



# TECHNOLOGICAL DENSITY IN THE CONTEXT OF THE NEW INDUSTRIAL POLICY

*Fabrício Brollo Dunham*

*Isabela Brod Lemos de Abreu*

*Maurício dos Santos Neves*

*João Paulo Pieroni*

*Marília Bassetti Marcato\**

**Keywords:** industrial policy; innovation; neo-industrialization; technological density.

\* Respectively, manager, coordinator, and head of the Innovation and Industrial Strategy Department of the BNDES's Productive Development and Innovation Division; superintendent of the same Division; and executive advisor of the BNDES's President.

## Resumo

Este artigo avalia o apoio à inovação, considerando a densidade tecnológica dos projetos apoiados por instrumentos de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), identificando seu alinhamento com as diretrizes da estratégia de neointustrialização e com o aumento da complexidade da matriz produtiva brasileira. Para tanto, avaliaram-se os projetos aprovados entre 2023 e 2024, apoiados na modalidade direta por meio do Programa BNDES Mais Inovação. Atualmente, o Brasil enfrenta o desafio de retomar a produção industrial em novas bases, o que tem sido organizado por meio da política industrial vigente, denominada Nova Indústria Brasil (NIB). Para além do aumento da participação da indústria na economia, a estratégia de neointustrialização busca impulsionar atividades de maior densidade tecnológica. A partir de uma análise qualitativa das operações, com base na combinação entre a classificação por intensidade tecnológica da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a aderência a tecnologias habilitadoras do National Science and Technology Council (NSTC), este estudo identifica que o apoio do BNDES está alinhado aos objetivos da política industrial em vigor. Os segmentos de maior complexidade tecnológica ampliaram sua participação na indústria brasileira, respondendo aos instrumentos de apoio à inovação, o que sublinha sua relevância para a promoção do desenvolvimento industrial de forma estrutural.

---

## Abstract

This article examines support for innovation by analyzing the technological density of projects financed through Brazilian Development Bank (BNDES) credit instruments. It identifies how these projects align with the guidelines of Brazil's neo-industrialization strategy and the goal of increasing the complexity of the national productive structure. The analysis focuses on projects approved between 2023 and 2024 that received direct support through the BNDES Innovation Program. Brazil currently faces the challenge of revitalizing its industrial production on new foundations. This revitalization is being structured within the ongoing industrial policy New Industry Brazil (NIB). The neo-industrialization strategy goes beyond simply expanding industry's share in the economy. It seeks to foster activities with

higher technological intensity. The study adopts a qualitative approach, combining the OECD's classification of technological intensity with the NSTC's enabling technologies framework. The results indicate that BNDES support matches the objectives of the current industrial policy. Sectors with greater technological complexity have expanded their presence in the Brazilian industry in response to innovation support instruments. This shows their importance for promoting structural industrial development.

## Introdução

---

O fenômeno da desindustrialização, inclusive em sua faceta prematura, como é o caso brasileiro, apresenta diferentes padrões e heterogeneidades setoriais que são historicamente determinados. No Brasil, a desindustrialização, compreendida a partir da participação setorial no produto interno bruto (PIB) a preços constantes,<sup>1</sup> tem sido ainda mais expressiva nos setores intensivos em tecnologia e conhecimento (Araujo; Peres; Araujo, 2023; Morceiro; Guilhoto, 2023). Diante dessa caracterização, é cada vez mais relevante que as políticas direcionadas ao desenvolvimento industrial, ao considerarem o comportamento dos subsetores manufatureiros, busquem impulsionar as atividades produtivas de maior complexidade tecnológica. Nesse âmbito, cabe destacar a formulação da recente política industrial brasileira: a Nova Indústria Brasil (NIB).

A NIB considera, entre suas premissas, a necessidade de recomposição do tecido industrial em novas bases, colocando a capacidade inovativa no centro da busca por ganhos de competitividade. Os desafios estruturais e os aspectos relacionados às novas tendências mundiais também foram ponderados na formulação de uma política pública orientada por missões, cujo braço de apoio financeiro é o Plano Mais Produção, no qual o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) atua de forma substancial como apoiador de projetos de inovação.

Nesse sentido, este artigo busca avaliar o apoio à inovação a partir de instrumentos de crédito operados pelo BNDES, quanto à densidade tecnológica dos projetos, identificando seu alinhamento com as diretrizes

---

1 Há diferentes formas de retratar o fenômeno da desindustrialização. Ver Tregenna (2015) para uma ampla discussão a respeito das definições tradicionalmente utilizadas, tendo em vista diferentes dimensões analíticas, tais como emprego, valor adicionado e comércio internacional.

da estratégia de neointustrialização e com o aumento da complexidade da matriz produtiva brasileira. Ao considerar o componente tecnológico dos projetos de inovação, esta análise baseia-se em uma amostra das operações de crédito realizadas, demonstrando que o atual cenário de recuperação da indústria de transformação brasileira reflete, pelo menos em parte, o esforço conjunto das referidas instituições vinculadas ao Governo Federal para estimular projetos de maior densidade tecnológica.

## O contexto da indústria brasileira

---

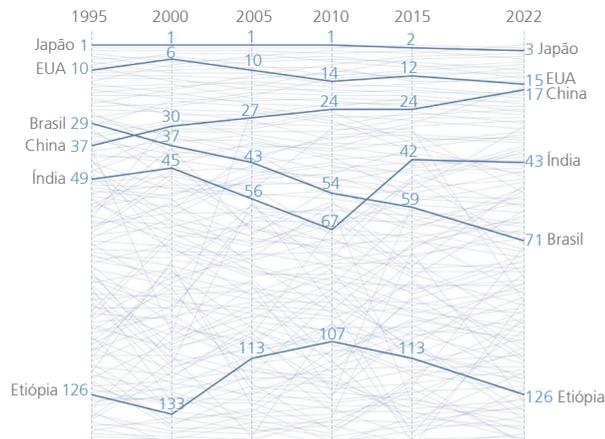
O Brasil experimentou um processo de desindustrialização acentuada, que se configura como um fenômeno experimentado por diversos países a partir da década de 1980. Esse fenômeno está relacionado ao deslocamento da produção industrial para o Sudeste Asiático. Nesse processo, os países desenvolvidos foram os mais afetados, substituindo as atividades industriais por serviços (Gordon; Pieroni, 2024).

No contexto brasileiro, a desindustrialização se processa de forma precoce e rápida, com significativa perda de complexidade industrial. Morceiro e Guilhoto (2023), ao construírem séries de dados setoriais para a indústria de transformação brasileira no período de 1970 a 2016, concluem que a desindustrialização brasileira é normal (e esperada) para os subsetores manufatureiros intensivos em mão de obra, mas prematura (e indesejável) para os subsetores intensivos em tecnologia. Os autores alertam para as consequências negativas da desindustrialização prematura no Brasil para o futuro desenvolvimento científico e tecnológico do país, como a perda de capacidade de aprendizado tecnológico e o enfraquecimento dos encadeamentos produtivos.

Nesse mesmo sentido, outros autores têm buscado retratar o processo de desindustrialização brasileiro sob a perspectiva da heterogeneidade subsetorial (Araujo; Peres; Araujo, 2023; Oliveira; Marcato, 2023). A desindustrialização como um fenômeno de mudança estrutural deve ser compreendida à luz das heterogeneidades de desempenho dentro do próprio setor manufatureiro, com diferentes níveis de sofisticação tecnológica. Ao buscar medir quão sofisticada e diversificada é a produção de um determinado local, o índice de complexidade econômica (ICE) dos bens comercializados por um país em perspectiva comparada tornou-se uma métrica amplamente utilizada. O ICE classifica os países com base na diversidade e complexidade de sua cesta de exportação. Países que têm uma ampla gama de conhecimentos produtivos, especialmente conhecimentos especializados e complexos, são capazes de produzir uma grande variedade de produtos sofisticados (Hausmann *et al.*, 2013).

O Gráfico 1 apresenta a ordenação dos países segundo o ICE. Nele observa-se a queda na complexidade dos bens exportados pelo Brasil, um dos principais desafios enfrentados pelo país recentemente.

**Gráfico 1 | ICE dos países 1995-2022**



Fonte: Havard Growth Lab (c2025).

Como destacado por Felipe *et al.* (2012), a motivação para impulsionar a complexidade industrial está relacionada ao fato de que os principais exportadores de produtos mais complexos são os países de alta renda, enquanto os produtos menos complexos são majoritariamente exportados por países de baixa renda. Assim, parece haver uma correlação entre a complexidade dos produtos e o nível de desenvolvimento econômico dos países.

De acordo com Britto, Freitas e Romero (2015), um país só alcança alta complexidade produtiva quando é capaz de fabricar produtos e oferecer serviços que exigem múltiplas competências técnicas e que estejam interligados a outros bens e setores competitivos. Nesse sentido, as medidas de complexidade econômica permitem avaliar o nível de desenvolvimento industrial de um país.

A perda de complexidade das exportações brasileiras é um indicativo do desafio que o Brasil enfrenta para alcançar a diversificação técnica da sua indústria, sendo necessário internalizar competências e conhecimentos e aumentar a interligação entre os diferentes segmentos produtivos. Esse é o desafio da agenda de inovação no Brasil, que demanda estímulos para ampliar quantitativamente o percentual de investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em relação ao PIB, priorizando qualitativamente os setores e projetos de maior densidade tecnológica.

Cauville (2024) reforça que a inovação é o principal motor dos países de alta renda. Cabe destacar ainda que os investimentos em ciência, tecnologia e inovação são parte relevante e integrante das políticas industriais dessas nações.

A NIB busca a neointustrialização do Brasil, tendo como um de seus princípios o “desenvolvimento produtivo e tecnológico e inovação” (Brasil, 2023). Trata-se de uma oportunidade relevante para reforçar a estratégia de integrar a inovação com a política industrial. Encarar esse desafio

permitirá ao país reduzir sua dependência em relação à exportação de *commodities* e promover o desenvolvimento econômico de longo prazo.

## A NIB e a atuação do BNDES

### Breve contexto

Após sete anos inoperante, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) foi reativado em julho de 2023 pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). Órgão consultivo da Presidência da República, o CNDI anunciou a NIB em 6 de julho de 2023, isto é, uma política formulada a partir do estabelecimento de seis missões que orientam as ações dos agentes econômicos públicos e privados (Brasil, 2023). As missões, seus objetivos específicos e metas refletem os desafios da sociedade brasileira, com o objetivo de retomada da industrialização.

As seis missões estabelecidas no âmbito da NIB são:

- i) cadeias agroindustriais sustentáveis e digitais para a segurança alimentar, nutricional e energética;
- ii) complexo econômico industrial da saúde resiliente, para reduzir as vulnerabilidades do Sistema Único de Saúde (SUS) e ampliar o acesso à saúde;
- iii) infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades;
- iv) transformação digital da indústria para ampliar a produtividade;
- v) bioeconomia, descarbonização, transição e segurança energéticas, a fim de garantir recursos para as futuras gerações; e
- vi) tecnologias de interesse para a soberania e a defesa nacionais.

Para sua execução, a NIB prevê ações em três pilares: (i) regulatório, com a formulação de leis e demais normas que promovam o desenvolvimento industrial;<sup>2</sup> (ii) compras públicas, fazendo com que o poder de compra do Estado estimule a produção industrial;<sup>3</sup> e (iii) apoio financeiro, oferecendo linhas de apoio, em diferentes modalidades para fomentar o desenvolvimento industrial, coordenadas no Plano Mais Produção, do qual o BNDES é uma instituição relevante.

## O Plano Mais Produção

O Plano Mais Produção foi lançado em 22 de janeiro de 2023, durante a segunda reunião do CNDI, com o objetivo de promover e coordenar o apoio financeiro à NIB. O Plano Mais Produção abrange um período de quatro anos (2023 a 2026) e é composto por quatro qualificadores alinhados ao que se busca impulsionar na indústria brasileira. A Figura 1 apresenta os qualificadores do Plano Mais Produção.

Figura 1 | Qualificadores que orientam o Plano Mais Produção



Fonte: Elaboração própria.

2 Como exemplo, pode-se citar a Lei 14.993, de 8 de outubro de 2024, que traz um cronograma de escalonamento do uso obrigatório de combustíveis sustentáveis, dando previsibilidade para a produção industrial e inovações em combustíveis, motores e sistemas associados.

3 A exigência de conteúdo local e a possibilidade de uso de margens de preferência nas compras do Plano de Aceleração do Crescimento (Novo PAC) são exemplos de conexão do poder de compra com a produção industrial.

Inicialmente, o plano previa a disponibilidade de R\$ 300 bilhões, com a participação do BNDES, da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e da Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii). Atualmente, além dessas instituições, o Plano Mais Produção congrega o Banco do Brasil (BB), o Banco da Amazônia (Basa), o Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e a Caixa Econômica Federal (CEF), totalizando R\$ 611,3 bilhões a serem aplicados até 2026. A Tabela 1 apresenta a participação atualizada de cada instituição na composição dos recursos do Plano Mais Produção.

**Tabela 1 | Participação das instituições que compõem o Plano Mais Produção (R\$ bilhão)**

Eixo	BNDES	BB	CEF	Finep	Embrapii	BNB	Basa
+ Inovadora e digital	25	–	–	51,6	1	1	0,1
+ Verde	12	–	–	–	–	20,1	–
+ Exportadora	40	–	–	–	–	–	0,6
+ Produtiva	223	101	118,5	–	–	3,7	5,5
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>101</b>	<b>118,5</b>	<b>51,6</b>	<b>1</b>	<b>24,8</b>	<b>14,4</b>

Fonte: Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pelo CNDI (2025).

O BNDES tem a inovação como um elemento central do planejamento estratégico e alinha suas ações ao processo de neointustrialização, orientando-se pelas seis missões da NIB. Dessa forma, emprega esforços para impulsionar a indústria brasileira para que seja mais dinâmica, diversificada e tecnologicamente avançada.

## A situação recente da indústria

Considerando o biênio 2023-2024, a indústria tem apresentado sinais de retomada da atividade econômica. Certamente, o desempenho positivo é resultado de um conjunto de fatores e, entre os mais recentes,

incluem-se os estímulos da NIB, com o apoio de R\$ 340,2 bilhões em projetos (CNDI, 2025). A análise da contribuição de cada fator para o melhor desempenho da indústria foge aos objetivos deste artigo. Para além das relações de causalidade, é preciso cautela quanto à interpretação dos resultados apresentados, tendo em vista o limitado recorte temporal. Todavia, merecem destaque algumas características que apontam para um possível início de reversão do problema de perda de complexidade industrial.

Em 2024, a produção da indústria de transformação avançou 3,7%, superando o desempenho da indústria geral (3,1%), que inclui também as atividades extrativas, conforme informações do Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial – IEDI (2025). Foi um crescimento suficiente para reverter os recuos dos dois anos anteriores. Ainda segundo o IEDI (2025), trata-se de um desempenho digno de nota, já que não há paralelo na última década. A expansão entre 2017 e 2019 não foi capaz de recompor a perda de 2016 e muito menos a do triênio 2014-2016. Em 2021, a recuperação do setor também não conseguiu compensar o impacto negativo da pandemia de Covid-19 em 2020 (IEDI, 2025).

Considerando a classificação de intensidade tecnológica, o acumulado de 2024 revelou um crescimento de 6,6% para a indústria de alta intensidade tecnológica, com destaque para o setor eletrônico. Por sua vez, a indústria de média-alta intensidade tecnológica registrou uma expansão de 6,9%, impulsionada pelos setores automotivo e de materiais elétricos (IEDI, 2025).

Uma situação semelhante foi identificada nas exportações de bens de alta tecnologia que apresentaram crescimento de 11,5% em 2024 (Castro, 2024). Dentre os produtos que se destacam, encontram-se aeronaves, instrumentos e aparelhos de medição e verificação, equipamentos de comunicação e medicamentos (Exportação..., 2025).

Como já mencionado, a indústria aponta sinais de reversão ao voltar seu crescimento para segmentos de maior densidade tecnológica, porém a pouca extensão temporal impede qualquer avaliação aprofundada. Os resultados recentes, no entanto, demonstram haver espaço para que a indústria brasileira possa retomar um movimento virtuoso.

Para melhor compreender o alinhamento dos estímulos direcionados pelo BNDES a tal movimento, é necessário analisar a carteira de operações de crédito para a inovação no âmbito da NIB, o que será feito aplicando-se metodologia específica.

## Metodologia

---

### Ferramental analítico

#### Intensidade tecnológica

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) publicou uma taxonomia que classifica os segmentos econômicos de acordo com seu nível de intensidade tecnológica – mensurado pela razão entre os gastos com pesquisa e desenvolvimento (P&D) e o valor agregado de uma indústria. Atualizada em 2016, essa taxonomia se baseia na International Standard Industrial Classification (ISIC), correlacionando as diferentes atividades econômicas com o nível de intensidade tecnológica. As atividades industriais e não industriais são agrupadas em cinco categorias: alta, média-alta, média, média-baixa e baixa intensidade em P&D (Galindo-Rueda; Verger, 2016). No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) traduziu a classificação da ISIC para a Classificação Nacional de Atividades

Econômicas (Cnae),<sup>4</sup> possibilitando estudos que consideram a realidade do país.

Com base nesse ferramental analítico internacionalmente reconhecido, diversos grupos de pesquisa e organizações realizam avaliações da produção industrial brasileira em relação às categorias de intensidade tecnológica (Morceiro, 2018). Trata-se de material útil aos estudos de economia da inovação e à aplicação das políticas públicas voltadas aos setores (Morceiro, 2019). No âmbito industrial, o IEDI realiza periodicamente análises sobre a evolução da indústria de transformação, segmentando-a nas cinco categorias de intensidade tecnológica (IEDI, 2025).

A despeito da importância das avaliações com base nessa metodologia, ela se esgota na medida em que mesmo segmentos classificados como de baixa intensidade tecnológica podem desenvolver determinados escopos de projetos intensivos em inovação. Por esse motivo, é necessário complementar esse instrumento analítico, como proposto a seguir.

## Tecnologias habilitadoras

As tecnologias habilitadoras, também conhecidas como tecnologias de propósito geral (*general-purpose technologies* – GPT), são descobertas decorrentes de atividades científicas e de engenharia avançadas, com potencial para permitir a criação ou a melhoria do desempenho em uma vasta gama de categorias de produtos (Teece, 2016). Tais tecnologias são caracterizadas pelo potencial de uso generalizado em múltiplos setores e pelo dinamismo tecnológico, com numerosas interações e fortes complementaridades com outras tecnologias existentes ou novas (Rosenberg, 1982; Teece, 2016).

---

4 Disponível em: [https://cnae.ibge.gov.br/images/concla/documentacao/CNAE20\\_Correspondencia\\_Isic4xCnae20.xls](https://cnae.ibge.gov.br/images/concla/documentacao/CNAE20_Correspondencia_Isic4xCnae20.xls). Acesso em: 29 abr. 2025.

Bresnahan e Trajtenberg (1995) argumentam que uma tecnologia de propósito geral deve ser difundida, capaz de ser melhorada ao longo do tempo e de gerar inovações complementares. Historicamente, a máquina a vapor, a eletricidade, o motor de combustão interna e os computadores são alguns exemplos de importantes tecnologias de propósito geral. Segundo Brynjolfsson, Rock e Syverson (2018), tais exemplos mostram a capacidade das tecnologias habilitadoras de aumentar a produtividade, não apenas diretamente, mas também estimulando inovações complementares.

Não existe um conjunto preestabelecido e consolidado de tecnologias habilitadoras na literatura. Dessa forma, é possível encontrar diferentes conjuntos de tecnologias habilitadoras a depender do propósito do estudo. Para fins deste trabalho, utilizou-se como referência o relatório de 2022 emitido pela National Science and Technology Council (NSTC) dos Estados Unidos da América (EUA), que enumerou as tecnologias críticas e emergentes potencialmente relevantes para a segurança nacional norte-americana (NSTC, 2022). Ainda que outras metodologias sejam conhecidas e usadas, a proposta pela NSTC é a mais recente e a que melhor identifica tecnologias digitais.

A tabela completa das tecnologias habilitadoras e suas descrições encontra-se no Apêndice A deste artigo.

## Método

Para avaliar o alinhamento do apoio à inovação realizado pelo BNDES com o desafio de aumentar a densidade tecnológica no Brasil, foram utilizados os seguintes passos:

- i) delimitação temporal e definição do conjunto das operações de apoio;

- ii) avaliação das operações quanto às cinco categorias de intensidade tecnológica, conforme taxonomia da OCDE apresentada na subseção “Intensidade tecnológica” deste artigo;
- iii) avaliação das operações classificadas como de média, média-baixa e baixa intensidade tecnológica quanto à aderência a uma das tecnologias habilitadoras definidas pelo NSTC (2022), conforme discutido na subseção “Tecnologias habilitadoras” deste artigo.

Essa estratégia analítica dialoga com a literatura de desenvolvimento baseado em recursos naturais (Andersen; Marìn; Simensen, 2018; Marìn; Navas-Alemán, 2014; Marìn; Navas-Alemán; Pérez, 2015; Pérez, 2010). Tal vertente teórica ressalta que diversas atividades intensivas em recursos naturais, como é o caso de grande parte das atividades consideradas de baixa intensidade tecnológica de acordo com a taxonomia da OCDE, seriam muito mais intensivas em conhecimento e tecnologia do que o retrato usual. Além disso, essas atividades apresentam fortes efeitos de encadeamento quando considerada a infraestrutura necessária para transporte e logística de mercadorias.

O suposto baixo dinamismo tecnológico nesses setores intensivos em recursos naturais não considera, por exemplo, inovações recentes importantes baseadas em avanços biotecnológicos, como a seleção de marcadores no melhoramento de plantas e uso de bactérias na mineração. Essa visão abrangente sinaliza para uma janela de oportunidade para economias como a brasileira, que dispõem de abundantes recursos naturais. Porém, cabe reforçar que não se trata de alavancar uma estratégia de desenvolvimento produtivo baseada em recursos naturais *stricto sensu*, sendo, portanto, fundamental articular tais atividades produtivas às capacidades inovativas e tecnológicas do país.

Nesse sentido, a estratégia utilizada busca avaliar as oportunidades tecnológicas existentes na estrutura produtiva brasileira. Essa estratégia metodológica possibilita identificar os investimentos com maior densidade tecnológica, definidos como a soma dos investimentos em projetos de alta e média-alta intensidade com os projetos de média, média-baixa e baixa intensidade aderentes a pelo menos uma das tecnologias habilitadoras.

Por fim, é importante reconhecer que se trata de uma combinação de conjuntos distintos, resultantes de avaliações baseadas em diferentes ferramentais teóricos, um relacionado à ótica macro do projeto (pelo seu Cnae) e outro voltado ao escopo da tecnologia do projeto. O objetivo é justamente capturar a aderência dos projetos a temas e segmentos de maior densidade tecnológica, seja pela caracterização subsetorial, tendo em vista a intensidade tecnológica a partir da taxonomia da OCDE, seja pela tecnologia habilitadora associada à operação em si.

## Delimitação temporal e do conjunto das operações de apoio

O Programa BNDES Mais Inovação é o principal instrumento de apoio à inovação e utiliza condições financeiras incentivadas pela Taxa Referencial (TR). Além disso, o programa exige o alinhamento dos projetos com a NIB.

No BNDES, em relação aos planos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, bem como às plantas pioneiras, os projetos de inovação apoiados pelo Programa BNDES Mais Inovação ocorrem apenas na modalidade direta. Ou seja, o apoio se dá com a celebração de contratos de crédito firmados diretamente entre o Banco e a empresa cliente, sem o uso de instituições financeiras repassadoras.

O financiamento direto tem valores mínimos de R\$ 10 milhões para as regiões Norte e Nordeste e de R\$ 20 milhões para as demais regiões do Brasil. Nesse sentido, o BNDES foi autorizado pela Lei 14.592, de 30 de maio de 2023, a operar linhas de inovação utilizando a TR como custo financeiro, sendo as condições de crédito previamente harmonizadas com a Finep.

Assim, para fins deste trabalho, foram avaliadas as operações diretas de apoio do Programa BNDES Mais Inovação, realizadas nos anos 2023 e 2024, a partir do lançamento da NIB. O Quadro 1 resume a base de operações sobre a qual a avaliação foi conduzida.<sup>5</sup>

#### Quadro 1 | Principais características da base de operações

Período das operações	Aprovações nos exercícios de 2023 e 2024
Modalidade de apoio	Operações diretas
Operações de crédito	98
Valor do apoio aprovado	R\$ 10,674 bilhões

Fonte: Elaboração própria com base em dados do BNDES. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/estatisticas-desempenho>. Acesso em: 6 set. 2025.

## Avaliação das operações quanto às categorias de intensidade tecnológica

A carteira de operações do BNDES foi avaliada quanto à aderência dos projetos às cinco categorias de intensidade tecnológica, conforme definido na subseção “Intensidade tecnológica” deste artigo. É preciso destacar que a avaliação utilizou o Cnae dos projetos, e não o Cnae das empresas apoiadas. Ou seja, buscou-se identificar os Cnaes considerando os objetivos e atividades a serem efetivamente desenvolvidas

<sup>5</sup> Os contratos de financiamento podem incluir uma ou mais operações de crédito, conforme características financeiras do objetivo do financiamento.

com o projeto. Essa distinção é relevante, uma vez que muitas empresas realizam atividades de PD&I em campos de conhecimento e segmentos econômicos diferentes de suas atividades principais.

## Avaliação das operações quanto à aderência a uma das tecnologias habilitadoras

Uma vez realizada a avaliação quanto à intensidade tecnológica, os projetos classificados como de média, média-baixa e baixa intensidade, de acordo com a taxonomia da OCDE, foram submetidos a uma avaliação qualitativa de seus objetivos, buscando identificar a aderência a pelo menos uma das tecnologias habilitadoras definidas pelo NSTC (2022).

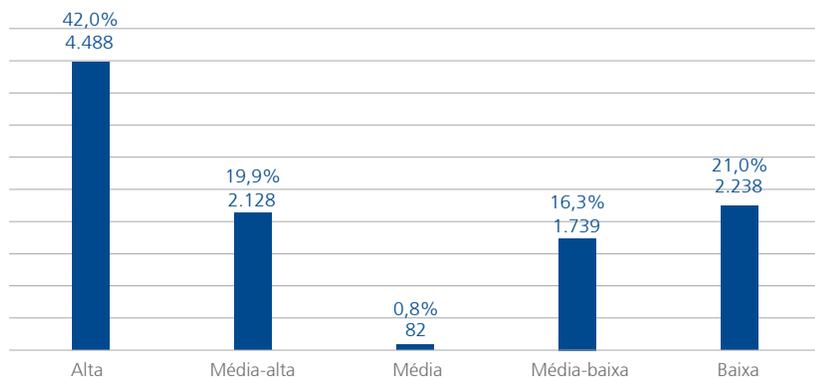
A justificativa para o uso das tecnologias habilitadoras como refinamento metodológico reside na sua capacidade de capturar as especificidades dos projetos, ao considerar de forma mais detalhada as inovações tecnológicas aplicadas em cada caso. Em contraste com a classificação tradicional baseada no Cnae, o conceito de tecnologia habilitadora adota uma abordagem qualitativa, permitindo uma análise individualizada dos projetos.

Um exemplo desse enfoque qualitativo pode ser observado no caso do projeto de inovação da Suzano (BNDES..., 2024), apoiado pelo BNDES. O projeto foi classificado com Cnae relacionado à expansão do plantio de eucalipto, atividade principal do financiamento, o que corresponde à categoria de baixa intensidade tecnológica. Entretanto, um olhar detalhado sobre os objetivos do projeto identificou ações aderentes ao campo das tecnologias habilitadoras de biotecnologia.

## Avaliação dos resultados

Considerando a avaliação de intensidade tecnológica, 62% do montante de operações aprovadas do BNDES é classificado como de alta e média-alta intensidade, o que corresponde a cerca de R\$ 6,6 bilhões. O resultado é apresentado no Gráfico 2.

**Gráfico 2 | Avaliação de intensidade tecnológica das operações diretas aprovadas no Programa BNDES Mais Inovação 2023-2024 (R\$ milhões)**



Fonte: Elaboração própria.

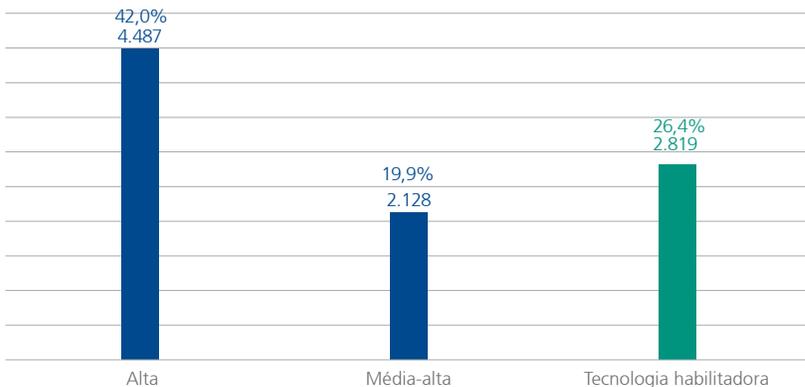
Como apontam Lall (2000) e Hirsch-Kreinsen *et al.* (2005), setores de baixa e média intensidade tecnológica, apesar de frequentemente negligenciados, têm papel relevante no acúmulo de capacidades e no aumento da produtividade, sobretudo em economias em desenvolvimento.

Com base nos resultados obtidos, os projetos de média, média-baixa e baixa intensidade tecnológica, que totalizam R\$ 4,1 bilhões, foram avaliados quanto à aderência a pelo menos uma das tecnologias habilitadoras, conforme método apresentado na subseção “Avaliação das operações quanto à aderência a uma das tecnologias habilitadoras”.

Considerando esse conjunto, verificou-se que um montante equivalente a R\$ 2,8 bilhões é aderente ao conjunto de tecnologias habilitadoras definidas pelo NSTC (2022).

Portanto, combinando os resultados das duas formas de avaliação, conclui-se que 88,3% do valor das operações realizadas pelo Programa BNDES Mais Inovação é de alta densidade tecnológica, o que representa R\$ 9,4 bilhões, sinalizando a convergência desses programas com os objetivos da estratégia de neoindustrialização. O Gráfico 3 explicita o resultado consolidado.

**Gráfico 3 | Resultado combinado da avaliação de intensidade tecnológica e tecnologias habilitadoras das operações diretas aprovadas pelo BNDES 2023-2024 (R\$ milhões)**



Fonte: Elaboração própria.

Trata-se de um percentual representativo para impulsionar a indústria no desenvolvimento de inovações mais robustas e complexas, ajudando na diversificação do tecido industrial brasileiro e na superação do baixo dinamismo inovativo. Além disso, contribui para aumentar a competitividade do país em setores estratégicos e, em alguns casos, permite disputar posições de liderança na corrida tecnológica global, como nas áreas de aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOL, na

sigla em inglês) e combustíveis sustentáveis de aviação (SAF, na sigla em inglês).

## Conclusão

---

O Brasil enfrenta um enorme desafio para reverter o processo de desindustrialização precoce e acelerada. A perda de complexidade do tecido industrial é resultado desse processo, corroendo o nível tecnológico e a competitividade das empresas industriais brasileiras.

Tendo em vista tal contexto, é preciso retomar o desenvolvimento industrial brasileiro. Ciência, tecnologia e inovação são partes integrantes de políticas que incentivam a indústria, estando presentes nos esforços das nações de alta renda. Nesse sentido, a NIB, expressa em seis missões, tem o desenvolvimento produtivo e tecnológico e inovação como um de seus princípios norteadores.

Com isso, o BNDES demonstra estar empenhado em oferecer o melhor apoio aos projetos da nova política industrial. A avaliação da carteira de projetos do Programa BNDES Mais Inovação é relevante para que se tenha uma medida de quanto os esforços de apoio estão alinhados às orientações das políticas públicas.

Dessa forma, este artigo buscou avaliar em que medida os projetos apoiados pelo BNDES estão aderentes ao objetivo de ampliar a complexidade industrial brasileira, apoiando inovações de maior densidade tecnológica. A metodologia utilizada possibilitou refinar a avaliação de intensidade tecnológica, com base no ferramental da OCDE. Ademais, a análise dos projetos de menor intensidade com o ferramental das

tecnologias habilitadoras possibilitou identificar esforços de inovação relevantes e aderentes à vanguarda tecnológica.

O resultado é expressivo. Conforme o recorte da carteira definido na subseção “Delimitação temporal e do conjunto das operações de apoio”, 88,3% dos projetos de inovação apoiados pelo BNDES são de alta densidade tecnológica. Foram destinados R\$ 9,4 bilhões em empresas industriais, com o objetivo de aumentar o conteúdo tecnológico de seus produtos e processos, em linha com tecnologias de alta e média-alta intensidade ou com setores considerados como portadores de tecnologias habilitadoras.

Na avaliação dos resultados, cabe sublinhar o papel relevante do BNDES ao atuar em setores que, pela metodologia da OCDE, teriam menor dinamismo tecnológico. A avaliação da carteira evidenciou um conjunto representativo de projetos classificados como de baixa, média-baixa e média intensidade, os quais são, na realidade, projetos com inovações em tecnologias habilitadoras. Trata-se de um trabalho relevante para aumentar a densidade tecnológica embarcada em setores intensivos em recursos naturais, em que se destaca o agronegócio brasileiro. No entanto, cabe reforçar que não se trata de uma estratégia de desenvolvimento baseada em recursos naturais, mas sim de articular tais atividades produtivas às capacidades inovativas e tecnológicas do país.

O estudo tem suas limitações. Ainda é prematuro (e fugiu ao escopo do trabalho) fazer qualquer correlação entre o apoio e o resultado da indústria. Todavia, os avanços da complexidade industrial entre 2023 e 2024 apontam para uma trajetória positiva. Não há dúvidas de que políticas industriais são estratégias estruturantes e por isso de médio a longo prazo de implementação. Nesse sentido, no horizonte temporal definido pela NIB, a manutenção do apoio é essencial para gerar dados que possam ser avaliados em termos da efetividade do apoio.

Assim, é crucial que as políticas industriais, como as delineadas pela NIB, sejam amplamente discutidas e institucionalizadas como uma política de Estado, a fim de assegurar sua continuidade e adequação às necessidades futuras do país. A promoção de uma industrialização sustentável e tecnologicamente avançada requer um comprometimento contínuo, com uma abordagem que integre inovação, sustentabilidade e inclusão. Além disso, é o caminho para que o Brasil supere os desafios da desindustrialização e avance em direção a um futuro mais próspero, com uma indústria inovadora, verde, competitiva e resiliente.

Por fim, os autores sugerem aplicar a mesma metodologia de avaliação aos projetos apoiados pela Finep.

## Referências

---

ANDERSEN, A. D.; MARÍN, A.; SIMENSEN, E. O. Innovation in natural resource-based industries: a pathway to development? Introduction to a special issue. *Innovation and Development*, London, v. 8, n. 1, p. 1-27, 2018. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/2157930X.2018.1439293?scroll=t&op&needAccess=true#abstract>. Acesso em: 6 set. 2025.

ARAUJO, E.; PERES, S. C.; ARAUJO, E. L. Desindustrialização e heterogeneidade subsetorial: padrões internacionais e desafios para a economia brasileira. *Revista de Economia Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 27, p. 1-31, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/3mGbjBy3z7H3bHMkBXzHhxb/?lang=pt>. Acesso em: 6 set. 2025.

BNDES apoia investimentos da Suzano em inovação e manejo florestal sustentável. *BNDES*, Rio de Janeiro, 7 mar. 2024. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-apoia-investimento-da-suzano-em-inovacao-e-manejo-florestal-sustentavel#modalCompartilhar>. Acesso em: 22 ago. 2025.

BRASIL. Resolução CNDI/MDIC 1, de 6 de julho de 2023. Propõe a nova política industrial, com a finalidade de nortear as ações do Estado Brasileiro em favor do desenvolvimento industrial. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 137, p. 16, 20 jul. 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/arquivos/decretos-e-portarias/arquivos/dou\\_2023-07-20-resolucao-cndi-mdic-no-1-de-6-de-julho-de-2023-missoes-republicacao/view](https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/arquivos/decretos-e-portarias/arquivos/dou_2023-07-20-resolucao-cndi-mdic-no-1-de-6-de-julho-de-2023-missoes-republicacao/view). Acesso em: 16 mai. 2025.

BRESNAHAN, T. F.; TRAJTENBERG, M. General purpose technologies ‘Engines of growth?’. *Journal of Econometrics*, Amsterdam, v. 65, n. 1, p. 83-108, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030440769401598T>. Acesso em: 6 set. 2025.

BRITTO, G.; FREITAS, E.; ROMERO, J. P. Competitividade industrial e inovação na abordagem da complexidade: uma análise do caso brasileiro. In: BARBOSA, N. et al. (eds.). *Indústria e desenvolvimento produtivo no Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. p. 417-438.

BRYNJOLFSSON, E.; ROCK, D.; SYVERSON, C. Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics. In: AGRAWAL, A.; GANS, J.; GOLDFARB, A. (eds.). *The economics of artificial intelligence: an agenda*. Chicago: University of Chicago Press, 2018. p. 23-57.

CASTRO, R. Exportação de bens de alta tecnologia foi a que mais cresceu em 2024. *O Globo*, Rio de Janeiro, 10 jan. 2025. Blogs – Lauro Jardim. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/blogs/lauro-jardim/post/2025/01/exportacao-de-bens-de-alta-tecnologia-foi-a-que-mais-cresceu-em-2024.ghtml>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CAUVILLE, T. F. M. Ciência, tecnologia e inovação como elementos centrais de uma política de (neo)industrialização. In: VELHO, S. R. K. (org.). *Neoindustrialização brasileira*. São Paulo: Blucher, 2024. p. 225-244.

CNDI – CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Plano Mais Produção (P + P). CNDI, Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/composicao/se/cndi/pmmais>. Acesso em: 8 ago. 2025.

EXPORTAÇÃO de bens de alta tecnologia foi a que mais cresceu em 2024. *Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços*, Brasília, DF, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2025/janeiro/exportacao-de-bens-de-alta-tecnologia-foi-a-que-mais-cresceu-em-2024>. Acesso em: 19 mai. 2025.

FELIPE, J. *et al.* Product complexity and economic development. *Structural Change and Economic Dynamics*, Oxford, v. 23, n. 1, p. 36-68, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0954349X11000567>. Acesso em: 6 set. 2025.

GALINDO-RUEDA, F.; VERGER, F. *OECD Taxonomy of Economic Activities Based on R&D Intensity*. Paris: OECD, n. 2016/04, 2016. OECD Science, Technology and Industry Working Papers. Disponível em: [https://www.oecd.org/en/publications/oecd-taxonomy-of-economic-activities-based-on-r-d-intensity\\_5jlv73sqqp8r-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/oecd-taxonomy-of-economic-activities-based-on-r-d-intensity_5jlv73sqqp8r-en.html). Acesso em: 27 jun. 2025.

GORDON, J. L.; PIERONI, J. P. O papel do BNDES no contexto da nova política industrial. In: VELHO, S. R. K. (org.). *Neoindustrialização brasileira*. São Paulo: Blucher, 2024. p. 293-324.

HARVARD GROWTH LAB. *Country & Product Complexity Rankings*. Cambridge: Harvard Growth Lab, c2025. Disponível em: <https://atlas.hks.harvard.edu/rankings>. Acesso em: 22 ago. 2025.

HARVARD GROWTH LAB. *The Atlas of Economic Complexity*. Cambridge: Harvard Growth Lab, 2025. Disponível em: <https://atlas.hks.harvard.edu/>. Acesso em: 16 mai. 2025.

HAUSMANN, R. *et al.* *The atlas of economic complexity: mapping paths to prosperity*. Cambridge: MIT Press, 2013. Disponível em: [https://growthlab.hks.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas\\_2013\\_part1.pdf](https://growthlab.hks.harvard.edu/files/growthlab/files/atlas_2013_part1.pdf). Acesso em: 22 ago. 2025.

HIRSCH-KREINSEN, H. *et al.* Low and medium technology industries in the knowledge economy: the analytical issues. In: HIRSCH-KREINSEN, H.; JACOBSON, D.; LAESTADIUS, S. (eds.). *Low-tech innovation in the knowledge economy*. Frankfurt: Peter Lang, 2005. p. 11-31.

IEDI – INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. A indústria por intensidade tecnológica: especificidades de 2024. *Carta IEDI*, São Paulo, edição 1306, 14 mar. 2025. Disponível em: [https://www.iedi.org.br/cartas/carta\\_iedi\\_n\\_1306.html](https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1306.html). Acesso em: 26 mar. 2025.

LALL, S. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-98. *Oxford Development Studies*, Abingdon, v. 28, n. 3, p. 337-369, 2000. Disponível em: <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:d28fd1c6-8621-4338-a4fb-dc1ab6666635>. Acesso em: 6 set. 2025.

MARÏN, A.; NAVAS-ALEMÁN, L. The possible dynamic role of natural resource-based networks in Latin American development strategies. In: DUTRÉNIT, G.; SUTZ, J. (eds.). *National innovation systems, social inclusion and development*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2014. p. 380-412.

MARÏN, A.; NAVAS-ALEMÁN, L.; PÉREZ, C. Natural resource industries as a platform for the development of knowledge intensive industries. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, Rotterdam, v. 106, n. 2, p. 154-168, 2015.

MORCEIRO, P. C. *A indústria brasileira no limiar do século XXI: uma análise da sua evolução estrutural, comercial e tecnológica*. 2018. Tese (Doutorado em Economia do Desenvolvimento) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MORCEIRO, P. C. Nova classificação de intensidade tecnológica da OCDE e a posição do Brasil. *Boletim de Informações Fipe*, São Paulo, v. 461, p. 8-13, 2019. Disponível em: <https://downloads.fipe.org.br/publicacoes/bif/bif461-8-13.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

MORCEIRO, P. C.; GUILHOTO, J. J. M. Desindustrialização setorial e estagnação de longo prazo da manufatura brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO, 4., 2019, Campinas. *Anais [...]*. Campinas: Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, 2019. p. 152-167.

MORCEIRO, P. C.; GUILHOTO, J. J. M. Sectoral deindustrialization and long-run stagnation of Brazilian manufacturing. *Brazilian Journal of Political Economy*, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 418-441, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/jyQCmYg8BPPFWbFRjG7tGSq/?format=html&lang=en>. Acesso em: 6 set. 2025.

NSTC – NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL. *National Critical and Emerging Technologies Report*. Washington, DC: NSTC, 2022. Disponível em: <https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

OLIVEIRA, P.; MARCATO, M. Desindustrialização e cadeias globais de valor: considerações sobre o caso brasileiro. In: ARAUJO, E.; FEIJÓ, C. (orgs.). *Industrialização e desindustrialização no Brasil: teorias, evidências e implicações de política*. Curitiba: Appris, 2023. p. 249-284.

PÉREZ, C. Technological dynamism and social inclusion in Latin America: a resource-based production development strategy. *CEPAL Review*, Santiago, v. 2010, n. 100, p. 121-141, 2010. Disponível em: <https://www.un-ilibrary.org/content/journals/16840348/2010/100/6>. Acesso em: 6 ago. 2025.

ROSENBERG, N. *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

TEECE, D. J. Enabling technologies. In: Augier, M., Teece, D. (eds.). *The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management*. London: Palgrave Macmillan, London, 2016. p. 1-3. Disponível em: [https://link.springer.com/rwe/10.1057/978-1-349-94848-2\\_78-1](https://link.springer.com/rwe/10.1057/978-1-349-94848-2_78-1). Acesso em: 2 abr. 2025.

TREGENNA, F. *Deindustrialisation, structural change and sustainable economic growth*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2015. (Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series, n. 2).

## Apêndice A – Tecnologias habilitadoras

Quadro A.1 | Tecnologias habilitadoras e seu descritivo

<b>Tecnologia habilitadora</b>	<b>Descrição</b>
Computação avançada	i) Supercomputação; ii) <i>edge computing</i> ; iii) computação em nuvem; iv) armazenamento de dados; v) arquiteturas computacionais; e vi) técnicas de processamento e análise de dados.
Materiais de engenharia avançados	i) Materiais por design e genômica de materiais; ii) materiais com novas propriedades; iii) materiais com melhorias substanciais nas propriedades existentes; e iv) caracterização de propriedades materiais e avaliação do ciclo de vida.
Tecnologias avançadas de motores de turbina e gás	i) Tecnologias de desenvolvimento e produção aeroespacial, marítima e industrial; e ii) controle digital de motor com autoridade total, fabricação de seções quentes e tecnologias associadas.
Manufatura avançada	i) Fabricação aditiva; ii) fabricação limpa e sustentável; iii) fabricação inteligente; e iv) nanofabricação.
Gerenciamento de sensores e assinaturas avançados e em rede	i) Cargas úteis, sensores e instrumentos; ii) processamento de sensores e fusão de dados; iii) óptica adaptativa; iv) detecção remota da terra; v) gestão de assinaturas; vi) detecção e caracterização de materiais nucleares; vii) detecção e caracterização de armas químicas; viii) detecção e caracterização de armas biológicas; ix) detecção e caracterização de agentes patogênicos emergentes; x) sensoriamento do setor de transportes; xi) detecção do setor de segurança; xii) sensoriamento do setor da saúde; xiii) sensoriamento do setor energético; xiv) detecção do setor da construção; e xv) sensoriamento do setor ambiental.
Tecnologias avançadas de energia nuclear	i) Sistemas de energia nuclear; ii) energia de fusão; e iii) energia nuclear espacial e sistemas de propulsão.

(*Continua*)

(Continuação)

Tecnologia habilitadora	Descrição
Inteligência artificial	i) Aprendizado de máquina ( <i>machine learning</i> ); ii) aprendizagem profunda ( <i>deep learning</i> ); iii) aprendizagem por reforço ( <i>reinforcement learning</i> ); iv) percepção e reconhecimento sensorial; v) IA de próxima geração ( <i>next-generation AI</i> ); vi) planejamento, raciocínio e tomada de decisão; e vii) IA segura e/ou protegida.
Sistemas autônomos e robótica	i) Superfícies; ii) ar; iii) marítimo; e iv) espaço.
Biotecnologia	i) Síntese de ácidos nucleicos e proteínas; ii) engenharia do genoma e das proteínas, incluindo ferramentas de <i>design</i> ; iii) multiômica e outras biometrologias, bioinformática, modelagem preditiva e ferramentas analíticas para fenótipos funcionais; iv) engenharia de sistemas multicelulares; v) engenharia de sistemas virais e de distribuição viral; e vi) tecnologias de biofabricação e bioprocessamento.
Tecnologias de comunicação e rede	i) Circuitos, antenas, filtros e componentes de radiofrequência (RF) e sinais mistos; ii) tecnologias de gestão do espectro; iii) redes sem fio de próxima geração, incluindo 5G e 6G; iv) ligações ópticas e tecnologias de fibra; v) cabos terrestres/submarinos; vi) comunicações por satélite; vii) <i>hardware</i> , <i>firmware</i> e <i>software</i> ; viii) comunicações e segurança de redes; e ix) redes <i>mesh</i> /tecnologias de comunicação independentes de infraestrutura.
Energia direcionada	i) <i>Lasers</i> ; ii) microondas de alta potência; e iii) feixes de partículas.
Tecnologias financeiras	i) Tecnologias de contabilidade distribuída; ii) ativos digitais; iii) tecnologias de pagamento digital; e iv) infraestrutura de identidade digital.
Interfaces homem-máquina	i) Realidade aumentada; ii) realidade virtual; iii) interfaces cérebro-computador; e iv) equipe homem-máquina.
Hipersônico	i) Propulsão; ii) aerodinâmica e controle; iii) materiais; iv) detecção, rastreamento e caracterização; e v) defesa.
Sensores e detecção em rede	Detalhamento não disponível.

(Continua)

(Continuação)

Tecnologia habilitadora	Descrição
Tecnologias de informação quântica	i) Computação quântica; ii) materiais, isótopos e técnicas de fabricação de dispositivos quânticos; iii) criptografia pós-quântica; iv) sensoriamento quântico; e v) rede quântica.
Geração e armazenamento de energia renovável	i) Geração renovável; ii) combustíveis renováveis e sustentáveis; iii) armazenamento de energia; iv) motores elétricos e híbridos; v) baterias; vi) tecnologias de integração na rede; e vii) tecnologias de eficiência energética.
Semicondutores e microeletrônica	i) Ferramentas de <i>design</i> e automação de projetos eletrônicos; ii) tecnologias de processos e equipamentos de fabricação; iii) tecnologia complementar de semicondutores de óxido metálico (CMOS); iv) integração heterogênea e empacotamento avançado; v) componentes de <i>hardware</i> especializados/adaptados para inteligência artificial, natural e hostil; vi) ambientes de radiação, componentes ópticos e de RF, dispositivos de alta potência e outras aplicações críticas; vii) novos materiais para microeletrônica avançada; e viii) tecnologias de banda larga e ultralarga para gerenciamento, distribuição e transmissão de energia.
Tecnologias e sistemas espaciais	i) Manutenção, montagem e fabricação em órbita; ii) ônibus satélite "comoditizados"; iii) veículos lançadores de baixo custo; iv) sensores para imagens locais e de campo amplo; v) propulsão espacial; vi) posicionamento, navegação e temporização resilientes (PNT); vii) gestão de fluidos criogênicos; e viii) entrada, descida e pouso.

Fonte: Elaboração própria com base em NSTC (2022).