligência artificial, big data, computação em nuvem e IoT, seus sistemas e equipamentos. Há ainda um quinto cluster que é um dos conceitos de I4.0 que é a produção inteligentes e conectada (manufatura avançada). Os outros clusters são redes de comunicação, nanotecnologias, bioprocessos e biotecnologias avançadas, materiais avançados e novas tecnologias de armazenamento eletroquímico. Tais clusters foram analisados na perspectiva dos sistemas produtivos e seus respectivos focos setoriais. O estudo categorizou o impacto das tecnologias digitais nos diferentes sistemas produtivos segundo a figura abaixo.

Figura 2. Impacto dos clusters tecnológicos nos sistemas produtivos da indústria brasileira

| | AGROINDÚSTRIAS | INSUMOS BÁSICOS | QUÍMICA | PETRÓLEO & GÁS | BENS DE CAPITAL | AUTOMOTIVA | AEROSPAICIAL & DEFESA | TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO | BENS DE CONSUMO | FARMACÉUTICA |
|----------------------------------|----------------|-----------------|---------|----------------|-----------------|------------|-----------------------|-----------------------------------------|------------------|--------------|
| INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↑ | ↗ | ↗ | ↑ | ↗ | ↗ |
| REDES DE COMUNICAÇÃO | ↗ | ↗ | → | → | ↑ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → |
| INTERNET DAS COISAS | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↑ | → | ↗ | ↑ | ↗ | → |
| PRODUÇÃO INTELIGENTE E CONECTADA | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | ↑ | ↗ | ↗ | ↗ | ↗ | → |
| MATERIAIS AVANÇADOS | → | → | ↑ | ↑ | ↗ | ↗ | ↑ | ↗ | ↑ | ↗ |
| NANOTECNOLOGIA | ↗ | → | ↗ | ↑ | ↗ | ↗ | → | ↗ | ↗ ↑ VESTUÁRIO | ↗ |
| BIOTECNOLOGIA | ↑ | ↗ CELULOSE | ↑ | | | | | → | | ↑ |
| ARMAZENAMENTO DE ENERGIA | → | ↗ | → | → | ↗ | ↑ | → | → | → | → |

NÃO SE APLICA

→ IMPACTO MODERADO EM 2017 E EM 2027

↗ IMPACTO POTENCIALMENTE DISRUPTIVO ATÉ 2027

↑ IMPACTO DISRUPTIVO EM 2017 E ATÉ 2027

Fonte: Indústria 2027, 2018: 44.

Na figura 2, destaca-se a concentração do impacto disruptivo e potencialmente disruptivo dos clusters tecnológicos relacionados às I4.0 (Inteligência Artificial, Internet das Coisas e Produção Inteligente e conectada) nos setores econômicos selecionados. Em particular, no setor de bens de capital os clusters relacionado à I4.0, já apresentam impacto disruptivo que se estende até 2027. Estes clusters, componentes básicos da I4.0, são temas tecnológicos localizados na fronteira do estado da arte e que demandam alto investimento em P&D&I para sua absorção e desenvolvimento.


Ainda neste estudo, foi empregada uma regressão logística ordenada para mensurar o impacto das tecnologias digitais segundo a estratégia presente adotada pelas empresas, ou seja, estimar um cenário prospectivo para 2027 frente ao observado na realidade de 2017. Os resultados são apresentados na figura abaixo e indicam que características estruturais - relacionadas a porte e setor - e outras comportamentais (atitude e capacitação) são as que irão resultar no movimento nas empresas.

Merece destaque os elementos para as empresas de pequeno e médio porte, os quais devem ser examinados com maior profundidade na pesquisa de campo deste estudo.

Figura 3. Probabilidade de as empresas seguirem uma determinada estratégia de digitalização em função de determinantes comportamentais e estruturais

| Estratégias de Digitalização | Empresas de menor porte, menor capacitação, sem planos ou apenas realizando estudos | Empresas de médio porte, capacitação média, com planos aprovados ou em execução em apenas uma das dimensões | Empresas de maior porte, capacitadas com planos aprovados ou em execução | Participação (%) dos sistemas produtivos em cada estratégia de digitalização (TOP 3 sistemas) ou probabilidade de ocorrência da estratégia de digitalização nos diferentes sistemas produtivos (% dos TOP 3) |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Analógica | 75,07% | 34,59% | 8,43% | 1º Agroindústria (63,3%) |
| | | | | 2º Outros (56,7%) |
| | | | | 3º Insumos básicos (50,7%) |
| Seletiva | 19,36% | 39,83% | 25,39% | 1º TIC (34,4%) |
| | | | | 2º Químicos (33,1%) |
| | | | | 3º Bens de consumo (33,1%) |
| Digital | 5,57% | 25,58% | 66,18% | 1º TIC (25,7%) |
| | | | | 2º Químicos (22,4%) |
| | | | | 3º Bens de consumo (22,4%) |
| Total | 100% | 100% | 100% | |

Fonte: Indústria 2027, 2018: 64.



A figura 3 evidencia **que o porte das empresas e características comportamentais das mesmas** (como atitude e sua capacitação) são elementos condicionantes na direção do movimento de estratégia para digitalização, ou seja, influenciam seu grau de transformação digital. Primeiramente é necessário entender a classificação das empresas entre analógica, digital e seletiva.

As empresas analógicas são aquelas que apresentam, no presente e no futuro, baixos níveis de uso de tecnologias digitais (geração 1 e 2) em todas as suas funções. As empresas digitais são as que possuem níveis médios e altos no uso de tecnologias digitais (geração 3 e geração 4), em todas as suas funções, tanto no presente quanto no futuro, exceto no que tange à gestão de negócios. Já as empresas seletivas adotam níveis médios e altos no uso de tecnologias digitais tanto no relacionamento interno (desenvolvimento de produto e gestão da produção) como também relacionamento externo (fornecedores e clientes).


Com relação ao porte, observa-se que 66% das grandes empresas (maior porte) tem probabilidade de se tornarem **empresas digitais**, já que possuem uma estratégia avançada com elevada proporção de pessoal capacitado e projetos aprovados ou já em fase de implementação. Há maior probabilidade de tal fato em empresas do setor de TICs (sistema produtivo). Por outro lado, há 75% de probabilidade de que as empresas de menor porte sejam **empresas analógicas**, já que há estratégia limitada de digitalização, sem capacitação e sem projetos neste sentido. As empresas seletivas estariam em uma posição intermediária entre as analógicas e as digitais.

A figura 4 detalha as funções e as gerações das tecnologias digitais (Indústria 2027, 2018), relacionadas às empresas analógicas e digitais.

Figura 4. Funções e gerações de tecnologias digitais

| | Relacionamento com fornecedores | Desenvolvimento de Produto | Gestão da Produção | Relacionamento com clientes | Gestão dos negócios |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geração 1 | Transmissão de pedidos manualmente | Sistema de projeto auxiliado por computador | Automação simples com máquinas não conectadas | Execução de contratos e registros manualmente | Sistemas de informação independentes específicos por departamento / área, sem integração |
| Geração 2 | Transmissão de pedidos por meio eletrônico | Sistema integrado de projeto, fabricação e cálculo de engenharia | Processo parcial ou totalmente automatizado | Automação das atividades de vendas | Sistemas compostos por módulos e base de dados integrados |
| Geração 3 | Suporte informatizado de processos de compras, estoques e pagamentos | Sistemas integrados de gestão de dados de produto e processo | Sistema integrado de execução de processos | Sistema de apoio e suporte a vendas baseado em internet | Plataforma web com bases de dados para apoiar análises de negócio |
| Geração 4 | Relacionamento com fornecedores em tempo real | Desenvolvimento de produtos por meio de sistemas de modelagem virtual do produto e do processo | Gestão da produção automatizada por meio de soluções de Comunicação M2M (Máquina - Máquina) | Relacionamento com clientes através de monitoramento online de produtos em uso. Monitoramento e gestão de ciclo de vida de clientes | Gestão de negócio com apoio de Big Data e Inteligência Artificial |

Fonte: Indústria 2027, 2018: 54.



Portanto, o estudo indústria 2027 concluiu que a transformação digital deve ser detalhada por segmentos da estrutura industrial brasileira em função da sua diversidade e intensidade tecnológica. Além disso, que a transformação digital provavelmente irá ser implementada até 2027 em empresas de maior porte e com maior probabilidade no segmento de TICs. Então, para as PMEs os obstáculos são ainda maiores, já que a grande maioria se encontra com probabilidade de permanecer como empresa analógica. Neste sentido, torna-se necessário fomentar a importância de iniciativas no nível da firma para aprovação de projetos, capacitação de RH e mudanças organizacionais importantes.

No anexo II deste documento há um diagnóstico sintético da situação das PMEs no Brasil. Observa-se pelo diagnóstico, a distância que as PMEs brasileiras ainda se encontram dos primeiros estágios de transformação digital (Gerações 1 e 2). Somente 35% das pequenas empresas possuem pessoas ocupadas na área de TI, apenas 23% fazem uso de pacotes de software para integração de dados e fazem uso muito pouco qualificado de redes sociais e sites para suas estratégias de comercialização (Cetic, 2017).

3. RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

Neste terceiro capítulo são apresentados os principais resultados da pesquisa de campo realizada com Pequenas e Médias Empresas (PMEs), selecionadas a partir de indicações² de especialistas em 5 ecossistemas de inovação e empreendedorismo³: São Paulo, Campinas, Florianópolis, Porto Alegre e Manaus.

A pesquisa de campo foi essencialmente exploratória e de caráter qualitativo, já que pretendia identificar as características fundamentais destas empresas envolvidas na indústria 4.0. As entrevistas foram remotas (Skype ou telefone) e realizadas entre a segunda quinzena de outubro e o mês de novembro.

Foram realizadas 20 entrevistas, sendo 15 empresas, das quais 14 com PMEs, (a última foi uma grande empresa), além de 5 com especialistas envolvidos com o desenvolvimento de I4.0 no Brasil.

Inicialmente, é apresentada uma caracterização da amostra e na sequência os resultados dos principais elementos abordados no questionário (anexo III).

3.1. Caracterização da Amostra

A pesquisa de campo teve como objetivo mapear as tendências, dificuldades e possibilidades de I4.0, na perspectiva das empresas e de agentes (stakeholders) a partir da coleta de dados primários com entrevistas semiestruturadas aplicadas entre outubro e novembro de 2019. Foi realizado

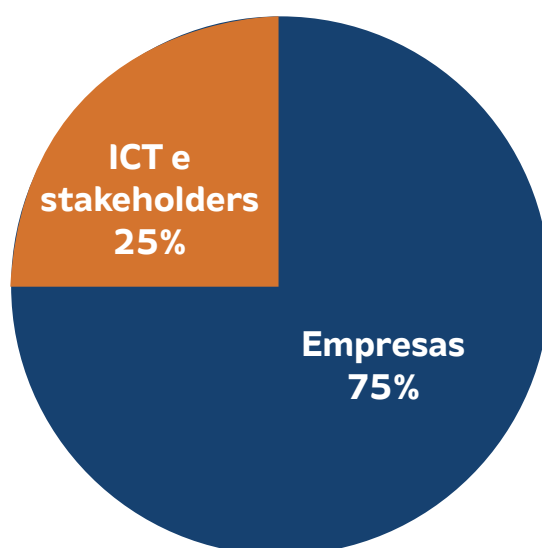
2. Todas as empresas entrevistadas caracterizam-se como cases de fornecimento de soluções de I4.0 (produtos e/ou serviços).

3. Ecossistema de Inovação e Empreendedorismo fundamentado no conjunto de atores e empreendedores interconectados, organizações empreendedoras, instituições e processos empresariais, que, formal e informalmente, se conglomeram para conectar, mediar e governar o desempenho dentro do ambiente empresarial local, como proposto por Manson & Brown (2014).

um total de 20 entrevistas, com estes dois conjuntos de agentes, em todos os ecossistemas de inovação selecionados – Campinas, Florianópolis, Manaus, Porto Alegre e São Paulo.

A partir da tabulação e sistematização dos dados coletados, preservada a identidade dos participantes diante das condições de sigilo e privacidade firmadas entre os participantes da pesquisa de campo, foram construídos os elementos que compõem a matriz SWOT apresentada posteriormente.

Figura 5. Composição da amostra da pesquisa, segundo perfil dos entrevistados, 2019

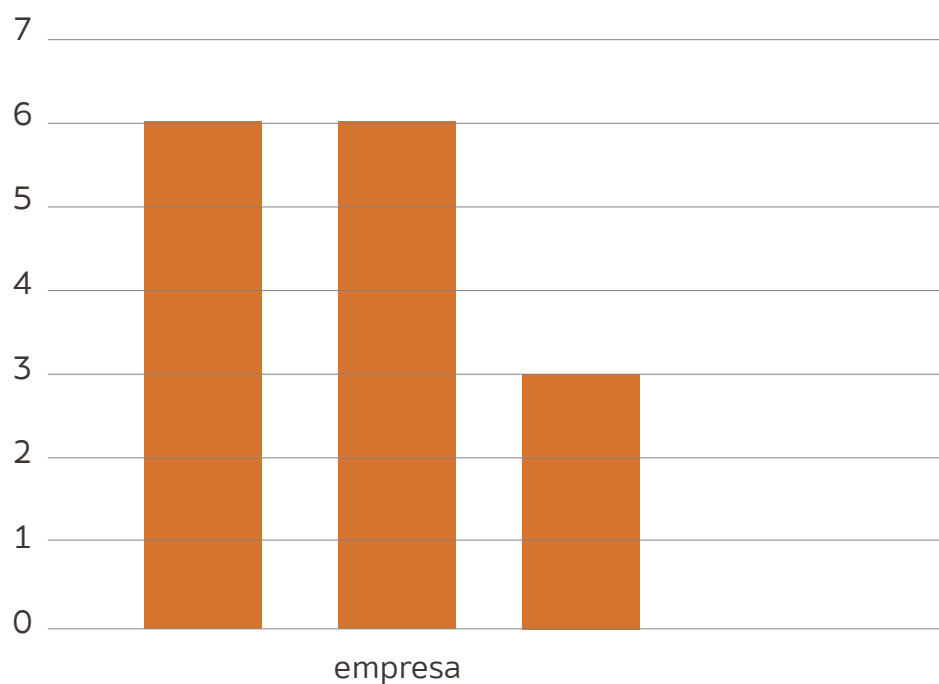


Fonte: elaboração dos autores.

A amostra da pesquisa foi composta por 20 participantes, dos quais, a maioria dos respondentes foram empresas, 75% dos respondentes.

No total das 15 empresas participantes da pesquisa, a figura 6 abaixo apresenta a distribuição das mesmas segundo porte. Observa-se que a maior parte (12 empresas em um total de 80% de participação relativa) são micro e pequenas empresas.

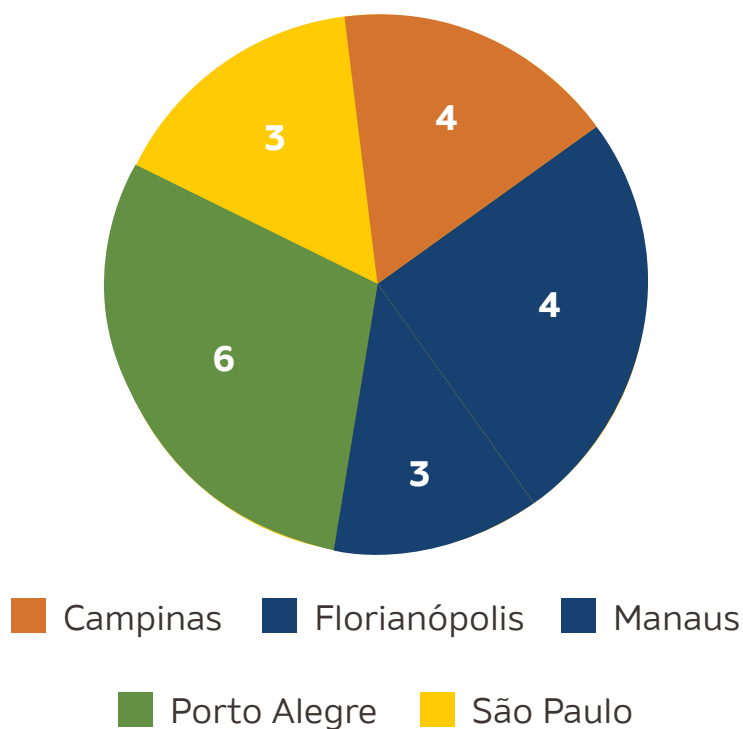
Figura 6. Distribuição das empresas participantes segundo porte, em número, 2019



Fonte: pesquisa de campo, 2019

Já a distribuição por ecossistema de inovação e empreendedorismo é sintetizada na figura 7 a seguir.

Figura 7. Distribuição do total dos entrevistados por ecossistema de inovação, por número de entrevistados, 2019.



Fonte: pesquisa de campo, 2019

Das 20 entrevistas, houve maior participação relativa do ecossistema de Porto Alegre, com 6 participantes, em uma participação relativa de aproximadamente 34% do total da amostra. Os demais ecossistemas – Campinas, Florianópolis, Manaus e São Paulo – tiveram praticamente a mesma participação com 3-4 participantes e contribuição relativa de cerca de 15% a 20% do total das empresas entrevistadas. Vale destacar a composição de todos os ecossistemas, sendo que dois agentes sediados foram agrupados, no caso uma entrevista com empresa de São José dos Campos-SP (agrupada no ecossistema de São Paulo) e outra de Canoas-RS (agrupada junto com o ecossistema de Porto Alegre).

3.2. Breve caracterização dos Ecossistemas Seleccionados

3.2.1. Campinas – SP

Contexto:


A Região Metropolitana de Campinas (RMC) reúne condições ímpares que foram criadas ao longo dos anos por políticas públicas estruturantes em âmbito federal, estadual e municipal e também decorreram de sua trajetória de desenvolvimento social e constituição como um polo cultural e econômico.

O investimento em tecnologia remonta a raízes históricas, que se iniciam com a criação do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1887, que veio a se constituir como um dos principais agentes de promoção da competitividade para a agricultura brasileira. Com a criação da Universidade de Campinas, em 1962, a ênfase na formação de recursos humanos inaugurou um novo ciclo para a região, criando condições de atratividade de grandes centros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), como o CPqD, o CTI Renato Archer e outras instituições de ciência e tecnologia.

A proximidade com os maiores centros consumidores do País, sua boa infraestrutura viária, de aeroportos, a boa qualidade dos serviços públicos e dos recursos humanos, também atraiu o investimento privado e a constituição de um dos maiores parques industriais do País, que estimula e potencializa este ecossistema.

A RMC constitui-se em um polo tecnológico em telecomunicações, software, automação bancária e industrial.

Há uma concentração regional de atividades de P&D&I, com a presença das grandes ICTs do País e projetos de alta densidade científica e tecnológica, executados por recursos humanos qualificados.



Desde 2016 a Região conta com o Conselho Municipal de Ciência, Tecnologia e Inovação, que agrega os principais atores de C&T&I da região e que, em conjunto elaboraram o Plano Estratégico de C&T&I para Campinas e mais recentemente o Plano Estratégico Campinas Cidade Inteligente. Ambos estão sendo implementados e impulsionando o desenvolvimento de ações estruturantes para a RMC. Além do Conselho de C&T&I, destaca-se a atuação do Softex e IMA, a organização que dá suporte ao setor de informática da Prefeitura.

A RMC foi pioneira em âmbito nacional na criação de uma rede de empresas startups e hoje a região conta com um crescimento e amadurecimento desta rede, com aceleradoras e diversos coworkings, dando suporte a projetos inovadores, majoritariamente na área de TICs.

Atualmente, há diversos projetos de P&D&I e produtos relacionados a I4.0, tanto em ICTs (Eldorado, CTI e CPqD) como também em multinacionais (Bosch) e coworkings.

Principais Atores Institucionais:

• Universidades:

- Universidade Estadual de Campinas – Unicamp; - Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC-SP

• Agências e Associações:

- Agência de Inovação da Unicamp – Inova;
- Conselho Municipal de Ciência, Tecnologia e Inovação;
- Fórum Campinas Cidade Inteligente;
- Softex Campinas;
- Campinas Tech – Rede de Startups;
- Câmara Americana de Comércio – Amcham
- Informática Municípios Associados - IMA

• Instituições de Ciência e Tecnologia - ICTs:

- Fundação CPqD;

- Instituto Eldorado;
- Centro de Pesquisas Von Braun;
- Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer – CTI
- Fundação para inovações Tecnológicas – FITEC

Indicadores (2018):

- Empresas TICs: 2.148
- Ocupações em TICs: 22.418 postos de trabalho
- Empresas Startups: 500
- Coworkings: 39
- Instituições de Ensino Superior: 22
- Universidades Públicas: 3
- Universidades Privadas: 19
- No de Alunos Matriculados em Nível Superior: 78.216
- No Total de Engenheiros: 4.688
- Centros de Pesquisa: 19
- Parques Tecnológicos: 5


3.2.2. Florianópolis - SC

Contexto:

O desenvolvimento do ecossistema de TICs em Florianópolis tem suas raízes históricas na atuação de três principais agentes, em conjunto com os aspectos de qualidade de vida da cidade: a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o Centro Regional de Tecnologia em Informática (CERTI) e Associação Catarinense de Empresas de Tecnologia (ACATE).

A UFSC foi criada em 1960 e desde então tem participado ativamente como uma instituição de excelência em ensino e pesquisa no cenário nacional.

A formação do polo tecnológico de Florianópolis começou a se estruturar em 1984, com a criação do Centro Regional de Tecnologia em Informática (CERTI), a partir do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Na época,



o objetivo era ajudar empresas a desenvolver produtos de alta tecnologia, posteriormente, o centro foi renomeado de Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras – Fundação CERTI.

Em 1986 foi criada a Associação Catarinense de Empresas de Tecnologia

(ACATE) que atua em prol do desenvolvimento do setor de tecnologia do Estado e ao longo dos anos se consolidou como uma das principais interlocutoras das empresas catarinenses de tecnologia junto aos poderes públicos municipais, estaduais e federal. Hoje, os associados estão reunidos e integrados em verticais de negócios com grupos de empresas que atuem em mercados semelhantes e complementares, estimulando o associativismo e o relacionamento entre as empresas.


O sucesso dos projetos de P&D junto a empresas e instituições públicas estimulou a criação de várias outras estruturas de apoio ao desenvolvimento destes projetos e de estímulo ao empreendedorismo:

Em 1986 a Fundação CERTI criou a Incubadora Empresarial Tecnológica (IET), que depois passou a se chamar Centro Empresarial para Laboração de Tecnologias Avançadas (CELTA) a primeira incubadora de base tecnológica do Brasil;

Em 1993 foi implantado o Parque Tecnológico Alfa com mais de 70 empresas de tecnologia instaladas e dois anos depois, foi criada a FUNCITEC (fundação de Ciência e Tecnologia), hoje com denominação de fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina (FAPESC);

Em 1998, foi implantada a incubadora MIDI –Tecnológico – Micro Distrito Industrial Tecnológico que, consolidou e tornou referência nacional o modelo catarinense de incubação;

Em 2001, surge o projeto do Sapiens Parque, um parque de inovação criado a partir da integração entre o Governo do Estado de Santa Catarina e a Fundação CERTI. Em 2014 são concluídas as obras de fase zero do parque, sendo considerado o maior parque do Brasil em termos de extensão territorial;



A partir de 2003, Florianópolis começa a se estruturar nas ações de venture capital com a implantação de fundos de investimentos, sendo: INSEED investimentos, CVentures e BZPan que apresentam seis fundos ao total, a Rede de Investidores Anjo e a Floripa Angels como parte desse ecossistema de investimentos. Atualmente, destacam-se as redes existentes na capital, como a Rede Catarinense de Inovação (RECEPETI), a Rede de Investidores Anjos (RIA) e a Rede de Investidores Sociais (RIS);

Em 2013 começou a ser construída a Rota da Inovação com o intuito de valorizar e criar uma visão comum do caráter inovador de Florianópolis. A partir de um projeto de branding territorial foram refletidos e estudados os diversos pontos de inovação da cidade, para a aplicação de estratégias de comunicação e promoção de uma rota urbanística específica, permeada por ações sociais, turísticas e de captação de investimentos.

Em 2013 foi lançado o Programa Startup SC desencadeando diversas atividades na capital;

Em 2016, Florianópolis ganha a representação da Rede Global de Empreendedorismo coordenada pela VIA Estação Conhecimento e demais parceiros do Ecossistema e foi inaugurado o primeiro coworking do setor público do mundo – Hub Gov, que conta com a participação de servidores públicos de diversas instituições. Mais recentemente, ainda em 2017, foi lançada a iniciativa LinkLab da Associação Catarinense de Empresas de Tecnologia que busca resolver os desafios, a partir da aproximação de startups do mercado e grandes empresas à soluções inovadoras.

Em relação à I4.0, a tem havido crescente atuação de empresas startups e também médias empresas no fornecimento de serviços para a indústria manufatureira, em especial a indústria têxtil, o que será verificado no trabalho de campo.

Principais Atores Institucionais:

- **Universidades:**
 - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC;
- **Agências e Associações:**
 - Agência Associação Catarinense de Empresas de Tecnologia (ACATE);
 - Micro Distrito Industrial Tecnológico - MIDI;
 - Sapiens Park;
 - VIA Estação Conhecimento;
- **Instituições de Ciência e Tecnologia - ICTs:**
 - Fundação CERTI;
 - Instituto Stela
- **Outros:**
 - SENAI/SC

Indicadores (2017):


- 1 distrito criativo;
- 2 parques tecnológicos
- 2 centros de inovação
- 2 incubadoras e 02 pré-incubadoras
- 3 aceleradoras - 17 coworkings

3.2.3. Manaus - AM

Contexto:

Manaus e a região da Amazônia Ocidental constituem ainda uma situação bastante particular em termos de ecossistemas.

Apesar da instalação universidades públicas como os demais, tais como a Universidade Federal da Amazônia (UFAM) e a Universidade Estadual da Amazônia (UEA), estas não se constituíram como vetores para a formação de um ecossistema de inovação, na mesma proporção que os anteriores.




A constituição de um polo industrial e a instalação de ICTs em Manaus, superando seu isolamento geográfico e baixos padrões de IDH, se deu a partir de um significativo enforcement institucional: a criação da Zona Franca de Manaus e, posteriormente, a criação da Lei da Informática.

A Zona Franca de Manaus (ZFM) foi criada em 1967 com o objetivo da ocupação do espaço amazônico com atividades econômicas e sua integração aos eixos de desenvolvimento mais dinâmicos, localizados no Centro-Sul do país. Apoiou-se na concessão de incentivos fiscais federais e estaduais à produção empresarial, como mecanismo para redução de desvantagens locais inerentes à região, alinhando-se à concepção em voga de substituição de importações para fortalecimento do mercado interno brasileiro, pela implantação de empresas fabricantes de bens de consumo inéditos ou de produção inexpressiva no Brasil. Também em 1967 foi criada a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) para administrar os fluxos de mercadorias contempladas por incentivos federais e estaduais, e neles aplicar recursos em infraestrutura econômica de apoio à produção.

Ao longo do tempo a lógica de suporte do paradigma fabril em Manaus deixou de ser a mera substituição de importações e passou a ser a busca de competitividade em nível internacional, em preço, qualidade e serviços, consolidando cadeias de segmentos industriais high-tech, sobretudo pela busca de agregação local de valor em suas operações industriais.

A criação da ZFM, posteriormente reforçada pelos incentivos da Lei de Informática deram origem ao Polo Industrial de Manaus (PIM), um dos mais modernos da América Latina, reunindo indústrias de ponta das áreas de eletroeletrônica, veículos de duas rodas, produtos ópticos, produtos de informática e indústria química.

A partir dos anos 2000, o estímulo a criação de Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs), no âmbito da Lei de Informática levou à criação e atração de organizações de P&D&I para a região, particularmente as vinculadas às multinacionais, aonde se destacam o Instituto Nokia de Desenvolvimento Tecnológico e o Samsung Instituto de Desenvolvimento para a Informática da Amazônia.



A aplicação de recursos da Lei de Informática na infraestrutura das universidades federais (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico-Tecnológico) contribuiu para a criação de unidades geradoras de P&D&I, aonde se destaca o Instituto de Computação da UFAM (IComp).

Nos anos recentes, com as mudanças da Lei de Informática, incluindo novas modalidades de aplicações das contrapartidas das empresas (fundos de investimento, startups, incubadoras etc.) e a definição de novos programas prioritários na ZFM, há um crescimento induzido das bases de um ecossistema de inovação.

Os questionamentos e da Organização Mundial de Comércio à Lei de Informática no restante do País (Lei 8248/1991), no ano a partir de 2016 também tem induzido a vinda de novas plantas produtivas e novos ICTs para a ZFM.

O tema da Indústria 4.0 passou a fazer dos mecanismos de incentivos da Lei de Informática, sendo objeto de Resolução da Suframa (Resolução CAS SUFRAMA No 40 – 18.05.2018) que estabelece atividades relacionadas à I4.0 como atividades de P&D&I.

Principais Atores Institucionais:

- **Universidades:**

- Universidade Federal do Amazonas (UFAM);
- Universidade Estadual do Amazonas (UEA).

- **Instituições de Ciência e Tecnologia - ICTs:**

- INDT;
- SIDIA;
- Instituto Eldorado;
- Fraunhofer Institute – IZM;
- IComp – UFAM;

- **Associações, autarquias e outros:**

- SUFRAMA;
- Federação das Indústrias do Amazonas – FIEAM;
- Rede de Inovação e Empreendedorismo da Amazônia – RAMI;
- Centro de Incubação e Desenvolvimento Empresarial – CIDE.

Indicadores (2013 a 2015):

- Empresas TICs: 387
- Ocupações em TICs: 2.955 postos de trabalho
- Coworkings: 4 (2017)
- Universidades Públicas: 2
- No de Alunos Matriculados em Nível Superior: 16.878
- No total de engenheiros, matemáticos e ciências exatas: 4.895
- Centros de Pesquisa: 10


3.2.4. Porto Alegre - RS

Contexto:

O ecossistema de inovação e empreendedorismo de Porto Alegre deriva principalmente da atuação de duas entidades: a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUC-RS e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A PUC-RS fundada em 1948, inicialmente mais direcionada para ciências humanas, teve importante papel na construção da base dos cursos técnicos e engenharias de Porto Alegre. Mas foi somente em 2003, com a criação do Parque Tecnológico TECNOPUC que passou a ter participação relevante no ecossistema de Porto Alegre.

Atualmente, o TECNOPUC possui uma área de 90 mil metros quadrados, com 12 estruturas de pesquisa – entre elas o CriaLab, laboratório de Criatividade e o Smart City Innovation Center, o parque gesta, atualmente, cerca de 150 projetos nas áreas de Tecnologia da Informação, Ciências



da Vida, Indústria Criativa e Energia & Meio Ambiente. Os projetos têm os mais diversos formatos: pesquisa básica ou aplicada, tanto independente quanto em parceria com empresas; programas de formação complementar em graduação ou bolsas de estudo para pós-graduação; capacitação profissional e estímulo ao empreendedorismo, que engloba um programa de desenvolvimento de startups.

A UFRGS foi criada em 1934 e surge já incluindo a escola de engenharia e foi precursora dos cursos de ciência da computação em Porto Alegre e em 1992 é criado o primeiro Centro de Computação de Alto Desempenho com acesso aberto na América Latina.

O desenvolvimento de projetos universidade-empresa ganhou impulso com a criação da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico – SEDETEC da UFRGS em outubro de 2000. Diretamente subordinada à Reitoria da UFRGS é responsável pelo apoio institucional às atividades de negociação e formalização contratual de projetos.

Além destes atores, nos anos recentes a Prefeitura Municipal de Porto Alegre tem ampliado seu protagonismo no ecossistema de inovação. Em 2018 foi realizado um mapeamento do ecossistema de inovação de Porto Alegre e realizado um pacto pela inovação entre as principais entidades do ecossistema (denominado Pacto Alegre). O Pacto vai além do desenvolvimento das TICs, pois aborda o desenvolvimento da cidade como um todo, incluindo a aplicação de tecnologia para a resolução de problemas urbanos. Uma das dimensões do Pacto é a infraestrutura para a inovação, focando na melhoria da infraestrutura de dados e telecomunicações e a aplicação de TICs para melhoria da mobilidade urbana.

Especificamente, em relação à Indústria 4.0, foi realizado um preciso diagnóstico pela Abinee, da inserção das empresas de Porto Alegre na Indústria 4.0 (Abinee, 2017), indicando dentre as tecnologias-chave da I4.0 o posicionamento das empresas quanto ao conhecimento e oferta de produtos e serviços.

Principais Atores Institucionais:

- **Universidades:**

- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);
- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS);
- Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS)

- **Associações, autarquias e outros:**

- Prefeitura Municipal de Porto Alegre;
- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee);

Indicadores (2017 a 2015):

- Empresas Startups: 422
- Coworkings: 39
- Instituições de Ensino Superior: 22
- Universidades Públicas: 3
- Universidades Privadas: 33
- Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs): 12
- Parques Tecnológicos: 9
- Incubadoras: 17

3.2.5. São Paulo - SP

Contexto:

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é composta por 39 municípios, os quais totalizam uma população de cerca de 19 milhões de pessoas. O IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) é alto (IDHM entre 0,7 e 0,79) . A RMSP tem importância crítica no desenvolvimento industrial e tecnológico do país por concentrar grande parte das atividades econômicas, mercado consumidor e atividades de P&D, fruto de sua trajetória histórica relacionada à concentração geográfica na Região Sudeste.

Especificamente a cidade de São Paulo, detém uma população de cerca de doze milhões de pessoas, sendo responsável por uma participação de cerca

de 7,7% dos empregos formais da indústria no total de empregos formais em 2017 e ocupa a liderança com 9% do VTI (Valor de Transformação Industrial) em 2016, segundo o SEADE . Além disso, o município tem sido reconhecido como líder na avaliação sobre ecossistemas empreendedores nos últimos anos. O 'índice de cidades empreendedoras' da Endeavor (2015) destaca a liderança de São Paulo, a partir da avaliação dos sete 'determinantes' de ambiente regulatório, infraestrutura, mercado, acesso a capital, inovação, capital humano e cultura empreendedora, os quais foram aplicados a 32 municípios brasileiros. A nota final de São Paulo foi 8,45 (2015). Vale destacar que outros ecossistemas analisados neste trabalho também tiveram destaque nesta avaliação, como Florianópolis com 8,26 na segunda posição (8,26), Recife (quarta posição, com 6,94), Campinas (quinta posição com 6,83) e Manaus (26ª posição com 5,17). O município liderou a avaliação nos determinantes: a) infraestrutura: em função do transporte interurbano (conectividade de rodovias, número de passageiros em voos diretos por ano e distância ao porto mais próximo); b) mercado (desenvolvimento econômico por meio de PIB total, crescimento real do PIB e proporção de empresas exportadoras e também clientes potenciais com PIB per capita, proporção entre grandes/médias/pequenas empresas e compras públicas); e, c) acesso ao capital (capital disponível via dívida e acesso a capital de risco). A cidade também detém característica singular por ser reconhecidamente o centro econômico do país já que concentra 10% do PIB total e 60% de todos os investimentos em capital de risco (Endeavor, 2015).

Principais Atores Institucionais:

- **Universidades:**

- Universidade de São Paulo - USP
- Universidade Federal do Estado de São Paulo
- Fundação Getúlio Vargas – FGV
- Insper⁴

4. O INSPER é uma instituição privada, sem fins lucrativos, dedicada ao ensino e à pesquisa, cuja missão é "ser um centro de referência em educação e geração de conhecimento nas áreas de administração, economia, direito e engenharia" por meio do desenvolvimento de líderes e profissionais. A instituição possui 2.253 alunos de graduação, 1.204 alunos de MBA, 169 mestrados profissionais e 43 programas de doutorado

- **Fundações:**

- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp

- **Institutos de Pesquisa, agências e centros de inovação e empreendedorismo:**

- Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT
- Centro de Inovação e Empreendedorismo e Tecnologia – CIETEC
- Agência de Inovação da Universidade de São Paulo
- Agência de Inovação Inova Paula Souza
- Campus da Google
- Cubo – Banco Itaú⁵
- Inovabra - Bradesco⁶

Indicadores (2018):

- Empresas TICs: 28.513
- Ocupações em TICs: 117.150⁷
- Empresas startups: 2.262 (concentra 28% dos empreendimentos inovadores presentes no Brasil⁸), sendo 73 especificamente de TICs
- Coworkings: 309⁹

3.3. Empresas Fornecedoras de I4.0 nos Ecossistemas

5. O Cubo Itaú é um centro de empreendedorismo tecnológico fundado pelo Banco Itaú em parceria com a Redpointventures, criado em 2015. Possui um prédio ampliado e apoia eventos e programas diversos.

6. O Bradesco criou em 2018 o espaço de co-criação “Inovabra Habitat”, cujas vantagens apontadas são o ambiente para colaboração, a conexão com o ecossistema e eventos. Para fazer parte, as startups devem “possuir clientes e estar na fase de tração” relacionar-se aos seguintes eixos de atuação: i) big data e algoritmos, ii) blockchain, iii) computação imersiva, iv) inteligência artificial, v) internet das coisas e vi) open API e plataformas digitais. Hoje há 75 empresas no espaço, 190 startups e 1500 “inovadores”

7. Dados do setor de atividade (empresas e número de empregados) relacionadas a serviços de Tecnologia da Informação segundo a Investe SP (fonte: <https://www.investe.sp.gov.br/sp-em-mapas/>).

8. Dados da ABSTARTUP. Lista das empresas disponível em <https://startupbase.com.br/home/startups?q=&states=all&cities=S%C3%A3o%20Paulo%20-%20SP&segments=all&targets=all&phases=all&models=all&badges=all> (acesso em 06/11/2019).

9. Segundo dados da Coworking Brasil disponíveis em <https://coworkingbrasil.org/brasil/sp/> (acesso em 06/11/2019).

Nos ecossistemas selecionados para a pesquisa de campo, foram identificados por especialistas as empresas de porte micro, pequeno ou médio que mais se destacam no fornecimento de serviços e produtos de I4.0. Estas empresas estão listadas na figura a seguir.

Figura 8. Empresas Fornecedoras de Produtos e Serviços de I4.0

| It. | Ecossistema | Empresa fornecedora de I4.0 | Empresa Entrevistada | Área de Atuação |
|-----|---------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | CAMPINAS | 2GoTrue | SIM | Tecnologias para veículos autônomos |
| 2 | | Taggen | SIM | Tecnologias de RFID. Soluções para processos industriais do setor automotivo |
| 3 | | Time Energy | SIM | Soluções para eficiência energética |
| 4 | FLORIANÓPOLIS | 4Vision | SIM | Tecnologias de visão computacional para setores industriais |
| 5 | | Audaces | NÃO | Soluções para design e integração de processos da indústria da moda |
| 6 | | Directa | SIM | Sensoriamento e coleta de dados |
| 7 | | Harbor | SIM | Integração de sistemas industriais, em especial sensoriamento, coleta e disponibilização de dados |
| 8 | MANAUS | Enacom | NÃO | Design de sistemas de monitoramento e atuação, utilizando Big Data e Analytics. |
| 9 | | Exy Innovation | SIM | Tecnologia de reconhecimento facial e gestão de RH |
| 10 | | MAP | SIM | Tecnologias de integração vertical/horizontal dos processos produtivos. |
| 11 | PORTO ALEGRE | Elipse Software | SIM | Plataforma de integração de dados e inteligência do sistema |
| 12 | | Novus | SIM | Integração de sistemas verticais e horizontais. |
| 13 | | Printup3D | SIM | Tecnologias de impressão 3D |

| | | | | |
|----|-----------|----------------|-----|-----------------------------------------------------------------------|
| 14 | | Spheric | SIM | Tecnologias de manutenção preditiva: conectividade, sensoriamento etc |
| 15 | SÃO PAULO | Antares | NÃO | Tecnologias e equipamentos para conectividade |
| 16 | | Autaza | SIM | Visão computacional e deep learning |
| 17 | | Dev Tecnologia | SIM | Tecnologias de sensoriamento especializado |
| 18 | | Desh | SIM | Tecnologia para conectividade – Redes Mesh |
| 19 | | Luminae | NÃO | Sistemas de iluminação inteligente |
| 20 | | Sinapsis | NÃO | Sistemas de Inteligência Artificial |

Fonte: Pesquisa de Campo, 2019

3.4. Casos de Sucesso de PMEs Fornecedoras de I4.0


Todas as empresas entrevistadas na pesquisa de campo foram indicadas por especialistas no ecossistema como casos de sucesso. Porém, algumas se destacam pela intensidade da inovação e resultados obtidos.

Neste item, são apresentadas algumas PMEs que se destacaram dentre os casos de sucesso, seja pela sua densidade tecnológica e de inovação ou estratégia de mercado.

As empresas são apresentadas a partir dos ecossistemas a que pertencem, não havendo, portanto, uma priorização ou ranking.

a) Campinas – Taggen Soluções de IoT Ltda

A Taggen é uma empresa startup que surgiu de uma outra empresa, denominada Salus Group, nos anos de 2010.



A Taggen é especializada em tecnologias de RFID (radio frequency identification) e produziu junto com a fundação CPqD o primeiro beacon brasileiro. O beacon é um pequeno dispositivo que emite sinais por meio da tecnologia Bluetooth Low Energy (BLE). São dispositivos que permitem o rastreamento de produtos, com baixo consumo de energia.

Esta tecnologia, embora seja mais utilizada em aplicações de marketing e publicidade, fornecendo informações de produtos aos consumidores e auxiliando na realização de promoções direcionadas, as aplicações de uso desta tecnologia não se restringem às possibilidades da imaginação. Entre elas, aplicações industriais, como controle produtivo, materiais, veículos, inventário em tempo real e inúmeras outras.

Prevê-se que o mercado de IoT, RFID e beacons apresente um grande crescimento e demanda para os próximos dois anos.


A Taggen está agora desenvolvendo um middleware que atuará com o beacon desenvolvido e outros beacons, além de uma série de tecnologias consagradas de RFID.

Atualmente, a Taggen desenvolve de automotização do processo produtivo da planta produtiva de uma grande empresa automobilística e também no setor de agromáquinas.

A densidade tecnológica decorre de alta interação com pesquisadores da Unicamp e da Unisinos (Vale dos Sinos – Rio Grande do Sul). A relação com a academia é bastante vibrante e há projetos conjuntos para o desenvolvimento de tecnologias de rastreamento.

b) Florianópolis – Harbor

A Harbor foi fundada em 1986, focada na prestação de serviços de desenvolvimento de software de MES (Manufacturing Execution Systems) inicialmente para um único cliente. A expansão deu-se já no primeiro



ano, tanto aumentando o escopo de atuação neste cliente inicial, quanto desenvolvendo soluções para outros clientes. A expansão se deu sempre buscando tecnologias para o aprimoramento da automatização de processos industriais.

A partir de 2016 a Harbor passou a produzir baseada nos princípios da I4.0. Deixou ser focada em projetos e passou a focar em soluções sistêmica e produziu o livemes – Live Manufacturing Execution System, que expressa este enfoque.

O livemes é hardware com tecnologias IoT, que captura informação da máquina e coloca na nuvem, em uma plataforma que recebe os dados (plataforma live) e transforma estes dados em indicadores padrão da indústria. Para isto, a plataforma utiliza tecnologias Usa Big Data. O fornecimento destes indicadores já proporciona para a empresa um dashboard de monitoramento, que permite análises aprofundadas do processo produtivo e, a partir disso, melhorias.


O Sistema livemes em si não dispara atuadores, mas fornece input (informações) para outros sistemas pra tomada de ação (atuadores). É um produto horizontal pra qualquer planta fabril, que realize manufatura discreta repetitiva, desde produção de doces até parafusos.

A plataforma é bastante acessível para os pequenos negócios.

c) Manaus – MAP Technology Ltda

A MAP é uma empresa de Manaus, que surgiu em 1993, como decorrência da experiência do Prof. Dr. Manuel Cardoso em melhorias do processo industrial.

As atividades de P&D&I desenvolvidas pela MAP, em conjunto com universidades permitiu o contato pregresso com a formação dos princípios e tecnologias que vieram formar o movimento da Indústria 4.0. Por esta razão, a MAP tem seu foco de atuação na construção de inteligência sistêmica e agregação de valor, ao invés da automatização massiva de etapas produtivas.



Sua abordagem do cliente é baseada em um método estruturado de entendimento aprofundado do processo produtivo e suas ineficiências, para então desenhar as ações. Esta abordagem denomina-se Virtual Factory e é suportada por diversas tecnologias de integração vertical (big data, inteligência artificial etc) e horizontal de processos (conectividade, sensores, atuadores). Estes sistemas incluem também o fator humano, focalizando sua integração com os sistemas.

Um exemplo, da capacidade inovadora da MAP é o sistema de monitoramento do cansaço dos funcionários a partir de um headset com sensores para capturar sinais emitidos pelo cérebro (semelhante ao um eletroencefalograma) e fazendo um tratamento com redes neurais para identificar padrões de estafa física e mental.

Os aprendizados com as tecnologias de conectividade, mobile, visão computacional etc., levaram a MAP a constituir uma startup, a MAP Innovation para o desenvolvimento de tecnologias assistivas, em especial a linguagem Libras (linguagem de sinais).


O principal exemplo é Projeto Giulia que tem por objetivo levar a acessibilidade em Libras para diversas plataformas, com diversas funções para auxiliar o usuário no dia a dia, e também conseguimos a implementação em navegadores web, traduzindo o conteúdo da página, para a língua de sinais.

d) Porto Alegre – Elipse Software Ltda

A Elipse software é uma empresa criada em 1991, para o desenvolvimento de software de automação industrial. Desde então a linha de produtos da empresa segue este foco, sendo o principal produto o software Elipse.

O Elipse é uma plataforma de integração de dados e seu processamento, que leva à geração de inteligência para o sistema de produção.

A empresa atua com parcerias com integradores. Integradores é que adquirem o software elipse e atualmente já há mais de 50.000 cópias



rodando. Estes integradores geralmente são grandes empresas nacionais que se internacionalizaram e hoje a empresa já possui escritório em 6 países no exterior.

O software busca dados de qualquer tipo de equipamento e qualquer protocolo de comunicação, realiza sua análise e fornece inputs para atuadores e outros sistemas. É uma plataforma muito flexível que pode atuar com vários tipos de integradores: sistemas de IoT, I4.0, prédios inteligentes etc. (grandes nacionais que já se internacionalizaram). Um exemplo é o Museu do Amanhã, que possui 20.000 variáveis monitoradas pelo Elipse, em vários sistemas: água, energia etc.


A estratégia da empresa está calcada na visão de que toda organização de porte médio e grande precisarão do monitoramento de variáveis críticas. É um movimento inexorável, não só da indústria, mas todas autarquias (escolas, hospitais etc). No início somente eram as refinarias, produção de energia e os sistemas eram muito caros. Nos últimos anos há o barateamento das tecnologias, permitindo maior disseminação e mais automação e mais dados.

A plataforma elipse está sendo aprimorada para atingir todos os portes de negócios.

e) Dev Tecnologia Industria e Comércio Manutenção de Equipamentos Ltda

A DEV Tecnologia é uma Design House focada em IoT, pioneira no Brasil e atua desde 2013 em serviços de engenharia e desenvolvimento ágil de produtos inovadores.

Logo no início a empresa abriu o seu capital e visualizou-se a perspectiva de IoT, foco em software embarcado e software de aplicação. Primeiro contrato foi com uma grande empresa de equipamentos eletrônicos que demandava IoT para alarmes, o que permitiu a construção da reputação junto a fabricantes de microcontroladores.



Desde a gênese, sempre procuraram desenvolver soluções próprias como o dispositivo de bluetooth para marketing de aproximação, ou seja, rastreamento de pessoas e ativos indoor. A indústria precisava desta tecnologia pra melhoria da performance, como por exemplo o monitoramento de funcionários de frigoríficos. Esta tecnologia era utilizada na China e viram que podiam fazer a custo melhor e qualidade melhor.

Dali pra frente, escalaram para sensoriamentos pontuais: aceleração, temperatura, umidade etc. Desenvolveram tecnologia com baixo uso de bateria e desenvolveram tecnologias de sensoriamento : manutenção preditiva de dados de temperatura.

Nos anos recentes a Dev Tecnologia focou seu perfil de atuação em prestar serviços de P&D. Um exemplo recente foi o desenvolvimento de uma solução de monitoramento de pessoas indoor.

Uma das principais estratégias da Dev é desenvolver provas de conceito (POCs) de alta performance, já direcionadas para a escalabilidade. Nas startups é comum que 75% dos projetos de IoT falhem por causa de POCs que, após aprovadas, tem problemas para entrar em produção industrial. As vezes o próximo passo é jogar o protótipo fora. Especificar produtos de escala.

Outra estratégia é a de produzir um product planning direcionado para o entendimento profundo do processo do cliente e a escalabilidade dos níveis de valor a partir da ampliação do uso de IoT pelo cliente.

3.5. Potenciais Investidores em Pequenos Negócios

Na varredura de potenciais investidores em pequenos negócios para a I4.0, não foram encontradas linhas específicas para esta finalidade.

Foram encontradas linhas para investimentos em I4.0, não focada em pequenos negócios e linhas de investimentos para pequenos negócios, mas não especificamente relacionados com I4.0.



Estas linhas basicamente dividem-se em dois grupos:

- **Venture Capital (VC)** – que envolvem esforços para o apoio ao desenvolvimento de novos negócios e, por isso, abrangem a “aplicação de recursos em novas tecnologias, exploração de novos mercados e lançamento de novos produtos, e;
- **Corporate Venture (CV)** - mais restritos já que requerem alinhamento com os objetivos estratégicos e financeiros da empresa investidora, ou seja, deve haver alguma sinergia entre a investidora e a empresa que recebe o aporte, assim iniciativas de Corporate Venture são, portanto, parte da totalidade da indústria de Venture Capital.

Os programas de Corporate Venture (CV) apresentam-se em diferentes configurações - desde estruturas independentes até mesmo unidades no interior da própria empresa investidora. As motivações para tais investimentos CV das empresas-âncora são o retorno financeiro, o incremento de esforços em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), possibilidade de entrada em mercados emergentes e maior acesso a tecnologias e novos modelos de negócios. Já as PMEs e startups que recebem o investimento CV entendem como positivo o compartilhamento de experiências e custos fixos, o acesso à rede de relacionamento da empresa âncora e maior profissionalismo na gestão empresarial.

As iniciativas de Corporate Venture existentes no Brasil em 2019 podem ser agrupadas segundo a origem dos recursos investidos, por isso agrupa-se em fundos públicos e privados.

3.5.1. Fundos públicos

Há fundos públicos que atuam em Corporate Venture no Brasil, como o BNDES, a Finep e a Desenvolve SP.

f) CRIATEC III do BNDES

O CRIATEC III é um fundo de investimento para capitalizar micro e pequenas empresas inovadoras, cuja gestão foi delegada à Inseed Investimento em chamada pública em 2014. Definiu-se que o fundo terá duração de 10 anos, sendo os 4 primeiros para investimentos, com um patrimônio de cerca de R\$ 202,5 milhões. Além do BNDESPAR há cotas da AFEAM (Agência de Fomento do Estado do Amazonas), BADESUL (Banco de Desenvolvimento do Rio Grande do Sul), BANDES (Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo), BDMG (Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais), BRDE (Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul), FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais), Fomento PR (Agência de Fomento do Estado do Paraná) e VALID, dentre outros.

O fundo investe em empresas inovadoras com receita até R\$ 12 milhões (do ano anterior), prioritariamente em TICs, agronegócios, nanotecnologia, biotecnologia e novos materiais.

g) FINEP

Em janeiro de 2019 a FINEP publicou edital de seleção de gestor para o Inova Empresa Fundo de Investimento em Participações Multiestratégia – FIP Inova Empresa – com capital potencial de R\$ 300 milhões. O fundo possuía 3 empresas investidas e o fundo possui prazo indeterminado. Do seu total, 54% dos recursos devem ser aplicados em empresas do setor de telecomunicações e as demais alinhada aos setores priorizados na ENCTI (Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação). Em maio o resultado foi que a Angra Partners Gestão de Recursos se tornou a gestora vencedora do edital. No site da Finep há declaração que até o momento não há nenhuma forma de participação social.

A FINEP também atua em fundos de investimento por meio do Programa de Investimento Direto em Empresas Inovadoras, no qual há operações de aquisição de participação acionária. Segundo site da FINEP este programa conta com um aporte disponível de R\$ 500 milhões e há critérios prioritários como investimento em inovação, dentre outros.

h) FIP da DESENVOLVE SP

Em 2014 a Agência de Desenvolvimento do Estado de São Paulo (Desenvolve SP) lançou o Fundo de Investimento em Participações (FIP) aeroespacial, com um patrimônio inicial de R\$ 131,3 milhões (Valor Econômico, 2014). Entretanto, no site do banco em 2019 não há menção a este fundo, apenas menciona-se que a Desenvolve SP administra os 13 fundos estaduais existentes¹⁰. Identificou-se a SP Ventures como gestora dos investimentos do Fundo de Inovação Paulista (FIP), que concentra recursos aportados pela Desenvolve SP, Finep, Fapesp, Sebrae-SP, CAF e Jive Investimentos. O fundo conta patrimônio de R\$105 milhões e pretende apoiar as startups de base tecnológica da agropecuária, saúde e setor financeiro¹¹.

3.5.2. Fundos privados

A seguir são descritos brevemente os fundos privados para *Corporate Venturing* bem como programas e iniciativas em inovação aberta para relacionamento e aproximação com empresas startups.


a) Votorantim

Em 2017 a Votorantim promoveu seu **1º. Ciclo de Open Innovation** com 7 desafios voltados a indústria 4.0. Foram inscritas 107 startups, as quais foram avaliadas por 93 profissionais da empresa e 12 avançaram no processo de mentoria. A vencedora foi a empresa Geolnova com projeto de gestão digital de territórios, capaz de monitorar e gerenciar instalações, reservas minerais e meio ambiente com drones e imagens de satélite (Valor Econômico, 2018).

Já em 2018 o **2º. Ciclo de Open Innovation** foi intitulado “**Desafio Engemix Open Innovation**”, diante de seu foco no desenvolvimento da indústria de concreto com desafios na “qualidade de concreto da obra” e “digitalização no fornecimento de concreto”.

10. Consulta em <https://www.desenvolvesp.com.br/empresas/programas-de-governo/fundos-dedesenvolvimento/> (acesso em 08/12/2019).

11. Detalhes em <http://spventures.com.br/> (acesso em 08/12/2019).



A plataforma da empresa (<https://www.votorantimcimentos.com.br/vcconnect/>) conta com desafios que foram abertos e já encerrados em 2019 como “simulador de mineração para agregados”, “automatização de mapa de carreira” e “novos meios de pagamento com identificação em tempo real”.

Portanto, o Programa de *Open Innovation* da empresa parece ter se tornado permanente para fomento ao empreendedorismo e desenvolvimento de parcerias e soluções para a indústria de cimento.

b) Saint Gobain

A empresa Saint Gobain também tem iniciativa relacionadas a startups para avaliar ideias que poderiam ser aplicadas a seus negócios – Empreendedores Saint-Gobain – com um programa de aceleração, o Programa Building Blocks, em parceria com a Liga Ventures. No programa, 4 startups foram aceleradas nos projetos – ConnecData, DNA Shopper, Agenda Boa e Arquiteto de Bolso (Saint Gobain, 2019). Isso já gerou um contrato com a Hekima, para criação de um sistema de inteligência artificial para eliminar erros e duplicidades no cadastro de materiais em sua área de suprimentos. Outro projeto com a Forsee, para o desenvolvimento de um sistema usado na área de plástico com IoT, big data e análise de dados, o programa avalia informações de vendas e suprimentos para apoiar a tomada de decisões dos gestores (Valor Econômico, 2018).

c) Natura

A Natura, que já tinha iniciativas e programas em parcerias com ICTs e fornecedoras (como Natura Campus), mais recentemente estruturou o Natura Startups para

“colaborar e acelerar oportunidades com startups”. Atualmente a empresa busca startups com soluções em “excelência em vendas e experiência para o consumidor”, “produtividade, inteligência e

automatização de processos”, “supply chain”, “desenvolvimento de produtos cosméticos e sustentabilidade”, “inovação em tecnologias e negócios digitais”, “desenvolvimento de produtos cosméticos e sustentabilidade” e “inovação em tecnologias e negócios digitais”¹².

A empresa basicamente oferece a possibilidade de acesso ao seu conjunto de consultoras do seu modelo de negócios. Segundo a empresa, já foram avaliadas mais de 3.100 startups, das quais 387 tiveram interação, mais de 60 fizeram testes e 19 tornaram-se empresas parceiras da Natura.

d) Bradesco e o InovaBra

O banco Bradesco tem estruturado diversas iniciativas em inovação aberta diante do avanço das fintechs. Há um fundo de investimento (inovaBra ventures), um programa de inovação aberta (inovaBra startups), um laboratório de Inovação no exterior (inovaBra internacional), um ambiente de cocriação (inovaBra habitat), um espaço de trabalho colaborativo (inovaBra Lab) e uma rede (inovaBra hub).

Para participar do InovaBra Ventures¹³, as startups selecionadas devem ter participado do InovaBra startups, sendo que há aporte de capital, aceleração e mentoria. As áreas de interesse são algoritmos e máquinas, plataformas digitais e infraestrutura. O investimento ocorre por meio de um Fundo de Participações (FIP) com aporte direto nas startups. O fundo possui capital de R\$ 200 milhões e o investimento geralmente ocorre entre R\$ 1 milhão e R\$ 5 milhões, em rodadas de investimento de late seed a série A, com aquisição direta de ações emitidas pela startup ou compra de títulos de emissão das companhias. Dentre as empresas que já receberam aportes estão a Semantix, a R3, a AgroSmart e a direct.one.

12. 12 Prioridades consultadas em <https://cubo.network/> (acesso em 08/12/2019).

13. Detalhes podem ser consultados em <https://www.inovabra.com.br/subhomes/ventures/> (acesso em 08/12/2019).

e) Itaú e o espaço Cubo

O espaço Cubo é um centro de empreendedorismo tecnológico criado pelo Itaú em parceria com a RedPoint eventures, criado em 2015¹⁴, para relacionamento com ICTs, investidores e startups. As empresas podem participar como residentes (espaços fixos) ou membros (sem espaço físico). Hoje o espaço Cubo já envolve mantenedores e o espaço abriga startups de diferenças áreas e segmentos.

f) Wayra

A Wayra é o hub de inovação aberta do Grupo Telefônica, cujo objetivo é fomento ao empreendedorismo e relacionamento com startups, antes era uma aceleradora. Oferece-se oportunidade para prova de conceito e investimento de até US\$150 milhões com participação minoritária. Há 3 programas de parcerias “get product/Market fit”, “go commercial” e “scale up!”¹⁵. A empresa busca então empresas que atuem em inteligência artificial, data analytics, AR/VR, cibersegurança, fintechs e eficiência operacional.

g) Unilever

A empresa criou um espaço colaborativo, denominado Garagem de Inovação, cujo objetivo é gerar soluções em tecnologia, informação, suprimentos, comércio eletrônico e vendas. Possui ainda um programa de aceleração em parceria com a Liga Ventures, o Lever Up. O programa já teve 500 startups inscritas, das quais 5 foram selecionadas para orientação dos executivos (Valor Econômico, 2018).

14. Dados em <https://cubo.network/> (acesso em 08/12/2019)

15. Mais informações em <https://br-pt.wayra.com/> e <https://medium.com/wayrabrasil/entenda-o-queest%C3%A1-por-tr%C3%A1s-da-mudan%C3%A7a-da-wayra-no-brasil-e-no-mundo-d75511914772> (acesso em 08/12/2019).

h) Gol

A empresa Gol Linhas Aéreas preferiu inaugurar uma incubadora, a GOL LABS, para promover o lançamento de produtos e relacionar-se com startups e aceleradoras. Nestes esforços, já houve a aquisição de uma solução desenvolvido pela FullFace Biometric Solutions, em um algoritmo de reconhecimento facial que foi incorporado ao seu aplicativo de Selfie Check-in.

Destaca-se que:

“A Gol Labs surge em um momento em que várias empresas criam aceleradoras ou incubadoras para incorporar novas tecnologias aos negócios...essas companhias trazem startups e empreendedores para perto e, eventualmente, adquirem a empresa ou a solução. O motivo é que essas startups são mais ágeis e tem idéias fora da caixa” (Exame, 2018).

i) Renault

A partir de um hackaton com o tema “carro conectado”, a empresa avançou em iniciativas de inovação aberta e empreendedorismo no Brasil. Agora há um fundo de corporate venture capital – o Alliance Ventures, que realiza aportes financeiros em empresas iniciativas e incorpora novas tecnologias ao seu negócio. Já foi firmada parceria com a GoEpic/Eruga e a LOOX em projetos de realidade aumentada e virtual aplicada à percepção de riscos (Valor Econômico, 2018). O CEO da Alliance Ventures¹⁶, dispõe de US\$ 1 bilhão para investimento em 5 anos e acredita que a parceria com startups será fundamental para a sobrevivência das montadoras frente aos carros autônomos e elétricos (Epoca Negócios, 2019).

16. Mais informações sobre o Fundo podem ser consultadas em <https://www.alliance-2022.com/ventures/> (acesso em 08/12/2019).

j) Visa

A Visa criou um centro de desenvolvimento, o Innovation Studio, em 2017 em São Paulo para criação conjunta e para promover circuitos de aceleração e incubação de 4 meses¹⁷. Um dos projetos resultou no chatbot Nexxera, que desenvolve sistema de pagamento de boletos por meio de cartão de crédito. Há ainda a Celcoin, uma carteira digital para atender pequenos varejistas. Houve ainda a criação do ShopFacil, um robô que interage com o público no facebook Messenger com informações sobre os produtos (Valor Econômico, 2018).

k) EDP

A EDP criou no Brasil a EDP Ventures Brasil em 2018 uma iniciativa de investimento de capital de risco do Grupo EDP com orçamento de R\$ 30 milhões para investimento no país. O último aporte – de R\$ 4,5 milhões – foi realizado na empresa Fractal Engenharia de Sistemas, que desenvolve soluções para previsão de eventos hidrológicos e sistemas para gerenciamento de barragens (Valor Econômico, 2019). A startup Delfos também recebeu aporte, o primeiro do fundo, de R\$1,5 milhão, em uma solução de inteligência artificial em manutenção preditiva¹⁸ (EDP, 2019).

l) Gerdau

A Gerdau criou em 2019 seu fundo de investimento em venture capital, no qual serão alocados US\$ 80 milhões com gestão própria e um escritório para prospecção no Vale do Silício, nos EUA (Valor Econômico, 2019).

17. Detalhes podem ser consultados em <https://www.visa.com.br/posso-mais/innovation-studio.html> (acesso em 08/12/2019).

18. Detalhes em <https://www.edp.com.br/noticias/edp-ventures-brasil-faz-primeiro-investimento> (acesso em 08/12/2019).

m) Bosch

A área de IoT tem ganho destaque das empresas-âncora e fornecedoras de TI. Na Bosch existe uma plataforma específica – a Bosch IoT Suite, um pacote de serviços habilitado em nuvem para aplicativos de IoT. Declaram ainda que “um dos planos da marca é ter 100% de seus produtos eletrônicos conectados e oferecer um pacote de serviços para cada um deles, até 2025” (Valor Econômico, 2019). Empresa inaugurou ainda um espaço de inovação aberta em Curitiba em 2019 – o Connectory, um espaço de inovação aberta, que atua como um espaço de cocriação para fomento de soluções inovadoras e modelos de negócios em IoT. O espaço possui uma parceria com o Distrito Spark CWB, com foco nas áreas de agronegócios, transformação digital, IoT, indústria 4.0. e inteligência artificial¹⁹.

n) Logicallis

A empresa Logicalis, que atua em TI, também tem se preocupado com o segmento de IoT, com a inauguração de uma unidade de negócios específica em São Paulo, com projetos em controle de acesso, eficiência energética e conectividade rural. Já houve contratos firmados com multinacionais como a Qualcomm e Itron, além da Zebra Technologies, Cisco e Microsoft. Há ainda parcerias com a Saffe (autenticação por reconhecimento facial) e GreenAnt (inteligência de dados para o setor elétrico). Sua plataforma de negócios própria em IoT, o EUGENIO, dispõe de infraestrutura em nuvem e recursos de big data, com a qual já fez projetos e manutenção preditiva para a montadora Nissa e iluminação pública inteligente em Belo Horizonte com a BHIP (Valor Econômico, 2019; Logicalis, 2019²⁰).

19. Mais informações em <https://www.bosch-press.com.br/pressportal/br/pt/press-release-27402.html> (acesso em 08/12/2019).

20. Fonte: <https://www.la.logicalis.com/pt-Latam/noticias/logicalis-reestrutura-area-para-reforçar-suaatuacao-em-iot/> (acesso em 08/12/2019).

o) Positivo Tecnologia

A Positivo Tecnologia, do Grupo Positivo, lançou a “casa inteligente”²¹, com itens para segurança e automação, de residências e estabelecimentos comerciais, com a oferta de sensores de presença para monitoramento e abertura de portas, luminárias e comandos de voz e aplicativos (Valor Econômico, 2019).

p) Seal Sistemas

A empresa Seal Sistemas, que atua com um portfólio de coletores de dados e leitores de código de barras lançou o Seal IoT, em 2016, uma unidade de negócios em São Paulo, para desenvolvimento de *software* e engenharia.

q) CI&T IoT

Já a CI&T IoT é a corporate venture da brasileira CI&T, além do conjunto de soluções que a empresa já desenvolve em IoT, como o diili, um sistema de IoT e big data que vem sendo utilizado nos refrigeradores da Embraco (Valor Econômico, 2019, CI&T, 2019²²).

r) Comgás

A Comgás também possui um programa de relacionamento com ICTs, funcionários e startups, o Inova Comgás²³, por meio do qual pode-se enviar projetos ou ideias. Os temas de interesse são novos aplicativos, inteligência artificial, modelos de negócios com foco no cliente, soluções de tecnologia para eficiência e segurança operacional nos sistemas de distribuição de gás natural, novos modelos de serviços, novas tecnologias para cocção e aquecimento de água, solução de gestão e novos aplicativos, novas soluções de geração de energia, soluções em medição remota de gás, novas tecnologias e ferramentas para qualificação profissional e novas aplicações em gás natural.

21. Detalhes em <https://www.positivocasainteligente.com.br/> (acesso em 08/12/2019).

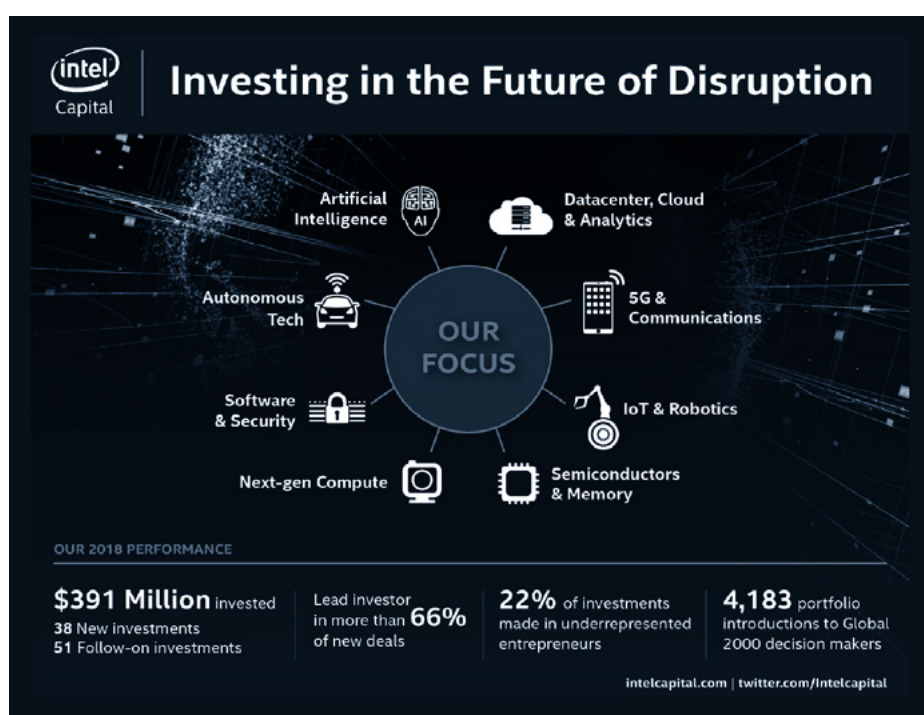
22. Disponível em <https://br.ciandt.com/case-study-diili-embraco> (acesso em 08/12/2019).

23. Detalhes em <https://medium.com/wayrabrasil/entenda-o-que-est%C3%A1-por-tr%C3%A1s-damudan%C3%A7a-da-wayra-no-brasil-e-no-mundo-d75511914772> (acesso em 08/12/2019)

s) Intel Capital

O braço de investimentos da Intel – Intel Capital - criado em 1991, já acumula experiência no setor como sintetiza a figura abaixo. A Intel Capital já investiu mais de US\$ 12,4 bilhões em mais de 1500 empresas em 57 países neste período.

Figura 9- Atuação da Intel Capital



Fonte: Intel²⁴.

Deste total, identificou-se que foi realizado em 2012 um investimento de R\$40 milhões em dez empresas, sendo que dentre elas havia uma empresa brasileira, a empresa PagPop de Ribeirão Preto, que recebeu um aporte na categoria A (de US\$2 milhões a US\$ 10 milhões) em um sistema de pagamentos com cartões de crédito por meio do celular²⁵.

24. Disponível em <https://www.intel.com/content/www/us/en/intel-capital/our-focus-infographic.html> (acesso em 08/02/2019)

25. <https://www.investe.sp.gov.br/noticia/intel-capital-investe-em-dez-novatas-uma-no-brasil/> (acesso em 08/12/2019).

t) Google Ventures

Criada em 2009, o braço de investimentos em startups da Google, já possui um montante de US\$ 4,5 bilhões para investimentos e já atua em mais de 300 startups²⁶.

As linhas prioritárias são consumidores, saúde, tecnologias de fronteira e empreendimentos novos em geral.

No Brasil a Google lançou em 2019 o programa “Launch Accelerator Brasil” em um programa de aceleração de 3 meses, com tecnologias da própria empresa, que selecionou 8 empresas startups (Accountify, Agilize, Blu365, Estante Mágica, Gesto, Rebel, Smarttbot e Social Miner), com foco prioritário em machine learning e que possuam modelo de negócio validado²⁷. No país há ainda o *Google Startup Campus*²⁸, um espaço instalado no Brasil em 2018 para “lançar e escalar startups”, sendo que ainda há outros 5 espaços similares dispersos pelo mundo. A apresentação das startups ao Google se dá duas vezes ao nome no “Google for startups residency”, que existe desde 2016, sendo que este programa é “equity free”. Em SP 29 empresas já passaram pelo programa e alcançaram investimento de cerca de US\$ 23 milhões²⁹.

3.6. Análise de tendências de 14.0 observadas nas PMEs


A seguir realiza-se uma discussão das tendências gerais observadas nos ecossistemas de inovação e empreendedorismo examinados na pesquisa de campo. Diante da amostra reduzida, optou-se por sistematizar e discutir as tendências gerais presente no conjunto da amostra, portanto, sem segmentação específica.

26. <https://www.gv.com/portfolio/> (acesso em 08/12/2019).

27. Fonte: <https://www.investe.sp.gov.br/noticia/google-busca-8-startups-para-nova-edicao-do-launchpadaccelerator-brasil/> e <https://exame.abril.com.br/pme/google-escolhe-startups-do-brasil-com-estatecnologia-para-programa-global/> (acesso em 08/12/2019).

28. Fonte: <https://www.campus.co/sao-paulo/pt/faq/>(acesso em 08/12/2019).

29. <https://www.campus.co/sao-paulo/pt/campus-residency/#res-criterios-de-selecao> (acesso em 08/12/2019).



Apesar das diferenças entre a formação e desenvolvimento dos ecossistemas, as empresas a eles pertencentes apresentaram bastante homogeneidade nas respostas.

a) Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Capacitação de Recursos Humanos

Observa-se que as atividades de P&D são prioritárias e estratégicas dentre as empresas entrevistadas e mais importante ainda, **tais atividades de P&D são a base ou a origem da empresa.**


Geralmente são empresas de base tecnológica que surgiram de universidades ou outras instituições de pesquisa, com pesquisadores que lideram as atividades e estratégia das empresas.

Ressalta-se a cultura de interação com universidades e institutos de pesquisa, que não é comum na maior parte do País. Esta cultura de interação transparece nas entrevistas e resulta de esforços envidados ao longo dos anos para a criação de um ambiente criativo e inovador, aonde se destacam os ecossistemas de Florianópolis e Porto Alegre.

A totalidade das empresas entrevistadas possui pessoas dedicadas à P&D, seja em tempo parcial ou integral. Não possuem uma área de P&D bem definida e formalizada, o que é comum em PMEs.

O acesso à tecnologia não é um fator crítico. Ou seja, apesar do set de tecnologias habilitadoras da I.40 ainda não estarem estabilizadas e em forte processo de concorrência de padrões, o acesso às mesmas é facilitado pela forte interação com universidades e centros de pesquisa. Cabe ressaltar, porém, que a continuidade e fortalecimento do ecossistema como suporte às atividades de P&D é um fator chave para se manter esta facilidade de acesso.

Portanto, embora hoje exista e esteja bastante difundido o modelo de inovação aberta, cunhado por Henry Chesbrough (2003), que centralizada




a colaboração em rede, por meio de parcerias nos mais diversos canais e públicos, pode-se observar este modelo bastante evidente nas informações coletadas na pesquisa de campo. Entretanto, observa-se que tais parcerias na amostra examinada são centralizadas a partir de competências internas com sólida experiência e conteúdo em P&D, ou seja, a inovação aberta está presente, mas a partir de um determinado nível de capacidades científicas e tecnológicas, construídas internamente no bojo das empresas. Isso é fundamental, principalmente para as PMEs brasileiras.

b) Planejamento Estratégico das Tecnologias Críticas da Indústria 4.0

Praticamente todas as empresas entrevistadas declaram possuir um plano aprovado relacionado às tecnologias críticas presentes na indústria 4.0, sendo que tal plano está sendo implementado integralmente. Somente um entrevistado relatou não possuir um plano aprovado ou em fase de aprovação. Isso significa que essas empresas da amostra possuem uma visão estratégica, geralmente de médio prazo, mas as vezes também de longo prazo, com monitoramento constante do mercado.

Estes planos, geralmente na forma de roadmap, são bastante flexíveis, com forte monitoramento do mercado, em função da dinamicidade do desenvolvimento destas tecnologias.

Porém, este **planejamento é bastante focado nas tecnologias que as PMEs desenvolvem**. Ou seja, por atuarem em nichos e por ser a I4.0 algo amplo e complexo, que se redefine constantemente, o planejamento enfoca basicamente as tecnologias críticas da empresa e seu entorno. Não há uma visão planejada de abranger outras tecnologias críticas da I4.0, salvo as que forem realmente visualizadas como necessárias. .



Em outras palavras, prevê-se que o crescimento nos nichos seja robusto e suficiente para o desenvolvimento dos negócios e que a complexidade da I4.0, ao mesmo tempo é uma barreira de entrada em outros nichos, mas também protege o próprio nicho.

c) Estratégias de Capacitação de Recursos Humanos

A capacitação dos recursos humanos para a manutenção da base tecnológica se dá majoritariamente pela **realização de atividades de P&D&I internas à empresa** e monitoramento da fronteira internacional a partir destas atividades. Porém, em grande parte destas empresas há uma participação em atividades de P&D em universidades e centros de pesquisas. Boa parte das empresas foi fundada por pesquisadores ou professores de universidades, que mantém o vínculo institucional.

Um segundo caminho utilizado para internalizar novos conhecimentos tecnológicos é a realização de treinamento de recursos humanos para cursos pontuais “in-house” ou mesmo estímulo à formação própria do colaborador de forma autodidata. Esses cursos vêm suprir a defasagem que a academia tem com o mercado. Embora, o ambiente acadêmico ofereça oportunidades de monitorar os temas que estão na fronteira tecnológica internacional, as tecnologias com menor densidade tecnológica ou maior prontidão para o mercado.

Um outro caminho encontrado para a aquisição de novos conhecimentos nas tecnologias críticas é a contratação de profissionais especialistas nas novas tecnologias de I4.0.

Há um entendimento natural que **a base da capacitação são atividades de P&D&I** e da importância de sua manutenção, porém os caminhos e formatos destas atividades são bastante diversificados, desde inovação em aberto, aprendizagem com parcerias até projetos de pesquisas em universidades.

d) Estratégias de Mercado e Modelos de Negócios

Outro ponto comum em todas as empresas é o entendimento de que **a adoção da I4.0 dar-se-á de maneira gradual e não sistêmica**, como é parte de sua dinâmica intrínseca. Ou seja, embora os usuários em sua maioria já aceitem que a I4.0 é um caminho inexorável, os caminhos para sua adoção ainda não estão claros. Os retornos dos investimentos ainda estão sendo questionados e avaliados.

Embora a I4.0 seja um processo mais amplo, de mudança de cultura institucional, que vai da tecnologia aos negócios e demande uma abordagem sistêmica, esta reformulação do ambiente industrial ainda vem sendo avaliada e confirmada.

Neste sentido, os modelos de negócios focam-se, e entende-se que continuarão a se **focar em soluções customizadas**. Houve consenso de que as plantas fabris, mesmo dentro de um mesmo setor, apresentam especificidades próprias, que demandam alta intensidade de customização. Portanto, não se espera em um curto espaço de tempo a existência de soluções genéricas. Alguns consideram que isto dificilmente venha a acontecer.

Portanto, há o entendimento de que haverá **um aumento potencial de mercado para PMEs que possuam base tecnológica em I4.0**.

Foi apontado também que **I4.0 é muito mais do que o ambiente industrial**. Alguns atores apontaram que a medição de variáveis críticas (sensoriamento), análise e tomada de decisões (Inteligência Artificial) etc., será um desafio para qualquer organização de grande porte (hospitais, lojas, autarquias etc.) no médio prazo, seja pela diminuição de custos, seja pela eficiência ou competitividade.


Duas características que marcam a estratégia de negócios das empresas entrevistadas são:

- **A implantação localizada de ferramentas de I4.0 para sensibilização e comprovação dos resultados.** As empresas especializam-se no entendimento aprofundado do processo produtivo, das falhas de processo e das possibilidades de melhorias. Há um esforço no entendimento das “dores” das empresas usuárias e na capacidade de ofertar soluções customizadas, de baixo custo quando comparadas com tecnologias importadas e que resolvam os problemas e comprovem a eficácia da I4.0 quanto aos processos tradicionais;
- **A formação de parcerias para atendimento aos clientes.** As empresas entrevistadas têm uma cultura amadurecida de formação de parcerias. O entendimento da complexidade da I4.0 e da necessidade de conhecer profundamente o escopo da solução localizada (sensoriamento, tratamento de dados, análise etc.), tem levado empresas a rapidamente identificar parceiros necessários para o fornecimento de uma solução mais ampla do que o escopo de seus produtos e serviços. Estas redes de parcerias têm se formado com facilidade e proporcionado ampliação dos negócios. E há um entendimento de que estas parcerias devem continuar no médio prazo. Ou seja, não há uma expectativa de avançar.

De maneira geral, as empresas relataram novas possibilidades de negócios surgindo a partir da implantação de soluções de I4.0. Já se vislumbram possibilidades de transformar a implantação de uma solução em uma prestação de um serviço. Também possibilidades abertas para adensar tecnologicamente a solução fornecida, incluindo etapas de análises de dados coletados, pequenas soluções de Inteligência Artificial (IA).

e) Digitalização de produtos e processos

A transformação digital já é uma realidade nas empresas da amostra da pesquisa (fornecedoras de soluções/serviços). A maioria dos entrevistados relata a utilização de ferramentas digitais (I4.0) em seus processos produtivos. Porém, na grande maioria **esta adoção é mais restrita do que sistêmica**. Ou seja, embora forneçam produtos e serviços que em um futuro próximo irão




convergir para um processo sistêmico de transformação digital, as próprias empresas fornecedoras ainda não ensejam esforços neste sentido.

A pesquisa procurou detalhar ainda o grau de adoção das tecnologias críticas da indústria 4.0 nos processos internos das empresas entrevistadas. Neste sentido pode-se notar que existem dois grupos com tendências distintas.

Há um grupo de empresas mais avançadas na adoção dessas tecnologias – as quais possuem gestão da produção automatizada por meio de soluções de comunicação M2M (máquina a máquina) ou gestão do desenvolvimento de produtos por meio de sistemas de modelagem virtual, relacionamento com os fornecedores em tempo real, relacionamento com clientes através de monitoramento online de produtos em uso e, por último, gestão dos negócios com apoio de big data e inteligência artificial.

Existe um segundo grupo de empresas, que é a maior parte das empresas, com a adoção mais lenta e parcial das tecnologias, o que reforça a existência de uma tendência de adoção incremental de tais tecnologias. Neste grupo observa-se que há o relacionamento com fornecedores ocorre com a transmissão de pedidos por meio eletrônico, o desenvolvimento de produto com sistema integrado (projeto, fabricação e cálculo de engenharia), a gestão da produção ocorre por meio de automação simples com máquinas não conectadas ou processos parcialmente automatizados, o relacionamento dos cliente com a execução de contratos e registros ainda manualmente ou automatização somente de vendas, e, por último, gestão dos negócios com sistemas de informação independentes, os quais ainda são específicos por departamento ou área, sem integração ou então sistemas compostos por módulos e base de dados integrados.

Neste aspecto, é salutar a contribuição de Gupta (2019). O autor considera, a partir da discussão da trajetória de inúmeras empresas, de diferentes setores, como Amazon, Telefonica e John Deere, que as empresas têm reorganizado seus negócios em função das demandas dos clientes, não dos produtos nem da concorrência existente, com uma visão estratégica que impõe uma mudança cultural profunda na organização para que haja a integração da estratégia digital aos negócios.



Assim, como evidenciado na pesquisa de campo, **as empresas fornecedoras de I4.0 também tendem a adotar de forma incremental as tecnologias críticas em seus processos internos**, na busca por complementariedade e criação de novos negócios e novos serviços.

Em parte, isto se explica pelo porte dos entrevistados e capacidade restrita de investimento.

Um outro fator crítico, que ainda restringe a adoção sistêmica, tanto em usuários como fornecedores é a **preocupação com os riscos cibernéticos**. Todas as empresas entrevistadas possuem uma política ou estratégia específica para lidar com hackers, riscos cibernéticos e vazamento de dados de sua empresa. Porém, entendem que este tema demanda um investimento contínuo, mesmo que suas soluções dependam na maior parte das condições de segurança do cliente e que sigam estas diretrizes.

Esta preocupação observada na amostra da pesquisa converge com as tendências internacionais que apontam para a necessidade de políticas intrafirma para monitoração e reação diante dos riscos cibernéticos, bem como políticas públicas de regulação ao controle e acesso a dados, como a Lei Geral de Proteção dos Dados (LGPD), aprovada no Brasil com a Lei 13.709 de 14 de agosto de 2018, que regulou as atividades de tratamento de dados pessoais e alterou o Marco Civil da Internet (Lei 12.965 de 24 de abril de 2014).

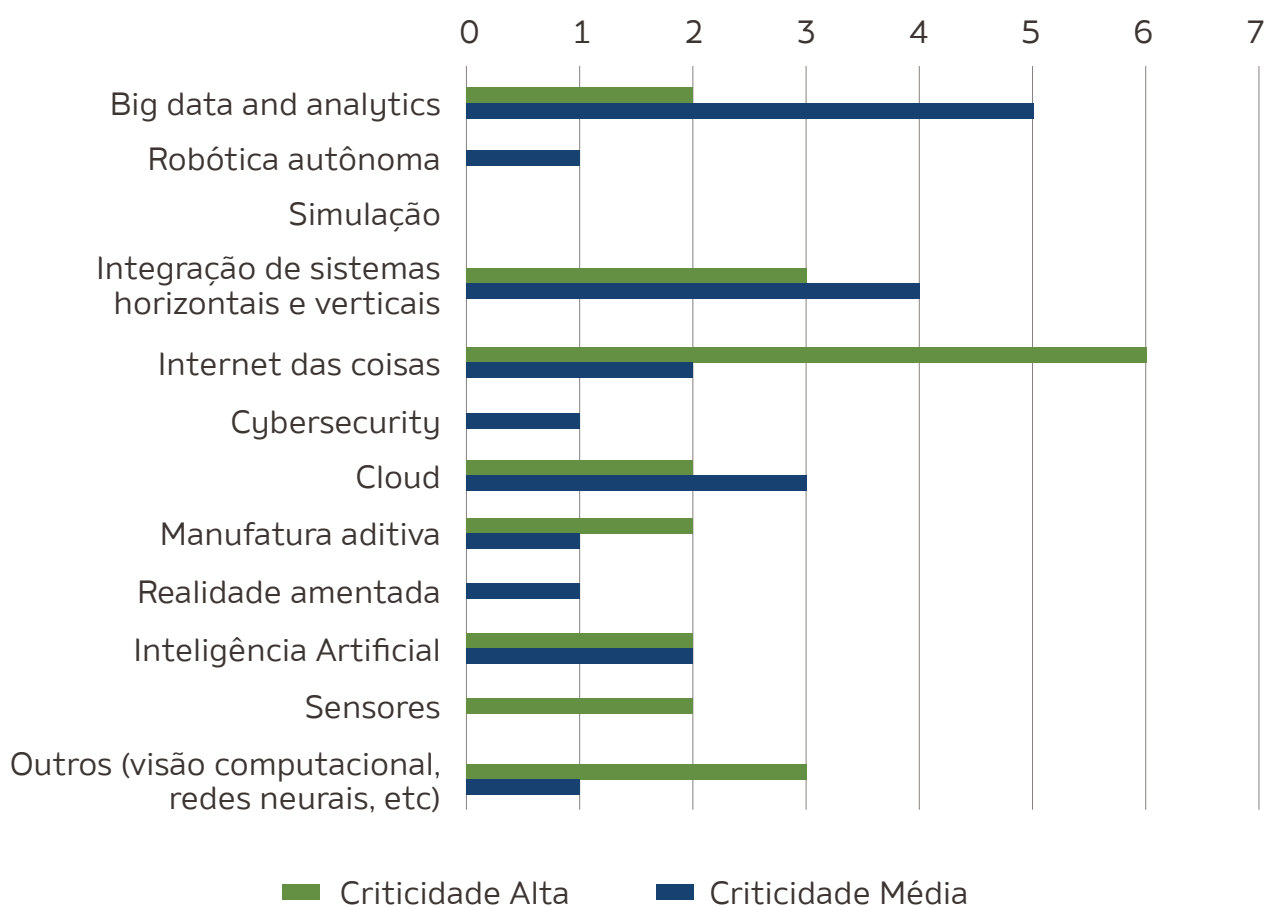
f. Adoção das tecnologias críticas da indústria 4.0 – Atual e Previsto

Dentre todas as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, que as empresas afirmam possuir, há um destaque para competências de **maior criticidade** relacionadas a **Internet das Coisas** (IoT), seguida por seguido por Integração de Sistemas Verticais e Horizontais, big data e analytics, dos serviços de cloud e inteligência artificial, sensores e manufatura aditiva.

Já nas tecnologias habilitadoras **com criticidade média**, destaca-se **big data e analytics**, seguida por integração de sistemas, cloud e Internet das coisas.

A figura 10, a seguir apresenta a distribuição das tecnologias críticas para as empresas fornecedoras de soluções e serviços de I4.0, em dois níveis: média e alta.

Figura 10. Tecnologias críticas atuais

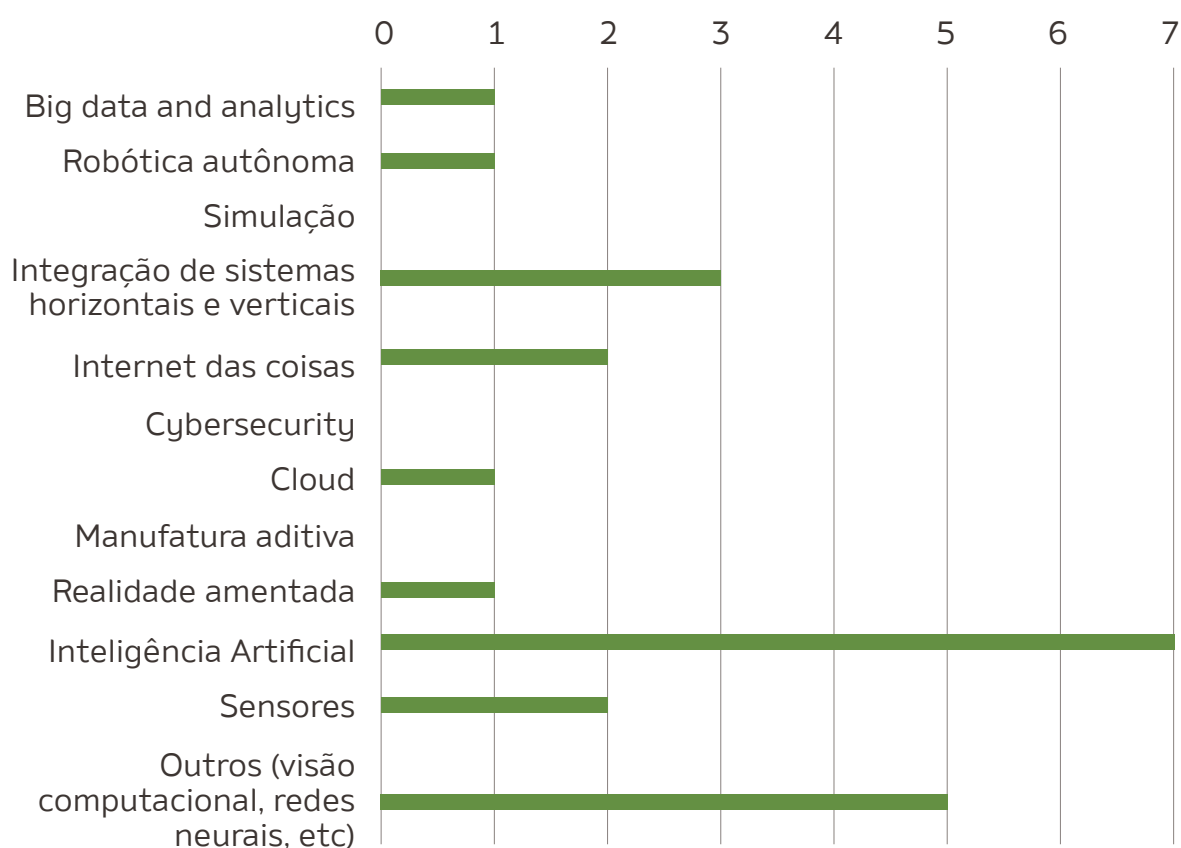


Fonte: Dados primários, pesquisa de campo, 2019

Pela distribuição na figura e os dados nas entrevistas, a maior parte das empresas está majoritariamente focada nas primeiras etapas de digitalização da I4.0, com a instalação de sistemas de sensoriamento, atuadores, coleta e armazenamento de dados para a integração de sistemas.

A figura 11 apresenta a distribuição das tecnologias consideradas mais críticas para um futuro próximo.

Figura 11. Funções e gerações de tecnologias digitais



Fonte: Dados primários, pesquisa de campo, 2019



Com relação às tecnologias críticas prevista para um **futuro próximo** destaca-se com maior homogeneidade a **Inteligência Artificial**. Em seguida destacam-se a integração de sistemas, Internet das Coisas e Sensores. Isto talvez se explique pelo fato de que nesta primeira etapa de implantação o foco de atuação ainda está circunscrito na coleta e tratamento de dados e disparo de atuadores. A sequência natural então será a ampliação do conhecimento acerca do processo produtivo e a tradução deste processo em sistemas de inteligência artificial. As demais tecnologias críticas citadas para um futuro próximo estão mais pulverizadas, com breve destaque para visão computacional, IoT, Big Data e sensores. Também aparecem novos temas como redes neurais, blockchain e robótica colaborativa.

g. Financiamento à inovação

No que tange ao uso de financiamento externo, observa-se que duas iniciativas governamentais são importantes – a Lei de Informática (originalmente estabelecida na Lei 8.241 de 1991) e a Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE) promovida pela Fapesp, desde 1997, no Estado de São Paulo³⁰. A Lei de Informática prevê incentivos à P&D desde que exista produtos que atendam ao Processo Produtivo Básico (PPB), que determina o nível de nacionalização da produção, sendo que este elemento irá sofrer mudanças nos próximos meses, as quais irão afetar negativamente essas empresas incentivadas por meio deste mecanismo³¹. Já os projetos financiados pelo PIPE recebem recursos não reembolsáveis da Fapesp para testar suas ideias, protótipos e escalonar produtos e processos de base tecnológica.

Um conjunto menor de empresas afirma usufruir de financiamento da Finep, na modalidade subvenção e InovaCred 4.0, além de parceria Embrapii e aporte de fundos de investimento privado, como o Primatec. .

30. O programa PIPE tem auxílio fase 1 com financiamento até R\$ 200 mil e fase 2, até 2 anos, com valor máximo de financiamento até R\$ 2 milhões. Mais informações em <http://www.fapesp.br/pipe/> (acesso em 17 de novembro de 2019).

31. A Lei de Informática deverá ser revisada e alterada no Brasil diante dos questionamentos que o país recebeu e sua condenação na Organização Mundial do Comércio. O prazo estabelecido era de 21 de junho para eliminação dos elementos de conteúdo local e até 31 de dezembro de 2019 para suspensão de tais benefícios, o que irá afetar fortemente este conjunto de PMEs de base tecnológica atuantes em TICs. Fonte - <https://www.leidainformatica.com/brasil-acerta-prazos-para-adequar-lei-de-informatica-a-regras-da-omc/> (acesso em 18 de junho de 2019).

h. Planejamento Futuro

É consenso entre as empresas também a existência de uma diretriz estratégica para os próximos 5 a 10 anos para enfrentar os desafios da indústria 4.0, embora ainda existam questionamentos sobre a aplicabilidade dessas tecnologias no negócio de atuação propriamente dito.

Diante deste elevado grau de incerteza no horizonte de médio e longo prazo, pode-se observar que as empresas **têm adotado como estratégia básica o incremento da base instalada no Brasil** e buscar agregar valor aos negócios por meio da aplicação em outras atividades correlatas ou indústrias, como agronegócio, indústria espacial e militar.

As empresas relatam que tem surgido a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre processos produtivos e aplicações possíveis de inteligência artificial nos setores onde atuam.

Para as empresas usuárias de I4.0, a percepção dos entrevistados é que a estratégia fundamental tem sido otimizar os ativos que já possuem. Assim, vale destacar que o processo de implementação da indústria 4.0 no Brasil tem se mostrado diferente daquilo que se observa no exterior. As empresas brasileiras não têm capacidade (produtiva, tecnológica e financeira) para iniciar uma nova planta produtiva, por isso tem adotado a estratégia de adoção incremental em determinados processos industriais de forma gradativa. .

4. ANÁLISE DE RESULTADOS E IMPACTOS DA I4.0

A partir dos resultados obtidos na pesquisa de campo e do levantamento das fontes secundárias, foi construída a seguinte matriz de SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), sintetizada neste quarto capítulo do presente relatório. Observa-se que os itens relacionados, são os que foram de maior destaque, sendo então esta matriz uma síntese dos principais fatores.

Figura 12. Matriz SWOT sobre PMEs na indústria 4.0

| FORÇAS | FRAQUEZAS |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Presença das empresas em ecossistemas vibrantes; | Visão limitada dos usuários; |
| Cultura acadêmica empreendedora; | Resistência à mudança cultural da I4.0; |
| Cultura de parcerias amadurecida; | Payback do investimento ainda indefinido; |
| Existência políticas públicas e linhas de financiamento; | Ausência de incentivos específicos para o desenvolvimento de tecnologia nacional; |
| Sensibilização dos empresários; | Escalabilidade; |
| Redução progressiva de custos dos dispositivos e facilidade de acesso às tecnologias críticas; | Financiamento das Provas de Conceito (POCs); |
| Inovação aberta. | Estrutura tributária complexa e dificuldades para importação de equipamentos. |

| OPORTUNIDADES | AMEAÇAS |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mercado potencial com crescimento exponencial para aplicação de I4.0; | Descontinuidade e mudanças da Lei de Informática nos incentivos à P&D local Empresas isoladas de redes e ou inexistência de ecossistemas; |
| Tecnologias habilitadoras de I4.0 tendem a expandir suas áreas de aplicação; | Enfraquecimento do sistema de C&T&I; |
| Barreiras à entrada baixas para empresas de base tecnológica; | Dificuldade de formar RH especializado e em escala para acompanhar o crescimento da I4.0; |
| A continuidade de I4.0 como prioridade na agenda política dos ministérios da Economia e da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação; | Demora em ações complementares segurança, jurídico etc.; |
| Fornecimento para multinacionais e internacionalização. | Risco de desemprego massivo e resistências políticas. |


Fonte: elaboração dos autores.

4.1. Forças

Em todas as empresas verificou-se uma perspectiva de crescimento rápido e de oportunidades, embasados pela capacidade tecnológica construída, que, por sua vez, resulta de ações diversas e conjugadas na formação dos ecossistemas selecionados.

Na dinâmica de atuação das empresas identificam-se elementos estruturantes dos ecossistemas aonde estão inseridas, fortemente relacionados e interdependentes: estímulos para a interação com a academia, cultura de interação e formação de parcerias com outras empresas e o estímulo ao uso de incentivos e fontes de financiamento para projetos de P&D.

A presença de um ecossistema atuante e vibrante, faz-se presente na superação de gargalos estruturais para a formação e desenvolvimento de empresas de base tecnológica no País e proporciona, ainda que não se saiba



exatamente a escala, a geração de um novo tecido produtivo, com maior alinhamento à dinâmica de P&D&I internacional.


A junção das ações em âmbito nacional e regional para sensibilizar e esclarecer a dimensão e impactos da Indústria 4.0 e também de Internet das Coisas, junto aos empresários, a construção de planos e agendas, bem como câmaras setoriais, constituem uma força em curso, que potencializa o novo tecido.

E todos estes fatores, que são um subconjunto do total de forças, por sua vez, são também potencializados por externalidades como a diminuição do custo de acesso à tecnologia de I4.0 em geral, desde sensores, serviços de armazenagem, plataformas etc. Também a ampliação da inovação em aberto, como dinâmica de atividades de P&D&I, tem ampliado a disseminação e acesso à tecnologias disruptivas, em especial, o link que tem sido feito entre empresas de grande porte, nacionais e multinacionais e empresas startups, estas atuando como elementos dinamizadores da inovação no ambiente das grandes empresas, que oferecem maior inércia para a criatividade e desenvolvimento de inovações disruptivas.

4.2. Fraquezas

Contrapondo-se aos fatores que reforçam o desenvolvimento da I4.0, há no Brasil dificuldades semelhantes a outros países, como se observa sinteticamente nos achados das fontes secundárias apresentadas no segundo capítulo do presente relatório.

Mesmo que a indústria 4.0 se caracterize como processo sistêmico, que enseja uma mudança na cultura institucional, há resistências de diversas naturezas a esta mudança. A resistência mais usual parece ser a mudança de perspectiva das ferramentas de TICs e automatização: de um “mal necessário” para poder manter a competitividade, para TICs como vetor de construção de valor, este por sua vez, fortemente baseado na produção de inteligência, tanto nos processos internos quanto conteúdo para o usuário.




A percepção dos princípios que embasam a I4.0, ainda está distante da maioria dos usuários e potenciais usuários. Há um entendimento usual de que I4.0 está vinculada com a introdução de robôs no processo de manufatura e que isso demandará alto custo de investimento. Esta visão gera uma distância da empresa usuária com o real problema: o de que não conhecem profundamente o seu processo produtivo e suas ineficiências.

Este distanciamento é reforçado pela I4.0 possuir uma dinâmica inovativa intensa, e, portanto, de reconfiguração contínua e isto dificultar a visualização do retorno do investimento (payback). Um caso ilustrativo é a declaração de um alto dirigente de uma empresa multinacional de destaque no uso de I4.0, dizendo que estão aplicando os princípios de I4.0, mas o retorno só irá conseguir saber daqui a algum tempo.

Uma boa parte das empresas ressenete-se de que, apesar de estarem produzindo tecnologia nacional, gerando e retendo conhecimentos para a base tecnológica do País, não há um reconhecimento disto por parte do Governo, especialmente na forma de incentivos.

Outro ponto que dificulta o crescimento e estruturação do novo tecido produtivo é a inexistência, até o presente momento, de mecanismos que apoiem a escalabilidade do fornecimento de soluções e serviços. Por ser este fornecimento usualmente caracterizado por parcerias, ainda não se tem mecanismos que potencializem a ampliação destas redes na visão das empresas. Considera-se que existem iniciativas-piloto, principalmente executadas na agenda da ABDI, mas que ainda estão distantes da realidade demandada pelas empresas dos ecossistemas. Uma sugestão seria traçar uma agenda específica no bojo da estratégia federal atrelada à dinâmica destes ecossistemas de inovação e empreendedorismo mais pujantes, os quais possuem reconhecidamente maior potencial de difusão tecnológica na indústria de transformação brasileira.

Um aspecto também destacado é que, em função da baixa disponibilidade de recursos para investimento dos usuários, tem-se exigido que as próprias



startups financiem as Provas de Conceito (POCs) de suas soluções e a dificuldade de fazer isto a partir das fontes disponíveis. Aqui o problema maior reside no timing e alinhamento da fonte com a dinâmica de mercado. Há exceções, como as empresas do Estado de São Paulo, que tem utilizado o Programa PIPE da Fapesp e uso por algumas empresas do sistema Embrapi.


E por último, mas não menos importante, a citação de um gargalo estrutural que é a complexidade e custo de importação de equipamentos e tecnologia, que é um fator crucial para a manutenção do acompanhamento da fronteira internacional. Ou seja, trazer para o País, absorver e a partir disto gerar valor.

4.3. Oportunidades

É consensual entre entrevistados que existe um mercado potencial que a I4.0 abre para as PMEs, tanto fornecedoras como usuárias. Os entrevistados também entendem que a I4.0 é um processo mais amplo que a automatização da indústria. Engloba um conjunto de princípios e processos, mais que tecnologias, que impactarão todas as organizações em um futuro próximo. Foram citados exemplos diversos, desde grandes lojas que comercializam produtos de consumo de massa, como organizações de grande porte como hospitais, escolas e prefeituras, dentre outras.

Neste sentido, vale lembrar que a gênese da I4.0 foi motivada por uma reação da Europa, em especial a Alemanha, à perda de competitividade para os chineses e sua vantagem comparativa de baixo custo de mão de obra. A I4.0 veio então como um modelo para potencializar empresas europeias, principalmente PMEs para se tornarem-se competitivas internacionalmente.

Entretanto, diante das peculiaridades de cada instituição e do estágio de desenvolvimento da indústria brasileira, há um grande mercado de customização de soluções que se vislumbra, no qual haverá a expansão do uso, que ora já ocorre, para setores diversos, incluindo serviços. •




Os entrevistados também visualizam que há uma tendência crescente de diminuição das barreiras de entrada, ou seja, diminuição dos valores de acesso pelo usuário e ampliação da motivação (principalmente pela sobrevivência no mercado) para adoção. Um exemplo neste sentido é a introdução da venda de serviços de I4.0, ao invés de fornecimento de soluções, que proporciona significativa redução de custos para o usuário.

Há uma percepção de um amadurecimento do diálogo com o Governo, particularmente no posicionamento frente às prioridades estratégicas relacionadas à I4.0 e IoT. As medidas concretas adotadas (criação de novas linhas de financiamento, agenda de prioridades etc.), geram a perspectiva de que gargalos estruturais do apoio ao desenvolvimento tecnológicos, como os impostos de importação já citados, sejam equacionados. Como também medidas estruturais de mais longo prazo relacionadas à formação de recursos humanos para o novo paradigma que está sendo implantado.

A conexão multinacionais-startups, já citada, pode abrir oportunidade para que soluções adotadas no Brasil, possam se internacionalizar. Apesar de que ainda seja relatado um comportamento predatório das multinacionais, passando a adquirir a empresa startup ou exigir os direitos de comercialização, esta interação tem aberto possibilidades de entendimento e absorção da dinâmica de P&D&I internacional.

4.4. Ameaças

O risco de suspensão ou mudanças representativas nos incentivos existentes na Lei de Informática no Brasil, à exceção da região da Amazônia Ocidental, foi citado como uma das principais ameaças. Há empresas que só puderam desenvolver tecnologias a partir dos investimentos de P&D das empresas beneficiárias da Lei. Há um temor que não se encontrem mecanismos que possam substituir os atuais mecanismos da Lei (demanda da OMC), de modo a não desestimular ou descontinuar os investimentos. •




A formação de ecossistemas locais de inovação e empreendedorismo é um processo lento de formação de cultura, de convergência de interesses, de aprendizado coletivo. Também de investimento público e privado, de formação de recursos humanos. Embora os ecossistemas selecionados se destaquem, ainda estão distantes de estarem plenamente consolidados.

Vale destacar que as transformações em sistemas de ciência, tecnologia e inovação são processos lentos, apesar do crescente aumento de velocidade, ainda são mensuráveis em anos, ao invés do mercado que opera em escala de tempo muitas vezes mensal. Portanto, rupturas do financiamento da pesquisa, nos apoios à cultura empreendedora ou diminuição dos esforços de formação de RH podem levar a um enfraquecimento progressivo dos ecossistemas no longo prazo.

Outra característica da formação dos ecossistemas é que não é um processo linear. Ou seja, ecossistemas vibrantes emergem da interação de diversos fatores entre si. Muitas vezes boa parte dos fatores, investimentos, vontade política, presença de centros de pesquisa etc., estão presentes, mas não a formação de uma rede de produção colaborativa, com sinergias, não emerge ou surge com limitada capacidade. O que se quer destacar é que os ecossistemas bem consolidados acontecem em condições especiais, fruto da criação de um ambiente propício, que tem um grau de resiliência limitado.

A maior parte das PMEs no Brasil, potenciais fornecedoras e usuárias, não estão conectadas a estes ecossistemas e muitas vezes a nenhuma rede que as potencializem. E a experiência internacional mostra que a tendência é a concentração de competências em determinadas regiões, aonde são maximizadas as condições propícias ao florescimento de ecossistemas.

Assim, uma trajetória, digamos, natural, é a de que os ecossistemas irradiem para outras regiões suas contribuições. O que já vem acontecendo por exemplo com Florianópolis. •



Portanto, a descontinuidade ou mesmo a não ampliação de políticas governamentais estruturantes é uma ameaça que pode levar ao crescimento débil de I4.0 no Brasil. Não se trata somente de manter ou aprimorar os instrumentos vigentes, mas principalmente de avançar para áreas e temas correlatos como legislação de suporte à inovação, à segurança de dados etc. Também mudanças no perfil de formação de recursos humanos (por exemplo a introdução de soft skills na ementa de cursos universitários) etc.

Em resumo, a ameaça é a ausência de uma postura proativa do Governo proporcionalmente ao tamanho do processo de transformação digital e da Indústria 4.0.

A Indústria 4.0 tem como princípio a capacitação contínua de profissionais, o upgrade de suas competências para a migração facilitada pelos diversos setores dentro da empresa. Isto é aderente com o perfil de profissionais europeus, particularmente Alemanha. Porém, mesmo na Europa e países desenvolvidos, esta migração não é um processo trivial, especialmente para profissionais com maior tempo de carreira.

No Brasil o impacto previsto é de desemprego massivo, uma vez que em geral a qualificação dos profissionais é baixa e o salto para um novo patamar de qualificação é difícil de ser realizado. A maior probabilidade é que somente uma nova geração de profissionais será capaz de se inserir neste novo paradigma, dada a velocidade de implantação. Mesmo com a adoção gradual da I4.0, o tempo de mudança de uma cultura de formação de RH é ainda mais lento.

Há então ameaças tanto quanto ao acirramento do gap de RH especializado, que já é um gargalo estrutural no Brasil e outros países, quanto com relação aos impactos sociais e econômicos do desemprego. E novamente, o problema não é somente da indústria. Pequenos e médios negócios das mais diversas áreas tendem a demitir, em maior ou menor medida, tendo em vista a possibilidade de esforços concentrados em processos massivos de requalificação. •


4.5. Implicações para a Transformação Digital de PMEs

Assim como observado nos países desenvolvidos, pelos resultados obtidos da amostra há também a percepção da carência da adoção de uma estratégia abrangente envolvendo I4.0 (ver capítulo 2). Esta carência é apontada principalmente para as empresas usuárias, que ainda estão nos primeiros estágios de digitalização, porém também nas empresas fornecedoras da amostra. Mesmo configurando-se como casos de sucesso, o uso de ferramentas de I4.0 nos próprios processos internos ainda é limitada.

Tomando-se como referência o estudo da CNI, quanto aos desafios de I4.0 para PMEs no Brasil (item 2.2.2), observa-se que alguns clusters tecnológicos citados como tendo impacto disruptivo até 2027, também foram citados na amostra. É o caso de Inteligência Artificial e Produção Inteligente e Conectada. Internet das coisas aparece como um tema medianamente crítico para o futuro na amostra, ao contrário da pesquisa do CNI, ao passo que Big Data, Analytics e Cloud Computing aparecem como críticos tanto no presente como no futuro pela amostra e não são citados no estudo da CNI.

O que se observa na amostra é que há um processo de aprendizado em curso que no estágio atual parece concentrado nos primeiros estágios de automação e introdução de atuadores a partir de sensoriamento, e de fornecimento de dados para uso de Analytics. E a partir deste estágio há um processo de preparação dos dados coletados (formato, consistência etc.) para uso em sistemas de Big Data e Analytics. A partir dos aprendizados nestes dois estágios algumas empresas já atuam ou se preparam para desenvolver sistemas de análise de dados e uso de Inteligência artificial.

Quanto às próprias empresas fornecedoras (amostra), há duas estratégias de digitalização: as empresas que adotam a estratégia seletiva, com parte de seus processos digitalizados (desenvolvimento do produto e da produção) e as com estratégia digital, que utilizam e integram todos os processos com ferramentas digitais (gerações 3 e 4), incluindo fornecedores, vendas e negócios.




Do lado dos potenciais usuários de I4.0, a experiência das empresas fornecedoras é que mais de dois terços ainda não pararam para refletir acerca dos impactos da transformação digital em seus negócios. Estes resultados, alinham-se com as pesquisas do perfil de PMEs no Brasil (Cetic, 2017 e Sebrae/Dieese – 2018 - Anexo I), aonde apenas 35% das micro e pequenas empresas possuem uma área de TI, quase 50% tem conexão à Internet de baixa qualidade, 23% tem sistema integrados de dados (software) e 20% em média fazem transações online. Em outras palavras, a maior parte dos potenciais usuários ainda opta por uma estratégia analógica (baixo nível de uso das ferramentas digitais) e enquadram-se nas gerações 1 e 2 (CNI, 2018), ou seja com transmissão de pedidos manualmente ou por meio eletrônico, desenvolvimento de produto sem integração com gestão de dados de produto e processo, gestão da produção parcialmente automatizada, sem sistemas de apoio de suporte a vendas baseado na Internet e sem base de dados para apoiar análise do negócio.

Particularmente, em relação à I4.0 há uma boa sensibilização, mas ainda resistências significativas, seja por baixo volume de recursos para investimentos, seja pelas indefinições quanto aos retornos do investimento.

O sensoriamento e integração de sistemas aparece como caminho natural para os pequenos negócios, mas o primeiro passo citado por quase todos os entrevistados é a empresa conhecer seu processo produtivo profundamente, os pontos de ineficiência e as possibilidades que a I4.0 oferece. Apesar de que a maior parte dos usuários esteja fazendo experimentação das ferramentas, em um futuro próximo, o foco no entendimento da melhoria da eficiência, a integração e a agregação de valor deverão ser a tônica.

4.6. Matriz SWOT e Plano de Ação da Câmara I4.0

Em setembro de 2019 foi lançado o Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (MCTIC & ME, 2019).



A Câmara da Indústria 4.0 foi formalizada em abril de 2019 e em maio do mesmo ano iniciado o trabalho de construção deste Plano, que agrupou dezenas de organizações governamentais e da indústria. Neste plano são sintetizadas ações para o desenvolvimento da I4.0 no Brasil, agrupadas em 4 eixos:

- I. Desenvolvimento Tecnológico e Inovação;
- II. Capital Humano;
- III. Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores; e
- IV. Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura.

Este item apresenta uma análise das fraquezas ou ameaças identificadas na matriz SWOT vis-à-vis ações desenhadas no Plano. Ou seja, verifica se há ações que enderecem a fraqueza ou ameaça. Observa-se que para uma fraqueza ou ameaça pode haver ações com impacto indireto. Por exemplo, ações para novos instrumentos de financiamento podem ter impacto na resistência cultural à I4.0, porém pode ser um impacto difuso, de difícil mensuração, então optou-se pela escolha de ações que respondam diretamente ao que foi apontado. Eventualmente, também identificar ausência de ações para as fraquezas ou ameaças apontadas na matriz SWOT. Quando há uma ação identificada, os comentários são no sentido de trazer insumos para potencializar a ação, a partir do trabalho de campo realizado.

Foram então criadas 4 categorias para o impacto do plano de ação:


- a. Não identificado – quando não foram encontradas ações que impactem diretamente aquela fraqueza ou ameaça;
 - b. Baixa – quando há poucas ações que impactem diretamente;
 - c. Média – quando há um bom número de ações que impactem, mas que ainda necessita mais ações para ter um bom encaminhamento da fraqueza ou ameaça;
 - d. Alto – quando as ações desenhadas tendem a solucionar a fraqueza ou ameaça.
- 

Figura 13. Matriz SWOT sobre PMEs na indústria 4.0

| It. | Matriz SWOT Fraquezas (F) ou Ameaças (A) | Impacto do Plano de Ação da Câmara I4.0* | Comentário |
|-----|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | F: Visão limitada dos usuários | Baixo - CPDF – Ação 2.6 - Despertar o engajamento do pequeno e médio empresário para soluções da Indústria 4.0. | A ação pode ser potencializada com informações e análises de payback e de ganhos de produtividade. Também parecem ser necessárias ações massivas de comunicação e sensibilização, dada a distância do perfil vigente com a I4.0. |
| 2 | 2 F: Resistência à mudança cultural da I4.0; | Baixo - CPDF – Ação 2.4 - Apoiar a criação de rede de consultores credenciados para a elaboração de Planos Empresariais Estratégicos de Digitalização, com foco em MPMEs. | A I4.0 implica em mudança profunda na visão do empresário, tanto fornecedor como usuário. Trata-se de construir inteligência, ao invés de uma digitalização massiva. De redefinir o negócio a partir do entendimento das potencialidades etc. Para esta transformação de cultura são necessárias ações de comunicação e marketing, além das ações técnicas. |
| 3 | F: Payback ainda indefinido | Médio - Aparentemente, 3 ações podem endereçar, dentro do tema DTI: 3.1 -Relacionar e classificar demonstradores nacionais de tecnologias, conforme o nível de maturidade das empresas. 3.2- Identificar iniciativas internacionais de demonstradores de tecnologias com objetivo de sensibilização, inspiração, networking e benchmarking, entre outros. 3.3 - Identificar atores (ICTs e empresas) para demonstração de tecnologias em escala reduzida (test beds) e em escala industrial. | Acredita-se que nestas ações, além da performance técnica, ganhos de produtividade, também sejam apresentados estudos de custo de implantação e retorno do investimento. Neste caso, recomenda-se a existência de estudos específicos para pequenas e médias, como por exemplo, a adoção de serviços de I4.0, ao invés de implantação de sistemas. |


| | | | |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | F: Ausência de incentivos específicos para o desenvolvimento de tecnologia nacional; | <p>Médio - Ações RNTI</p> <p>2.1 - Acompanhar a tramitação e aprovação do PLC no 79/2016 que altera as Leis no 9.472/1997 e 9.998/2000 e o PLC no 7656/2017, que desoneram os dispositivos de Internet das Coisas, e ações correlatas que envolvam alteração legislativa.</p> <p>3.1. FINEP "Aquisição Inovadora" com contratação direta e indireta (empresas que tenham Portaria MCTIC no 950/2006).</p> | As PMEs fornecedoras dependem de acesso a equipamentos importados, tem limitações administrativas para lidar com a complexidade tributária e outros gargalos administrativos. O incentivo não precisa ser necessariamente fiscal, mas possibilidades de fasttracks, compras públicas inovadoras (PPI) etc. As ações propostas endereçam parte das dificuldades das PMEs. |
| 5 | F: Escalabilidade | <p>Alto - Todas as ações do CPDF impactam positivamente, direta ou indiretamente a escalabilidade.</p> | A dinâmica intrínseca às PMEs entrevistadas é a cooperação e parcerias, o que é apontado como uma dinâmica geral da I4.0. Portanto, a escalabilidade pode ampliada por ações complementares às propostas que reforcem esta dinâmica. |
| 6 | F: Financiamento das Provas de Conceito (POCs) | <p>Alto - DTI – ação 2:</p> <p>2.1. Promover parcerias com bancos públicos e privados e agências de fomento para garantir um conjunto de opções de recursos financeiros acessíveis a diferentes empresas e ICTs.</p> <p>2.2 Propiciar para as empresas apoios de crédito, subvenção e compras governamentais destinados ao desenvolvimento tecnológico voltados para a Indústria 4.0.</p> <p>2.3 Elencar instrumentos de órgãos de fomento, como FINEP, BNDES, CNPq, EMBRAPA, SENAI e FAP, entre outros, que poderão fazer parte da "CESTA 4.0</p> | Os mecanismos atuais e os novos a serem criados devem cobrir esta lacuna. |

| | | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | F: Estrutura tributária complexa e dificuldades para importação de equipamentos | Baixo - Ver item 4, quanto à importação de equipamentos. Com relação à complexidade da tributação, não foi identificada uma ação direta. | Foi relatada a dificuldade de planejar e antever ganhos em função da variação e complexidades das diversas taxas e impostos. |
| 8 | A: Descontinuidade e mudanças da Lei de Informática nos incentivos à P&D local | Não identificado | A Lei de Informática nos anos mais recentes vem tendo uma crescente ampliação da participação das PMEs. Seja usufruindo como beneficiária das isenções, seja usufruindo de investimento de projetos de P&D das empresas beneficiárias. Têm sido crescentes as contrações de startups por multinacionais para ampliar sua capacidade inovativa. As decisões da OMC, já julgadas e definidas, implicarão em mudanças nesta Lei, que podem impactar a dinâmica. |
| 9 | A: Empresas isoladas de redes e ou inexistência de ecossistemas; | Médio - As ações de RTH endereçam uma importante vertente dos ecossistemas, que é a capacitação da recursos humanos e desenvolvimento de atividades de P&D&I. Mas há outras vertentes importantes para mobilizar e estimular a integração de PMEs em rede: ambiente criativo, visão mobilizadora etc. | A I4.0 demanda ações sistêmicas, de promoção de cooperação e de mudança profunda da cultura empresarial. Isto depende basicamente da ambiência criada por ecossistemas vibrantes, que por sua vez demandam uma gama diversificada de instrumentos e ações. Apoiar a consolidação dos ecossistemas e o estímulo à participação de PMEs e formação de redes será crucial, em especial com o envolvimento dos usuários. Desafios lançados aos ecossistemas, premiações, divulgação de narrativas de sucesso, construção de projetos estruturantes etc, são alguns exemplos de ações. |
| 10 | A: Enfraquecimento do sistema de C&T&I; | Médio - Praticamente todas as ações de DTI e CPDF impactam positivamente, de maneira direta ou indireta, o Sistema de C&T&I. | Dado o caráter sistêmico da I4.0, este fortalecimento passa por exemplo, pela construção de espaços transdisciplinares e criativos, com a participação dos usuários em projetos estruturantes. Também o planejamento sistêmico incluindo os diversos tipos de stakeholders. |

| | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | A Dificuldade de formar RH especializado e em escala para acompanhar o crescimento da I4.0 | Alto - Ações de CH bem estruturadas e cobrindo grande parte dos gargalos de formação de RH. | Um dos pontos críticos da formação de RH para I4.0 e para a transformação digital é a transdisciplinariedade e a capacidade de inovar, adaptar-se a novos contextos e explorar o potencial da equipe (soft skills). A complexidade de implantação demanda uma gama de competências complementares às competências técnicas. |
| 12 | A: Demora em ações complementares – segurança, jurídicas etc. | Alto - As ações nos 4 eixos cobrem uma grande parte das ações complementares do Estado para o desenvolvimento da I4.0. | A proatividade do Estado, o timing da adoção de ações e a capacidade de superar gargalos estruturais para implantar ações horizontais, que envolvam áreas diversas do Governo, serão fatores críticos para o desenvolvimento da I4.0. |
| 13 | A: Risco de desemprego massivo e resistências políticas | Médio – CH atividade 2 | Médio – CH atividade 2 A I4.0 surgiu e é capitaneada por países que tem alta qualificação de RH, o que facilita a fluidez por distintas áreas dos processos produtivos e das organizações. Não é o caso do Brasil, em especial do perfil da grande maioria dos usuários. Há um processo mais amplo em curso que é a profunda redefinição das funções produtivas, do emprego e o uso da tecnologia. Os contornos dos resultados e impactos desta ruptura são de difícil mensuração dada a velocidade com que acontecem. Alternativas têm sido buscadas, como a antecipação das competências futuras requeridas e os centros de requalificação. O fantasma do desemprego massivo pode ser crítico gerar resistências e a apoio político à I4.0. |

Fonte: elaboração própria. .





*Obs – siglas utilizadas:

- DTI - Desenvolvimento Tecnológico e Inovação
- CH - Capital Humano (CH);
- CPDF - Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores
- RNTI - Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura •

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Indústria 4.0 é um movimento percebido como inexorável, porém com contornos ainda muito indefinidos, dada a intensa dinâmica inovativa que possui. Suas tecnologias habilitadoras expandem-se muito além das fronteiras da indústria, sobrepondo-se ao processo de transformação digital pelo qual passam a maioria das organizações e setores.


Pode-se afirmar que as **pequenas e médias empresas estão no epicentro das mudanças** aceleradas, provocadas pela transformação digital e I4.0., seja como usuárias ou fornecedoras de tecnologia.

Há perspectivas de que a I4.0 em um futuro próximo venha a atingir com mais intensidade todos os setores em que se inserem as PMEs, incluindo serviços e empresas de varejo.

Embora a adoção seja seletiva, em função de resistências diversas citadas ao longo do estudo, ela tende a tornar-se exponencial a partir da consolidação dos primeiros resultados experimentados.

O papel proativo do Estado será crucial para que o timing da adoção seja tal que não permita um acirramento do processo de desindustrialização. A I4.0 é entendida como uma plataforma para potencializar os pequenos e médios negócios, que teve origem na Europa e, portanto, mais aderente às condições daquela região. Mesmo lá, é um processo disruptivo que causa rupturas e enfrenta resistências de adoção.

O Brasil apresenta condições particulares que dificultam ainda mais esta transição da empresa analógica para a empresa digital. A baixa escolarização, o momento político e econômico, a assimetria social etc., constituem um ambiente que dificulta a implementação de políticas estruturantes e massivas relacionadas à I4.0. Mas parece não haver alternativas para os pequenos e médios negócios e o papel do Estado será fundamental, apoiando



a implementação dos planos de ação das câmaras setoriais (ver anexo II) de Internet das Coisas e I4.0.

As novas linhas de financiamento têm tido um efeito positivo na dinamização das empresas, porém ainda há a necessidade de linhas que atuem na etapa de formulação da ideia empreendedora, que sejam menos acadêmicas e com timing mais adequado ao mercado.


Além das políticas estruturantes e ações de curto prazo, as políticas de sustentação e desenvolvimento dos ecossistemas de empreendedorismo e inovação será crucial, principalmente por se tratar de uma mudança cultural, que para ser catalisada demanda alta interação entre os atores, depende da convergência de visões, da existência de espaços criativos e outros fatores que somente os ecossistemas podem prover.

A formação de recursos humanos continua sendo crítica, porém **a chave da I4.0 é a cooperação**, como dito nas entrevistas. E os ecossistemas constituem-se como um caminho natural para fomentar a cooperação.

Em resumo, a pesquisa evidenciou que a dinâmica pulsante dos ecossistemas de inovação, visto como um ambiente promotor de capacidades produtivas e tecnológicas, bem como parcerias, é um fator crítico na trajetória evolutiva da indústria 4.0 nas micro, pequenas e médias empresas brasileiras. O desafio é grande e a adoção destas tecnologias tem ocorrido de forma incremental e ainda pouco estratégica e alinhada ao ramo de negócios das empresas.

Os ecossistemas selecionados, em sua maioria, tiveram origem com o desenvolvimento regional das TICs e fornecimento para a indústria e comércio. São ecossistemas focalizados e dinamizados pelo lado da oferta de tecnologia. Porém, em um futuro próximo, os usuários dos mais diversos setores dependerão criticamente de tecnologia para sua sobrevivência e principalmente de um novo mindset, presente nestes ecossistemas.

O desafio passa então por políticas e ações que implantem uma nova dinâmica de interação que aproximem usuários e fornecedores. Como



também intensifiquem parcerias tanto entre fornecedores, como também usuários. Para tanto, o entendimento e acompanhamento dos ecossistemas é um caminho estratégico.

As ações governamentais de mobilização e implementação de uma Câmara Brasileira de I4.0 e um plano de ações, destacam-se como uma resposta a este papel esperado dos *policy makers*. A avaliação preliminar do Plano de Ação de I4.0 denota como o mesmo é bastante sistêmico e alinhado com as principais necessidades apontadas pelo trabalho de campo deste estudo, em especial o fortalecimento contínuo dos ecossistemas.

Um passo seguinte no acompanhamento da evolução dos ecossistemas, seria mensurar e comparar de forma mais aprofundada as divergências e convergências entre os ecossistemas. Stangler & Bell-Masterson (2015) propõe uma metodologia interessante para mensurar “*entrepreneurial ecosystem*” por meio de indicadores para captar a vibração do ecossistema – densidade, fluidez, conectividade e diversidade³². Tais elementos apontam para a necessidade de levantamento de microdados sobre os ecossistemas identificados, o que poderia auxiliar na definição de prioridades e uma estratégia focada para o desenvolvimento da P&D&I aderente ao novo contexto.

Outro ponto nevrálgico, que talvez os ecossistemas também possam auxiliar a equacionar será a reciclagem de profissionais e o apoio ao micro e pequeno empresário, que em um curto espaço de tempo precisarão apoderar-se de uma nova visão de emprego e de negócios, profundamente conectada com o desenvolvimento tecnológico.

Assim como a I4.0 é um processo de transformação sistêmica e multidisciplinar, as políticas e ações em âmbito corporativo e governamental também deverão assim se caracterizar, para que possam atingir a eficácia desejada. .

32. Para mensurar a densidade sugere-se contabilizar o número de novas empresas por 1 mil pessoas, a porcentagem de empregos em novas empresas e a densidade do setor de alta tecnologia. Para medir a fluidez, propõe-se o fluxo populacional, a realocação no mercado de trabalho e o crescimento das firmas de alta tecnologia. A conectividade poderia ser contabilizada pelo programa de conectividade, taxa de geração de spinoffs e redes de negócios. Por último, a diversidade poderia ser aferida com a múltiplas especialidades econômicas dos municípios, junto com a mobilidade e número de imigrantes (Stangler & BellMasterson, 2015).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. **A Indústria de Private Equity e Venture Capital – 2o Censo Brasileiro**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. – Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2011. Disponível em https://conhecimento.abdi.com.br/conhecimento/Publicacoes1/A%20Industria%20%20de%20Private_Equity_e_Venture_%20II%20%20Censo%20Brasileiro.pdf (acesso em 04/12/2019).

ABDI. **Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria. Uma contribuição ao debate sobre as Políticas de Desenvolvimento Produtivo**. 1a. Edição, Brasília/DF, 2017.

Disponível em

ABINEE, Indústria 4.0 – Mapeamento do APL Automação e Controle. Núcleo de Engenharia Organizacional. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS**. 2017. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/neo/wpcontent/uploads/2017/12/Relatório-Digital.pdf>. Acesso em 29 de julho de 2019. https://old.abdi.com.br/Estudo/ABDI_Inovacao_Manufatura_Vol01.pdf em 09 de julho 2019.

AKDIL, K.Y.; USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. **Maturity and readiness model for industry 4.0 strategy**. In: Ustundag, A.; Cevikcan, E. Industry 4.0: managing the digital transformation. Springer Series in Advanced Manufacturing, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>. BERGER, Roland Strategy Consultants. BDI. **The digital transformation of industry**. Roland Berger Strategy Consultants, 2015.

BERGER, Roland Strategy Consultants. BDI. **The digital transformation of industry**. Roland Berger Strategy Consultants, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gerrit_Remane/publication/304525645_The_digital_transformation_of_industry_-_How_important_is_it_Who_are_the_winners_What_must_be_done/links/577243b208ae0b3a3b7f1034/The-digital-transformation-of-industry-How-important-is-it-Who-arethe-winners-What-must-be-done.pdf. Acesso em 15.ago.2019

BOSTON CONSULTING GROUP. **Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries, 2015**. Disponível em <https://www.zvw.de/media.media.72e472fb-1698-4a15-8858-344351c8902f.original.pdf>. Acesso em 08 de jun. 2018.

BRASIL. **Lei complementar no. 123 de 14 de dezembro de 2006**. Institui o Estatuto Nacional de Microempresa e Empresa de Pequeno Porte. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp123.htm>. Acesso em 29 de jul. 2019.

BRASIL. **Decreto no. 9.854 de 25 de junho de 2019**. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20192022/2019/Decreto/D9854.htm>. Acesso em 29 de jul. 2019.

CETIC.Br – Pesquisa sobre o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos domicílios brasileiros - TIC Domicílios 2017. **Comitê Gestor da Internet**. Disponível em: <https://www.cetic.br/pesquisa/domicilios/publicacoes>. Acesso em 16.ago.2019.

CHESBROUGH, H. **Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology**, Harvard Business School Press, Boston, MA, 2003.

DIEGUES, A.C.; ROSELINO, J. E. **Indústria 4.0 e as redes globais de produção e inovação em serviços intensivos e tecnologia: uma tipologia e apontamentos de política industrial e tecnológica**. Texto para Discussão, Unicamp, Instituto de Economia, no. 356, jul/2019.

EUROPEAN UNION. **Industry 4.0 – opportunities and challenges for SMEs in the North Sea Region**. 2018. Disponível em: <https://northsearegion.eu/media/7320/growin-40desk-study.pdf>. Acesso em 15.ago.2019.

IEL. Instituto Euvaldo Lodi. **Síntese dos resultados. Volume 2 - desafios e recomendações.** Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante das inovações disruptivas. Brasília. IEL/NC, 2018.

INSEED/INVENTTA. **Corporate Venture Capital: contexto, conceito e aplicações, 2014.** Disponível em <https://www.slideshare.net/bmoreira/corporate-venture-capitalcontexto-conceitos-e-aplicacoes> (acesso em 04/12/2019).

GOBBLE, M. **Digitalization, digitization and innovation.** Research-Technology Management, no. 61, vol. 4, 2018.

GUPTA, S. **Implantando a estratégia digital – Guia para reinventar sua empresa.** M. Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo-SP, 2019.

LU, Y. **Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues.** Journal of Industrial Information Integration, no. 6, p.1-10, 2017.

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; GAWANKAR, S.A. Sustainable Industry 4.0 framework: a systemic literature review identifying the current trends and future perspectives. **Process Safety and Environmental Protection**, no. 117, 2018.

MASON, C.; BROWN R., **Entrepreneurial Ecosystems and Growth Oriented Entrepreneurship.** The Hague, Netherlands, 7th November 2013. OCDE. Final Version: January 2014. Disponível em: <https://www.oecd.org/cfe/leed/Entrepreneurialecosystems.pdf>

MEI TOOLS. **Ferramentas para promover a inovação nas empresas. Brasília: CNI, 2019.** Disponível em https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/uploads/arquivos/CNI_-_Publicacao_MEI_Tools__V15.2.pdf (acesso em 04/12/2019).

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÃO;
MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Plano de Ação da Câmara Brasileira da**

Indústria 4.0 do Brasil. Setembro de 2019. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Camara_I40__Plano_de_Acao_Camara_brasileira.pdf

NAMBISAN, S.; WRIGHT, M.; FELDMAN, M. The digital transformation of innovation and entrepreneurship: progress, challenges and key themes. **Research Policy**, no. 48, 2019.

OECD. Organization of Economic Co-operation and Development). **Digital Economy Outlook 2017.** OECD Publishing, Paris, 2017. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en>>

PEREIRA, A.C.; ROMERO, F. **A review of the meanings and the implications of the industry 4.0 concept.** Procedia Manufacturing. No. 13, 2017.

RADANLIEV, P.; ROURE, D.C.D.; NURSE, J.R.C.; MONTALVO, R.M.; BURNAP, P. **The industrial Internet-of-Things in the Industry 4.0 supply chains of Small and Medium Sized Enterprises.** Working paper, 2019. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Petar_Radanliev2/publication/331871208_Supply_Chain_Design_for_the_Industrial_Internet_of_Things_and_the_Industry_40/links/5ca343f492851c8e64ac4f7e/Supply-Chain-Design-for-the-Industrial-Internet-ofThings-and-the-Industry-40.pdf. Acesso em 30 de jul. 2019.

RIECHE, F. C.; FARIA, L.R.B. **O Corporate Venturing como alternativa de apoio à inovação - motivações e benefícios.** Revista do BNDES, no. 41, jun/2014.

SAINT GOBAIN. **Building Blocks da Saint-Gobain alcança excelentes resultados em parcerias com startups aceleradas.** Disponível https://www.saint-gobain.com.br/sites/sgbr.master/files/encerramento_building_blocks_abril2019.pdf (acesso em 08/12/2019).

SEBRAE/DIEESE. **Anuário do Trabalho nos pequenos negócios: 2016.** 9ª. edição. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos.

São Paulo/SP, DIEESE, 2018. Disponível em <http://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anu%C3%A1rio%20do%20Trabalho%20nos%20Pequenos%20Neg%C3%B3cios%202016%20VF.pdf> Acesso em 29 de jul.de 2019.

SCHUH, G.; ANDERL, R.; GAUSEMEIER, J.; HOMPEL, M.; WAHLSTER, W. **Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the digital transformation of companies.** Acatech Study, 2017. Disponível em https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf. Acesso em 29 de jul. 2019.


Schroder, C. **The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium-sized Enterprises.** Friedrich-Ebert-Stiftung. 2016. Disponível em: <https://library.fes.de/pdffiles/wiso/12683.pdf>. Acesso em 29 de julho de 2019.

STAGLER, D., BELL-STAGLER, J. **Measuring an entrepreneurial ecosystem, 2015.** Disponível em http://deep.wylinka.org.br/wpcontent/uploads/2016/10/measuring_an_entrepreneurial_ecosystem.pdf (acesso em 18 de novembro de 2019).

VALOR ECONÔMICO. **Fornecedores criam equipes exclusivas.** Publicado em 06/12/2019. Disponível em <https://valor.globo.com/publicacoes/suplementos/noticia/2019/12/06/fornecedor-es-criam-equipes-exclusivas.ghtml> (acesso em 08/12/2019).

VALOR ECONÔMICO. **Venture capital cria novas oportunidades no país.** Publicado em 28/11/2014. Disponível em <https://valor.globo.com/financas/noticia/2014/11/28/venture-capital-cria-novasoportunidades-no-pais.ghtml> (acesso em 08/12/2019).

VALOR ECONÔMICO. **Startups brasileiras para ficar de olho.** Publicado em 04/04/2018. Disponível em <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2018/04/04/startups-brasileiras-para-ficar-de-olho.ghtml> (acesso em 08/12/2019).



VALOR ECONÔMICO. **Parcerias com startups ajudam a melhorar a eficiência.** Publicado em 31/10/2018. <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2018/10/31/parcerias-com-startupsajudam-a-melhorar-a-eficiencia.ghtml> (acesso em 08/12/2019).

VALOR ECONÔMICO. **EDP aumenta investimento em capital de risco no Brasil.** Publicado em 20/09/2019. Disponível em <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/09/20/edp-aumenta-investimentoem-capital-de-risco-no-brasil.ghtml> (acesso em 08/12/2019).

VALOR ECONÔMICO. **Grupo põe US\$ 80 milhões em fundo para startup.** Disponível em <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2019/11/26/grupo-poe-us-80-mi-emfundo-para-startup.ghtml>(acesso em 08/12/2019).

USTUNDAG, A.; CEVIKCAN, E. **Industry 4.0: managing the digital transformation.** Springer Series in Advanced Manufacturing, 2018. <https://doi.org/10.1007/978-3-31957870-5>.

ZHONG, R.Y.; XU, X.; KLOTZ, E.; NEWMAN, S.T. **Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review.** *Engineering*. No. 3, p. 616-630, 2017.

7. ANEXO I. DIAGNÓSTICO DAS PMES NO BRASIL

Neste item é apresentado um panorama resumido das pequenas e médias empresas no Brasil, particularmente relacionado com a transformação digital.

No Brasil as Micro e Pequenas Empresas (MPEs) são definidas claramente no Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte, regulamentado na Lei Complementar no. 123/2006, a qual dispõe de tratamento favorecido e simplificado para este conjunto de empresas. Assim, as empresas com receita anual até o teto de R\$ 4,8 milhões, podem optar pela adesão ao Simples Nacional, um regime tributário específico, para cumprir suas obrigações tributárias, com a possibilidade assim de usufruir de isenções e benefícios, além de trâmite simplificado e unificado. Além disso, dispõem de tratamento favorecido e diferenciado nas compras públicas por meio da legislação existente na administração pública brasileira, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 1. Classificação das empresas segundo a Lei 123/2006

| | Porte da empresa | Receita Bruta Anual (em R\$) |
|---|------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1 | Microempreendedor Individual | Até 81 mil |
| 2 | Microempresa | Igual ou inferior a 360 mil |
| 3 | Pequeno Porte | Superior a 360 mil e igual ou inferior a 4,8 milhões |

Já Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) classifica o porte conforme a Receita Operacional Bruta das empresas ou Receita Anual de clientes pessoas físicas, em convergência com a legislação nacional. .

Tabela 2. Classificação do BNDES para porte dos seus clientes

| Classificação | | Receita Operacional Bruta |
|---------------|-----------------|---------------------------------------------------------|
| 1 | Microempresa | Menor ou igual a R\$360 mil |
| 2 | Pequena empresa | Maior que R\$ 360 mil e menor ou igual a R\$4,8 milhões |
| 3 | Média empresa | Maior que R\$4,8 milhões ou igual a R\$300 milhões |
| 2 | Grande empresa | Maior que R\$ 300 milhões |

Fonte: BNDES.

Entretanto, o Sebrae (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), instituição fundamental que concentra estatísticas, serviços e um atendimento diferenciado às MPEs no Brasil tem uma classificação de porte própria que adota o critério de pessoas ocupadas para porte dos estabelecimentos, segundo o número de pessoas ocupadas.

Tabela 3. Classificação do Sebrae para os estabelecimentos segundo o porte em número de pessoas ocupadas

| Porte | | Setores | |
|-------|-----------------|--------------|---------------------|
| | | Indústria | Comércio e Serviços |
| 1 | Microempresa | Até 19 | Até 9 |
| 2 | Pequena empresa | De 20 a 99 | De 10 a 49 |
| 3 | Média empresa | De 100 a 499 | De 50 a 99 |
| 2 | Grande empresa | 500 ou mais | 100 ou mais |

Fonte: Sebrae/Dieese (2018). Nota: (1) as delimitações para indústria seguem as mesmas adotadas para o setor de construção. (2) o setor de serviços não inclui administração pública e serviço doméstico.

Esta variedade de classificações é utilizada nas diferentes análises estatísticas das PMEs.

As Micro e Pequenas Empresas (MPEs) representam a maioria dos empregos gerados no país, ou seja, respondem por 99% dos estabelecimentos no país e geram mais da metade dos empregos privados. Isso significa que, em 2016, os estabelecimentos no Brasil eram distribuídos da seguinte forma, exatamente o mesmo padrão desde 2010: 93% microempresas, 6% pequenas empresas, 1% média empresa e 1% grande empresa, em um total de 6.910.313. Em 2016, as MPEs são responsáveis por cerca de 6,8 milhões de estabelecimentos, os quais geram 16,9 milhões de empregos formais privados não agrícolas, segundo os dados da RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) neste período. Vale destacar a maior participação relativa das Microempresas que detêm, isoladamente, 6,4 milhões de estabelecimentos. (Sebrae/Dieese, 2018). O total de estabelecimentos se expandiu ao longo dos anos 2000 e se manteve praticamente estável desde 2014, como ilustra a figura a seguir, com a evolução do número de estabelecimentos de MPEs versus médias e grandes empresas, que demonstra que as MPEs respondem por 99% dos estabelecimentos existentes no país.

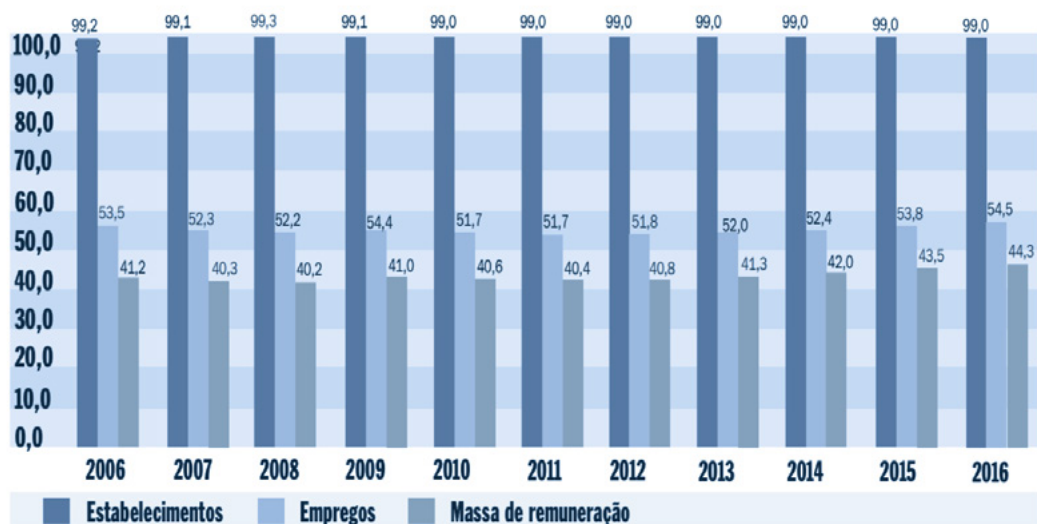
Figura 1. Evolução do número de estabelecimentos segundo o porte, em números absolutos, entre 2006 e 2016



Fonte: Sebrae/Dieese, 2018: 28. Notas: MPE (Micro e Pequena Empresa) e MGE (Média e Grande Empresa).

A figura 2 abaixo detalha a importância relativa das MPEs no total de estabelecimentos brasileiros, empregos e massa de remuneração. Além de representarem a quase totalidade dos estabelecimentos gerados no país com 99% de MPEs, este conjunto de empresas respondeu por 54,5% dos empregos gerados e contribuiu com mais de 40% na massa total de remuneração paga aos empregados formais. Tal fato evidencia o quão fundamental é este conjunto de empresas para o desenvolvimento econômico e social brasileiro.

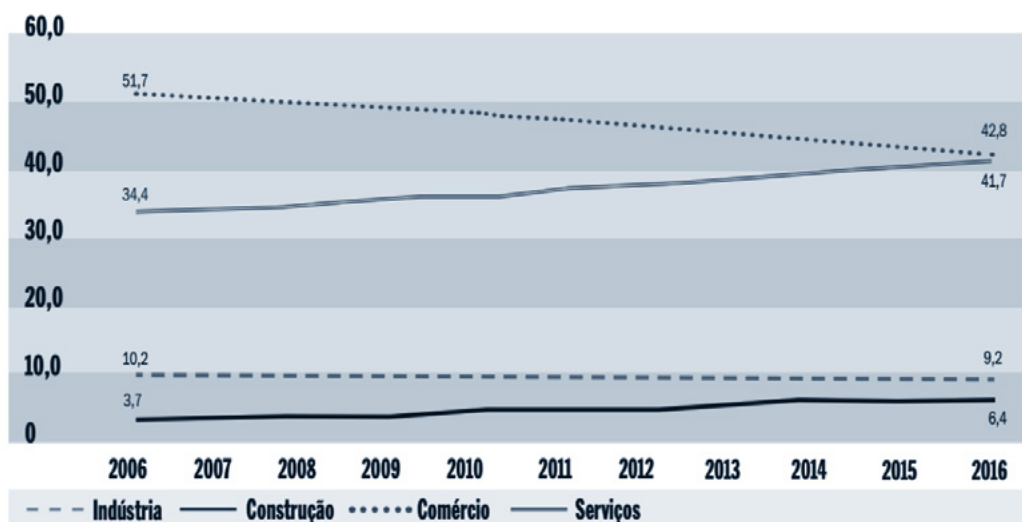
Figura 2. Participação relativa das MPEs, em percentual, no total de estabelecimentos, empregos e massa de remuneração paga aos empregados formais nas empresas privadas não agrícolas entre 2006 e 2016.



Fonte: Sebrae/Dieese, 2018: 29.

Essas empresas se concentram majoritariamente no comércio e nos serviços, sendo que somente cerca de 10% responde por atividades industriais, as quais serão mais diretamente impactadas pelas transformações decorrentes da Indústria 4.0. .

Figura 3. Distribuição das MPEs, em percentual, por setor de atividade econômica entre 2006 e 2016.




Fonte: Sebrae/Dieese, 2018: 34.

Figura 4. Evolução da distribuição dos empregos nas MPEs, da indústria, em percentual, por sexo entre 2006 e 2016



Fonte: Sebrae/Dieese, 2018: 376. .



As empresas são constituídas majoritariamente por colaboradores do sexo masculino como demonstra a distribuição dos empregos nas MPEs entre 2006 e 2015.

Em termos geográficos, a região Sudeste ocupa a liderança nacional com mais de 8 milhões de empregos gerados por estes estabelecimentos, dos quais cerca de 1,5 milhões estão concentrados na indústria. Em seguida, a região Sul gera 3,5 milhões de empregos, ao ocupar a segunda posição em termos nacionais. O detalhamento de todas Unidades da Federação e suas respectivas contribuições em geração de empregos é apresentada na tabela a seguir..

Tabela 2. Número de empregos nas MPEs no Brasil segundo as grandes regiões e Unidades da Federação, por setor de atividade econômica, em 2016

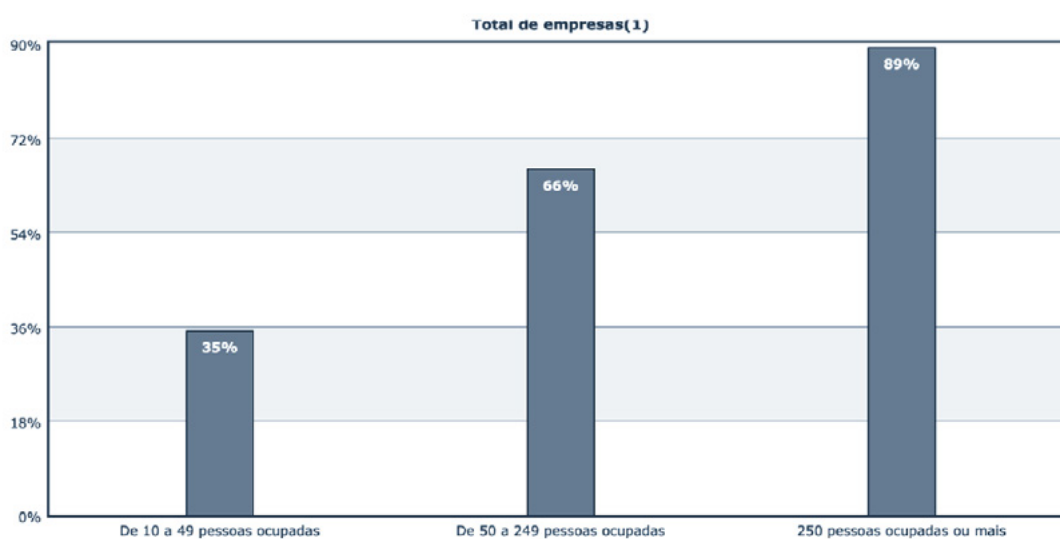
| Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação | Indústria | Construção | Comércio | Serviços | Total |
|--------------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Norte | 103.913 | 56.838 | 351.611 | 233.205 | 745.567 |
| Acre | 4.408 | 3.136 | 17.281 | 10.359 | 35.184 |
| Amapá | 2.475 | 2.413 | 16.712 | 9.678 | 31.278 |
| Amazonas | 22.239 | 11.242 | 61.869 | 48.201 | 143.551 |
| Pará | 39.878 | 23.715 | 142.178 | 93.581 | 299.352 |
| Rondônia | 22.160 | 7.389 | 63.191 | 37.134 | 129.874 |
| Roraima | 2.565 | 1.979 | 12.297 | 7.963 | 24.804 |
| Tocantins | 10.188 | 6.964 | 38.083 | 26.289 | 81.524 |
| Nordeste | 413.053 | 230.128 | 1.187.410 | 932.854 | 2.763.445 |
| Alagoas | 15.482 | 13.525 | 62.804 | 54.439 | 146.250 |
| Bahia | 93.662 | 52.778 | 344.039 | 269.473 | 759.952 |
| Ceará | 94.349 | 41.754 | 184.314 | 151.372 | 471.789 |
| Maranhão | 21.092 | 16.273 | 102.937 | 61.202 | 201.504 |
| Paraíba | 28.630 | 22.990 | 79.249 | 59.585 | 190.454 |
| Pernambuco | 88.502 | 40.649 | 218.869 | 182.538 | 530.558 |
| Piauí | 19.877 | 13.928 | 62.292 | 41.932 | 138.029 |
| Rio Grande do Norte | 33.794 | 18.173 | 84.437 | 68.426 | 204.830 |
| Sergipe | 17.665 | 10.058 | 48.469 | 43.887 | 120.079 |
| Sudeste | 1.551.534 | 581.429 | 3.222.619 | 3.140.369 | 8.495.951 |
| Espírito Santo | 67.345 | 25.153 | 143.111 | 117.585 | 353.194 |
| Minas Gerais | 358.460 | 139.082 | 734.250 | 618.760 | 1.850.552 |
| Rio de Janeiro | 156.329 | 83.831 | 549.607 | 633.750 | 1.423.517 |
| São Paulo | 969.400 | 333.363 | 1.795.651 | 1.770.274 | 4.868.688 |
| Sul | 876.593 | 258.897 | 1.298.840 | 1.083.133 | 3.517.463 |
| Paraná | 279.327 | 90.102 | 497.813 | 393.919 | 1.261.161 |
| Rio Grande do Sul | 296.079 | 92.374 | 466.381 | 389.559 | 1.244.393 |
| Santa Catarina | 301.187 | 76.421 | 334.646 | 299.655 | 1.011.909 |
| Centro-Oeste | 192.885 | 103.607 | 582.339 | 501.238 | 1.380.069 |
| Distrito Federal | 17.550 | 22.963 | 115.440 | 133.059 | 289.012 |
| Goiás | 99.860 | 42.224 | 223.239 | 188.685 | 554.008 |
| Mato Grosso | 47.703 | 22.994 | 145.199 | 100.023 | 315.919 |
| Mato Grosso do Sul | 27.772 | 15.426 | 98.461 | 79.471 | 221.130 |
| BRASIL | 3.137.978 | 1.230.899 | 6.642.819 | 5.890.799 | 16.902.495 |

Fonte: Sebrae/Dieese, 2018: 278-79.

Indicadores relacionados a infraestrutura nas empresas brasileiras em 2017

Já que a infraestrutura de TICs é fundamental para a transmissão de dados e acessibilidade às tecnologias críticas da Indústria 4.0, a presente seção apresenta alguns indicadores do ano de 2017 (mais recente disponível) da pesquisa “TIC empresas”³³, que mede a presença das TICs em empresas com 10 ou mais pessoas ocupadas, em uma amostra aleatória, realizada anualmente desde 2005 pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br).

Figura 5. Empresas em que há área ou departamento de TI



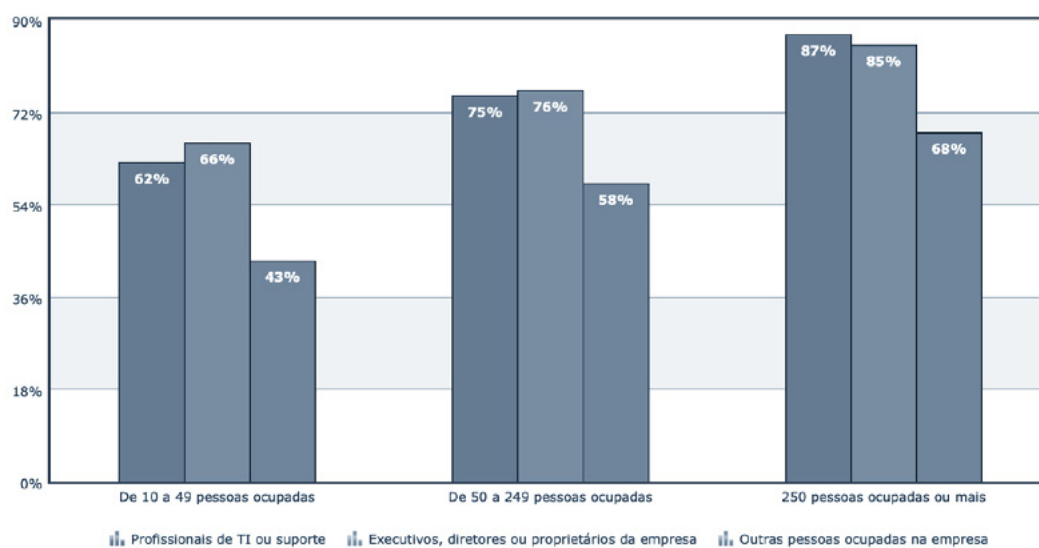
Fonte: Cetic (2017).

A figura 5 mostra que as grandes empresas possuem equipes dedicadas integralmente à TI, o que confere a elas uma vantagem competitiva frente às PMEs, já que somente 35% das empresas de 10 a 49 pessoas ocupadas possui tal área.

33. Informações sistematizadas e padronizadas a partir de dados disponíveis em http://data.cetic.br/cetic/explore?idPesquisa=TIC_EMP. Acesso em 30 de jul. 2019.

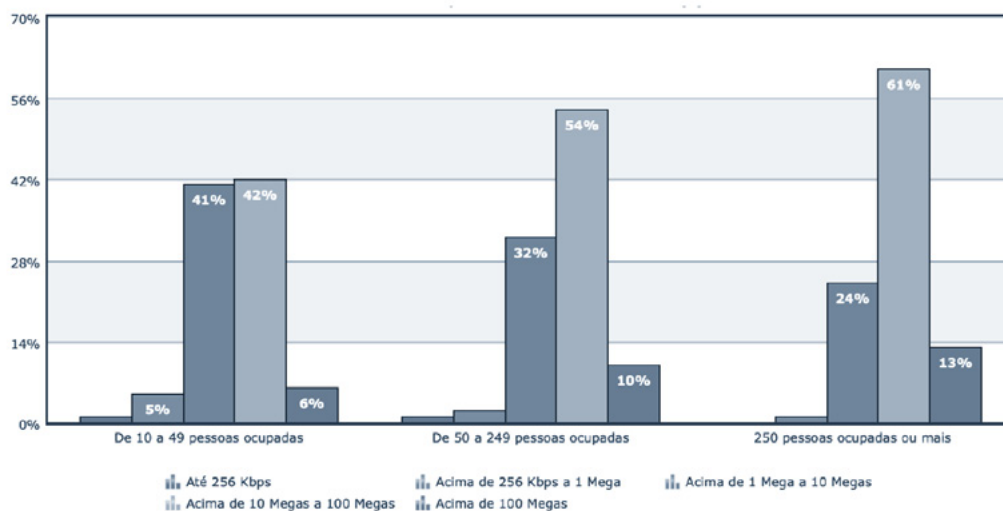
No acesso remoto, ilustrado na figura 6, a maior divergência entre as empresas se refere ao acesso para outras pessoas ocupadas na empresa, sendo que não é identificado o acesso dos clientes, por exemplo, crítico na Indústria 4.0.

Figura 6. Empresas, por público, ao qual foi oferecido acesso remoto nos últimos 12 meses



Nota: do total de empresas que utilizam computador. Fonte: Cetic (2017).

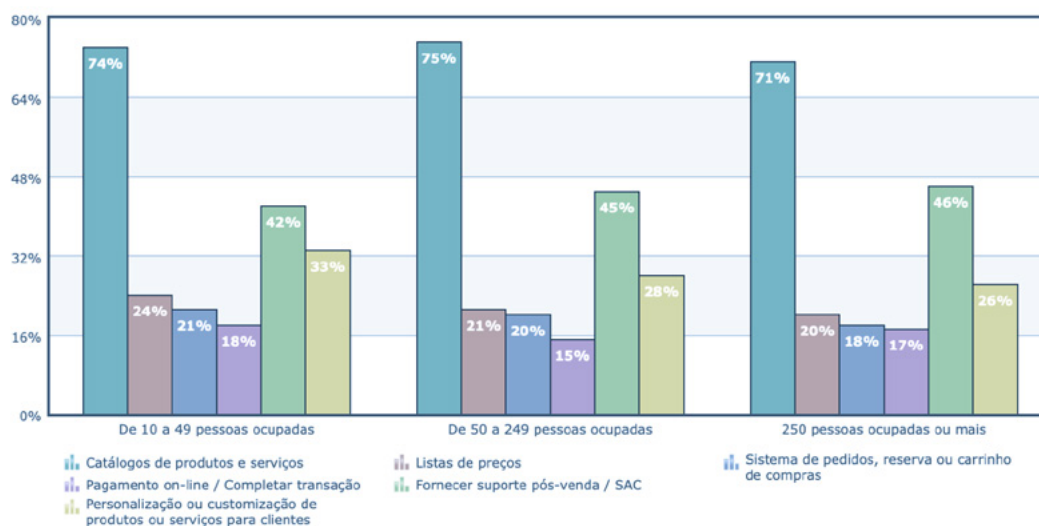
Figura 7. Empresas que possuem acesso à internet, por faixa de velocidade máxima para download contratualmente fornecida pelo provedor de internet nos últimos 12 meses



Nota: do total de empresas que utilizam computador Fonte: Cetic (2017).

A velocidade máxima não é um grande diferencial entre PMEs e grandes empresas, cerca de 85% de ambos os grupos utilizam internet acima de 1 mega até 100 mega, como mostra a figura 7 acima. Na maior velocidade, acima de 100 mega, as maiores empresas têm 13% de acesso enquanto as empresas de 10 a 49 pessoas ocupadas somente 6%.

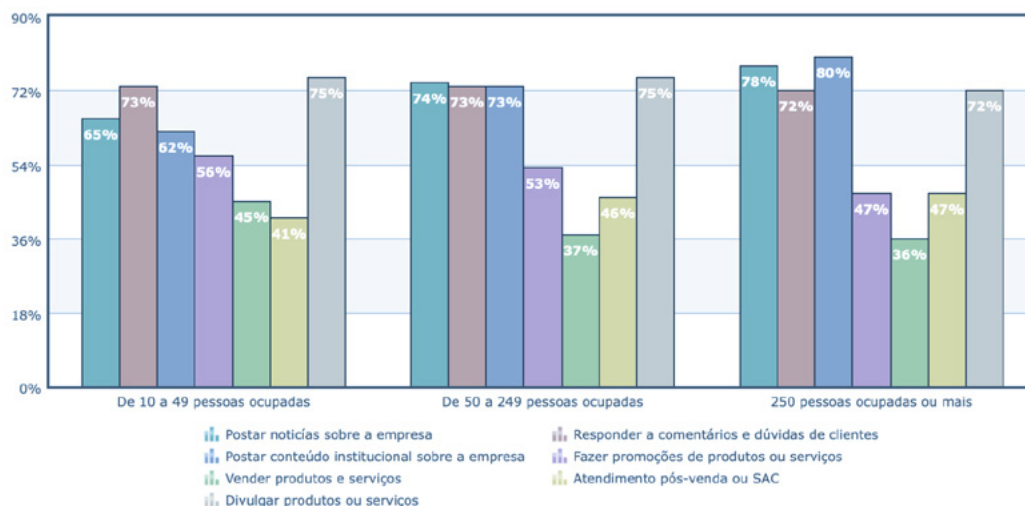
Figura 8. Empresas que possuem website por recursos oferecidos nos últimos 12 meses



Nota: do total de empresas que possuem website. Fonte: Cetic (2017).

O website das empresas ainda é utilizado praticamente com o mesmo perfil por todos os portes de empresa (figura 8), sendo seu principal uso para o catálogo de produtos e serviços e, em seguida, pós-venda.

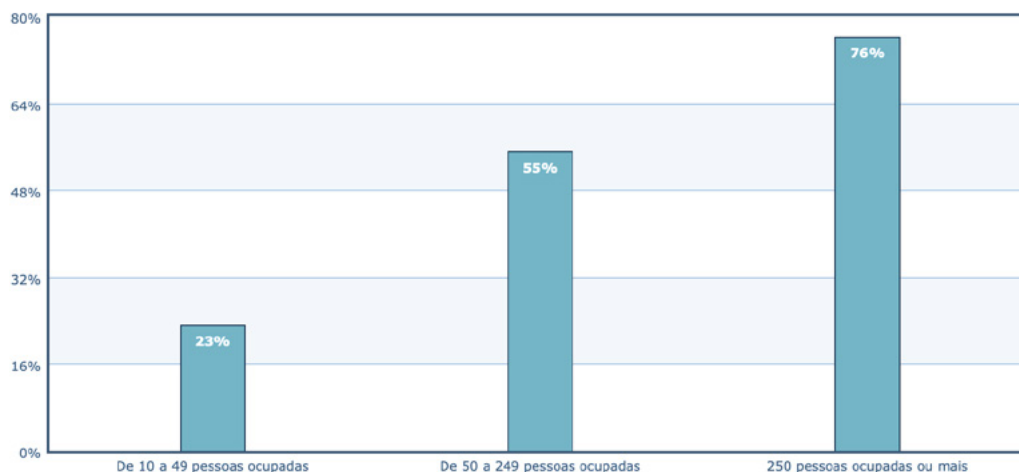
Figura 9. Empresas que possuem perfil ou conta próprios em alguma rede social online, por atividades realizadas nas redes sociais online nos últimos 12 meses



Nota: do total de empresas que possuem perfil ou conta próprios em alguma rede social online.
 Fonte: Cetic (2017).

A interação por meio de redes sociais é um pouco mais ativa pelas grandes empresas (figura 9), principalmente no que se refere a divulgação de conteúdo institucional, mas ainda não é possível perceber se há tendências de customização segundo as demandas dos clientes, uma tendência da Indústria 4.0.

Figura 10. Empresas que utilizam pacotes de software para integrar os dados e processos de seus departamentos em um sistema único nos últimos 12 meses

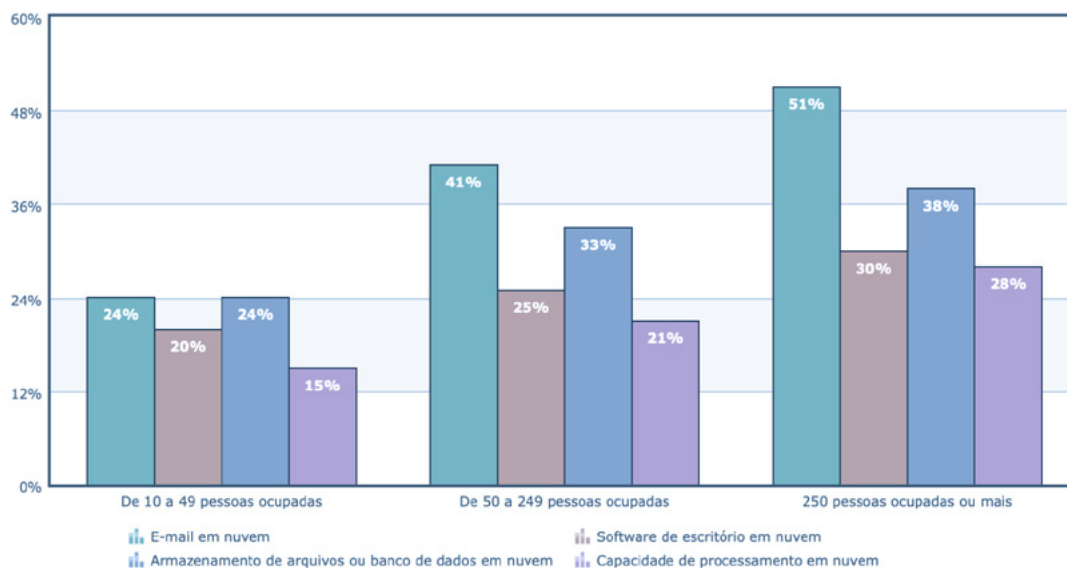


Nota: do total de empresas que utilizam computador.

Fonte: Cetic (2017).

O uso de softwares para integração de dados e processo reflete um distanciamento significativo entre as empresas até 49 pessoas ocupadas e as com mais de 250 pessoas, como evidencia a figura 10 acima. Cerca de 76% das grandes adotam estes softwares enquanto que uma minoria das pequenas dispõe de tal ferramenta.

Figura 11. Empresas que pagaram por serviços em nuvem



Nota: do total de empresas com acesso a internet. Fonte: Cetic (2017).

Por fim, o uso de serviços em nuvem, uma tendência das tecnologias digitais da Indústria 4.0 demonstra uma maior difusão destes serviços nas empresas com mais de 250 pessoas ocupadas (figura 16) comparativamente às empresas até 49 pessoas, já que o dobro delas utiliza e-mail em nuvem, 10% a mais software de escritório, 14% a mais armazenamento de arquivos e o dobro praticamente a capacidade de processamento em nuvem, o que ilustre outra fragilidade a ser enfrentada pelas PMEs brasileiras na transição para a Indústria 4.0.

8. ANEXO II – POLÍTICAS PÚBLICAS PARA PROMOÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EXISTENTES NO BRASIL

Os esforços governamentais e iniciativas relacionados a Indústria 4.0 no Brasil se tornam mais evidentes a partir de 2018. Em março de 2018 foi lançado o documento **“Estratégia brasileira para a transformação digital”**, como resposta à demanda presidencial para uma estratégia de longo prazo para a economia brasileira. A estratégia se apoia na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), como destacado em seu objetivo nono – “Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”. O trabalho constrói os eixos temáticos de transformação digital e os eixos habilitadores. Os cinco eixos habilitadores foram:

- I. Infraestrutura de acesso às TICs: ampliar acesso da população à internet e às tecnologias digitais com qualidade de serviço e economicidade;
- VI. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação: estimular o desenvolvimento de novas tecnologias para ampliação da produção e solução dos grandes desafios nacionais;
- III. Confiança no ambiente digital;
- IV. Educação e capacitação profissional e, por último;
- V. Dimensão internacional.

Já os quatro eixos temáticos de transformação digital da economia brasileira foram:

- I. Economia baseada em dados;
- II. Um mundo de dispositivos conectados – com a aprovação do Plano Nacional de IoT;
- III. Novos modelos de negócios; e, finalmente,
- IV. Transformação digital envolvendo a cidadania e governo.

Como resultado da estratégia digital, observa-se dois grandes eixos, no governo federal: IoT, manufatura avançada/Indústria 4.0, como ilustra a figura a seguir com seus respectivos desdobramentos recentes.

Figura 1. Políticas governamentais brasileiras em IoT e Indústria 4.0

| Estratégia de Transformação Digital | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IoT | Indústria 4.0 |
| <ul style="list-style-type: none">• Estudo BNDES IoT (2017)• BNDES IoT, Finep IoT (2018)• Programa TechD (2018)• Laboratório de Testes e Certificação – Inmetro (2018)• Plano Nacional de IoT (2019)• Câmara de IoT (2019) | <ul style="list-style-type: none">• Estratégia Nacional para Indústria 4.0 (2017)• Plano de CT&I-Profuturo (2017)• Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 – ABDI (2018)• Hub da Indústria 4.0 (2018)• Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (2019)• Plano de Ação da Indústria 4.0 (2019) |

Fonte: elaboração dos autores.

9. ANEXO III. ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO PARA PESQUISA DE CAMPO: EMPRESAS E STAKEHOLDERS

Parte 1. Caracterização institucional

- 1.1. Nome entrevistado: _____
- 1.2. Empresa: _____
- 1.3. Localidade: _____
- 1.4. Formação do entrevistado: _____
- 1.5. CNAE ou setor de atuação da empresa: _____
- 1.6. Receita bruta anual ou porte (classificação BNDES/Legislação nacional
- 1.7. Número de funcionários: _____
- 1.8. Possui setor de P&D localmente: _____

Parte 2. Adoção de Tecnologias Digitais

- 2.1. Há algum plano aprovado ou em aprovação relacionado às tecnologias digitais críticas da Indústria 4.0?
- 2.2. Há plano de capacitação de RH para enfrentar as novas demandas das tecnologias digitais?
- 2.3. Grau e geração da adoção de tecnologias digitais nos processos produtivos – utilizando a tabela a seguir, identifique qual a geração** mais aderente ao perfil de sua empresa.

| | Relacionamento com fornecedores | Desenvolvimento de produto | Gestão da produção | Relacionamento com clientes | Gestão dos negócios |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| GERAÇÃO 1 | Transmissão de pedidos manualmente | Sistema de projeto auxiliado por computador | Automação simples com máquinas não conectadas | Execução de contratos e registros manualmente | Sistemas de informação independentes específicos por departamento / área, sem integração |
| GERAÇÃO 2 | Transmissão de pedidos por meio eletrônico | Sistema integrado de projeto, fabricação e cálculo de engenharia | Processo parcial ou totalmente automatizado | Automação das atividades de vendas | Sistemas compostos por módulos e base de dados integrados |
| GERAÇÃO 3 | Suporte informatizado de processos de compras, estoques e pagamentos | Sistemas integrados de gestão de dados de produto e processo | Sistema integrado de execução de processos | Sistema de apoio e suporte a vendas baseado em internet | Plataforma web com bases de dados para apoiar análises de negócio |
| GERAÇÃO 4 | Relacionamento com fornecedores em tempo real | Desenvolvimento de produtos por meio de sistemas de modelagem virtual do produto e do processo | Gestão da produção automatizada por meio de soluções de Comunicação M2M (Máquina - Máquina) | Relacionamento com clientes através de monitoramento online de produtos em uso. Monitoramento e gestão do ciclo de vida de clientes | Gestão do negócio com apoio de <i>Big Data</i> e Inteligência Artificial |

Fonte: Estudo da Indústria 2027 – Confederação Nacional da Indústria - 2018

Parte 3. Fomento à inovação

3.1. Beneficiário da Lei do bem? _____

3.2. Beneficiário da Lei de Informática? _____

3.3. Obteve prioridade em compras públicas por ser MPE? _____

3.4. Captação de fomento em BNDES IoT ou Finep IoT? _____

3.5. Participação no programa TechD? _____


Parte 4. Desafios da Indústria 4.0 em PMEs

4.1. No seu segmento de atuação, a Indústria 4.0 irá demandar novas competências no seu segmento de atuação? Sim ou Não? Justifique.

4.2. No seu negócio, atualmente com que frequência você utiliza/possui competências relacionadas às tecnologias abaixo (gradiente de níveis 0 a 5)

- a. Big data and analytics
- b. Robótica autônoma
- c. Simulação
- d. Integração de sistemas horizontais e verticais
- e. Internet das coisas
- f. Cybersecurity
- g. Cloud
- h. Manufatura aditiva
- i. Realidade aumentada

4.3. No seu negócio, considerando as demandas que irão emergir a partir da construção de “soluções inteligentes” para o seu ecossistema de inovação, aponte sua principal fragilidade dentre as tecnologias abaixo e comente.

- 
- a. Big data and analytics
 - b. Robótica autônoma
 - c. Simulação
 - d. Integração de sistemas horizontais e verticais
 - e. Internet das coisas
 - f. Cybersecurity
 - g. Cloud
 - h. Manufatura aditiva

4.4. Grau de digitalização em processos

- a. Sua empresa tem abandonado processos físicos (em papel) e adotado somente em modo virtual ou cloud? Quanto % de sua totalidade?
- b. Quais processos? Administrativos ou de produção propriamente dita?

4.5. Grau de digitalização em processos internos da empresa

- a. Sua empresa utiliza o compartilhamento de informações eletrônicas?
- b. Sua empresa utiliza RFID (radio-frequency identification)?
- c. Sua empresa tem adotado mídias sociais?
- d. Sua empresa possui e-commerce?
- e. Sua empresa adota soluções em cloud?

4.6. Grau de transformação digital da empresa

- a. Há alguma preocupação da diretoria, CEOs ou proprietários com as mudanças da Indústria 4.0?
- b. Há alguma diretriz estratégica para os próximos 5 a 10 anos para enfrentar tais desafios?

- c. Há alguma ação em termos de cultura organizacional para implementar mudanças com a adoção de tecnologias digitais em sua empresa em no presente momento? E em até 10 anos?

PERGUNTAS PARA OUTROS STAKEHOLDERS:

1. Quais os principais desafios e oportunidades relacionadas à I4.0 no ecossistema em que está inserido?
2. Quais as pequenas e médias empresas que se destacam no ecossistema em termos de produtos e serviços para I4.0? Aponte e justifique
3. Há no ecossistema grandes empresas consumidoras de I4.0?
4. Indique as principais recomendações para o desenvolvimento de PMEs na I4.0.

Poços de Caldas, 18 de dezembro de 2019



Giancarlo Nuti Stefanuto
Perito Local



www.sectordialogues.org



MINISTÉRIO DAS
RELAÇÕES EXTERIORES

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

