



**Plano de CT&I para  
Manufatura Avançada no Brasil**

**ProFuturo**  
**Produção do Futuro**

---

Brasília – Dezembro/2017

Michel Temer  
**Presidente da República**

Gilberto Kassab  
**Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**

Elton Zacarias Santa-Fé  
**Secretário-Executivo**

Alvaro Toubes Prata  
**Secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - SETEC**

Vanda Bonna Nogueira  
**Secretária de Radiodifusão - SERAD**

Andre Borges  
**Secretário de Telecomunicações - SETEL**

Jailson Bittencourt de Andrade  
**Secretário de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED**

Thiago Camargo Lopes  
**Secretário de Políticas de Informática - SEPIN**

Jorge Mario Campagnolo  
**Diretor de Políticas e Programas de Apoio a Inovação**

Eliana Cardoso Emediato de Azambuja  
**Coordenadora Geral de Serviços Tecnológicos**

## Sumário

<b>1</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>MODELO REFERENCIAL</b> .....	<b>7</b>
	2.1 Referências Conceituais.....	10
	2.2 Referências Estratégicas .....	11
<b>3</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL DA MANUFATURA AVANÇADA NO BRASIL</b> ...	<b>15</b>
	4.1 Tecnologias .....	18
	4.2 Recursos Humanos.....	24
	4.3 Cadeias Produtivas .....	28
	4.4 Infraestrutura .....	35
	4.5 Regulação.....	39
<b>5</b>	<b>DESAFIOS DA MANUFATURA AVANÇADA</b> .....	<b>41</b>
	5.1 Desafio I - Convergência e integração tecnológica em manufatura avançada para aumento da competitividade .....	43
	5.2 Desafio II - Recursos humanos para o desenvolvimento da manufatura avançada .....	47
	5.3 Desafio III - Manufatura avançada para fortalecimento das cadeias produtivas .....	50
	5.4 Desafio IV - Promoção das infraestruturas como instrumento de suporte a iniciativas em manufatura avançada.....	54
	5.5 Desafio V - Regulação como indutora da inovação e da mudança tecnológica.....	58
<b>6</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>64</b>



## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de globalização, atrelado à evolução tecnológica de maneira geral e, em particular, à evolução da tecnologia de informação, tem alterado profundamente os processos de inserção das empresas nos mercados. Em passado não muito distante, bastava declarar um padrão de qualidade do produto ou de seu processo produtivo para participar de determinado mercado. Atualmente, verifica-se a necessidade de constante atualização e evolução do produto para sua conformidade com normas e regulamentos técnicos e exigências de seus consumidores para que esse possa ser ou continuar sendo comercializado no mercado. Neste cenário, constata-se a necessidade de um produto ser projetado e produzido segundo di-

versas versões com custos de produção, preços de venda e valores diferenciados, visando a sua inserção em mais do que um mercado.

A dinâmica deste cenário está profundamente associada ao ciclo de desenvolvimento tecnológico, que proporciona continuamente transformações em produtos e processos, resultando em inovações, as quais, por sua vez, estimulam e criam condições objetivas para que o desenvolvimento tecnológico ocorra. A inovação é um poderoso mecanismo de transformação da sociedade ao mesmo tempo em que a transformação social promove e estimula a inovação. Nesse sentido, a inovação se manifesta como instrumento com grande poder de gerar evolução, provocando impactos expressivos, principalmente no que



tange aos avanços do parque produtivo e o setor de serviços.

A demanda por inovação constitui um poderoso motor da competitividade, o que motiva as empresas pela busca constante do aumento de sua produtividade, redução do tempo de lançamento de produtos e geração de novos modelos de negócios. No caso brasileiro, as limitações na produção de inovações contribuem para a baixa produtividade de suas empresas quando comparada até mesmo com algumas da América Latina, constituindo empecilho à sua participação tanto no mercado interno quanto externo, limitando a geração de riqueza, emprego e renda. Em outras economias observam-se esforços voltados ao aumento da competitividade e ampliação

da produtividade que abrangem o projeto do produto, técnicas de gestão do processo produtivo e, mais recentemente, processos produtivos dotados de sistemas complexos integrados por tecnologias da informação e comunicação (TIC), segundo suas mais variadas vertentes conjugadas com automação industrial e serviços inteligentes de internet, permitindo a sua integração com sistemas de gestão nos mais diversos níveis.

A manufatura avançada, também denominada indústria inteligente ou Indústria 4.0, adotada pelos alemães, refere-se à 4ª revolução industrial (Figura 1), caracterizada pela integração e o controle remotos da produção, a partir de sensores e equipamentos conectados em rede, associa-



**Figura 1** – Evolução tecnológica da produção.



dos a sistemas ciberfísicos, dados e serviços inteligentes de internet, é entendida como o futuro da produção, dentro de um esforço para revitalização das empresas e pela busca de liderança tecnológica e, conseqüentemente, de mercados globais, cada vez mais competitivos.

O atual ambiente de negócios dinâmico e complexo determina que as empresas tomem decisões rápidas e melhores se quiserem permanecer competitivas em longo prazo. Práticas comerciais convencionais raramente solucionam esse desafio, contribuindo com o risco de perder o controle de seus negócios. Nestas práticas os processos de decisão podem demorar longos períodos e as decisões adotadas são muitas vezes baseadas em percepção intuitiva e não em dados e informações reais e apropriados. Processos de desenvolvimento emitem documentos detalhados sobre os produtos e seus processos, sem contemplar as reais necessidades de seus usuários ou consumidores. Também, quando algo ou nova necessidade é percebida, a empresa geralmente gasta tempo razoável para buscar ou aguardar dado ou informação, e quando a decisão é tomada, somente é possível realizar modificações

limitadas no produto ou processo, dispendendo precioso tempo.

Na transição das empresas para a manufatura avançada, seu principal potencial reside na capacidade da produção acelerar os processos de decisão e de adaptação corporativa ao ambiente de negócios. Isso se aplica tanto à promoção de eficiência em processos de engenharia, fabricação, serviços, vendas e marketing, quanto no foco dos negócios das empresas, com conseqüências em seus modelos de negócios. Embora esta condição exija mudanças na organização, processos e cultura das empresas, entender o novo ambiente de negócios e as tecnologias disponíveis aplicáveis para sua evolução, representam desafios a serem por elas transpostos.

A acelerada evolução das tecnologias e sua aplicação nas últimas décadas contribuíram para a expressiva mortalidade de empresas que não consideraram esta evolução, e para aquelas que continuam acreditando e novas empresas que ingressam no mercado, significativas alterações ou práticas em sua organização, processos e cultura são exigidos. Para estas alterações é necessário identificar a etapa de maturidade em que a empresa se encontra, con-



siderando as condições de seus recursos, sistemas de informação, estrutura organizacional e sua cultura, para galgar etapas de maturidade que atinjam o estado da arte da manufatura avançada.

A expectativa é que num futuro tecnológico próximo, sem interferência humana, máquinas produzirão continuamente, sob medida e com um baixíssimo índice de defeitos, diferentes produtos demandados pela logística e consumidores. O cruzamento de informações possibilita conectar o pedido de compra, a produção e a distribuição, não dependendo apenas de pessoas para tomada de decisões, exigindo novas formas de gestão e engenharia em toda a cadeia de valor da produção.

Tais impactos tecnológicos também têm modificado os distintos conceitos e ações para ambiente de trabalho e ética. Essas mudanças ocorrem numa sociedade contemporânea de economia sustentável e urbanizada, com maior longevidade, tendo como consequência a necessidade emergente de profunda reanálise do papel do governo, academia e empresas, no futuro da produção, capacitações, relações trabalhistas e de consumo.

Este movimento irreversível tem sido objeto de preocupação de muitos países, cujos governos e suas sociedades têm instituído políticas para que seus setores econômicos relevantes sejam competitivos em seus mercados, evitando serem excluídos da concorrência mundial, cada vez mais intensiva. Também é objeto de preocupação dos governos o tempo limitado para participar desta nova revolução industrial, pois ao contrário das revoluções industriais anteriores, cujo impacto foi percebido a *posteriori* e a adaptação das empresas diluída a longo prazo, essa 4ª revolução é um movimento anunciado que exige engajamento imediato das empresas.

## 2 MODELO REFERENCIAL

A natureza das políticas de manufatura avançada e sua abrangência determinam a segmentação para ordenar seus objetivos, desafios, metas e ações. Assim podem existir diferentes recortes para representação de uma política, que podem ser eixos, pilares ou dimensões, conforme seja mais objetivo e didático para o entendimento e aplicação da política. São nos segmentos do recorte que encontramos





os assuntos que serão tratados nas estratégias e planos da política de manufatura avançada de cada país.

A identificação dos temas a serem abordados pode ser obtida a partir de estudos e pesquisas sobre os setores produtivos ou a percepção dos envolvidos nestes setores, ou ainda ambos, com a visão futura de onde quer se chegar, materializada no objetivo da iniciativa.

Dado a natureza da política de manufatura avançada, as características e condições do setor produtivo do país, cada governo elabora sua estratégia ou plano, mais ou menos detalhado. Na segmentação adotada pode estar indicada, com diferentes formas de representação, contemplando entre outros assuntos:

- As prioridades tecnológicas, econômicas ou sociais;
- Os temas ou iniciativas a serem tratadas;
- O nível de significância ou cronologia de tratamento dos temas ou iniciativas;
- As interfaces entre temas ou iniciativas;
- As subdivisões dos temas ou iniciativas, entre outras formas de apresentação.

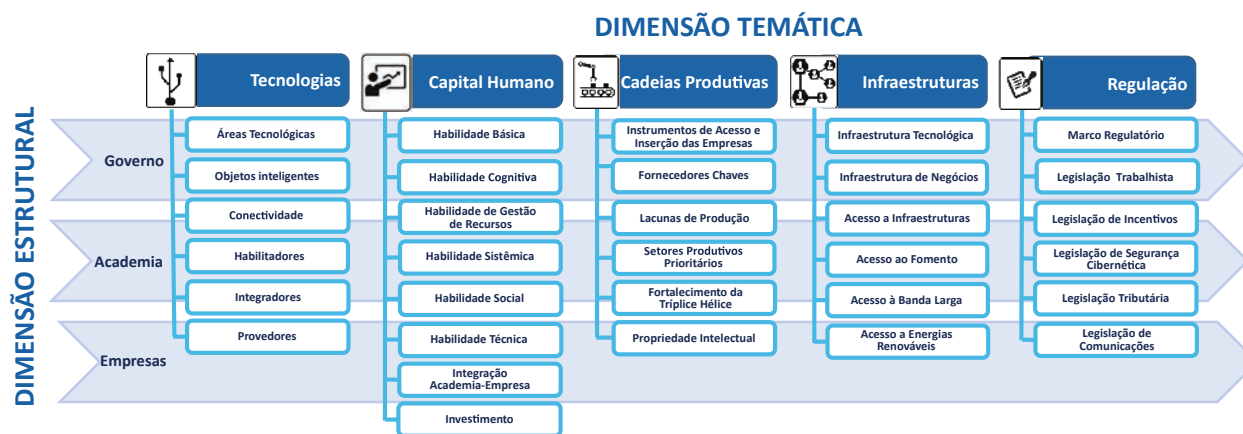
A ProFuturo constitui o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para Manufatura Avançada no Brasil e está alicerçado na ENCTI 2016-2022 [5] e nos trabalhos realizados por especialistas em *workshops* ocorridos em sete Estados brasileiros, com prioridades e recomendações consolidadas no documento de *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil* [6]. Também contribuíram para fundamentar a iniciativa, pesquisa realizada em empresas brasileiras pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) [3] e estudo contratado da *Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften)* [1] pela *GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)* em cooperação com a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha, assim como a contribuição de colaboradores dos principais atores dos setores governamental, acadêmico e empresarial, comprometidos com atividades associadas à manufatura avançada. Estas informações foram ordenadas no Plano em um recorte de duas dimensões: a temática e a estrutural (*Figura 2*).

A dimensão temática aborda as matérias das áreas de tecnologias, recursos





## Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil



**Figura 2** – Recorte.do.Plano.de.CT&I.para.Manufatura.Avançada.no.Brasil.

humanos, cadeias produtivas, infraestrutura e regulação, tratadas por especialistas nos *workshops* sobre em manufatura avançada, considerando as prioridades e recomendações por eles indicadas.

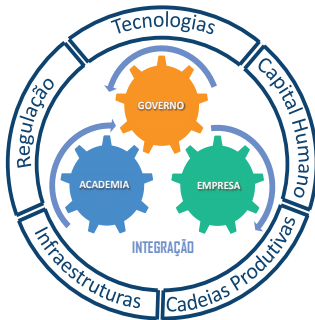
A dimensão estrutural aborda o papel desempenhado pelos agentes da tríplice hélice nas cinco áreas temáticas do Plano, adotando como referência:

- Recursos materiais, humanos e financeiros;
- Estrutura organizacional;
- Competências; e
- Aspectos culturais.

Deve-se considerar que as iniciativas nas dimensões estrutural e temática podem envolver áreas e agentes distintos, assim como interagir em diferentes intensidades.

São propósitos deste Plano:

- Ser uma iniciativa de agentes da tríplice hélice direcionadas a setores produtivos nacionais;
- Constituir uma aliança sólida entre agentes da tríplice hélice para manufatura avançada;
- Se traduzir em instrumentos viáveis de serem implementados na prática.



Com estes propósitos, o Plano pretende produzir impacto e visibilidade, promovendo:

- Mobilização e inclusão de todos os agentes da tríplice hélice na implementação do Plano;
- Novas parcerias e alianças em manufatura avançada;
- Construção de cooperações internacionais;
- Comunicação coerente e consistente dos atores com o público;
- Divulgação e publicidade de casos de sucesso;
- Construção do conceito de manufatura avançada nos meios empresarial e acadêmico e na sociedade.

Para estes propósitos e pretensões o Plano adota como referências técnicas:

- Foco nas necessidades de negócios das empresas e demandas de seus usuários ou consumidores finais;
- Ponto central de comunicação para parcerias e alianças internacionais em CT&I para manufatura avançada;
- Participação dos atores e transparência nas decisões sobre manufatura avançada;
- Linguagem, objetivos e mensagens comuns dos atores sobre a manufatura avançada;
- Estruturas compreensíveis e confiáveis para conduzir as ações do Plano.

## 2.1 Referências Conceituais

Para elaborar um conceito de transição da produção do modelo convencional atual para a manufatura avançada deve-se limitar a abrangência do tema. Enquanto a maioria das políticas sobre esta questão limita seu entendimento à indústria, fabricante de produtos, outros setores como a produção rural, que não é considerada indústria, não são foco nestas políticas. Deve-se também qualificar a relação dos serviços associados à manufatura avançada, uma vez que alguns elementos desta



A manufatura avançada compreende a organização e administração de toda a cadeia de valor do ciclo de vida dos produtos, propiciada pela integração de tecnologias e sistemas digitais no desenvolvimento, produção e logística de produtos e processos, com geração de valores nas cadeias produtivas, organização de trabalho, modelos de negócios e prestação de serviços inteligentes de internet a jusante, adequados às demandas dos consumidores.

produção incorporam serviços inteligentes de internet.

O conceito adotado pelos países que implementam políticas de manufatura avançada contempla todo o ciclo de vida dos produtos, desde seu projeto até seu descarte, ou seja, do berço ao túmulo, disponibilizando instrumentos e propiciando condições que promovam a inserção das empresas em um ecossistema que atenda às reais expectativas, necessidades e demandas de seus usuários e consumidores, adequando seus produtos e processos produtivos de forma contínua e rápida, com vistas ao aumento de sua produtividade e competitividade no mercado.

Entretanto este conceito é ainda bastante amplo se considerarmos que abrange

todos os setores produtivos e tecnologias a eles associadas. Esta abrangência exige que os países estabeleçam suas estratégias políticas na solução de seus gargalos tecnológicos críticos em áreas e infraestruturas tecnológicas imprescindíveis para promoção da manufatura avançada, assim como elejam seus setores econômicos estratégicos e promissores em que concentrará seus esforços.

## 2.2 Referências Estratégicas

O termo Indústria 4.0 apareceu pela primeira vez em uma publicação em 2011, tendo sido usado para descrever a aplicação integrada das TIC na produção de bens e serviços. Como consequência desta etimologia, este termo é às vezes mal interpretado, concentrando-se apenas nesta perspectiva tecnológica, esquecendo que as empresas precisam também transformar sua estrutura e cultura organizacional para se inserirem nesta indústria, com objetivo principal de serem capazes de se adaptar rapidamente a um ambiente de mercado mutável.

Este momento tecnológico pode ser interpretado como resultado da combinação de alguns aspectos:



1. Avanço contínuo da capacidade dos computadores e das interfaces *software*-usuário;
2. Redução do custo de novas tecnologias utilizadas em processos produtivos;
3. Digitalização da informação, desde a concepção dos produtos, testes, protótipos até *layouts* fabris;
4. Mudanças na organização do trabalho na produção e nos estoques de componentes e produtos;
5. Novas estratégias de negócios, impulsionadas pela integração de TIC e prestação de serviços inteligentes de internet.

Os países não possuem competência em todas as tecnologias necessárias para suas políticas de manufatura avançada, necessitando eleger aquelas que serão priorizadas, conforme suas competências, em sintonia com os setores produtivos selecionados como estratégicos. Enquanto algumas áreas tecnológicas são por sua natureza essenciais para as políticas de manufatura avançada e comuns para todos os países, como sistemas ciberfísicos, *IoT*, inteligência artificial, gestão de dados (*Big Data*), robótica, interoperabilidade de sistemas, sensores e atuadores,

outras são selecionadas em razão de prioridades e estratégias do país.

Do mesmo modo, as soluções para necessidades e demandas por manufatura avançada de setores produtivos são variáveis para cada país, exigindo diferentes aportes em recursos materiais, humanos e financeiros para solução de seus gargalos em tecnologias, capital humano, infraestruturas e regulação de interesse para as políticas de manufatura avançada dos países. Ainda, outras políticas que estão sendo conduzidas pelo país, dispendo sobre matérias associadas a estratégias e prioridades de manufatura avançada, também devem ser consideradas para otimização e maior produtividade dos esforços.

Também deve ser observado nos esforços para promoção da manufatura avançada, além do ambiente produtivo do país e as competências tecnológicas disponíveis, a representatividade de seus setores produtivos no mercado mundial e a intensidade tecnológica destes setores. Ainda que estas condições não devam ser limitantes para definir prioridades do país, estas fornecem uma dimensão dos esforços que deverão ser empreendidos para promoção da manufatura avançada.



Propiciar condições de acesso e inserção das empresas brasileiras no ecossistema de manufatura avançada, com suporte da ciência, tecnologia e inovação para desenvolvimento de cadeias produtivas de setores econômicos estratégicos e promissores para o País, que atendam a demandas de alcance social.

### Quadro 1 – Objetivo do Plano de CT&I para Manufatura Avançada.

## 3 OBJETIVO

O Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil está fundamentado no objetivo acima (Quadro 1).

Uma primeira etapa para definir o foco desta política consiste em estabelecer os objetivos tecnológicos, econômicos e sociais que se pretende alcançar para produtividade e competitividade dos setores produtivos do país. Conforme suas competências, vocações e visão, os países de referência em manufatura avançada têm identificado temas que são mais adequados ao seu perfil tecnológico e produtivo e instituído iniciativas aderentes à resolução das necessidades de inserção de seus setores produtivos no mercado internacional. Assim, na conformação de suas políticas em manufatura avançada estes países têm abordado matérias cujos conteúdos dispõem sobre:

- Segmentos tecnológicos prioritários.

- Setores econômicos de interesse;
- Recursos humanos a serem capacitados e inseridos nas cadeias produtivas.
- Infraestruturas tecnológicas, políticas ou empresariais a serem fortalecidas ou criadas;
- Prescrições regulamentares e normativas a serem elaboradas ou revistas.

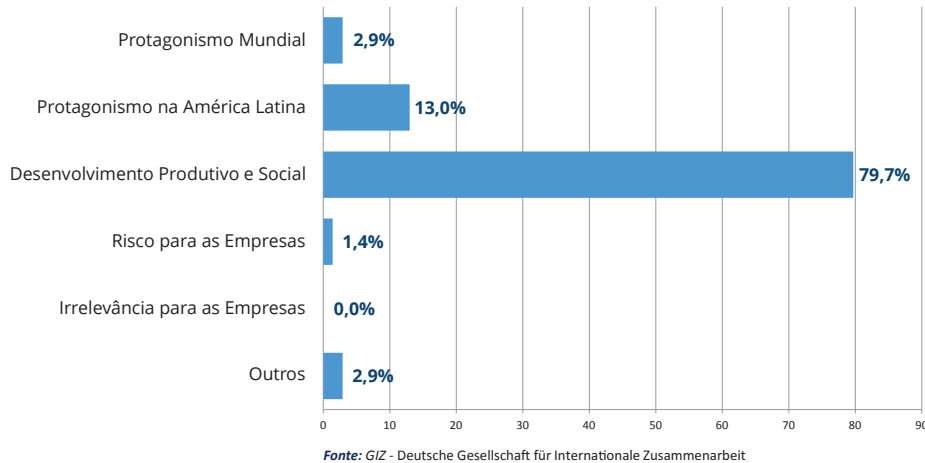
No estudo realizado pela *Acatech*, envolvendo 500 empresas brasileiras, enquanto poucas empresas visualizam o Brasil como um dos protagonistas em manufatura avançada no cenário mundial e mesmo na América Latina, a maioria significativa possui a percepção de que a manufatura avançada constitui uma oportunidade para o desenvolvimento produtivo e da sociedade (Figura 3).

Este mesmo estudo indicou, além das vantagens que a manufatura avançada proporcionará no aumento da produtividade e na descentralização da produção, preocupações das empresas com temas

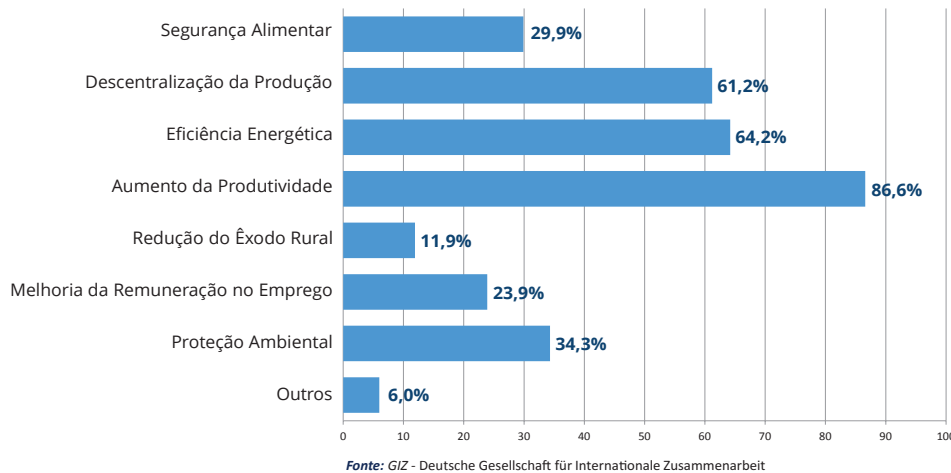


de interesse social como proteção ambiental, segurança alimentar, emprego e eficiência energética (Figura 4).

A ENCTI 2016-2022 apontou entre os desafios nacionais para CT&I aqueles que devem nortear suas políticas e iniciativas.



**Figura 3 – Visão futura dos efeitos da manufatura avançada.**



**Figura 4 – Vantagens da manufatura avançada para o Brasil.**



Assim, para promoção da iniciativa de manufatura avançada, os seguintes desafios são considerados como referência:

- Posicionar o Brasil entre os países mais desenvolvidos em CT&I;
- Aprimorar as condições institucionais para elevar a produtividade a partir da inovação;
- Reduzir assimetrias regionais na produção e no acesso à CT&I;
- Desenvolver soluções inovadoras para inclusão produtiva e social;
- Fortalecer as bases para a promoção do desenvolvimento sustentável.

A estas referências soma-se a tendência do mercado mundial de fragmentação da produção, conduzindo ao aumento do comércio de bens intermediários, com protagonismo de grandes grupos transnacionais, e relação amigável dos consumidores com o meio ambiente, pelo uso eficiente de recursos naturais.

Neste contexto, a promoção do desenvolvimento produtivo e social proporcionado pela manufatura avançada demanda ações para desenvolver cadeias produtivas de setores econômicos de interesse nacio-

nal com valor social, orientadas pelo objetivo do Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil.

## 4 REFERENCIAL DA MANUFATURA AVANÇADA NO BRASIL

A ENCTI 2016-2022, na identificação de seus temas estratégicos, pontuou que estão inclusos entre os desafios globais a serem superados pelo Brasil os riscos relativos à crise hídrica, alimentar e energética envolvendo uma população em processo de envelhecimento e urbanização. A ENCTI também indicou que existem oportunidades de aproveitamento de vantagens comparativas do País para promover o aumento da competitividade nacional, considerando sua grande biodiversidade, os recursos naturais que o País dispõe e sua capacidade para a produção de *commodities*, assim como competências científicas e tecnológicas instaladas de suporte a setores produtivos. Considerando estes desafios, oportunidades e vantagens nacionais, foram selecionados temas em CT&I estratégicos para o desenvolvimento, autonomia e soberania nacional. Destes temas, estão alinhados às necessidades



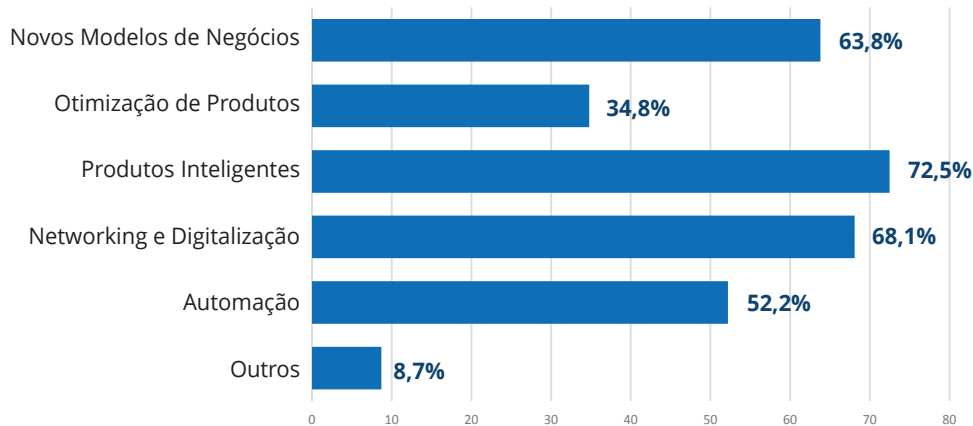


do SNCTI a busca de soluções que favoreçam os seguintes temas de interesse da manufatura avançada:

- Segurança hídrica, alimentar e energética;
- Segurança e defesa cibernética;
- Economia e sociedade digital;
- Energias e combustíveis renováveis;
- Exploração e produção de petróleo e gás em águas profundas;
- Produtos farmacêuticos e hospitalares;
- Insumos para a indústria química;
- Uso sustentável da biodiversidade;
- Bens minerais estratégicos;

- Bioeconomia nacional; e
- Tecnologias críticas para a inovação e competitividade empresarial.

Também a ser considerado, o parque industrial brasileiro, integrado em 98% por micro, pequenas e médias empresas (MPME), apresenta no cômputo geral pequena produtividade e baixo nível de digitalização, quando comparado a padrões do mercado internacional. Neste universo, o conceito de manufatura avançada não está consolidado, mesmo em algumas grandes empresas. O estudo realizado pela *Acatech* evidenciou que o conceito de manufatura avançada foi associado



Fonte: GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

**Figura 5 – Compreensão de manufatura avançada pela indústria brasileira**



principalmente a produtos inteligentes (Figura 5).

Embora o movimento da manufatura avançada no Brasil seja recente, o empenho de vários atores tem contribuído para sua rápida intensificação, com instituição de diversas iniciativas que promovam sua adoção no País.

A partir de 2015, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC e o Ministério de Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC reuniram força tarefa de manufatura avançada no objetivo de estabelecer ações de curto, médio e longo prazos para elaboração de uma política nacional de manufatura avançada. Neste período, em 2016, o MCTIC publicou a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCTI 2016-2022, contemplando entre suas estratégias a:

*Elaboração da “Estratégia Nacional para Manufatura Avançada”, considerando as tendências internacionais, os desafios e a discussão dos aspectos regulatórios, de infraestrutura (energia,*

*transportes e telecomunicações, bem como padrões de transferência de dados e segurança), da difusão tecnológica, das competências (humanas e organizacionais) e das questões de mercado, entre outros.*

Em 2016 o MCTIC e o MDIC realizaram *workshops* em vários estados do País com objetivo principal de obter opiniões de especialistas de diferentes setores das empresas, instituições científicas e tecnológicas e esferas governamentais, culminando na publicação do documento de *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil*, que incorporou recomendações para promover a manufatura avançada no Brasil.

Motivadas por este movimento, diversas instituições públicas e privadas vêm realizando atividades para apoio às empresas. Estas iniciativas, de âmbito federal e estadual, contemplam ações de apoio tecnológico, capacitação de recursos humanos e fortalecimento de infraestruturas voltadas para o desenvolvimento de



cadeias produtivas brasileiras. Igualmente importante são as cooperações internacionais para conhecer iniciativas que estão sendo conduzidas por países de referência em manufatura avançada e implementar as melhores práticas.

<p><b>FORÇA</b></p> <p>Desejo comum dos atores da triplice hélice no fortalecimento da pesquisa, desenvolvimento e inovação de tecnologias para manufatura avançada.</p>	<p><b>FRAQUEZA</b></p> <p>Desarticulação política e institucional direcionada à pesquisa, desenvolvimento e inovação de tecnologias para manufatura avançada.</p>
<p><b>OPORTUNIDADE</b></p> <p>Disponibilidade de um Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) para responder a desafios tecnológicos de manufatura avançada.</p>	<p><b>AMEAÇA</b></p> <p>Descontinuidade de esforços em áreas tecnológicas de interesse à manufatura avançada.</p>

A capacitação e competência em áreas tecnológicas aplicáveis à manufatura avançada são uma das principais referências para as políticas dos países sobre este tema. O nível de capacitação do país nestas áreas é determinante para estabelecer o patamar a partir do qual serão definidos os objetivos, metas e ações a serem estabelecidas para a formulação e implementação de sua política de manufatura avançada.

No Brasil, muitas das preocupações quanto à capacidade tecnológica do País para manufatura avançada estão associadas a características econômicas, políticas e culturais não adequadamente exploradas ou tratadas, traduzidas em suas principais forças, fraquezas, oportunidades e ameaças ao esforço tecnológico.

## 4.1 Tecnologias

A evolução tecnológica evidenciada pela 4ª revolução industrial difere dos movimentos industriais anteriores por ser a manufatura avançada caracterizada pela convergência e possibilidade de combinação de diferentes tecnologias, em diversos graus de maturidade, aplicáveis a produtos e processos produtivos, que convivem de forma híbrida, com produtos e processos convencionais e novos.

A ordenação do universo de tecnologias direcionadas para o objetivo da manufatura avançada constitui desafio para seus atores, uma vez que envolve diferentes áreas tecnológicas, objetos físicos ou virtuais integrados por estas áreas, aspectos de conectividade ou interoperabilidade dos objetos, sistemas habilitadores de dados e informações, integradores de di-



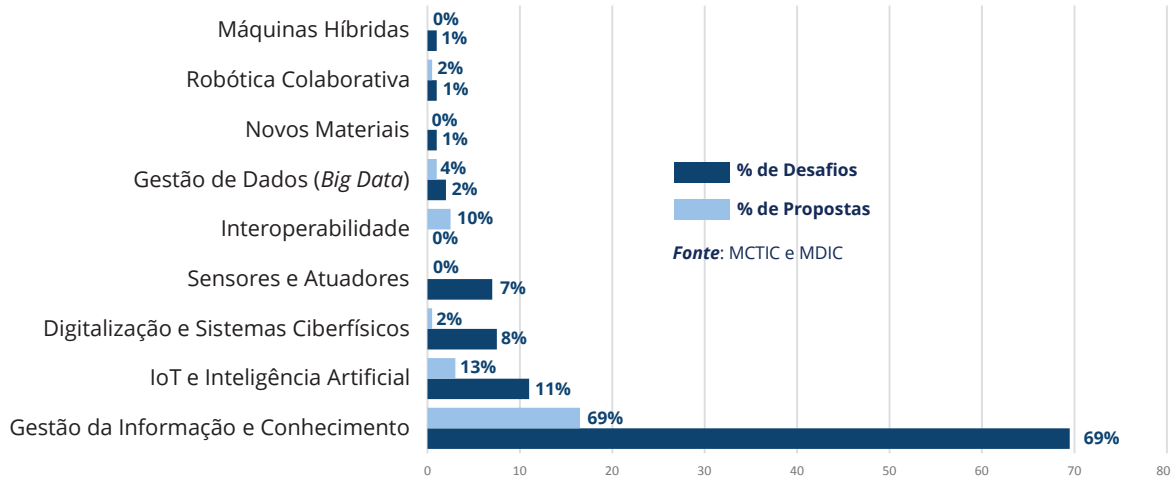
ferentes sistemas e provedores de serviços inteligentes de internet.

A ENCTI 2016-2022, com base nos temas em CT&I tidos como estratégicos para o desenvolvimento, autonomia e soberania nacional, aponta áreas tecnológicas prioritárias para o Brasil, das quais, aplicáveis à manufatura avançada, destacam-se:

- Dispositivos eletroeletrônicos;
- TIC;
- Gestão de dados (*Big Data*);
- Computação em nuvem;
- Novos materiais;
- Nanotecnologia;
- Fotônica;
- Impressoras 3D;
- Sistemas ciberfísicos;
- *IoT*;
- Automação;

- Energias renováveis;
- Simulação e modelagem;
- Interoperabilidade;
- Segurança cibernética;
- Propriedade intelectual.

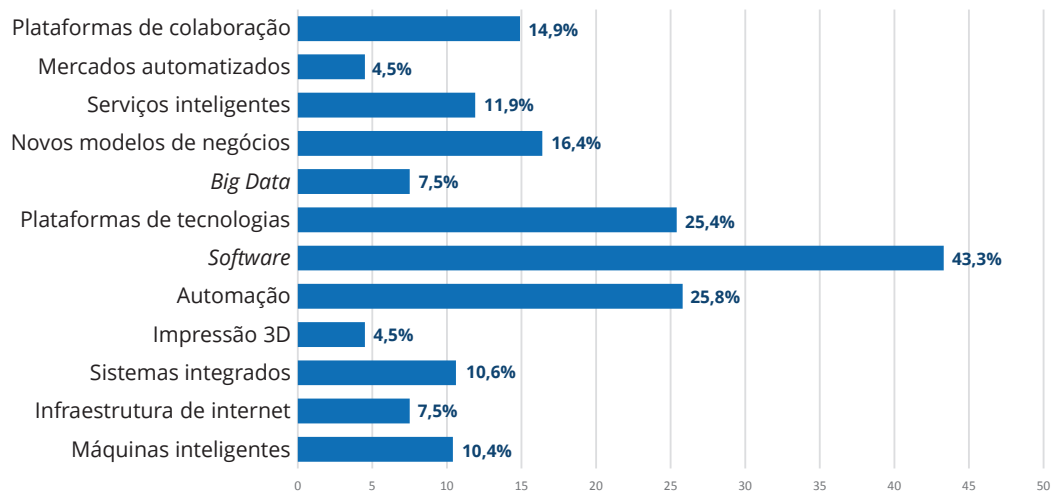
A visão dos especialistas registrada no documento de *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil*, relacionou a quantidade de desafios e propostas na dimensão de tecnologia para manufatura avançada, indicando que as maiores preocupações dos especialistas são a gestão da informação e conhecimento, a *IoT* e inteligência artificial, a digitalização e sistemas ciberfísicos e sensores e atuadores. Embora não registrada nos desafios, a interoperabilidade se destacou como um dos assuntos relevantes nas propostas dos especialistas ([Figura 6](#)).



**Figura 6** – Desafios e propostas no tema de tecnologias para manufatura avançada.

O estudo realizado pela *Acatech* indicou que na visão das empresas a manufatura avançada ainda é pouco desenvolvida no que diz respeito a importantes competências em áreas tecnológicas, com insuficiências nas áreas de sistemas integrados, máquinas inteligentes e novos modelos de negócios baseados em dados. Nestas áreas destacam-se como críticas limitações do Brasil em tecnologias decisivas para soluções em manufatura avançada, tendo o cuidado de que algumas destas tecnologias, embora relevantes, o País não tem interesse em competir com países que detém o conhecimento para o desen-

volvimento destas tecnologias, se limitando em utilizá-las para a resolução das demandas em manufatura avançada. Apesar destas limitações, as empresas entendem que existe uma base de conhecimentos em *software*, soluções de automação e plataformas de tecnologias capazes de dar suporte a áreas tecnológicas deficientes (Figura 7). Esta base de conhecimentos pode contribuir para o aumento da produtividade esperado pelas empresas em razão da manufatura avançada, quando comparado com alguns países latino-americanos intensivos em mão de obra.



Fonte: GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

**Figura 7 – Competências tecnológicas do Brasil para a manufatura avançada.**

Neste cenário, é preocupante a situação das MPME, cuja maioria vem trabalhando nos limites da 2ª revolução industrial, aproveitando de forma restrita as tecnologias digitais, situação agravada pela inserção limitada do País em mercados digitalizados, assim como adoção de modelos de negócios orientados a produtos em vez de dados. Esta condição das empresas é motivada por razões culturais, pouco conhecimento de tendências de mercado e limitações de capital para investimentos.

As limitações ou incapacidades para promover o fortalecimento de tecnologias têm sido substanciadas pelo hiato de suporte a políticas tecnológicas para promoção da competitividade e produtividade, seja por indisponibilidade de recursos, deficiências na gestão ou razões culturais. Este cenário é traduzido pela posição em que o Brasil ocupa no cenário tecnológico internacional, que apesar de em 2017 ocupar 13º lugar na produção científica, está classificado no 61º lugar no *ranking* mundial da competitividade industrial (Figura 8).

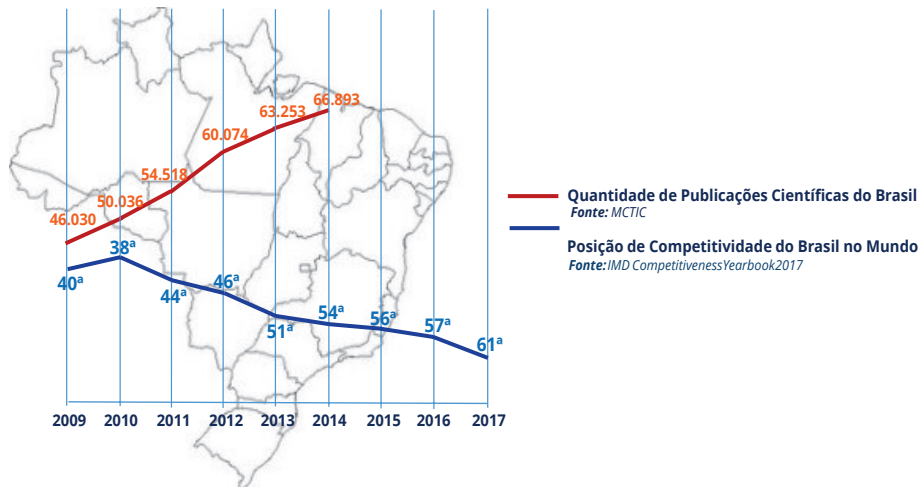


Embora estes temas de referência em CT&I possam nortear esforços tecnológicos do SNCTI, estes ainda são insuficientes para identificar áreas tecnológicas onde serão concentrados esforços nacionais para manufatura avançada. Movimentos internacionais e nacionais têm elegido áreas tecnológicas de referência para promoção da manufatura avançada. Em sintonia com este entendimento, mais recentemente, na área de *IoT*, uma das áreas tecnológicas críticas em uma política de manufatura avançada, o MCTIC instituiu o Plano de Ação de *IoT* para o Brasil [2].

Outros esforços de interesse da manufatura avançada estão associados a tec-

nologias ou áreas tecnológicas de caráter transversal, que dão suporte a áreas de referência da manufatura avançada, tais como dispositivos eletroeletrônicos, novos materiais, nanotecnologia, interoperabilidade, computação em nuvem e segurança cibernética, entre outras.

Embora o Brasil disponha de competências nestas áreas, ressalvadas condições de dimensionamento quantitativo e qualitativo, existem lacunas tecnológicas para aplicação destas tecnologias nos setores produtivos. Entretanto, justificável pela incipiência do tema, esforços estão sendo dispendidos, em áreas tecnológicas



**Figura 8** – Posição brasileira na produção científica e em competitividade.





#	Tecnologias Digitais	Uso	Importância
1	Sistemas integrados de engenharia para desenvolvimento de produtos e manufatura.	19	25
2	Automação digital com sensores com identificação de produtos, processos e linhas flexíveis.	8	21
3	Automação digital com sensores para controle de processo.	27	20
4	Coleta, processamento e análise de grandes quantidades de dados ( <i>big data</i> ).	9	15
5	Monitoramento e controle remoto da produção com sistemas do tipo MES e SCADA.	7	14
6	Incorporação de serviços nos produtos (Internet das Coisas ou <i>Product Service Systems</i> ).	4	12
7	Utilização de serviços em nuvem associados ao produto.	6	11
8	Projetos de manufatura por computador CAD/CAM.	30	9
9	Manufatura aditiva, prototipagem rápida ou impressão 3D.	5	9
10	Simulações e análise de modelos virtuais para projeto e comissionamento.	5	5
11	Automação digital sem sensores.	11	3
12	Nenhuma das listadas.	15	3
13	Não sabe ou não respondeu.	31	39

Fonte: CNI.

### Quadro 2 – Tecnologias de interesse do setor industrial brasileiro.

consideradas de referência para a manufatura avançada, tais como:

**Câmara IoT** - Esta Câmara, instituída pelo Governo Federal em 2014, tem como objetivos promover, acompanhar e desenvolver as soluções de Comunicação Máquina a Máquina (M2M) e de Internet

das Coisas (*IoT*) para o mercado brasileiro, com representatividade de governo, iniciativa privada e instituições científicas e tecnológicas, com atribuição para tratar de privacidade de dados, segurança das informações, tributação, regulação, fomento ao desenvolvimento de soluções e formação de capital humano. Além destas atri-



buições, a Câmara instância de elaboração e implementação do Plano Nacional de Internet das Coisas.

**Estratégia Brasileira para a Transformação Digital** – A Estratégia é um esforço coordenado pela Secretaria de Política de Informática do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (SEPIN/MCTIC), em articulação com os setores competentes do campo científico, governamental, produtivo e da sociedade civil, com o objetivo de estabelecer as diretrizes e metas para a digitalização da economia brasileira nos próximos anos.

A disponibilidade de competências tecnológicas também tem sido preocupação do setor empresarial. Em pesquisa realizada pela CNI [4], foram identificadas tecnologias digitais prioritárias para o setor (**Quadro 2**).

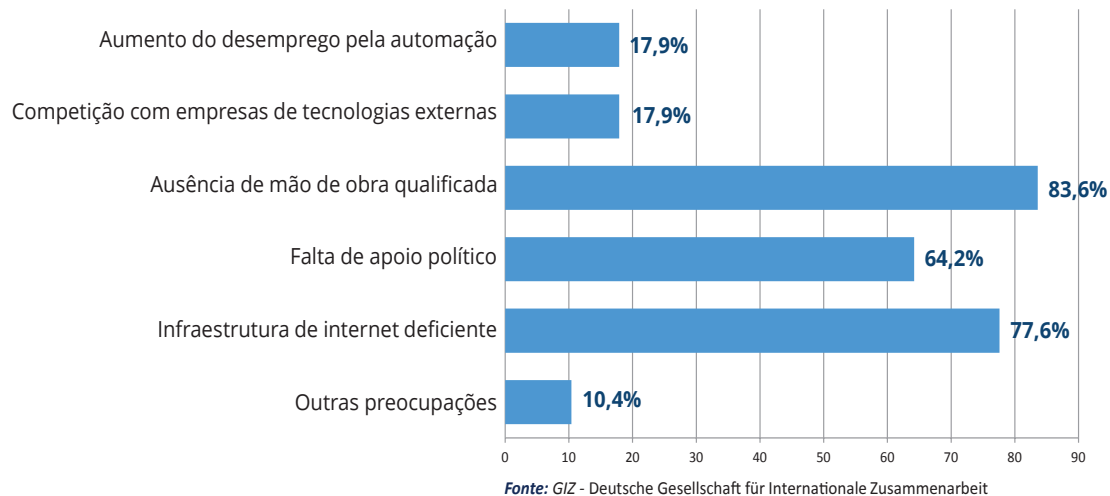
Estes resultados indicam o alinhamento das preocupações das empresas com temas tecnológicos relevantes para a manufatura avançada, com destaque para automação com sensores, integração de sistemas, *softwares* industriais, gestão de dados e informações (*Big Data*), *IoT* e serviços inteligentes de internet (*Product Service Systems*).

## 4.2 Recursos Humanos

<p><b>FORÇA</b></p> <p>Consenso dos atores da trílice hélice quanto a necessidade de dispor de recursos humanos qualificados para atuarem no ambiente da manufatura avançada.</p>	<p><b>FRAQUEZA</b></p> <p>Cultura vigente de considerar a informatização como solução para manufatura avançada.</p>
<p><b>OPORTUNIDADE</b></p> <p>Percepção dos profissionais de que não se integrar aos conhecimentos da manufatura avançada implica em sua exclusão do ambiente empresarial.</p>	<p><b>AMEAÇA</b></p> <p>Demanda significativa de recursos humanos qualificados para atender às necessidades de manufatura avançada em tempo reduzido.</p>

A ausência de profissionais qualificados para atender às demandas da manufatura avançada tem sido assunto recorrente em todos os debates sobre a formulação de uma política de manufatura avançada para o Brasil. Este debate é extensivo tanto para a necessidade de dispor de capital intelectual para desenvolvimento das tecnologias de manufatura avançada, quanto a dispor de mão de obra qualificada para operar neste ambiente, envolvendo os setores acadêmico e empresarial. Esta deficiência aparece como a principal preocupação indicada no estudo realizado pela *Acatech* sobre o panorama industrial brasileiro (**Figura 9**).

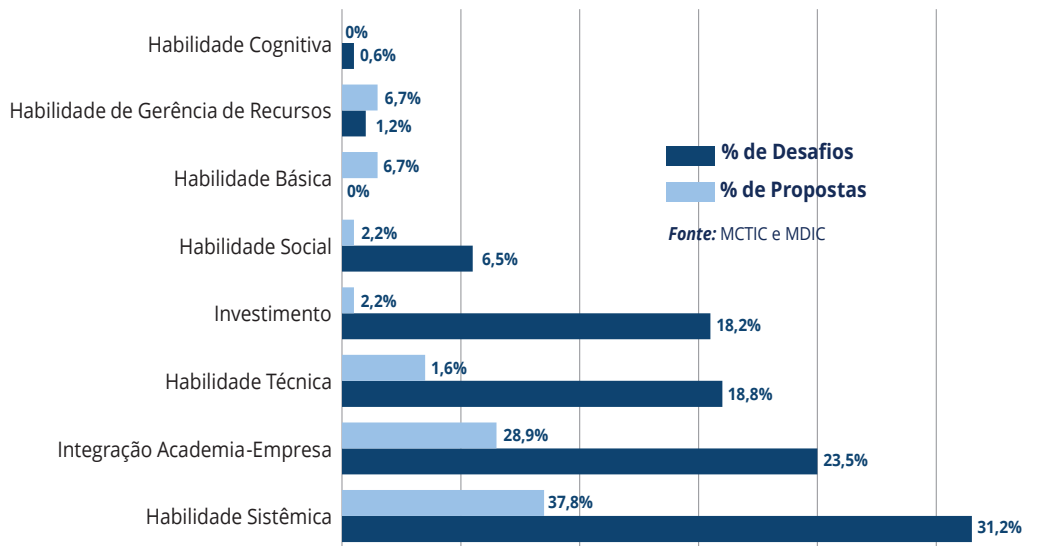




**Figura 9 – Preocupações das empresas para manufatura avançada no Brasil.**

Esta ausência ocorre não apenas na formação e educação continuada de profissionais, como também em todos os níveis de capacitação, desde competências básicas de digitalização até o uso de soluções tecnológicas para produção, negócios e serviços. Este déficit é mais crítico para as MPME, cujos gestores e colaboradores não compreendem a utilidade prática da manufatura avançada em sua estrutura organizacional e modelos de negócios.

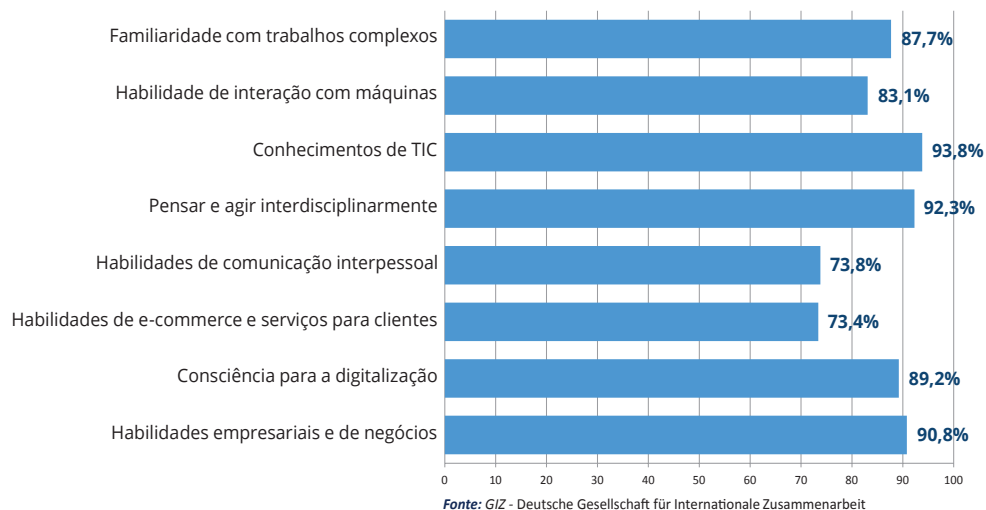
Na visão dos especialistas, registrada no documento de *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil*, os desafios e propostas da área de recursos humanos para manufatura avançada, indica que as maiores preocupações estão nas habilidades sistêmicas e na integração academia-empresa, motivadas pelo significativo conteúdo tecnológico da manufatura avançada (Figura 10).



**Figura 10** – Desafios e propostas no tema de recursos humanos para manufatura avançada.

Na área de recursos humanos para a manufatura avançada existe a necessidade de uma diversidade de habilidades para implantação bem sucedida da manufatura avançada no Brasil. Esta necessidade se destaca no estudo da *Acatech*, que

na visão da maioria significativa das empresas pontuaram conjuntamente várias habilidades onde se fazem necessárias capacitações e qualificações, do ponto de vista quantitativo e qualitativo (Figura 11).



**Figura 11** – Competências demandadas pela manufatura avançada no Brasil.

Importante é também a construção de uma consciência digital nos setores empresariais, governamentais, acadêmicos e na sociedade, que motive para a formação profissional de graduação e técnica, tanto para habilitar especialistas qualificados como generalistas, que intercedam e acompanhem a transformação digital no Brasil. Este é um desafio significativo, se considerarmos que muitas empresas brasileiras ainda vivenciam a 2ª revolução industrial.

Esta preocupação é traduzida em iniciativas que estão sendo desenvolvidas

por atores públicos e privados da manufatura avançada no Brasil, a exemplo do:

**Projeto Brasil mais TI** – Capacitação na área de tecnologias de informação e comunicação, com cursos para conhecimento em TI, abrangendo um conjunto de atividades e recursos da computação, programação de forma fácil e rápida e idiomas, com terminologia de informática.

**Programa Senai Despertar 4.0** – Iniciativa com objetivo de educação profissional para inserir o trabalhador no universo das máquinas industriais conectadas. Nesta iniciativa os alunos aprendem em seus



curiosas tecnologias de sensores, desenvolvimento de aplicativos para produção, máquinas híbridas, robótica autônoma e inteligência artificial, de modo a acrescentar conhecimento aos processos tradicionais de produção.

### 4.3 Cadeias Produtivas

<p><b>FORÇA</b></p> <p>Percepção das empresas de que não se integrar à manufatura avançada implica em perda da competitividade e produtividade.</p>	<p><b>FRAQUEZA</b></p> <p>Estrutura da maioria das micro, pequenas e médias empresas vivenciando conceitos da segunda revolução industrial.</p>
<p><b>OPORTUNIDADE</b></p> <p>Existência de referências para manufatura avançada em cadeias de valor da produção brasileira.</p>	<p><b>AMEAÇA</b></p> <p>Desarticulação dos componentes da trílice hélice no desenvolvimento das cadeias produtivas.</p>

As cadeias produtivas são o principal objetivo da manufatura avançada, desde a aquisição de componentes e insumos, passando pelo processo de fabricação, logística e consumidor final. O patamar de integração nestas atividades e entre elas define o nível de competência das empresas na manufatura avançada. Para alcançar um elevado nível de competência é ne-

cessário transpor barreiras tecnológicas, estruturais e culturais, consolidadas pelas revoluções industriais anteriores.

Contribui com estas barreiras a grande predominância na economia nacional de MPME, que operam fora de setores de alta tecnologia, com pouca disponibilidade de capital, instalações produtivas geralmente obsoletas e baixa inserção no mercado internacional, quadro este agravado pelas disparidades regionais e setoriais do País. Muitas destas empresas, antevendo oportunidade de agregar valor, se concentram em segmentos econômicos fora da digitalização, se comprometendo com métodos produtivos da 2ª revolução industrial. Em contraposição, existem empresas brasileiras de setores econômicos que atuam em posição de liderança no cenário internacional, com soluções de manufatura avançada, tais como o setor agropecuário, de mineração, o bancário e o automobilístico.

As disparidades entre as regiões urbanas e rurais, as grandes empresas e MPME, também ocorrem em outros países que adotam políticas de manufatura avançada, diferindo apenas na intensidade e os meios disponíveis e adotados pelos países para mitigar estas disparidades. As



## Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil

diferenças. são. intensificadas. por. dificuldades. regionais. de. acesso. das. MPME. a. infraestruturas adequadas, a instituições de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). e. a. redes. de. negócios,. contribuindo para agravar as limitações de estrutura organizacional destas empresas para implantação. de. novos. modelos. de. negócios,. induzindo-as. a. uma. postura. de. esperar. para ver o resultado e buscar as soluções.

Entretanto,. observa-se. um. crescimento. significativo. de. *startups* que, por serem empresas. de. base. tecnológica,. desde. seu. nascimento incorporam conceitos da manufatura avançada.

A. pesquisa. realizada. pela. CNI. [4]. apontou que quase a metade das empresas pesquisadas (48%) que responderam utiliza pelo menos uma das tecnologias digitais consideradas prioritárias pelo setor

Uso	Setor Produtivo	% <sup>1</sup>
Quem mais usa tecnologias de manufatura avançada	Equipamentos de informática, produtos eletrônicos e outros.	61
	Máquinas,.aparelhos.e.materiais.elétricos.	60
	Coque,.derivados.do.petróleo.e.biocombustíveis.	53
	Máquinas.e.equipamentos.	53
	Metalurgia.	51
Quem menos usa tecnologias de manufatura avançada	Outros equipamentos de transporte.	23
	Manutenção,.reparação.e.instalação.de.máquinas.e.equipamentos.	25
	Produtos farmacêuticos.	27
	Minerais.não.metálicos.	28
	Vestuário.	29
	Calçados.	29

<sup>1</sup> Percentual de empresas que utilizam pelo menos uma das tecnologias digitais indicadas no Quadro 2.

Fonte: CNI.

**Quadro 3** – Uso.de.tecnologias.digitais.por.setores.produtivos.no.Brasil.





produtivo brasileiro (Quadro 3), indicando que o desconhecimento tecnológico é significativamente maior entre as empresas de menor porte (57%), enquanto entre as de grande porte este desconhecimento se reduz significativamente (32%). Identificou também diferenças significativas no uso de tecnologias digitais por setores industriais brasileiros, apontando oportunidade de potencializar a manufatura avançada em alguns setores que têm representatividade no PIB brasileiro e mercado internacional.

Também, esta pesquisa classificou setores produtivos mais intensivos em tecnologias produtivas (Quadro 4).

Os resultados apresentados destacam setores produtivos de elevada intensidade tecnológica que mais usam tecnologias de manufatura avançada, como o setor eletroeletrônico e de máquinas e equipamentos, os quais são a base para a manufatura avançada.

Na mesma linha, o estudo da *Acatech* identificou como setores econômicos que, na visão das empresas, podem mais se beneficiar da manufatura avançada, os de telecomunicações, automobilístico, de saúde, logística e transporte. Outros setores também foram citados como promissores para aplicação da manufatura avançada, sem prejuízo de setores produtivos, que embora não sejam tão recepti-

Intensidade Tecnológica	Setor Produtivo
Alta	Farmoquímicos e farmacêuticos
	Equipamentos de informática, eletrônicos e ópticos
Média-Alta	Químicos (exceto HPPC <sup>1</sup> )
	HPPC <sup>1</sup>
	Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
	Máquinas e equipamentos
	Veículos automotores
	Outros equipamentos de transporte



Intensidade Tecnológica	Setor Produtivo
Média-Baixa	Coque, derivados do petróleo e biocombustíveis
	Produtos de borracha
	Produtos de material plástico
	Minerais não metálicos
	Metalurgia
	Produtos de metal
	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
Baixa	Alimentos
	Bebidas
	Fumo
	Produtos têxteis
	Vestuário e acessórios
	Calçados e suas partes
	Couros e artefatos de couro
	Madeira
	Celulose e papel
	Impressão e reprodução
	Móveis
	Produtos diversos

**1** HPPC – Sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal.

Fonte: CNI.

**Quadro 4** – Classificação por intensidade tecnológica do setor produtivo.

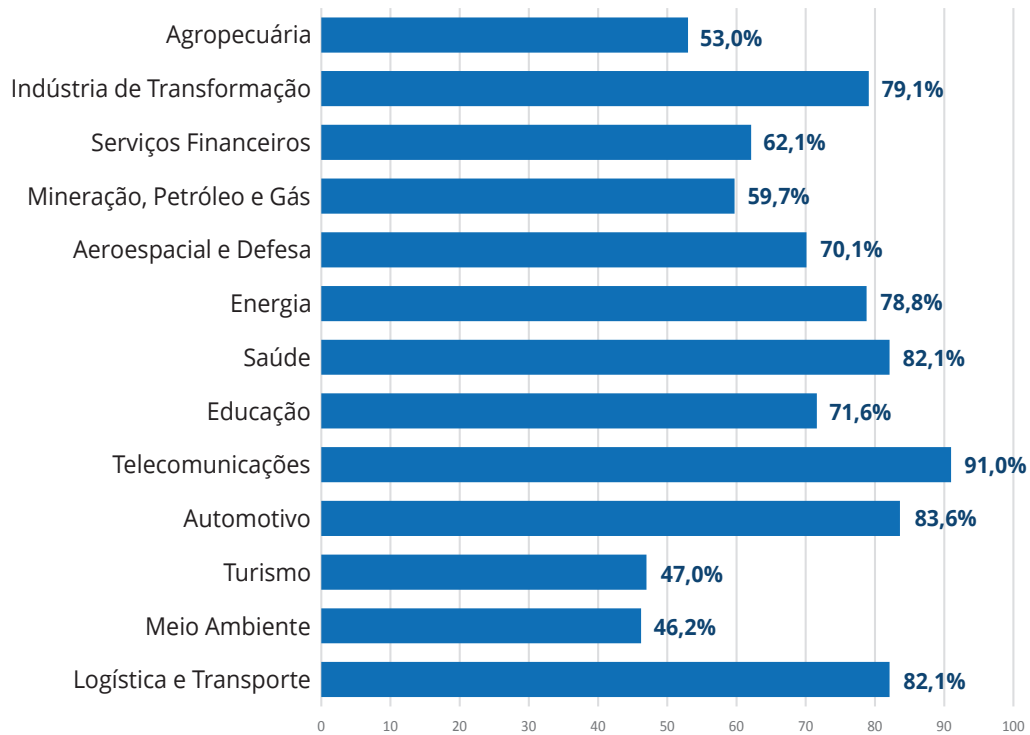


vos à manufatura avançada, o Brasil possui protagonismo internacional, a exemplo dos setores do agronegócio e indústria de transformação (Figura 12).

Também, tendo como referência temas em CT&I, a ENCTI 2016-2022 nomeou

setores econômicos considerados estratégicos, destacadamente:

- Setor aeroespacial e defesa;
- Setor agropecuário;
- Complexo industrial da saúde;



Fonte: GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

**Figura 12** – Setores econômicos brasileiros promissores para aplicação da manufatura avançada.





## Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil

- Indústria de insumos químicos;
- Fabricantes de produtos da biodiversidade brasileira;
- Produtores de tecnologias digitais;
- Indústria de petróleo e gás;
- Produtores de energia renováveis.

Mais recentemente, na área de *IoT*, uma das áreas tecnológicas mais críticas em uma política de manufatura avançada, o MCTIC instituiu o Plano de Ação de *IoT* para o Brasil [2], o qual indicou os setores econômicos nos quais estarão concentrados os esforços para aumento da competitividade das empresas, fortalecimento das cadeias produtivas nacionais e melhoria da qualidade de vida, contemplando, além da inovação, os seguintes setores econômicos e de interesse social:

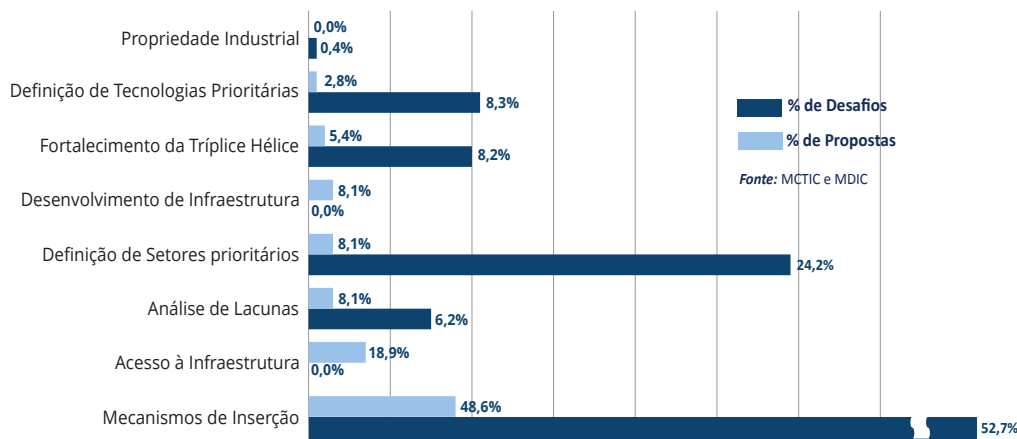
- Cidades – mobilidade, segurança pública, eficiência energética e saneamento;
- Saúde – doenças crônicas, promoção e prevenção e eficiência de gestão;
- Rural – uso eficiente de recursos naturais e insumos, uso eficiente de maquinário e segurança sanitária; e

- Indústrias – recursos e processos, bens de capital e estoque.

Seguindo um recorte diferente, os especialistas registraram no documento de *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil* os maiores desafios e propostas para o desenvolvimento de cadeias produtivas para manufatura avançada (Figura 13).

Os mecanismos de inserção são a maior preocupação das empresas em razão dos obstáculos enfrentados, principalmente pelas MPME, que não estão preparadas para participar do ecossistema da manufatura avançada, em razão de suas limitações de gestão, de conhecimentos tecnológicos e de recursos humanos capacitados para inserção neste ecossistema.

Com o aumento da percepção pelas instituições públicas e privadas brasileiras da importância da manufatura avançada, cresce a quantidade de iniciativas que vêm sendo ofertadas para desenvolvimento de cadeias produtivas, podendo-se citar entre elas:



**Figura 13 – Desafios e propostas no tema de cadeias produtivas para manufatura avançada.**

**Associação de Institutos SENAI para Aplicações de Soluções em Indústrias Brasileiras** – Esta Associação tem como objetivo aglutinar Institutos SENAI de Inovação para desenvolverem competências técnicas e infraestrutura de apoio à indústria em tecnologias consideradas estratégicas pelos associados, os quais definiram projetos relacionados às temáticas de sensoriamento e digitalização, de modo que pudessem ser escalonáveis nas indústrias, aumentando assim o potencial de incremento de produtividade.

**BNDES** – A linha BNDES - Funtec disponibiliza apoio financeiro não reembolsável a projetos de pesquisa aplicada, desenvol-

vimento tecnológico e inovação executados por ICT, selecionados de acordo com os focos de atuação divulgados anualmente pelo Banco, que também está financiando estudo para subsidiar a elaboração do Plano Nacional de Internet das Coisas.

**Embrapii** - Qualificada como uma Organização Social pelo Poder Público Federal desde 2013, disponibiliza oportunidades para explorar sinergias entre ICT e empresas industriais, em prol do fortalecimento da capacidade de inovação brasileira, com a missão de apoiar ICT selecionadas em determinadas áreas de competência, para executarem projetos de PD&I em cooperação com estas empresas.

**Sibratec** – O Sistema Brasileiro de Tecnologia, operado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), é um instrumento de articulação e aproximação da comunidade científica e tecnológica com as empresas, com foco na cooperação ICT-empresa. Nesse sentido, suas ações buscam atender às necessidades de desenvolvimento tecnológico e implantar a cultura da inovação nas empresas brasileiras, principalmente em MPME.

### 4.4 Infraestrutura

<b>FORÇA</b> Empenho dos agentes da tríplice hélice em estabelecer objetivos comuns para promoção da manufatura avançada.	<b>FRAQUEZA</b> Dificuldades de acesso das empresas às oportunidades de apoio propiciadas pelas infraestruturas.
<b>OPORTUNIDADE</b> Base significativa de infraestruturas públicas e privadas capazes de atender a demandas empresariais para manufatura avançada.	<b>AMEAÇA</b> Desarticulação das infraestruturas tecnológicas, educacionais e empresariais no alcance do objetivo comum de promover a manufatura avançada.

As infraestruturas para implantação da manufatura avançada devem ser tratadas no âmbito dos três agentes da tríplice hélice, com o suporte governamental para

o setor empresarial, o apoio científico, tecnológico e educacional pela área acadêmica e a estrutura empresarial focada no desenvolvimento de cadeias produtivas. Nas instâncias governamentais sua responsabilidade está associada às suas competências de políticas de CT&I, industrial, educacional e econômica. Na área acadêmica a responsabilidade está relacionada a apoiar as empresas com conhecimentos e habilidades científicas e tecnológicas, na execução de pesquisa e desenvolvimento de produtos, processos e serviços, assim como formação ou qualificação de profissionais para atuarem no ecossistema de manufatura avançada. Finalmente, no setor empresarial, as entidades de classe, além de fornecerem uma visão da realidade de seus setores produtivos, representam importante papel no apoio às empresas associadas, em defesa de seus interesses tecnológicos, educacionais e regulatórios para promoção da manufatura avançada.

No Brasil percebe-se uma base significativa de infraestruturas tecnológicas públicas e privadas capazes de atender a demandas empresariais para manufatura avançada. As principais limitações nesta base são originadas pela ausência de di-



recionamento de esforços para preenchimento de lacunas ou fortalecimento de algumas tecnologias críticas para a manufatura avançada, assim como o excessivo foco no desenvolvimento de produtos e menos em processos produtivos e em serviços inteligentes de internet. Também, o modelo acadêmico adotado suas infraestruturas valorizam a pesquisa científica, materializada em matérias publicadas, e menos a produção de tecnologias e inovações, direcionadas às necessidades de mercado.

Estas infraestruturas incluem renomadas universidades, em que se formaram *clusters* de excelência, instituições científicas e tecnológicas, incubadoras e parques tecnológicos. Além de desenvolver atividades de CT&I, estas infraestruturas estão capacitadas e disponíveis para formar profissionais habilitados para a manufatura avançada, ressalvadas as adequações curriculares necessárias. Com o duplo objetivo de desenvolver produtos e processos e capacitar profissionais e empresas na formulação e implementação de seus negócios, os laboratórios abertos também

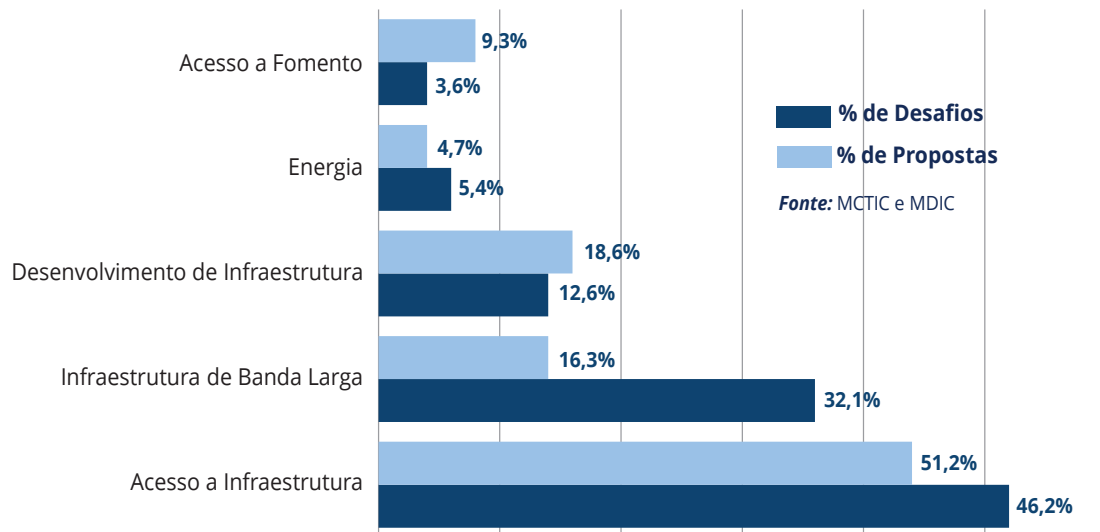
têm se revelado importantes infraestruturas de apoio.

No componente empresarial, várias entidades de classe se movimentam para incluir a manufatura avançada em suas agendas. Enquanto entidades tradicionais adequam suas atividades para este novo ecossistema, este movimento tem fomentado a criação de novas entidades técnicas especificamente direcionadas para promoção da manufatura avançada. O suporte ofertado por estas entidades é relevante tanto para a formulação de políticas em setores econômicos, quanto a representação e apoio dos interesses de seus associados em questões tecnológicas, educacionais e econômicas, incluindo matérias de conteúdo regulatório.

Na visão dos especialistas, registrada no documento de *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil*, os desafios e propostas para a área de infraestrutura para manufatura avançada, indica que as maiores preocupações estão no acesso a infraestruturas tecnológicas e educacionais e deficiências na infraestrutura de banda larga (Figura 14).







**Figura 14** – Desafios e propostas no tema de infraestrutura para manufatura avançada.

Em razão da incipiência do tema de manufatura avançada no Brasil, existe um déficit de disponibilidade de infraestruturas para apoio à inserção das empresas no ecossistema de manufatura avançada, demandando iniciativas como:

- Observatório digital - Inteligências para fornecer decisões de investimentos, análises de países competidores (*Benchmarking* internacional), oportunidades de internacionalização das empresas brasileiras, oferta de *roadmaps* tecnológicos, análises do capital intelectual do ambiente de negócios do Brasil e análises de tendências e prioridades de mercado, entre outras funções.
- *Showrooms* tecnológicos - Demonstração de processos de aplicação prática e de fácil compreensão de oportunidades tecnológicas, organizacionais e de gestão dirigidas à manufatura avançada, para orientar aspectos técnicos e operacionais das empresas em suas decisões de investimentos em manufatura avançada.
- *Testbeds* - Oferta de processos modulares interconectados para as empresas simula-



rem seus desenvolvimentos em ambientes produtivos reais, com finalidade de preparar as empresas para sua manufatura avançada.

- Plataformas *e-commerce* - Fornece novos instrumentos para a comercialização, favorecendo a interlocução nacional e internacional direta com clientes das empresas e agregação de novos parceiros na cadeia de valor, assim como propicia a redução de custos com intermediações, racionalização de processos operacionais, exploração de novos mercados e vendas, ampliação dos modelos de negócios e desenvolvimento de serviços inteligentes de internet.

Não menos relevante são as infraestruturas de suporte aos processos produtivos das empresas, com atividades de extensão tecnológica, direcionados especialmente às MPME para melhoria de sua gestão e adequação de seus produtos e processos, e Serviços Tecnológicos, com atividades de avaliação da conformidade para se adequar a exigências normativas e regulatórias internacionais e barreiras técnicas ao comércio, com destaque para normas e regulamentos técnicos de TIC, incluindo interoperabilidade de sistemas, proteção e

segurança de dados, propriedade intelectual e organização do trabalho.

Em razão do reconhecimento pelos agentes da tríplice hélice da importância das infraestruturas para efetivação da manufatura avançada no Brasil, cresce a quantidade de iniciativas que vêm sendo ofertadas às empresas, podendo-se citar entre elas:

***SibratecShop*** – Este programa envolve MCTIC, Sebrae e Senai, fomentando a criação de novas empresas de base tecnológica e aumentando oportunidades de empreendedores para conseguirem novos investimentos públicos ou privados que fortaleçam suas empresas. Como muitos empreendedores atendidos são oriundos da comunidade acadêmica, esses ambientes de inovação são complementares às iniciativas de parques tecnológicos e incubadoras de empresas.

***Associação Brasileira de Internet Industrial (ABII)*** – Criada em 2016, a Associação é fruto do movimento de manufatura avançada, tendo como missão promover o crescimento acelerado da Internet industrial no Brasil por meio da coordenação de ecossistema que promova iniciativas volta-



das à integração, controle e conexão segura entre máquinas, sistemas, processos e pessoas por meio de arquiteturas comuns e padrões abertos, visando a geração de resultados transformadores para as diferentes indústrias e infraestrutura pública.

### 4.5 Regulação

<b>FORÇA</b> Interesse comum da comunidade de CT&I e empresarial em regular matérias para promover a manufatura avançada no Brasil.	<b>FRAQUEZA</b> Demora em regular matérias da área de CT&I para promover a manufatura avançada no Brasil.
<b>OPORTUNIDADE</b> Conhecimento das matérias da manufatura avançada que devem ser reguladas.	<b>AMEAÇA</b> Regulação de matérias relevantes para manufatura avançada dissociada dos interesses da política do setor.

No âmbito da transformação industrial introduzida pela manufatura avançada, a regulação exerce papel fundamental, tanto nos processos produtivos quanto na comercialização e uso dos produtos. Neste universo são várias as áreas que demandam regulação, especialmente aquelas que dispõem sobre: proteção e segurança de dados, direitos a informações pessoais

e não pessoais, informações contratuais, responsabilidade legal, propriedade intelectual, segurança de produto, direitos e deveres civis, trabalho, tributação, competição de mercado e antitruste. Neste universo cada país identifica seus gargalos e oportunidades regulatórias ou de desregulamentação para promover sua manufatura avançada.

No Brasil o tema regulação é bastante controverso, em razão do excesso de regulamentação, ausência de coerência regulatória e desconhecimento das empresas sobre o tema. Neste contexto, além de várias regulamentações serem inadequadas ao ecossistema de manufatura avançada, uma vez que estas foram aprovadas em outra conjuntura produtiva, existem lacunas na regulação motivadas pela presença deste novo ecossistema.

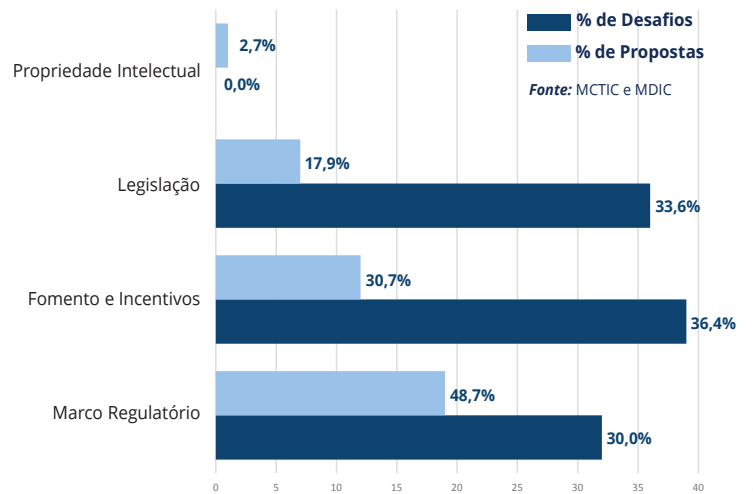
Entretanto merece destaque a evolução no Brasil da regulação para fortalecimento da CT&I, desde a promulgação da Lei de Informática, da Lei do Bem e, mais recentemente, o marco regulatório da inovação, inserido na Constituição Brasileira e corporificado na Lei da Inovação, a qual introduz mecanismos de incentivo e promoção à pesquisa científica e tecnológi-



ca e à inovação no ambiente produtivo. Também, merece destaque a regulação que introduz instrumentos legais de proteção às micro e pequenas empresas, tanto na Lei das Micro e Pequenas Empresas que incorpora matérias de proteção fiscal e tributária, quanto na Lei do Bem e Lei da Inovação, que introduz benefícios e incentivos ao desenvolvimento tecnológico nestas empresas.

Os desafios e propostas para a área de regulação para manufatura avançada, registrada no documento de *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil*, indicam que a distribuição das preocupações agregadas em matérias do marco regulatório, legislação e de fomento e incentivos é regular (Figura 15).

Neste recorte, para o marco regulatório, a principal preocupação das empresas



**Figura 15** – Desafios e propostas no tema de regulação para manufatura avançada.

está na regulamentação de matérias da relação homem-máquina, como a robótica colaborativa. Na legislação, são destaques a revisão de matérias associadas

às relações empregador-empregado, em razão das alterações dos ambientes e organização do trabalho introduzidas pela manufatura avançada, assim como a le-



gislação de tributação, com a revisão da carga tributária incidente sobre tecnologias (equipamentos de automação e robótica, máquinas inteligentes e aplicativos de *software*, entre outros) de interesse da manufatura avançada. O destaque ficou para a legislação de fomento e incentivos, que na visão empresarial, a relevância do ecossistema de manufatura avançada para o País merece tratamento diferenciado nos projetos que favoreçam a migração das empresas para este ecossistema.

Além destas matérias, objeto de preocupação das empresas, outras associadas a manufatura avançada são importantes de serem contempladas em uma agenda de regulação, o que inclui matérias de propriedade intelectual, comunicação de máquinas (interoperabilidade) e proteção e segurança de dados.

## **5 DESAFIOS DA MANUFATURA AVANÇADA**

Se observarmos os modelos das políticas de manufatura avançada de países, nelas identificaremos assuntos de conteúdo tecnológico, econômico e social. Nestas políticas as tecnologias são sempre assunto em evidência, direcionadas ao in-

teresse econômico de produtividade e competitividade que o país deseja para seus setores produtivos. O conteúdo social advém dos benefícios da aplicação das políticas para a população, não apenas econômicos, como também de saúde, de infraestrutura e ambientais. Assim, países desenvolvidos que dominam tecnologias associadas à manufatura avançada podem direcionar mais seus esforços para temas econômicos e sociais, enquanto países em desenvolvimento têm que aportar recursos materiais, humanos e financeiros em tecnologias estratégicas nas quais são incipientes, sem ignorar demandas sociais, de infraestrutura e ambientais previstas em suas políticas. Entretanto, o Brasil possui algumas as oportunidades a serem exploradas, originadas pela disponibilidade mineral e biodiversidade do País, assim como as vantagens proporcionadas pelas crises mundiais hídricas, alimentar e energética, cuja solução o Brasil pode ser protagonista.

Os debates realizados com especialistas de todo o Brasil, apontaram desafios e propostas para promoção da manufatura avançada, agrupados em áreas temáticas de tecnologias, recursos humanos, cadeias produtivas, infraestrutura e regulação,



para que o País possa promover mudanças necessárias para alcançar competitividade no novo panorama produtivo global.

É importante aproveitar as oportunidades propiciadas por tecnologias e inovações, sustentabilidade e por ambientes regulatórios que atendam à dinâmica evolutiva e propicie proteção apropriada a empresas, consumidores, trabalhadores e sociedade. A ligação entre o potencial de inovação e o investimento em pesquisa e desenvolvimento produtivo exigirá que os países, em diferentes estágios de desenvolvimento, formulem planos e estratégias eficazes, com o envolvimento dos atores da tríplice hélice na formação de parcerias. O ensino e educação tem importância crítica e deverão ser explorados diferentes caminhos para fornecer os conhecimentos e habilidades necessárias. Além do mais, diante do atual quadro político e econômico, o Brasil não pode contar com altos investimentos em curto prazo, devendo priorizar ações de médio e longo prazo, mesmo em prejuízo da urgência que a manufatura avançada exige, capitalizando a constância e integração dos atores comprometidos com as metas e ações do Plano.

Embora a disponibilidade de recursos financeiros seja um fator limitante para transpor os desafios do Plano, a Lei de Inovação (Lei nº 13.243/2016) prevê vários instrumentos de estímulo à inovação nas empresas, aplicáveis conforme os modelos de políticas de apoio, alguns deles já sendo aplicados pelos agentes de promoção da inovação, outros ainda necessitando ser explorados ou implementados. Entre estes instrumentos estão previstos:

- Subvenção econômica;
- Financiamento;
- Participação societária;
- Bônus tecnológico;
- Encomenda tecnológica;
- Incentivos fiscais;
- Concessão de bolsas;
- Uso do poder de compra do Estado;
- Fundos de investimentos;
- Fundos de participação;
- Títulos financeiros, incentivados ou não;
- Previsão de investimento em pesquisa e desenvolvimento em contratos de concessão de serviços públicos ou em regulações setoriais.



Pode-se enquadrar a manufatura avançada em duas vertentes: os produtos inovadores e os processos integrados para produção customizada. Deste modo, aplicar esforços em inovação de produtos e processos integrados e em educação para manufatura avançada é a principal forma de alavancar a produtividade das empresas brasileiras. Outro desafio é aumentar a familiarização dos setores produtivos com a digitalização, principalmente das MPME, disseminando entendimento de como esta tecnologia pode impactar na produção.

A incorporação das novas tecnologias relacionadas à manufatura avançada será fundamental para a sobrevivência das empresas brasileiras no mercado mundial, não apenas para competitividade do País nesse mercado, como também para garantir maior participação nas cadeias globais de valor.

Os desafios e ações aqui apontados são de responsabilidade das entidades governamentais, acadêmicas e empresariais que participaram dos fóruns de manufatura avançada. A articulação entre elas e outros atores que venham ser agregados, contribuirão para obter resultados mais

significativos para as ações propostas e alcance das metas previstas neste Plano.

### 5.1 Desafio I - Convergência e integração tecnológica em manufatura avançada para aumento da competitividade

Nos instrumentos e condições que promovem a inserção das empresas no ecossistema de manufatura avançada, as tecnologias são as protagonistas da evolução. Neste ecossistema se destacam desde tecnologias habilitadoras, como nanotecnologia, novos materiais, eletroeletrônica, TIC e biotecnologia, até produtos ou áreas tecnológicas como sistemas ciberfísicos, gestão da informação e do conhecimento, internet das coisas (*IoT*), inteligência artificial, gestão de dados (*Big Data*), robótica, interoperabilidade de sistemas, sensores e atuadores, entre outras. Essas tecnologias combinadas geram conjuntos de oportunidades de produção competitiva, propiciando significativa redução de custos de investimentos e de manutenção, caracterizando uma evolução e maturação dos sistemas produtivos. Existe atualmente um conjunto de tecnologias associadas à manufatura avançada com nível de maturidade suficiente para aplicação a custos

competitivos, cuja combinação pode conduzir a um número exponencial de soluções de negócios.

Em razão do significativo conteúdo tecnológico da manufatura avançada, se destaca o apoio às infraestruturas de CT&I. Por esta razão, os países de referência têm investido significativamente em centros ou institutos de inovação com competências em áreas tecnológicas que estejam alinhados às suas políticas de manufatura avançada, seja para desenvolvimento de tecnologias e seus produtos, processos de produção, gestão ou negócios, ou capacitação de recursos humanos.

Considerando as áreas tecnológicas que são conclusivas para promoção da manufatura avançada, os temas tecnológicos prioritários expressos na ENCTI 2016-2022 e as tecnologias apontadas pelas empresas como relevantes e oportunas de serem exploradas pelo Brasil, destacam-se tecnologias referenciais (*technology drivers*) para manufatura avançada que são objeto deste Plano (Figura 16). Conforme as demandas tecnológicas das cadeias produtivas de setores econômicos eleitos como estratégicos e promissores para o Brasil, pode-se identificar as tecnologias que devem ser priorizadas.

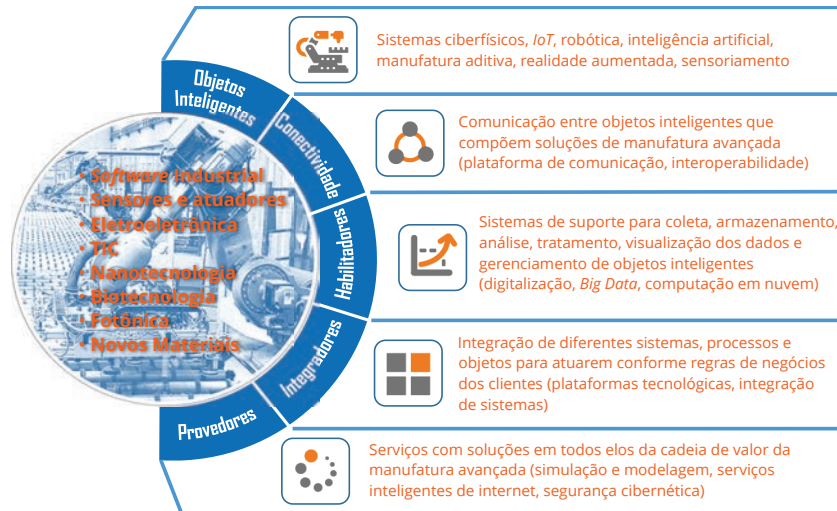


Figura 16 – Tecnologias referenciais para manufatura avançada no Brasil.



Também é destaque a dinâmica da evolução das tecnologias de manufatura avançada, exigindo rápidas e constantes atualizações das instituições e empresas que pretendam acompanhar o estado da arte destas tecnologias. Nesta condição, são importantes os acordos de cooperação ou intercâmbios tecnológicos realizados com instituições e empresas externas que dominam o estado da arte.

Nesse contexto, o uso de tecnologias de manufatura avançada permite gerenciar todo o ciclo de vida dos produtos, indicando não conformidades e ações corretivas ou preventivas necessárias nos produtos ou processos produtivos. Além disso, as tecnologias podem prover dados relativos à oferta e demanda em tempo real de determinado produto podem aumentar ou diminuir o ritmo de produção fabril, adequando-se rapidamente aos ambientes econômicos.

### Desafio I - Metas e Ações

#### Meta 1

Disponer de visão conceitual, identificando o panorama tecnológico existente e a perspectiva esperada para a manufatura avançada no Brasil.

Ações	
1	Eleger áreas tecnológicas estratégicas e prioritárias sob óptica sistêmica, que serão objeto dos esforços para promoção da manufatura avançada.
2	Identificar os centros e instituições de CT&I brasileiras capacitadas em manufatura avançada e suas competências tecnológicas.
3	Elaborar <i>roadmap</i> tecnológico para manufatura avançada, contendo diretrizes de curto, médio e longo prazos para orientar esforços em manufatura avançada.
4	Promover iniciativas de intercâmbio tecnológico em manufatura avançada com países líderes nesta matéria.

**Meta 2**

Iniciativas e soluções para manufatura avançada alinhadas com as disposições do Plano de Ação de IoT para o Brasil.

**Ações**

1	Realizar iniciativas para promoção da manufatura avançada contemplando as plataformas de inovação e centros de competência priorizados pelo Plano de Ação de IoT para o Brasil.
2	Apoiar iniciativas que incluam a IoT como soluções tecnológicas ou empresariais para matérias de manufatura avançada.

**Meta 3**

Disponer de arquitetura de referência e padrões de interoperabilidade adequados às necessidades brasileiras em manufatura avançada.

**Ações**

1	Estimular a elaboração de normas técnicas de interoperabilidade, integração e arquitetura para aplicações em sistemas empresariais e de automação.
2	Estabelecer padrões para aplicação de protocolos ( <i>profibus</i> e <i>fieldbus</i> , entre outros) e meios ( <i>bluetooth</i> e <i>RFID</i> , entre outros) de comunicação adequados à manufatura avançada.
3	Identificar modelo de arquitetura de referência adequado a sistemas de manufatura avançada no Brasil.



## 5.2 Desafio II - Recursos humanos para o desenvolvimento da manufatura avançada

As mudanças decorrentes da manufatura avançada impõem desafios que exigem adaptação proativa por parte das empresas, dos governos, das sociedades e dos indivíduos. Dado o ritmo acelerado das mudanças, a ruptura dos modelos de negócios impactará quase que simultaneamente o emprego e a necessidade de novos conhecimentos e habilidades para executá-lo, o que irá requerer esforço coletivo para fazer os ajustes necessários e atender às novas demandas.

Serão necessárias novas competências em algumas categorias de trabalho que poderão vir acompanhadas de instabilidade gerada pelo descompasso entre as habilidades exigidas e as ofertadas. Essa lacuna entre procura e oferta imporá às empresas grandes desafios para encontrar colaboradores, os quais se intensificarão ao longo dos próximos cinco anos.

As mudanças no mundo do trabalho exigirão novos conhecimentos, habilidades e atitudes profissionais. Habilidades

físicas cederão espaço para as habilidades sistêmicas e cognitivas. Conhecimentos transversais, como as sociais, ambientais, de gestão de recursos e de resolução de problemas complexos, serão um diferencial no cenário do trabalho futuro.

Estas mudanças exigem não apenas abordagem em competências específicas no estado da arte de tecnologias de informação e comunicação, mas também *know-how* digital em áreas relacionadas à aplicação destes conhecimentos e habilidades. Para atender à esta demanda é necessário obter competências em todos os níveis do sistema educacional, na formação escolar básica, profissional técnica e superior, sem ignorar a capacitação continuada, motivada pela rápida evolução das matérias de manufatura avançada. Os meios destas formações também devem se adaptar a este novo ambiente, com atividades de ensino à distância, atividades práticas e conteúdos midiáticos.

Torna-se também necessário um novo modelo acadêmico, focado em alinhar os currículos da educação profissional e de nível superior, de modo que apoiem a formação de estudantes colaborativos, com capacidade sistêmica de executar projetos



reais e capacidade analítica para decidir. Será também necessário definir qual o perfil desejado para a nova indústria, as expectativas de requisitos de formação para cada setor e identificar formas da indústria e educadores inserir estudantes na manufatura avançada. Nestas atividades de capacitação, as instituições de ensino e pesquisa desempenham papel relevante na realização de acordos de cooperação ou intercâmbio com instituições externas de renomado conhecimento na formação

de educadores e de recursos humanos para manufatura avançada.

O tema recursos humanos tem grande importância nas políticas de manufatura avançada de muitos países, onde este tema é um dos pilares do desenvolvimento do novo modelo produtivo. As ações de recursos humanos deverão ser realizadas por empresas, instituições públicas e outros atores envolvidos com a temática, para colocar em prática as melhorias necessárias.

## Desafio II – Metas e Ações

### Meta 1

Oferta de iniciativas para capacitação e requalificação de profissionais adequada às demandas de competências e habilidades em manufatura avançada.

### Ações

1	Proporcionar adequações em cursos de nível fundamental, médio, superior e de pós-graduação, com formatos, meios e métodos apropriados para formação e requalificação de profissionais para manufatura avançada.
2	Estimular junto às instituições de educação e ensino a formação e requalificação de professores com soluções pedagógicas adequadas à transmissão de competências e habilidades em manufatura avançada.
3	Promover iniciativas de valorização dos profissionais de manufatura avançada e estímulo ao intercâmbio de conhecimentos e habilidades destes profissionais.



**Meta 2**

Disponer de iniciativas que ampliem a integração de recursos humanos com empresas para execução de atividades em manufatura avançada.

**Ações**

1	Fomentar em programas públicos e privados de capacitação de recursos humanos, a inclusão de linhas de apoio à integração de professores e alunos em atividades empresariais de manufatura avançada.
2	Estimular a criação de cursos para capacitação em manufatura avançada aplicáveis a cadeias produtivas.
3	Realizar iniciativas para inclusão e acesso de recursos humanos a cursos de capacitação empresarial para manufatura avançada.
4	Fomentar a capacitação e treinamento de recursos humanos em atividades de manufatura avançada no ambiente de produção.

**Meta 3**

Oferta de profissionais com competências e habilidades em manufatura avançada com perfil apropriado para contratação pelas empresas.

**Ações**

1	Identificar demandas das empresas por profissionais qualificados com conhecimentos e habilidades em manufatura avançada.
2	Identificar necessidades de certificações profissionais em áreas ou matérias de manufatura avançada.
3	Promover o estímulo à contratação pelas empresas de profissionais capacitados em manufatura avançada.



### 5.3 Desafio III - Manufatura avançada para fortalecimento das cadeias produtivas

As cadeias produtivas são resultado da crescente divisão do trabalho e da maior interdependência entre os agentes econômicos. Alguns setores econômicos, com objetivo de reduzir custos, contam com organizações ou redes integradas por empresas que participam desde as etapas de fornecimento de matérias primas e insumos até a produção e comercialização de determinado produto ou serviço, que será entregue a um cliente final. Para vários especialistas, a ausência de investimentos em MPME é devido à precariedade de projetos estruturantes, como parcerias público-privadas, que servem para partilhar riscos e aproveitar oportunidades, impulsionando consequentemente novos investimentos.

Por outro lado, já é realidade o crescimento do nível de automação e de digitalização das cadeias produtivas das empresas, de modo a mitigar problemas de diminuição da flexibilidade na linha de produção, de atraso no fornecimento e de retrabalho, entre outros. Uma vez que distintos atores estão numa mesma pla-

taforma digital, com padrões de conexão globais, sua inserção na cadeia produtiva tem potencial de incremento com crescente digitalização de processos. Com prioridades estabelecidas e as empresas da cadeia digitalizadas pela aplicação de recursos tecnológicos, processos de produção em sistemas fabris integrados podem ser digitalmente simulados.

A integração de processos na manufatura avançada, potencializada pela digitalização, é uma oportunidade de desenvolvimento de cadeias tecnológicas para produção de bens e serviços, a exemplo do que ocorre em redes elétricas inteligentes, cidades inteligentes e saúde à distância, entre outras soluções.

Intuitivamente, a percepção da importância da digitalização para promoção de inovações pelas empresas, conduziu instituições públicas e privadas a promoverem iniciativas que aproximam a relação entre governo, empresas e instituições de CT&I no apoio a ações e atividades destinadas à inovação, tais como: o Sibratec, SibratecShop, instrumentos da Finep, CNPq, Capes e BNDES de apoio à inovação, Embrapii, Institutos Senai e plataforma iTec, entre outras iniciativas. Entretanto, estas



iniciativas se concentram na PD&I de produtos, em detrimento do desenvolvimento de processos produtivos, essencial para inserção das empresas na manufatura avançada.

Na visão de especialistas, os projetos de redes ou consórcios entre startups e grandes empresas não são contemplados pelos instrumentos de fomento à inovação, ficando geralmente o desenvolvimento de protótipos funcionais a cargo de instituições de CT&I, o que deixa o processo moroso e em vários casos com resultados questionáveis. A ausência de instrumentos de curto, médio e longo prazo que promovam iniciativas para inserção de novas cadeias produtivas na manufatura avançada, a imprecisão na indicação de setores econômicos e tecnologias prioritárias, as limitações de oportunidades ofertadas pelos atores da tríplice hélice e o desconhecimento da realidade das cadeias produtivas nacionais, contribuem para agravamento deste quadro. A formação de redes ou consórcios entre empresas e ICT tem representado uma solução adotada por vários países para encontrar soluções tecnológicas adequadas às demandas de setores produtivos.

Esta situação é mais preocupante quando se pretende inserir cadeias produtivas brasileiras no ecossistema da manufatura avançada, uma vez que o parque produtivo nacional é constituído essencialmente por MPME, que vivenciam em sua significativa maioria a 2ª revolução industrial, sem dispor de estruturas de gestão, organizacional e produtiva apropriadas para evoluir para este novo ecossistema. Esta condição exige que os atores da política de manufatura avançada disponibilizem oportunidades para a transição destas empresas da 2ª para a 4ª revolução industrial, fazendo-as entender que a incorporação da computação e automação em suas cadeias produtivas, objeto da 3ª revolução industrial, são apenas meios de sua transposição para o ecossistema de manufatura avançada.

Também, a limitação de recursos materiais, humanos e financeiros não permite que uma política de promoção da manufatura avançada beneficie toda a quantidade e diversidade dos setores produtivos do Brasil, exigindo que os esforços tecnológicos sejam concentrados em setores que tenham condições de competir no mercado mundial e produzam riqueza ao País. A identificação destes setores e suas



demandas tecnológicas serão referência para as tecnologias que serão priorizadas nos esforços de implementação do Plano.

Este Plano, alinhado com temas indicados como prioritários pela ENCTI 2016-2022 e plataformas de inovação do Plano de Ação de *IoT* para o Brasil, orienta esforços para o desenvolvimento da manufatura avançada em cadeias produtivas de setores estratégicos e promissores para a economia e sociedade do País, privilegiando setores que:

- Apresentem vantagens comparativas no cenário internacional;
- Contenham significativo conteúdo tecnológico desenvolvido no País ou oportunidade de incorporação tecnológica;
- Atendam a demandas de significativo interesse social ou econômico;
- A inserção nos mercados mundiais seja representativa.

### Desafio III – Metas e Ações

#### Meta 1

**Setores econômicos estratégicos e promissores integrados ao ecossistema de manufatura avançada.**

#### Ações

Ações	
1	Viabilizar instrumentos e direcionar iniciativas para adoção da manufatura avançada por cadeias produtivas de setores econômicos.
2	Apoiar programas e iniciativas para desenvolvimento de fornecedores de produtos e serviços inteligentes de interesse para a manufatura avançada.
3	Propiciar iniciativas para fomento ao desenvolvimento de produtos e processos compartilhado entre <i>startups</i> e grandes empresas de setores econômicos.





**Meta 2**

**Disponer de redes de PD&I para desenvolvimento de produtos e processos de manufatura avançada em consórcios de atores da tríplice hélice.**

**Ações**

1	Implantar redes de PD&I para desenvolvimento de produtos e processos de manufatura avançada em setores econômicos estratégicos e promissores para o Brasil, com suporte financeiro público e privado.
2	Estabelecer modelos de redes de PD&I para desenvolvimento de produtos e processos de manufatura avançada, referenciadas em demandas tecnológicas empresariais e com predomínio de empresas em sua gestão e operação.

**Meta 3**

**Disponibilidade de instrumentos, meios e condições de acesso e inserção de MPME no ecossistema de manufatura avançada.**

**Ações**

1	Viabilizar instrumentos previstos na Lei de Inovação para promover a manufatura avançada nas MPME.
2	Instituir instrumentos para induzir a aplicação da manufatura avançada nas MPME, conforme seu nível de maturidade tecnológica e de inserção no mercado.
3	Disponer de instrumentos que promovam o acesso de MPME ao ecossistema de manufatura avançada,
4	Adotar mecanismos de adequação da estrutura produtiva, organizacional e de gestão das MPME visando sua migração para manufatura avançada.



## 5.4 Desafio IV - Promoção das infraestruturas como instrumento de suporte a iniciativas em manufatura avançada

A infraestrutura para a política de manufatura avançada pode ser entendida como um conjunto de condições econômicas e materiais, competências humanas e seus processos. No recorte desta política, as infraestruturas estão relacionadas a competências ou interesses de seus atores. Assim, na área governamental as infraestruturas estão associadas a políticas para acesso à banda larga, disponibilidade de energias renováveis, segurança e proteção de dados, propriedade intelectual e questões trabalhistas, entre outras. Na área tecnológica as infraestruturas de CT&I e educacionais estão associadas à PD&I de produtos e processos e capacitação de recursos humanos, entre outras atividades, e na área empresarial as infraestruturas se destinam à promover a inserção das empresas na manufatura avançada, tais como parcerias entre empresas e instituições de CT&I, oferta de *showrooms* tecnológicos, *testbeds*, plataformas *e-commerce*, laboratórios abertos e assessoria a proje-

tos de produção e negócios, entre outras infraestruturas de apoio a cadeias produtivas.

Todas estas infraestruturas estão integradas por interesses comuns. Exemplificando, o desenvolvimento de produtos e processos é competência de infraestruturas de CT&I públicas ou privadas, porém também é de interesse das autoridades governamentais responsáveis pelas políticas de CT&I e empresariais de apoio ao desenvolvimento das empresas, assim como o acesso à banda larga é de responsabilidade política de infraestruturas governamentais, mas sua solução tecnológica depende de infraestruturas de CT&I e é de interesse do setor empresarial para implantação da manufatura avançada em suas empresas.

Como para todas as infraestruturas, além do suporte material e de recursos humanos, é relevante o aporte financeiro para seu funcionamento efetivo. Em razão do caráter inovador da manufatura avançada e sua relevância tecnológica e econômica para os países, o financiamento da política de manufatura avançada tem recebido especial atenção governamental e empresarial, desde a implantação de sua



política até sua operação regular. Em sua concepção são assegurados os recursos financeiros para início das atividades pelas infraestruturas e em sua operação regular os recursos para sua sustentabilidade. Em ambos os casos são identificadas e asseguradas as fontes que sustentarão as infraestruturas necessárias para o sucesso da política.

As fontes de recursos para as iniciativas variam conforme os programas e projetos da manufatura avançada. Enquanto para programas e projetos de PD&I envolvendo centros de competência tecnológica e de apoio a MPME existe forte aporte de recursos públicos, para os programas e projetos de negócios e de infraestrutura empresarial, os recursos privados são mais significativos. Em ambos os casos os agentes financeiros públicos ou privados tem papel relevante nos aportes diferenciados a ações e atividades associadas à manufatura avançada.

De forma geral podemos identificar as seguintes características desejáveis das infraestruturas para promoção da manufatura avançada:

- Infraestruturas políticas, acadêmicas e empresariais alinhadas com as diretrizes, ações e metas da política nacional para manufatura avançada.
- Centros de excelência consistentes para solução de demandas tecnológicas e educacionais críticas para a manufatura avançada.
- Disponibilidade de infraestruturas adequadas e suficientes de serviços tecnológicos e de extensão tecnológica, para suporte às empresas em sua migração para a manufatura avançada.
- Entidades de classe e técnicas representativas dos setores econômicos estratégicos da manufatura avançada.
- Existência de instituições para assessorar as empresas quanto a cenários tecnológicos, econômicos e sociais, nacionais e internacionais da manufatura avançada.



## Desafio IV – Metas e Ações

**Meta 1**

Disponer de inteligência em dados e informações tecnológicas, econômicas e sociais para subsidiar e fortalecer a política de manufatura avançada.

**Ações**

1	Instituir observatório de manufatura avançada, para coleta e tratamento de dados e informações destinado ao suporte a decisões de investimentos, análises de países competidores ( <i>benchmarking</i> internacional), oferta de <i>roadmaps</i> tecnológicos, análises do capital intelectual, ambiente de negócios e análises de tendências, oportunidades e prioridades de mercado, entre outras funções.
2	Realizar estudos de prospecção e diagnóstico sobre matérias e temas de manufatura avançada para subsidiar a implementação do Plano.
3	Fortalecer iniciativas entre meios empresariais e acadêmicos para cooperar em matérias e temas de interesse mútuo.
4	Promover a participação governamental, acadêmica e empresarial em programas e projetos de intercâmbio nacional e internacional que contribuam para subsidiar e fortalecer iniciativas em manufatura avançada.



**Meta 2**

**Possuir infraestruturas e ambientes intensivos na relação entre usuários, produtores, fornecedores e instituições de PD&I para prover soluções em manufatura avançada.**

<b>Ações</b>	
1	Implantar laboratórios abertos destinados ao desenvolvimento de produtos e processos, compartilhamento de tecnologias, requalificação de talentos, promoção de novos negócios, inserção de empresas de base tecnológica e <i>startups</i> nas cadeias produtivas e redução ou otimização de investimentos em manufatura avançada.
2	Criar laboratórios multiusuários para manufatura avançada que promovam provas de conceitos, <i>benchmarking</i> e simulações tecnológicas, testes e provas de sistemas de produção e de padrões de comunicação e interfaces para aplicação em processos produtivos de manufatura avançada.
3	Propiciar <i>showrooms</i> tecnológicos para demonstração de soluções em produtos e processos, que funcionem como vitrines, <i>cases</i> e eventos <i>open doors</i> da aplicação de tecnologias em manufatura avançada.
4	Promover, iniciativas que simulem desenvolvimentos de processos industriais de manufatura avançada em ambientes produtivos reais (fábricas demonstração e experimentação), com finalidade de preparar as empresas e buscar soluções para seu ambiente produtivo.
5	Instituir plataformas <i>e-commerce</i> para favorecer a interlocução nacional e internacional direta com clientes e agregação de novos parceiros na cadeia de valor das empresas.
6	Inserir conceitos de manufatura avançada nas iniciativas de parques tecnológicos e incubadoras de empresas.



### Meta 3

Facilidade de acesso de usuários a instrumentos de fomento, infraestruturas e ambientes de suporte à manufatura avançada.

Ações	
1	Instituir mecanismos que estimulem e promovam o acesso de usuários a instrumentos de fomento, infraestruturas e ambientes de suporte à manufatura avançada.
2	Disponibilizar banda larga e redes móveis com melhor qualidade para facilitar o acesso de usuários a tecnologias de manufatura avançada.
3	Promover iniciativas que induzam ao uso de energias renováveis pelos setores produtivos.
4	Propiciar infraestruturas em serviços tecnológicos e extensão tecnológica que favoreçam o desenvolvimento e aplicação da manufatura avançada em produtos e processos das empresas.

## 5.5 Desafio V - Regulação como indutora da inovação e da mudança tecnológica

As transformações proporcionadas pela manufatura avançada demandam a coordenação de diferentes modelos existentes nas relações de propriedade, produtivas, comerciais, trabalhistas, econômicas e pessoais. Esta condição destaca o papel da regulação como indutora da inovação e da mudança tecnológica, em especial nos aspectos relacionados à uniformidade de

padrões para tecnologias de informação e comunicação, privacidade e segurança de dados e propriedade intelectual.

O tema segurança e proteção de dados é particularmente sensível ao Brasil, em razão de vários produtos de tecnologia digital utilizados no País serem integrados por componentes importados, os quais o País não detém etapas tecnológicas importantes para segurança e proteção de dados e informações, ficando exposto a ataques cibernéticos.



A regulação da propriedade intelectual associada à cadeia produtiva é uma matéria que será objeto de atenção e muitos debates. Com a *IoT* e interoperabilidade entre diversos sensores, dispositivos, equipamentos, processos e sistemas de diversas empresas, um entendimento de quem será o proprietário de dados e informações será assunto crucial na nova revolução industrial, envolvendo questões como quem tem o direito aos dados de um sensor fabricado por uma empresa e parte de uma solução implantada por outra, na condição de propriedade de um terceiro.

Também questões trabalhistas de interação homem-máquina em ambientes de produção e relação empregador-empregado, resultante das alterações dos ambientes de trabalho pela introdução de novas tecnologias, serão objeto de demandas regulatórias, assim como questões econômicas fiscais e tributárias e de incentivo a atividades de manufatura avançada.

No conjunto regulatório merece destaque a legislação de incentivo e fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico de matérias associadas à manufatura avançada. Embora tenhamos uma legislação moderna e atual que introduz mecanismos e instrumentos de incentivo e promoção à pesquisa científica e tecnológica e à inovação no ambiente produtivo, é necessário criar condições estruturais para sua efetivação.

Deve-se ainda considerar o movimento mundial associado a iniciativas de desregulamentação da economia digital, destinado a promover a aceleração do ritmo de adoção de novas tecnologias e viabilizar seu uso em novos negócios. Vários países que implementam políticas de manufatura avançada fazem de suas agências parte integrante do processo, mantendo o governo sempre presente nas questões relevantes e suscetíveis de alterações nas legislações vigentes.



## Desafio V – Metas e Ações

**Meta 1**

Disponer de legislação contemplando matérias de interesse da manufatura avançada de forma adequada.

Ações	
1	Promover junto a autoridades governamentais competentes a atualização da legislação trabalhista, contemplando disposições sobre relações homem-máquina e empregador-empregado adequadas ao ecossistema de manufatura avançada.
2	Articular a regulação da internacionalização de empresas brasileiras, proporcionando mecanismos facilitadores para incorporação de empresas estrangeiras por empresas brasileiras.
3	Propor adequações ou inserções na legislação de propriedade intelectual, direitos e responsabilidades de criação, uso e compartilhamento de dados e informações no âmbito da manufatura avançada.
4	Indicar ajustes ou inclusões na legislação que dispõe sobre segurança e proteção de dados.
5	Revisar o modelo de telecomunicações para viabilizar investimentos que ampliem o acesso dos usuários ao sistema.
6	Estabelecer regulamentos técnicos dispendo sobre interoperabilidade, integração e arquitetura para aplicações em sistemas empresariais e de automação compatíveis com padrões internacionais.





**Meta 2**

**Possuir legislação contendo mecanismos de incentivo e acesso de ICT e empresas à aquisição e desenvolvimento de tecnologias de interesse da manufatura avançada.**

<b>Ações</b>	
1	Identificar os instrumentos de fomento disponíveis para promoção da manufatura avançada e modelos de sua aplicação.
2	Propor adequações ou inserções na legislação tributária para incentivo à aquisição de bens e serviços estratégicos para a manufatura avançada.
3	Avaliar a efetividade de instrumentos de incentivo e fomento à CT&I previstos na Lei do Bem e Lei de Informática, propondo eventuais ajustes ou inclusões para promoção de tecnologias de manufatura avançada.
4	Articular o aperfeiçoamento ou criação de instrumentos para fomento, investimentos e financiamentos diferenciados destinados ao desenvolvimento e uso de tecnologias de manufatura avançada.

## **6 IMPLEMENTAÇÃO**

O Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil prevê ações que deverão ser realizadas prioritariamente pelo MCTIC, suas agências e institutos. Entretanto, devido à complexidade de várias ações com vistas a mover o País em direção ao uso das tecnologias digitais para inovação, produtividade, competitiv-

dade e sustentabilidade, o Plano demandará articulações com muitos atores que compõem não apenas o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), como também outros agentes integrantes da tríplice hélice, cuja participação ativa nas ações para atingimento das metas, será elemento essencial para alcançar o objetivo do Plano ([Quadro 5](#)).



AGENTES DA TRÍPLICE HÉLICE		
Setor Governamental	Setor Acadêmico	Setor Empresarial
MCTIC, MEC, Ministério do Trabalho, MRE, CAPES, CNPq, FINEP, BNDES, EMBRAPPII, FAP, INPI, CGEE.	Universidades, ICT, Parques Tecnológicos, Incubadoras de Empresas.	Sistema CNI, SEBRAE, Centrais Sindicais, ABNT, Agências, Entidades Empresariais, Aceleradoras.
<b>Cooperação Internacional</b>		
BID, UNESCO, UE, países de referência em manufatura avançada.		

### Quadro 5 – Principais atores da implementação do Plano em CT&I para Manufatura avançada.

Muito em razão da natureza da manufatura avançada e abrangência de seus temas e matérias, em todas as políticas o governo tem sido o principal protagonista, permeando vários órgãos e agentes governamentais, desde sua formulação, até sua implementação e acompanhamento, sem prescindir da essencial participação do setor empresarial, não apenas

como agente promotor da política, como também por ser ele seu objeto finalístico.

A implementação deste Plano será conduzida pelo MCTIC, com apoio de estrutura de gestão constituída por três instâncias: um Comitê de Governança, a Secretaria Técnica e um Fórum Consultivo (Figura 17).





**Figura 17** – Estrutura de Gestão do Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil.

Os atores governamentais, acadêmicos e empresariais foram determinantes para a formulação do Plano e sua participação na estrutura de governança será essencial para o sucesso de implantação do Plano. As instâncias da estrutura de gestão serão integradas por estes atores, com funções de:

- Comitê de Governança – Responsável em sugerir aperfeiçoamentos e alterações no Plano, incluindo estratégias para sua gestão e operação.
- Secretaria Técnica – Responsável em assessorar no funcionamento do Comitê de Governança e do Fórum Consultivo e dar consequência a suas recomendações, assim como acompanhar e avaliar os resultados das ações do Plano.
- Fórum Consultivo – Responsável em tratar de assuntos e matérias de interesse científico, tecnológico e empresarial associados à manufatura avançada.



Para viabilidade e efetividade da implementação do Plano serão disponibilizados recursos humanos, econômicos e financeiros necessários e suficientes para execução de suas ações pelos atores públicos e privados envolvidos, respaldado pelo disposto no inciso II do parágrafo único do Art. 2º da Lei da Inovação, que estabelece entre seus princípios a:

*Promoção e continuidade dos processos de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, assegurados os recursos humanos, econômicos e financeiros para tal finalidade.*

O Plano de CT&I para Manufatura avançada no Brasil terá vigência durante o período da ENCTI 2016-2022 e será avaliado e revisado periodicamente.

## 7 REFERÊNCIAS

[1] Acatech. *Zukünftige Rahmenbedingungen für die Industrie 4.0-Wirtschaft in Brasilien: Innovationskraft. Deutsche Akademie der Technikwissenschaften*. Munich, Germany. 2015.

[2] BNDES, MPDG et MCTIC. *Relatório do Plano de Ação de IoT: Iniciativas e Proje-*

*tos Mobilizadores*. Banco Nacional do Desenvolvimento, Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Brasília. 2017.

[3] CNI. *Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil*. Conselho Temático Permanente de Política Industrial e Desenvolvimento Tecnológico – COPIN. Confederação Nacional da Indústria – CNI. Brasília. 2016.

[4] CNI. *Indústria 4.0: Novo Desafio para a Indústria Brasileira*. Sondagem Especial 66. Confederação Nacional da Indústria – CNI. Brasília. Abril, 2016.

[5] MCTIC. *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCTI 2016-2022*. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Brasília. 2016.

[6] MDIC et MCTIC. *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre a Manufatura Avançada no Brasil*. Ministério da Indústria do Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e Ministério (MCTIC), Brasília. 2016.



**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação

*Departamento de Políticas e Programas de Apoio à Inovação*

*Coordenação Geral de Serviços Tecnológicos*



cgst@mctic.gov.br



61-2033.7807



E-mail: [setec@mctic.gov.br](mailto:setec@mctic.gov.br)  
Tels.: +55 (61) 2033-7800 / 2033-7880

[www.mctic.gov.br](http://www.mctic.gov.br)  [mctic](#)  [@mctic](#)  [@mctic.gov.br](#)  [sintonizemcti](#)

MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,  
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

