

TEXTO PARA DISCUSSÃO

2867

**INTERNET DAS COISAS NO BRASIL:
ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DE
POLÍTICAS COM ÊNFASE
NO AGRONEGÓCIO**

**LUIS CLAUDIO KUBOTA
MAURICIO BENEDETI ROSA**

ipea

**INTERNET DAS COISAS NO BRASIL:
ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DE
POLÍTICAS COM ÊNFASE
NO AGRONEGÓCIO^{1,2}**

**LUIS CLAUDIO KUBOTA³
MAURICIO BENEDETI ROSA⁴**

1. Os autores agradecem as valiosas informações fornecidas por Guilherme Correa e Karina Vidal, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Dario Thober, do Centro de Pesquisas Avançadas Wernher von Braun; Bruno Sousa, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) de São Paulo; Júlio Martorano, da Trópico Telecomunicações; e Luis Lucinger, da Universidade de Brasília (UnB). Agradecem também a revisão de José Brandão. Quaisquer erros e omissões são de responsabilidade dos autores.

2. Extratos deste texto foram publicados em Kubota e Rosa (2022) e Kubota *et al.* (2022).

3. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura do Instituto de Política Econômica Aplicada (Diset/Ipea).

4. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diset/Ipea.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

FERNANDA DE NEGRI

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

Diretor de Estudos Internacionais

FÁBIO VÉRAS SOARES

Chefe de Gabinete

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

Coordenador-Geral de Imprensa e Comunicação Social

ANTONIO LASSANCE

OUVIDORIA: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2023

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: L63; L96; O38.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2867>

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 INTERNET DAS COISAS NO BRASIL – CARACTERIZAÇÃO	8
2.1 Pesquisa bibliométrica.....	8
2.2 Plano Nacional de IoT	11
2.3 A IoT na E-Digital – ciclo 2022-2026.....	21
2.4 IoT e agronegócio	23
2.5 Políticas de fomento.....	28
3 COMPARAÇÃO INTERNACIONAL E CASOS DE SUCESSO	31
3.1 Comparação internacional.....	31
3.2 Casos de sucesso	32
4 PROPOSTAS DE POLÍTICAS.....	35
4.1 Regulação	35
4.2 Formação e contratação de talentos	36
4.3 Fomento à demanda	37
4.4 Conectividade no campo	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39

SINOPSE

Ao contrário de tecnologias da informação e comunicação (TICs) de gerações anteriores, cuja implantação em grande parte era mais restrita ao ambiente corporativo, a tríade de tecnologias formada por internet das coisas (*internet of things* – IoT), computação em nuvem e na borda, e inteligência artificial (IA) é aplicável às mais variadas áreas da atividade humana. Se o Brasil perdeu oportunidades em décadas anteriores no setor de eletroeletrônicos, existem notícias alvissareiras que permitem um maior otimismo no que diz respeito à IoT. Em primeiro lugar, o país possui um sistema setorial de inovação com capacidade para gerar e implementar as tecnologias necessárias. O Brasil desenvolveu também um plano de IoT bem elaborado e com uma boa governança de acompanhamento. Finalmente, várias iniciativas de classe mundial já são realidade. Este texto traz uma caracterização da IoT no Brasil composta de análise bibliométrica; apresentação do Plano Nacional de IoT e sua inserção na Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital); uma revisão de trabalhos sobre IoT e agronegócio; um detalhamento das políticas setoriais relacionadas à oferta de tecnologias para a IoT; e uma comparação internacional e casos de sucesso de implementação da tecnologia no Brasil.

Palavras-chave: internet das coisas (IoT); tecnologias da informação e comunicação (TICs).

ABSTRACT

Unlike information and communication technologies from previous generations, which implementation was more restricted to the corporate world, the triad internet of things (IoT), artificial intelligence, and cloud and edge computing have use in a variety of human activities. If Brazil lost opportunities in previous decades in electronics, there are reasons for optimism regarding IoT. First, Brazil has a sectoral system of innovation with capacity to generate and implement related Technologies. The country has also developed a well designed plan and a good governance Methodology. Finally, several world class initiatives are a reality. The article brings a characterization of lot in Brazil, composed of a bibliometric analysis, presentation of the National Plan of IoT and its relationship with the Brazilian Strategy of Digital Transformation, a Survey of IoT studies in the agrobusiness, an analysis of the sectoral policies related to the supply side of IoT, and an international comparison and cases of success in the implementation of the technology in the country.

Keywords: internet of things; ICT.

1 INTRODUÇÃO

A internet das coisas (*internet of things* – IoT), termo utilizado pela primeira vez em 1999 por Kevin Ashton, pesquisador do Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Bertollo, Castillo e Busca, 2022), tem em comum entre suas definições a ideia de que a primeira versão da internet baseava-se em dados criados por pessoas, enquanto a próxima versão consistirá de dados criados por coisas. Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015, p. 165, tradução nossa) sustentam tratar-se de uma “rede aberta e abrangente de objetos inteligentes que possuem a capacidade de se auto-organizar, compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo diante de situações e mudanças no ambiente”.

Ao contrário de tecnologias da informação e da comunicação (TICs) de gerações anteriores, cuja implantação em grande parte era mais restrita ao ambiente corporativo, a tríade de tecnologias IoT, computação em nuvem e na borda, e inteligência artificial (IA) é aplicável às mais variadas áreas da atividade humana. Pode ser utilizada na segurança pública (por exemplo, no monitoramento de imagens), na saúde (como no acompanhamento remoto de pacientes), na infraestrutura (no controle de tubulações), entre outros exemplos.

Entre potenciais ganhos de produtividade para a economia com a adoção da IoT, pode-se citar a redução de: perdas por extravio de carga;¹ necessidade de internação hospitalar;² desperdício devido a vazamentos de água ou gases;³ perdas no campo devido à infestação de pragas nas colheitas e na criação de animais;⁴ entre inúmeras outras. Com a realização dos leilões da quinta geração de comunicação móvel (5G) – que se caracteriza pela alta velocidade e baixa latência – observa-se a possibilidade de ampla difusão da comunicação entre sensores e dispositivos.

É interessante notar como várias dessas tecnologias podem ser integradas. Phasinam *et al.* (2022) mostram um sistema de irrigação baseado em IoT e arquitetura de computação em nuvem, em que os dados são armazenados e analisados por meio de técnicas de aprendizado de máquina.

1. Disponível em: <<https://www.fuseiot.io/blog/iot-contribui-para-o-aprimoramento-do-setor-de-logistica/>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

2. Disponível em: <<https://blogs.oracle.com/oracle-brasil/post/inteligencia-artificial-e-aprendizado-de-maquina-podem-evitar-o-infarto-e-o-avc-v2>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

3. Disponível em: <https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/pub/artigos_relatorios/Rafael-IoT_Aplicado_ao_Monitoramento_Inteligente_de_Distribuicao_de_Agua.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2023.

4. Disponível em: <<https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u2738>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

TEXTO para DISCUSSÃO

Se o Brasil perdeu oportunidades em décadas anteriores no setor de eletroeletrônicos, existem notícias alvissareiras que permitem um maior otimismo no que diz respeito à IoT. Em primeiro lugar, o país possui um sistema setorial de inovação com capacidade para gerar e implementar as tecnologias necessárias. O Brasil tem também um plano de IoT bem elaborado e com uma boa governança de acompanhamento. Finalmente, várias iniciativas de classe mundial já são realidade.

Por exemplo, em abril de 2021, foi inaugurado na cidade de Sorocaba (São Paulo) o Centro de Referência em Internet das Coisas, uma parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI),⁵ o Centro Universitário Facens e o Parque Tecnológico de Sorocaba. O local tem como finalidade a demonstração de soluções modernas e inteligentes nas diversas áreas *verticais*⁶ propostas pelo Plano Nacional de IoT, tais como saúde, indústria, agronegócio, cidades e turismo, além daquela associada à educação.⁷ Ademais, espera-se estimular as interações entre governo, universidades, indústria, cidadãos e meio ambiente (Mari, 2021).

Para captar as transformações relacionadas à IoT em nível residencial, há inclusive mudanças no módulo temático de Tecnologia da Informação e Comunicação da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD TIC), as quais vão incluir a identificação de tecnologias como a IoT por meio de questionamento quanto à existência de dispositivos domésticos inteligentes. As informações coletadas pela PNAD TIC podem auxiliar a elaboração de políticas públicas como o Plano Nacional de IoT, o qual está inserido de forma mais ampla na Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital).⁸

O principal desafio é que a adoção de IoT não seja restrita a casos de sucesso – especialmente entre as grandes empresas – mas que ganhe escala e seja uma realidade também nas pequenas e médias firmas. Como será visto adiante, existem iniciativas desenvolvidas pelo Sistema S que buscam responder a essa questão.

Conforme examinado anteriormente, o escopo da IoT é bastante amplo. Tendo isso em vista, ressalte-se que, tanto em termos de revisão quanto de proposições, há um foco no agronegócio

5. No período de maio de 2016 a junho de 2020, a pasta chamou-se Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

6. Neste trabalho, o termo “verticais” refere-se aos grupos de ambientes de possíveis usos de IoT, ao passo que o termo “horizontais” refere-se aos grupos de elementos habilitadores para a adoção e o desenvolvimento de IoT, conforme a terminologia utilizada em BNDES (2018a, p.6).

7. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2021/04/centro-de-referencia-em-internet-das-coisas-e-tecnologias-4-0-e-inaugurado>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

8. Conforme noticiado por Nery (2022).

no presente texto, o qual está organizado conforme segue. A seção 2 traz uma caracterização da IoT no Brasil, composta de: i) análise bibliométrica; ii) apresentação do Plano Nacional de IoT e sua inserção na E-Digital; e iii) revisão de trabalhos sobre IoT e agronegócio. São detalhadas também políticas setoriais capazes de atender às necessidades relacionadas à oferta de tecnologias para a IoT. A seção 3 apresenta uma comparação internacional e casos de sucesso de implementação no Brasil. A seção 4 propõe políticas públicas. A seção 5 tece as considerações finais.

2 INTERNET DAS COISAS NO BRASIL – CARACTERIZAÇÃO

Para caracterizar o estágio atual de pesquisa envolvendo a IoT no Brasil, parte-se de uma concisa análise bibliométrica sobre o tema, para em seguida detalhar o seu respectivo plano nacional, as interseções com o agronegócio e as políticas de fomento à IoT no cenário doméstico.

2.1 Pesquisa bibliométrica

A análise bibliométrica permite descrever, avaliar e monitorar trabalhos publicados, além de introduzir um processo de revisão sistemático, transparente e passível de reprodutibilidade, servindo como orientação ao pesquisador quanto à determinação das obras mais influentes e ao mapeamento, sem viés subjetivo, do campo de pesquisa (Zupic e Čater, 2015). Com a crescente quantidade de trabalhos científicos publicados em muitas áreas de pesquisa, a análise bibliométrica se destaca por sua capacidade em fornecer resultados indicativos das principais tendências em cada campo (Bonilla, Merigó e Torres-Abad, 2015).

A caracterização da literatura envolvendo estudos sobre IoT no Brasil é feita por meio de uma busca⁹ na base de dados Scopus¹⁰ pelos termos “*internet of things*” e “*Brazil*”. Como resultado, encontraram-se 179 documentos até o ano de 2022, dos quais quase 95% escritos em inglês. A análise bibliométrica é elaborada conforme ferramenta desenvolvida por Aria e Cucurullo (2017), por meio do *software* RStudio. A tabela 1 destaca as principais informações.

9. A busca das expressões é feita nos campos referentes a título, resumo e palavras-chave.

10. O acesso à base de dados Scopus foi feito por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Disponível em: <<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php/acesso-cafe.html>>. Acesso em: 7 dez. 2022.

TABELA 1**Principais informações da literatura sobre IoT no Brasil: resultados encontrados na base de dados Scopus (2013-2022)¹**

(Em números absolutos)

Descrição	Resultados
Fontes – periódicos, livros etc.	140
Referências	6.138
Autores	729
Documentos	179
Artigos de periódicos	68
Livros	3
Capítulos de livro	7
Artigos de congresso	89
Revisões de congresso	8
Revisões	4

Fonte: Scopus.

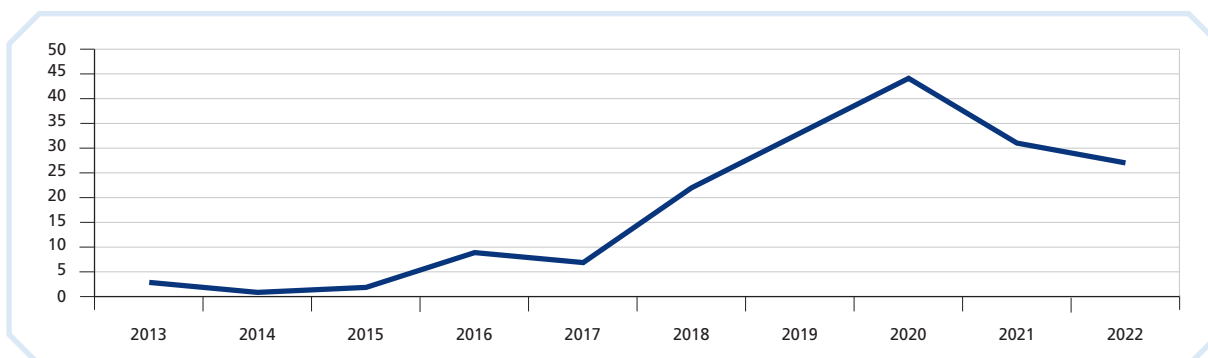
Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Não se encontraram dados anteriores a 2013.Obs.: Utilizou-se o *software* RStudio, desenvolvido pelo R Core Team. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>.

De acordo com a tabela 1, as produções científicas que avaliam a IoT tendo o Brasil como cenário iniciaram-se em 2013, foram escritas por mais de setecentos autores e têm como principais meios de divulgação os artigos de congressos, seguidos dos artigos em periódicos. O gráfico 1 ilustra a evolução na quantidade de documentos publicados entre 2013 e 2022, a qual teve tendência de crescimento até 2020 e caiu em 2021 e 2022.

GRÁFICO 1**Produção científica anual: documentos publicados (2013-2022)**

(Em números absolutos)



Fonte: Scopus.

Elaboração dos autores.

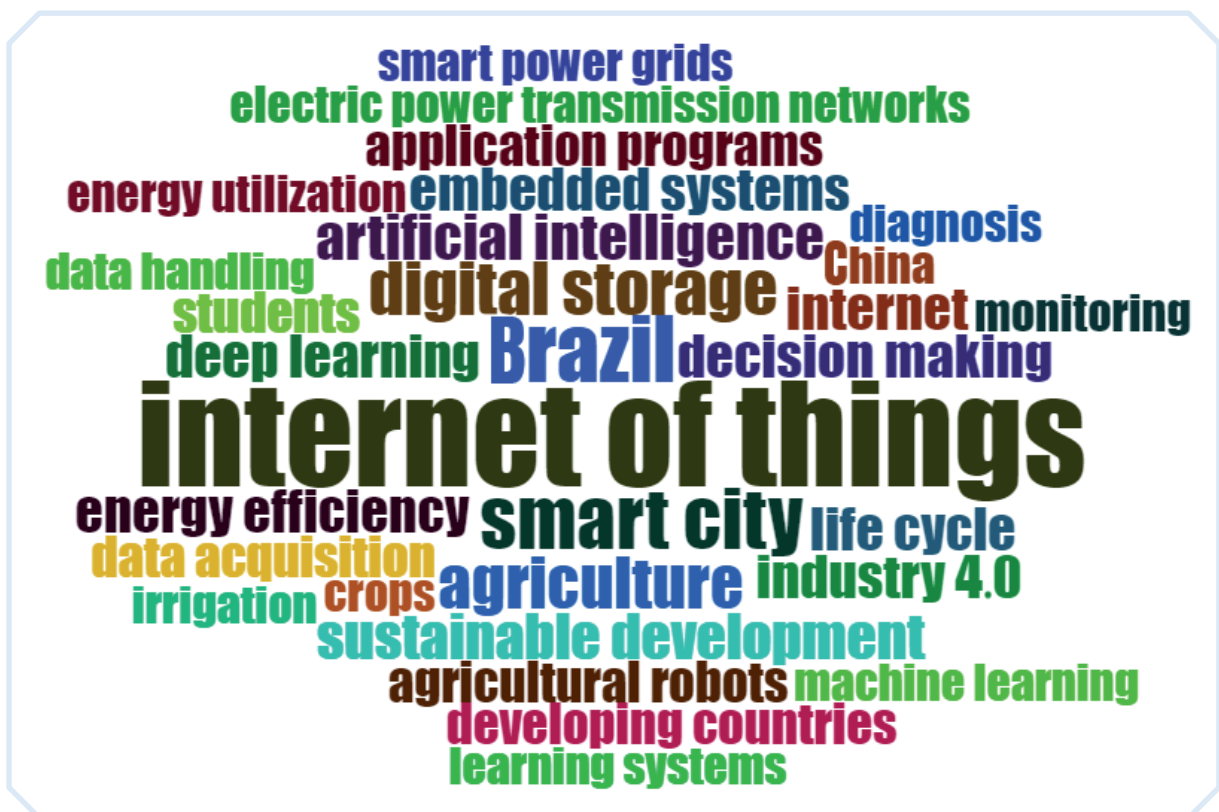
Obs.: Utilizou-se o *software* RStudio, desenvolvido pelo R Core Team.

Com relação à autoria dos documentos dividida por países, o Brasil naturalmente se destaca como principal expoente, seguido dos Estados Unidos. No que se refere às universidades, as quatro principais quanto à afiliação dos autores são a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); a Universidade de São Paulo (USP); a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); e a Universidade Federal do ABC (UFABC).

A ferramenta de análise bibliométrica permite ainda a construção de uma nuvem de palavras – isto é, uma representação visual de dados textuais baseada na frequência decrescente de palavras nos textos analisados. As palavras em destaque ajudam a interpretar os dados e contribuem para a análise exploratória, além de divulgarem informações subjacentes ao conjunto de dados (Kulevicz *et al.*, 2020). A figura 1 apresenta a nuvem de palavras referente à base de 179 documentos que discorrem sobre a IoT no cenário brasileiro.

FIGURA 1

Nuvem de palavras para a literatura de IoT no Brasil



Fonte: Scopus.

Elaboração dos autores.

Obs.: Utilizou-se o *software* RStudio, desenvolvido pelo R Core Team.

A figura 1 é formada pelos trinta termos mais relevantes da base de dados. As palavras (ou conjuntos de palavras) de maior destaque obviamente são aquelas que foram utilizadas no processo de busca, ou seja, *"internet of things"* e *"Brazil"*. Porém, entre as muitas outras que aparecem repetidamente nos diversos estudos, merecem destaque três delas, as quais dialogam diretamente com grupos verticais propostos no Plano Nacional de IoT: i) *"smart city"* (cidades inteligentes); ii) *"agriculture"* (agricultura); e iii) *"industry 4.0"* (indústria 4.0). No âmbito do agronegócio, aparecem os termos *"agricultural robots"* (robôs agrícolas), *"crops"* (culturas) e *"irrigation"* (irrigação), realçando a relevância do setor agrícola no cenário nacional, bem como as potencialidades oferecidas pela utilização de novas tecnologias no campo.

Não menos importante, vale salientar os termos referentes a tecnologias complementares à IoT, tais como *"artificial intelligence"* (IA) e *"machine learning"* (aprendizado de máquina). Ainda, destaquem-se expressões do setor de energia, como *"energy efficiency"* (eficiência energética), *"electric power transmission networks"* (redes de transmissão de energia elétrica) e *"smart power grids"* (redes elétricas inteligentes), e a cada vez mais relevante questão da sustentabilidade, exemplificada em *"sustainable development"* (desenvolvimento sustentável).

2.2 Plano Nacional de IoT

O desenvolvimento das bases para o Plano Nacional de IoT teve início no final de 2016, com a assinatura de um acordo de cooperação entre o MCTI e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), os quais avaliaram um conjunto de iniciativas em parceria com o consórcio formado pela consultoria McKinsey, pela fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD) e pelo escritório Pereira Neto e Macedo Advogados. Este consórcio conduziu um amplo estudo para realizar um diagnóstico detalhado e propor políticas públicas no âmbito da IoT.¹¹

O estudo foi composto de quatro fases, de janeiro de 2017 a fevereiro de 2018, e gerou um total de 28 documentos. Na primeira fase, entre janeiro e março de 2017, foram elaborados relatórios, incluindo um referencial (*benchmark*) internacional com iniciativas desenvolvidas por doze países ou conjuntos de países¹² no tema de IoT, e um roteiro (*road map*) tecnológico completo.

11. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/internet-das-coisas-estudo-repositorio>>. Acesso em: 3 out. 2022.

12. Alemanha, China, Singapura, Coreia do Sul, Emirados Árabes Unidos, Estados Unidos, Índia, Japão, Reino Unido, Rússia, Suécia e União Europeia.

Os relatórios também continham aspirações do Brasil para IoT; análises de oferta e demanda para a delimitação de grupos verticais de aplicação de IoT; e análise de fatores horizontais como forma de diagnosticar “os principais elementos estruturais do país que influenciam na complexidade e no impacto do desenvolvimento de IoT” (BNDES, 2017, p. 2).

Na fase 2, composta de quatro relatórios desenvolvidos entre os meses de abril e junho de 2017, foi detalhada a metodologia para priorização das áreas verticais (cidades; saúde; rural; e indústria) e dos elementos horizontais selecionados (capital humano; inovação e inserção internacional; infraestrutura de conectividade e interoperabilidade; e regulação, segurança e privacidade).

Na fase 3, os nove relatórios disponíveis, criados entre julho e setembro de 2017, tiveram os seguintes objetivos para cada um dos ambientes priorizados: i) identificar desafios do ambiente e definir metas e objetivos; ii) priorizar e detalhar casos de uso; iii) realizar análise de focos tecnológicos por caso de uso priorizado; e iv) elaborar plano de ação.¹³ Ainda, entre os documentos tem-se o relatório final do estudo, o qual traz a estrutura do plano de ação, os projetos mobilizadores e as iniciativas do plano de ação.

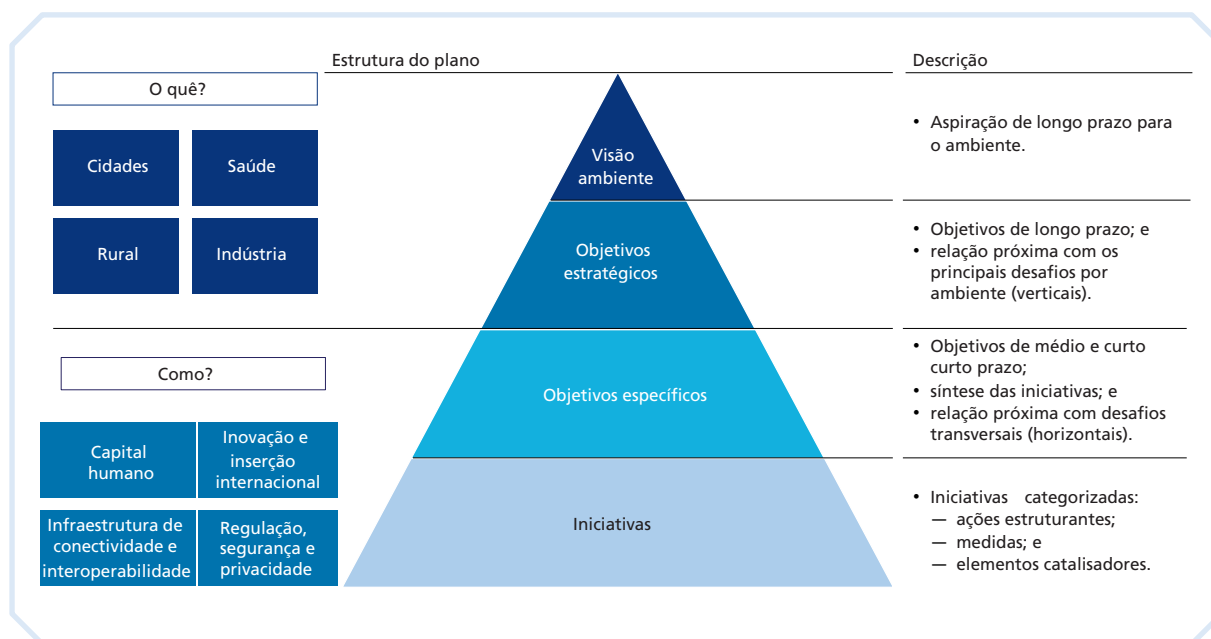
A quarta e última fase, ocorrida entre outubro de 2017 e fevereiro de 2018, trouxe cinco documentos que detalharam seções já dispostas no relatório final do estudo. O primeiro relatório apresentou o desenho do modelo de governança para o plano. Os três documentos seguintes detalharam os projetos mobilizadores propostos, quais sejam, as plataformas de inovação e os centros de competência; o Observatório de IoT; e a Cartilha das Cidades. Por fim, o último documento foi referente ao desenho da estrutura de monitoramento do plano.¹⁴

O relatório final do estudo (BNDES, 2018a) aborda as principais indicações para a construção do plano, dividindo-as entre estrutura, projetos mobilizadores e iniciativas. A figura 2 ilustra a estrutura do plano.

13. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/internet-das-coisas-estudo>>. Acesso em: 3 out. 2022.

14. Para mais informações, bem como para acessar os documentos produzidos pelo estudo, ver: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>>.

FIGURA 2
Estrutura sugerida para o Plano Nacional de IoT



Fonte: BNDES (2018a, p. 68).

Elaboração dos autores.

Com relação aos projetos mobilizadores, os quais têm relatórios dedicados com maior detalhamento, BNDES (2018a) caracteriza os ecossistemas de inovação como um ambiente fértil, propício para a inovação, capaz de envolver “empresas com interesse para investir em pesquisa e desenvolvimento, *startups* de base tecnológica com produtos inovadores e centros de pesquisa acadêmica dispostos a trabalhar em soluções com alto potencial mercadológico” (BNDES, 2018a, p. 84), enquanto os centros de competência seriam “áreas de especialização tecnológica essenciais para o desenvolvimento de IoT” (BNDES, 2018a, p. 86). Por sua vez, o Observatório de IoT, uma espécie de epicentro virtual de informações relacionadas com IoT, abarcaria as funções de organização de informações e de transparência – com o papel de “comunicar os mecanismos de apoio à empresa que demanda e que oferta soluções de IoT, seja por financiamento, cursos de capacitação ou parceria com instituições de ensino para pesquisa e desenvolvimento” (BNDES, 2018, p. 89), e disponibilizar indicadores de esforço e de impacto, os quais refletem, respectivamente, o avanço das iniciativas e os resultados finais para a sociedade. Por fim, o “projeto mobilizador de IoT em cidades possui foco na capacitação dos gestores públicos e nas orientações para implantação de soluções que melhorem a qualidade de vida da população” (BNDES, 2018a, p. 90), por meio da criação de uma cartilha para a aplicação de IoT em cidades e do apoio no planejamento e na execução de pilotos de IoT.

As iniciativas são divididas em três categorias, conforme o quadro 1. Elas estão associadas a cada um dos quatro elementos horizontais propostos pelo estudo: capital humano; inovação e inserção internacional; infraestrutura de conectividade e interoperabilidade; e regulação, segurança e privacidade. Em termos de definições, as “ações estruturantes são fundamentais para o desenvolvimento de IoT no Brasil e sua implementação pode ser acompanhada dentro da estrutura de governança do Plano de Ação”, com um total de dezessete iniciativas; as “medidas são ações ou práticas que complementam as ações estruturantes para a entrega dos objetivos específicos e estratégicos, ampliando o impacto do plano”, totalizando 31 iniciativas; e os elementos catalisadores “são ações identificadas como capazes de potencializar o efeito de IoT no país”, e abrangem 27 iniciativas (BNDES, 2018a, p. 68-69).

QUADRO 1

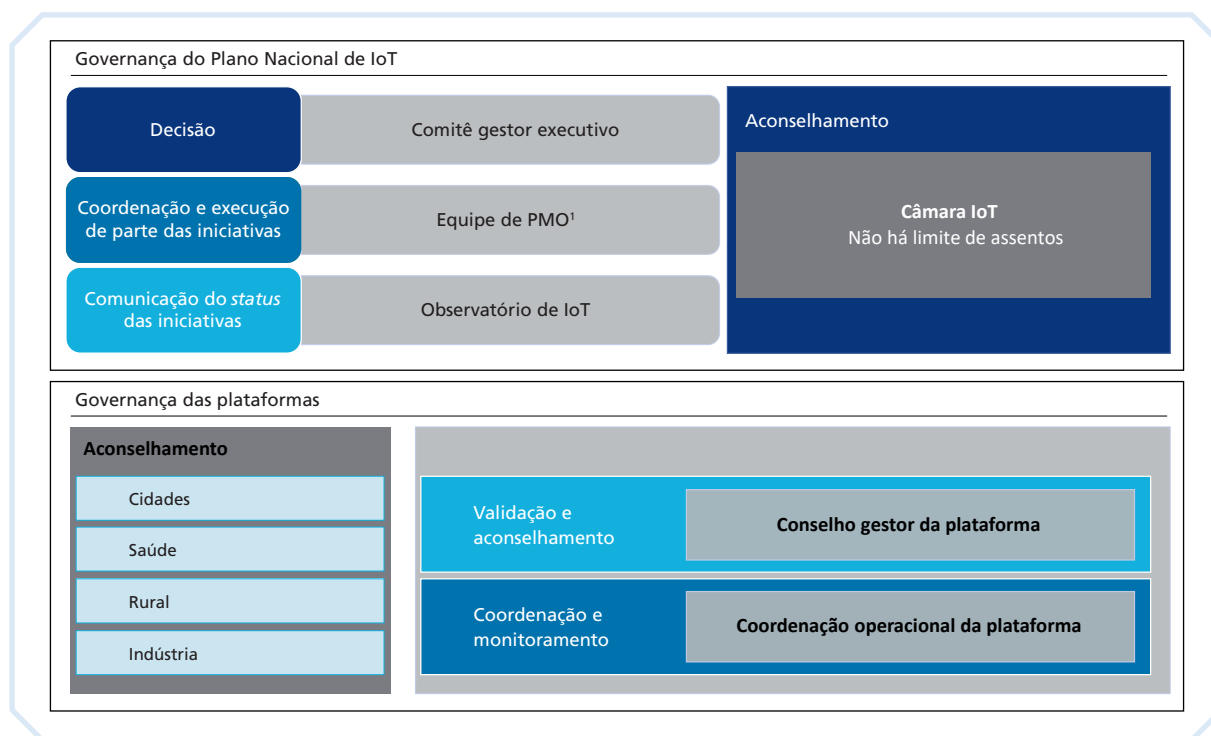
Sintetização e caracterização das categorias de iniciativas

		Características		
		Fórum de decisão	Impacto	Facilidade de implantação
Categorias	Ações estruturantes	Decisões tomadas pelo alto escalão de órgãos engajados no estudo.	Alto e limitado à adoção e ao desenvolvimento de IoT.	Desafiadora, mas possível, caso haja alinhamento dentro e fora dos órgãos.
	Medidas	Decisões tomadas por níveis gerenciais de órgãos engajados no estudo.	Médio e limitado à adoção e ao desenvolvimento de IoT.	Média. Muitas delas já estão em andamento.
	Elementos catalisadores	Decisões tomadas por fóruns de altíssimo nível, como a Presidência da República e o Congresso Nacional.	Muito alto e não se limita apenas a IoT.	Muito desafiadora e, em geral, de resolução de longo prazo.

Fonte: BNDES (2018a, p. 69).

Elaboração dos autores.

Outro pilar do Plano Nacional de IoT refere-se ao modelo de governança (BNDES, 2018b), responsável pela definição de papéis, participantes e rotinas de implementação. Baseada em experiências internacionais – como as do Japão e da Arábia Saudita –, a estrutura de governança proposta para o Plano Nacional de IoT é exibida na figura 3.

FIGURA 3**Desenho da estrutura de governança proposta para o Plano Nacional de IoT**

Fonte: BNDES (2018b, p. 11).

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Escritório de projetos (*project management office* – PMO).

Conforme a figura 3, a governança proposta é dividida entre dois grupos, o primeiro deles referente ao plano nacional, com quatro atores desempenhando diferentes funções, e o segundo associado às plataformas, com duas subdivisões. Com relação à governança do Plano Nacional de IoT, a função de aconselhamento é dada à Câmara de IoT, que tem como principais atribuições: i) acompanhar a evolução e o surgimento de novas aplicações de IoT; ii) subsidiar a formulação de políticas públicas que estimulem a IoT; iii) promover a cooperação técnica entre os atores participantes do ecossistema de IoT; e iv) divulgar estudos e atividades realizados em outros fóruns (BNDES, 2018b). De forma complementar, o comitê gestor é o órgão executivo da governança do plano, com responsabilidades que incluem o planejamento e a tomada de decisões críticas em nível estratégico e o acompanhamento de resultados das iniciativas. Por sua vez, a equipe de PMO é responsável pela estrutura de monitoramento – por exemplo, estabelecendo metodologias de trabalho para o desenvolvimento das iniciativas –, enquanto o Observatório de IoT atua como repositório de informações, promove o alinhamento com iniciativas de outras instituições etc.

Na governança das plataformas, as responsabilidades estão associadas ao conselho gestor e à coordenação operacional. O conselho tem como principais atribuições o estabelecimento de prioridades e objetivos da plataforma, o desenvolvimento de aspirações claras e mensuráveis, e a participação ativa na definição de regras para a seleção de projetos. A coordenação, por seu turno, é responsável por fazer o controle do orçamento e monitorar necessidades de investimento, buscar possíveis parceiros, além de disseminar conhecimento e fortalecer a comunidade de IoT por intermédio da promoção de espaços e eventos.

O estudo desenvolvido pelo MCTI, pelo BNDES e por consórcio envolvendo a consultoria McKinsey, o CPqD e o escritório Pereira Neto e Macedo Advogados foi a base a partir da qual se estabeleceu o Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, instituindo o Plano Nacional de IoT e dispondo sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas (Câmara IoT). O art. 1º do decreto reforça a finalidade de implementar e desenvolver a IoT no país, com base na livre concorrência e na livre circulação de dados, observando-se as diretrizes de segurança da informação e de proteção de dados pessoais (Brasil, 2019).

Segundo Brasil (2019, art. 3º), são objetivos do Plano Nacional de IoT:

- I) melhorar a qualidade de vida das pessoas e promover ganhos de eficiência nos serviços, por meio da implementação de soluções de IoT;
- II) promover a capacitação profissional relacionada ao desenvolvimento de aplicações de IoT e a geração de empregos na economia digital;
- III) incrementar a produtividade e fomentar a competitividade das empresas brasileiras desenvolvedoras de IoT, por meio da promoção de um ecossistema de inovação neste setor;
- IV) buscar parcerias com os setores público e privado para a implementação da IoT; e
- V) aumentar a integração do País no cenário internacional, por meio da participação em fóruns de padronização, da cooperação internacional em pesquisa, desenvolvimento e inovação e da internacionalização de soluções de IoT desenvolvidas no País.

Com relação aos grupos verticais de utilização de IoT, o plano confirma os quatro ambientes propostos pelo estudo – saúde, cidades, indústrias e meio rural (Brasil, 2019, art. 4º). Em 20 de outubro de 2020, o setor de turismo também foi incluído como uma área vertical do Plano Nacional de IoT, por intermédio da criação da Câmara do Turismo 4.0.¹⁵ Tal atribuição torna esses ambientes

15. Disponível em: <<https://www.gov.br/turismo/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/camara-do-turismo-4.0>>. Acesso em: 4 out. 2022.

referência para o acesso a mecanismos de fomento à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico e à inovação, bem como para o apoio ao empreendedorismo de base tecnológica. As áreas horizontais, por sua vez, foram estabelecidas pelo decreto em seis pilares: i) ciência, tecnologia e inovação (CT&I); ii) inserção internacional; iii) educação e capacitação profissional; iv) infraestrutura de conectividade e interoperabilidade; v) regulação, segurança e privacidade; e vi) viabilidade econômica.¹⁶ Ressalte-se que tais ações devem estar alinhadas com as ações estratégicas definidas na E-Digital.

Os projetos mobilizadores sugeridos pelo estudo também são instituídos em Brasil (2019) em seu art. 6º. Com o objetivo de facilitar a implementação do plano, ficam sob a coordenação do MCTI: i) as plataformas de inovação em IoT; ii) os centros de competência para tecnologias habilitadoras em IoT; e iii) o Observatório Nacional para o Acompanhamento da Transformação Digital.

Para o assessoramento destinado a acompanhar a implementação do Plano Nacional de IoT, Brasil (2019) define, em seu art. 7º, a Câmara IoT, com as seguintes competências: i) monitorar e avaliar as iniciativas de implementação do Plano Nacional de IoT; ii) promover e fomentar parcerias entre entidades públicas e privadas para o alcance dos objetivos do Plano Nacional de IoT; iii) discutir com os órgãos e entidades públicas os temas (horizontais) do plano de ação; iv) apoiar e propor projetos mobilizadores; e v) atuar conjuntamente com órgãos e entidades públicas para estimular o uso e o desenvolvimento de soluções de IoT. Fica definido, ainda, que a Câmara IoT será composta por representantes de cinco ministérios,¹⁷ podendo ser convidados representantes de associações e de entidades públicas e privadas para participar das reuniões.

No que concerne ao Observatório de IoT, Lacerda (2020), ao realizar uma análise *ex-ante* do Plano Nacional de IoT, considera que o Observatório Nacional para o Acompanhamento da Transformação Digital, lançado pelo MCTI em parceria com o Movimento Brasil Competitivo e o CPqD, na prática tomou proporção mais ampla, “abarcando ferramentas para acompanhamento e monitoramento das ações de políticas públicas relacionadas à economia digital em geral em curso no país, dentre as quais o Plano Nacional de IoT” (Lacerda, 2020, p. 82).¹⁸

16. Quando os elementos horizontais são comparados aos propostos pelo estudo que embasou o Plano Nacional de IoT – capital humano; inovação e inserção internacional; regulação, segurança e privacidade; e infraestrutura de conectividade e interoperabilidade –, percebe-se que houve a reorganização de alguns itens, além da inclusão de outros, como a viabilidade econômica.

17. MCTIC, que a presidirá; Ministério da Economia (ME); Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa); Ministério da Saúde; e Ministério do Desenvolvimento Regional.

18. O observatório foi criado para englobar indicadores de esforço e impacto, além de servir como instrumento de organização de informações e de transparência. Em 2020, Lacerda (2020) já alertava que a última atualização havia sido em 2018. Atualmente, o endereço virtual visitado pela autora (Lacerda, 2020) não existe, reforçando a aparente descontinuidade de tal projeto mobilizador.

Baseadas no Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, as câmaras 4.0 (câmaras de IoT) começaram a ser implementadas ainda em 2019, nos casos de Indústria,¹⁹ Agro²⁰ e Cidades,²¹ e em 2020 para Saúde²² e Turismo,²³ com estruturas baseadas na maioria das vezes em divisões por grupos de trabalho (GTs) e na elaboração de um plano de ação. O quadro 2 detalha a data de formalização de cada uma das câmaras, bem como os respectivos GTs associados.

QUADRO 2

Câmaras 4.0: data de formalização e GTs (2019-2020)

Câmara	Formalização	GT 1	GT 2	GT 3	GT 4
Indústria	Abr./2019	Desenvolvimento tecnológico e inovação	Capital humano	Cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores	Regulação, normalização técnica e infraestrutura
Agro	Ago./2019	Desenvolvimento, tecnologia e inovação	Desenvolvimento profissional	Cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores	Conectividade no campo
Cidades	Dez./2019	Desenvolvimento urbano e sustentável	Soluções e tecnologias para cidades inteligentes e sustentáveis	Infraestrutura de conectividades para cidades inteligentes e sustentáveis	-
Saúde	Jan./2020	-	-	-	-
Turismo	Out./2020	Qualificação e desenvolvimento de produtos com foco na Jornada do Turista 4.0	Desenvolvimento de destinos turísticos inteligentes	Soluções e tecnologias digitais para o turismo 4.0	-

Elaboração dos autores.

Obs.: No endereço virtual da Câmara da Saúde, não são apresentados GTs.

19. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-industria>>. Acesso em: 5 out. 2022.

20. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-agro>>. Acesso em: 5 out. 2022.

21. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-cidades>>. Acesso em: 5 out. 2022.

22. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/camara-saude>>. Acesso em: 5 out. 2022.

23. Disponível em: <<https://www.gov.br/turismo/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/camara-do-turismo-4.0>>. Acesso em: 5 out. 2022.

TEXTO para DISCUSSÃO

As câmaras da Indústria, do Agro e das Cidades apresentam em seus endereços virtuais um conjunto maior de informações disposto em quatro seções:²⁴ i) governança; ii) plano de ação; iii) programas e iniciativas; e iv) repositório. As câmaras da Saúde e do Turismo, por sua vez, apresentam apenas a seção de repositório, a qual inclui os históricos de publicações oficiais – por exemplo, o acordo de cooperação técnica do MCTI com o respectivo ministério associado à câmara – e as reuniões dos GTs. A figura 4 ilustra o modelo de governança da Câmara da Indústria 4.0.²⁵

FIGURA 4
Modelo de governança da Câmara da Indústria 4.0

Conselho superior Formula diretrizes para integração e harmonização das iniciativas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil.			
MCTI Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação	Finep Financiadora de Estudos e Projetos	ABDI Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial	
ME Ministério da Economia	CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	Sebrae Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas	
CNI Confederação Nacional da Indústria	Embrapii Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial	BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social	
Secretaria executiva É responsável pelo suporte às instâncias da câmara e pelo apoio técnico-administrativo.			
MCTI		ME	
GTs Apresentam soluções técnicas à agenda da câmara.			
GT 1 Desenvolvimento tecnológico e inovação	GT 2 Capital humano	GT 3 Cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores	GT 4 Regulação, normalização técnica e infraestrutura

Fonte: Brasil (2021b, p. 3).
Elaboração dos autores.

24. A Câmara da Indústria ainda apresenta uma seção chamada ProFuturo, a qual anexa um documento referente ao Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil divulgado em dezembro de 2017. A Câmara das Cidades não apresenta um plano de ação, mas traz uma seção chamada Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, a qual oferece mais de 160 recomendações apoiadas em oito objetivos estratégicos.

25. A estrutura do modelo de governança – Conselho Superior, Secretaria Executiva e GTs – é semelhante para a Câmara do Agro.

Com relação aos planos de ação, o documento referente à Câmara da Indústria 4.0 (Brasil, 2021b) é elaborado por representantes das instituições que compõem os GTs e aprovado pelo Conselho Superior. O plano passa por revisões frequentes, de forma a confirmar o sucesso de algumas iniciativas e identificar novas necessidades, e é detalhado da seguinte forma: para cada GT, são determinadas ações que correspondem aos desafios do respectivo grupo, e para cada ação descreve-se um conjunto de iniciativas capazes de auxiliar no cumprimento dos objetivos. A título de exemplo, para o GT 1 (Desenvolvimento tecnológico e inovação) são elencadas duas ações, a primeira delas com uma iniciativa correspondente e a segunda com seis iniciativas associadas.

O plano de ação da Câmara do Agro 4.0 (Brasil, 2021c) é composto de sete seções. Após breve apresentação e contextualização, o documento estabelece a metodologia de elaboração do plano em quatro pilares: a identificação de ações e iniciativas; a indicação de instituições responsáveis; a listagem dos atores envolvidos; até a estimativa quanto à necessidade de recursos financeiros. Em seguida, são traçados os principais desafios elencados pelos GTs da Câmara Agro 4.0, os quais servem de base para a proposição de ações e iniciativas. Para cada um dos quatro GTs, são colocadas de duas a três ações capazes de auxiliar no enfrentamento dos desafios observados. Na seção seguinte, detalha-se a implementação do plano de ação por meio de dois conjuntos de estratégias, quais sejam, as estratégias de implementação e comunicação, e na sequência conclui-se com as considerações finais (Brasil, 2021c).

No âmbito de programas e iniciativas, destacam-se as câmaras do Agro 4.0 e das Cidades 4.0. Na primeira, tem-se o programa Agro 4.0,²⁶ encabeçado pela ABDI, que visa estimular e fomentar o uso de tecnologias 4.0 no agronegócio, por meio de editais, eventos, encontros, compartilhamento de informações e outras ações, com foco em aumento de eficiência e produtividade, e em redução de custos. Cite-se também o e-Campo,²⁷ uma plataforma de capacitações *online* da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Por seu turno, na Câmara das Cidades 4.0, são inúmeros os exemplos de ações, entre as quais se destacam a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes,²⁸ a plataforma *inteli.gente*, cujo objetivo é diagnosticar a maturidade para cidades inteligentes e sustentáveis,²⁹ e a plataforma ReDUS,³⁰ nascida com o propósito de apoiar pessoas e organizações a atuarem em rede para construir um futuro mais sustentável para as cidades.

26. Disponível em: <<http://agro40.abdi.com.br/>>. Acesso em: 5 out. 2022.

27. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/e-campo>>. Acesso em: 5 out. 2022.

28. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-urbano/carta-brasileira-para-cidades-inteligentes>>. Acesso em 05 out. 2022.

29. Disponível em: <<https://inteligente.mcti.gov.br/>>. Acesso em: 5 out. 2022.

30. Disponível em: <<https://www.redus.org.br/>>. Acesso em: 5 out. 2022.

2.3 A IoT na E-Digital – ciclo 2022-2026

A IoT é parte importante do ciclo 2022-2026 da E-Digital (Brasil, 2022c), conforme a atualização periódica prevista no Decreto nº 9.319/2018 (Brasil, 2018a). Este decreto instituiu o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabeleceu a estrutura de governança para a implantação da estratégia. Nos objetivos específicos dos eixos de transformação digital, coloca-se a promoção do desenvolvimento de soluções tecnológicas nas áreas prioritárias de saúde, agronegócio, indústria e cidades inteligentes, justamente as quatro áreas verticais propostas pelo Plano Nacional de IoT – antes da inclusão do setor de turismo. Ainda, entre os objetivos envolvendo infraestrutura e acesso às TICs, destaca-se a expansão das redes de banda larga móvel e fixa, em áreas urbanas e rurais que seguem à margem da ampla conectividade, para alargar o acesso da população à internet e às tecnologias digitais.

Com relação à conectividade, a E-Digital propõe a utilização de recursos do Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações (Fust) como ação estratégica para o quadriênio 2022-2026, mediante a viabilização “da aplicação de recursos do Fust na expansão do acesso à banda larga e na ampliação de seu uso, tanto em ambientes urbanos como em áreas rurais e remotas” (Brasil, 2022c, p. 21). A partir de resultados do quadriênio 2018-2022, confirma-se a reformulação do Fust, bem como a edição da nova lei, a qual aguarda análise da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) para regulamentar sua operacionalização.

No que concerne à mão de obra em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), o documento reforça a necessidade de o Estado brasileiro atuar sobre os elementos que viabilizam e impulsionam as ações de PD&I – por exemplo, a democratização na formação do capital humano, na figura de engenheiros, cientistas e tecnólogos formados, além da criação de oportunidades no mercado de trabalho, ou seja, a retenção e a atração de talentos para o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). São várias as ações estratégicas para 2022-2026 relacionadas à educação e à capacitação profissional, as quais incluem conectar escolas públicas, urbanas e rurais, incorporar as tecnologias digitais nas práticas escolares, reforçar as disciplinas de matemática, ciências, tecnologias e engenharias, e promover o uso da tecnologia em sala de aula.

A IoT é ferramenta importante para promover o setor de PD&I e estimular investimentos públicos e privados nas áreas verticais selecionadas, representando 25,5% na demanda por emprego de TICs. A título de exemplo, por meio da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) – organização social vinculada ao MCTI – foram realizadas chamadas com a União Europeia e os Estados Unidos em projetos de pesquisa relacionados a temas como 5G e IoT. Além disso, em 2021, ministros dos cinco países do grupo BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) decidiram cooperar em iniciativas de inclusão digital, com ênfase na expansão da conectividade

em áreas rurais remotas. No âmbito de governança da internet e transformação digital, o Brasil ainda participa de diálogos bilaterais com diversos países sobre temas como a IoT, além de compor, por meio do Ministério das Relações Exteriores (MRE), o GT do Grupo dos Vinte (G20) relacionado à economia digital.

Ao fazer um diagnóstico para a transformação digital da economia, o documento coloca centralidade na IoT, conforme Brasil (2022c, p. 56):

A infraestrutura para armazenamento e compartilhamento do crescente volume de dados criado a todo momento e em todas as esferas da sociedade é fundamental. Entre os responsáveis pela geração crescente de dados estão os dispositivos conectados (IoT), que demandam investimentos direcionados para o desenvolvimento de tecnologias na área. Além disso, por meio da IoT e de outras tecnologias, será possível implementar novos modelos de negócios, desde que sejam instituídos os marcos regulatórios, realizados investimentos e fomentados ecossistemas de inovação em TIC, com a participação de diversos setores da sociedade.

Para lidar com esses desafios associados à regulação, o documento propõe ações estratégicas que envolvem a promoção e a cooperação entre autoridades competentes, de forma a harmonizar marcos regulatórios relativos a dados, além de contribuir com processos normativos internacionais que visem facilitar a inserção internacional de empresas brasileiras.

Ressalta-se também a importância da celeridade na adoção da IoT, pois os benefícios potenciais das tecnologias nela baseadas parecem ser significativamente maiores para as economias que as adotem de forma rápida, quando comparados aos países seguidores – como o Brasil. Nesse sentido, considerando-se que as características de disseminação de tais tecnologias tendem a aumentar a distância entre países desenvolvidos, em desenvolvimento e pobres, reafirma-se a relevância do envolvimento de setores de governo, empresas e academia em iniciativas que fomentem a adoção e o desenvolvimento da IoT e de novas tecnologias digitais.

Com relação aos desafios para a utilização e a disseminação eficiente da IoT, pontos importantes são elencados: i) a necessidade de formação de profissionais com as competências necessárias para desenvolver e utilizar as novas tecnologias digitais relacionadas aos dispositivos conectados; e ii) questões de confiança e de preservação dos direitos dos usuários sobre o uso de novas tecnologias disruptivas e o emprego ético destas (Brasil, 2022c, p. 68). Na adoção por parte das empresas, os desafios incluem: i) investimentos em equipamentos que incorporem as novas

tecnologias; ii) adaptação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva; e iii) criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências (Brasil, 2022c, p. 68).³¹ Entre as ações estratégicas voltadas a esse contexto, é possível citar a promoção e o fomento para a massificação da adoção de soluções de TIC para micro e pequenas empresas (MPEs) e o desenvolvimento de programa de fortalecimento do empreendedorismo feminino nas áreas relacionadas à CT&I.

2.4 IoT e agronegócio

No setor rural, segundo Seixas e Contini (2017), a IoT envolve serviços de tecnologias da informação e *software*, principalmente *big data* e ferramentas de gerenciamento de propriedades rurais. Entre os exemplos de aplicabilidade da IoT, é possível relacioná-la ao monitoramento do solo, em termos de umidade e níveis de nutrientes, por meio da análise de produtividade em pequenas parcelas, bem como ao acompanhamento do crescimento e possíveis surtos de doenças em culturas. Ainda, há utilização na pecuária, na otimização de equipamentos agrícolas, além de usos mais personalizados e eficientes de insumos e mão de obra, com consequente aumento da produtividade e dos rendimentos do negócio agrícola.

Segundo a literatura, também são encontradas melhorias no controle fitossanitário das exportações por meio da implementação de sistemas de rastreamento por IoT (Nogueira, 2020), e na qualidade do controle de desempenho zootécnico animal, na avaliação de processamento de alimentos, e na previsão de variáveis meteorológicas (Bertollo, Castillo e Busca, 2022). Soares *et al.* (2021, p. 9) destacam ainda que a ampliação da conectividade, por meio da geração de dados em maior escala e confiabilidade, além de permitir melhores tomadas de decisão aos produtores rurais,³² pode proporcionar “ao governo formulação assertiva de novas políticas públicas, que poderão ser customizadas para determinadas regiões, resultando em eficiência e tempestividade das ações”.

31. O documento utiliza estratégias de monitoramento e avaliação por meio de indicadores da E-Digital de forma ampla, elaborados pelo MCTI, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e por outras organizações internacionais de referência. Os tópicos de IoT estão inseridos nesse conjunto mais amplo.

32. Barbosa e Martins (2021) sustentam que o conhecimento obtido com as análises de maiores quantidades de dados estará associado não somente ao processo produtivo agrícola, mas também auxiliarão nas tomadas de decisão das esferas relacionadas a financiamento, seguros, logística, *marketing*, entre outras áreas-chave do agronegócio.

O número crescente de *startups* fornecedoras de sistemas para o agronegócio ilustra o potencial da aplicação da IoT no agronegócio. Seixas e Contini (2017) ressaltam os casos da Agrosmart³³ e da Strider, esta que hoje faz parte da empresa Syngenta,³⁴ como exemplos da vitalidade do setor privado brasileiro, enquanto Soares *et al.* (2021) complementam os casos de sucesso envolvendo *startups* do agronegócio ao mencionar a Ecotrace, atuante na área de rastreabilidade de carne bovina, de aves e de algodão, a Agrorobótica, que trabalha com análise inteligente do solo, e a Gestão Integrada de Recebíveis do Agronegócio (Gira) na área de tecnologia financeira (*financial technology – fintech*).

Alguns trabalhos buscaram caracterizar a relação entre IoT e agronegócio de acordo com publicações sobre o tema. Costa, Oliveira e Móta (2018) realizaram pesquisa exploratória no acervo de publicações da base de dados Scopus com o intuito de investigar o papel da IoT nas atividades agrícolas, em artigos escritos em inglês entre 2012 e 2017. Com 21 trabalhos analisados, os autores destacaram a área de cadeia de suprimentos como tema frequente de análise, e colocaram a IoT como ferramenta importante no gerenciamento das tomadas de decisão, além do monitoramento e da atuação na atividade agrícola. Como principais desafios, é mencionada a necessidade de contínua evolução de tecnologias subjacentes, bem como a falta de conectividade no campo.

Em outra análise qualitativa por meio de pesquisa bibliográfica em artigos científicos, *sites* e notícias, Barbosa e Martins (2021) colocaram a IoT como determinante para a potencialização e a expansão do agronegócio no Brasil, e reafirmaram sua capacidade em auxiliar nas tomadas de decisão por meio da utilização de sensores e *drones* combinados com *big data* e IA. Além disso, considerou-se a IoT como um fenômeno conduzido majoritariamente por atores globais, mas cuja implementação regional depende ainda de fatores culturais, econômicos e institucionais.

Em análise mais abrangente, Nogueira (2020) objetivou avaliar as potencialidades quanto à utilização da IoT no agronegócio em termos de impactos econômicos e disponibilidade de políticas públicas. Ao analisar as aplicações no âmbito rural presentes no estudo que serviu de base para a elaboração do Plano Nacional de IoT, o autor constatou o “processo de criação de um novo sistema nacional de inovação para a aplicação de IoT no agronegócio por meio da articulação entre governo, instituições de ensino e pesquisa e empresas” (Nogueira, 2020, p. 44).

33. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

34. Disponível em: <<https://www.syngenta.com.br/press-release/institucional/syngenta-conclui-aquisicao-da-strider#:~:text=A%20Syngenta%20anunciou%20hoje%20que,a%20Syngenta%20e%20a%20Strider>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

Entre as dificuldades associadas à implementação da IoT no campo, a conectividade desponta como um dos principais desafios. Castillo e Bertollo (2022), ao avaliarem a presença de redes de internet no território brasileiro e as possibilidades para o campo, argumentam que a efetiva colocação em prática da IoT na produção agrícola depende do acesso à internet e aos dispositivos populares, como os *smartphones*. Essas seriam “condições indispensáveis para que o produtor rural possa se beneficiar do uso da tecnologia da informação empregada no campo” (Castillo e Bertollo, 2022, p. 492).

Segundo Milanez *et al.* (2020), baseados na percepção de participantes de uma oficina de dois dias realizada na sede do BNDES, com a presença de mais de cem participantes, entre os quais representantes dos usuários de tecnologia, fornecedores e instituições que atuam no setor, a ausência ou limitação de conectividade foi citada, em todos os painéis³⁵ do evento, como a principal barreira para a expansão do uso de IoT. Outros fatores relevantes apontados envolvem a dificuldade de percepção de valor quanto ao investimento necessário para adotar a IoT por parte dos produtores rurais, além da inexistência (ou percepção de inexistência) de financiamento adequado para a aquisição de serviços de IoT e da falta de incentivos relacionada ao desenvolvimento de tecnologias no setor.

De acordo com Milanez *et al.* (2020), dados do Censo Agropecuário de 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicaram que a cobertura de banda larga em áreas rurais é baixíssima. Além disso, é preciso levar em conta que as demandas por conectividade variam a depender dos diversos atores, conforme exposto em Brasil (2021a, p. 30):

Embora recentemente haja grande movimento do setor agrícola mais tecnificado pelo uso de IoT nas diversas fases do processo produtivo, de armazenamento e de comercialização, há grande disparidade entre este tipo de demanda e as do produtor rural sem ou com pouco acesso não só à internet como a serviços essenciais como Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater), saneamento básico, entre outros. Públicos diferentes carecem de estratégias diferentes no que diz respeito a políticas públicas que demandem conectividade no meio rural.

Brasil (2021a) buscou identificar as áreas com ausência de cobertura de banda larga no território brasileiro para então propor alternativas de ampliação da conectividade no meio rural baseadas em estratégias regionalizadas e caracterização dos produtores rurais em diferentes perfis. O estudo gerou, então, um mapa de orientação para a gestão, com soluções envolvendo

35. A oficina foi dividida em quatro painéis: i) proteína animal; ii) culturas anuais (grãos e algodão); iii) frutas, legumes e verduras; e iv) culturas de ciclo longo (cana-de-açúcar e silvicultura).

investimentos privados ou desenvolvimento de políticas públicas, ou a combinação de ambos a depender da região, de forma a possibilitar uma priorização territorial de ações. Por fim, estimou-se a quantidade de antenas necessárias para aumentar a conectividade no campo, incluindo a hierarquização das mais prioritárias, em dois possíveis cenários. No primeiro, no qual 4.400 torres já existentes passaram a ter antenas de tecnologia 4G instaladas, os resultados indicaram aumento de quase 25% de cobertura nas áreas com necessidade de conexão. No segundo cenário, envolvendo novas instalações, da ordem de 15.182 novas antenas, atingiu-se a cobertura praticamente total do território rural com necessidade de conexão.

Uma análise alternativa da utilização de IoT no campo é desenvolvida por Bertollo, Castillo e Busca (2022). Estes consideram que seu uso e difusão são social e territorialmente muito seletivos, tal que duas variáveis combinadas dão uma dimensão dessa seletividade socioespacial, quais sejam:

- o agronegócio globalizado, produtor de *commodities* prioritariamente voltadas à exportação, concentrador de terra e de renda, e controlado por grandes empresas de comercialização e agroindústrias; e
- e o meio técnico-científico e informacional, com presença assegurada pelo Estado e pelas grandes empresas nos lugares com maior potencial competitivo.

Quando interconectadas, essas variáveis geram as condições ideais para a proliferação das tecnologias da informação (TIs) no campo. Ademais, considera-se a condição das infraestruturas, efetivadas pelas antenas de telefonia móvel e pelos cabos de fibra ótica, como fator importante para explicar o crescimento da IoT no campo.

Ainda conforme Bertollo, Castillo e Busca (2022), as principais dificuldades para capilarizar a IoT no campo são a disparidade de renda dos produtores em distintas partes do território, a gigantesca concentração fundiária e a distribuição desigual das infraestruturas que promovem a acessibilidade à internet. Entre as soluções propostas pelos autores, estão a instalação de estações rádio-base (ERBs) em locais selecionados, custeadas pelos próprios produtores, pelo Estado, ou por ambos; o uso de internet via satélite; e a utilização de plataformas como a *airband*.³⁶ De forma complementar, os autores defendem a importância da atuação de agentes públicos e instituições de pesquisa para prover conexão à internet, por meio de apoio técnico a pequenos produtores – por exemplo, com o uso de plataformas abertas e assessoria.

36. Essas plataformas são capazes de levar a conectividade aonde a internet não chega, por meio dos canais vazios de televisão (*TV white spaces*).

Ainda, ressaltam o papel crescente dos provedores regionais para melhor distribuir a conexão à internet no campo, ao atenderem, sobretudo, às demandas de pequenos produtores rurais da agricultura familiar e de assentamentos.

Pinto e Freitas (2021) buscaram avaliar a aplicabilidade da IoT ao contexto da agricultura familiar no Brasil. Segundo os autores, a IoT pode oferecer avanços que envolvem melhor eficiência na utilização de insumos, redução de custos, sustentabilidade, além de segurança alimentar e proteção ambiental. Embora ressaltem a existência de problemas relacionados à durabilidade de dispositivos e à interoperabilidade, conclui-se pela possibilidade de transformação, pelo uso da IoT, da “agricultura familiar em uma agricultura inteligente e sustentável em razão da economia de recursos naturais e pela possibilidade de existência de menos externalidades negativas” (Pinto e Freitas, 2021, p. 699).

Entretanto, Bertollo, Castillo e Busca (2022) argumentam que a “incorporação da IoT no campo brasileiro estabelece um novo padrão de competitividade para os agentes hegemônicos e para as regiões produtivas mais especializadas, desvalorizando, portanto, as porções do território ocupadas pela agricultura familiar”. Nesse sentido, colocam como fundamental que “porções do território brasileiro onde predomina a agricultura familiar sejam contemplados com a expansão da informacionalização do campo, preferencialmente por políticas públicas nas diversas escalas de governo”.

Um exemplo de atuação do governo federal para levar conectividade a assentamentos e localidades remotas com vocação para o agronegócio é a iniciativa do *hub* das Comunidades Rurais Conectadas, uma parceria do Mapa com o Ministério das Comunicações e governos estaduais. Por meio da conexão via satélite, a primeira fase do programa objetiva conectar 166 comunidades rurais, que incluem assentamentos, escolas e áreas rurais remotas, privilegiando regiões com demandas de desenvolvimento regional para o agronegócio. Os pontos estão distribuídos em 134 municípios de dez estados, prioritariamente das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.³⁷ A conectividade em “áreas rurais isoladas promove inclusão social e estimula o cooperativismo, ampliando não somente informações que possam beneficiar essas comunidades, mas também as possibilidades de assistência técnica e extensão rural.” (Brasil, 2022d).

37. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/governo-inaugura-hub-da-iniciativa-comunidades-rurais-conectadas-em-ms/>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

2.5 Políticas de fomento

A Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991 (Lei de Informática – Brasil, 1991), a Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019 (Brasil, 2019c), e o Decreto nº 10.356, de 20 de maio de 2020 (Brasil, 2020), são os principais instrumentos legais que tratam de investimentos de empresas em pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de TICs no Brasil.³⁸ A primeira nasceu com uma proposta claramente protecionista, mas já foi adaptada para atender aos princípios da Organização Mundial do Comércio (OMC), após reclamações de países-membros naquele órgão.

Em síntese, empresas que exerçam atividades de desenvolvimento ou produção de bens de TICs que atendem à Lei de Informática e ao Decreto no 10.356 fazem jus a créditos financeiros. Esse arcabouço jurídico propiciou o desenvolvimento de diversos institutos de pesquisa de TICs, notadamente na região de Campinas (São Paulo), mas também em outras regiões, como Santa Rita do Sapucaí (Minas Gerais), Florianópolis (Santa Catarina) e Recife (Pernambuco).

Além da legislação e de instituições especializadas no tema de TICs, o setor conta também com as organizações que fomentam a pesquisa e a inovação em sentido mais amplo: a Finep; o CNPq; o BNDES; as instituições do Sistema S – designadamente o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e o Sebrae; as federações estaduais da indústria e a CNI; a Embrapa; a ABDI; e, mais recentemente, a Embrapii.

Como forma de incentivar o desenvolvimento e a adoção da IoT no cenário nacional, diversas instituições oferecem linhas de financiamento e suporte técnico, entre outras políticas. Esta subseção abordará em mais detalhes algumas dessas oportunidades.

2.5.1 Políticas de fomento do lado da demanda

O BNDES Crédito Serviços 4.0³⁹ é um financiamento para contratação de serviços tecnológicos, credenciados pelo BNDES, associados à otimização da produção, à viabilização de projetos de manufatura avançada e à implantação de soluções de cidades inteligentes e outros similares. A IoT representa uma das categorias definidas como serviços tecnológicos, ao lado de, por exemplo, digitalização e manufatura avançada. Esse crédito do BNDES pode ser solicitado, conforme lista de fornecedores e serviços já credenciados no BNDES, por três tipos de atores, quais sejam, empresas sediadas no país, administração pública e produtores rurais. Com relação às características do

38. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/lei-de-tics>>. Acesso em: 16 out. 2022.

39. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/vanityurl/bndes-credito-servicos-4.0>>. Acesso em: 6 out. 2022.

financiamento, o BNDES pode ter participação de até 100% do investimento, com prazo total de dez anos, incluindo carência de até dois anos.

Uma parceria entre a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), o Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (Ciesp), e o Senai e o Sebrae de São Paulo lançou em maio de 2022 a Jornada de Transformação Digital,⁴⁰ um programa com capacidade para atender 40 mil micro, pequenas e médias indústrias de todos os segmentos industriais no estado de São Paulo, com diferentes níveis de maturidade tecnológica. O atendimento pode envolver até oito etapas de consultoria e treinamento, conforme descritas a seguir.

- 1) Diagnóstico – identificação de oportunidades para melhorias nos processos de negócios.
- 2) Estratégia – definição ou redefinição do modelo de negócios.
- 3) Otimização de processos – por meio de estudos envolvendo os conceitos de manufatura enxuta e eficiência energética.
- 4) Roteiro tecnológico rumo à indústria inteligente.
- 5) Automação – soluções em *hardware* e *software*.
- 6) Digitalização – implantação de tecnologias habilitadoras da indústria 4.0.
- 7) Integração – integrações verticais e horizontais da cadeia produtiva.
- 8) Indústria inteligente – desenvolvimento de soluções inteligentes, possibilitando predição e adaptação dos processos industriais.

A partir das etapas 3 e 4, os consultores do programa apoiam as empresas em busca de fontes de fomento e financiamento.

2.5.2 Políticas de fomento do lado da oferta

A Finep e o MCTI lançaram, em 2020, o primeiro edital na temática de tecnologias 4.0, referente à Seleção Pública de Subvenção Econômica à Inovação nº 4.⁴¹ A seleção visava ao fomento e à seleção de projetos de inovação nas temáticas agro 4.0, cidades inteligentes, indústria 4.0 e saúde 4.0, por meio da concessão de recursos de subvenção econômica para o desenvolvimento de produtos, processos e serviços inovadores dentro do escopo das respectivas linhas temáticas

40. Disponível em: <<https://jornadadigital.sp.senai.br/>>. Acesso em: 7 out. 2022.

41. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/643>>. Acesso em: 6 out. 2022.

e tecnologias habilitadoras. O montante disponibilizado de recursos não reembolsáveis do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) totalizou R\$ 50 milhões, sendo R\$ 45 milhões divididos igualmente entre as áreas de agro 4.0, indústria 4.0 e saúde 4.0, e R\$ 5 milhões para a área de cidades inteligentes.

Fernandes, Barros e Hamatsu (2020) buscaram caracterizar e avaliar, por meio da supramencionada seleção pública, a demanda para o apoio à inovação nas empresas brasileiras, com ênfase no agro 4.0. De maneira geral, os autores ressaltam que muitos projetos foram bem avaliados em todas as linhas temáticas, porém não receberam subvenção dado o limite disponível, o que aponta para a necessidade de continuidade do fomento à inovação no segmento 4.0. Os autores ainda avaliaram a relação entre o tamanho das empresas e o número de projetos submetidos e valores solicitados. As MPEs foram responsáveis por 57,8% do montante solicitado e 74,1% dos projetos enviados, enquanto esses percentuais para as empresas médias foram de 23,7% e 15,2%, respectivamente, e para as empresas grandes, de 18,5% e 10,7%. Ainda, as principais tecnologias habilitadoras autodeclaradas pelas empresas foram *IA, computação em nuvem e internet das coisas*. A região Sudeste destacou-se como maior demandante de recursos e maior proponente de projetos, com respectivamente 50,2% e 48,0% do total, liderada pelo estado de São Paulo. Não menos importante, com relação às linhas temáticas, as maiores quantidades de projetos submetidos, e também escolhidos para receber financiamento, foram os da indústria 4.0, seguida das linhas de agro 4.0, saúde 4.0 e cidades inteligentes.

Em setembro de 2022, o MCTI e a Finep divulgaram nova seleção pública de subvenção econômica à inovação, com foco em empresas *startups* em tecnologias habilitadoras,⁴² nas linhas temáticas de nanotecnologia, fotônica, acústica, materiais avançados e robótica. Com relação ao montante disponibilizado, a seleção prevê o comprometimento de recursos não reembolsáveis do FNDCT até o limite de R\$ 50 milhões, distribuídos igualmente entre as cinco linhas temáticas.

A Embrapii oferece o Programa Prioritário (PPI) em IoT/Manufatura 4.0,⁴³ aprovado pelo MCTI, um mecanismo adicional para que as empresas beneficiadas pela Lei da Informática cumpram com as responsabilidades de PD&I. Nesse caso, os percentuais de gastos externos e internos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) podem ser depositados no PPI, cumprindo assim com a obrigação para obter o benefício fiscal previsto na lei. A Embrapii conta com uma rede de unidades credenciadas – centros de pesquisas de excelência com profissionais altamente qualificados, com atuação em todo o Brasil – para desenvolver projetos com os recursos do PPI IOT/Manufatura 4.0.

42. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/709>>. Acesso em: 7 out. 2022.

43. Disponível em: <<https://embrapii.org.br/programas-embrapii/ppi/>>. Acesso em: 7 out. 2022.

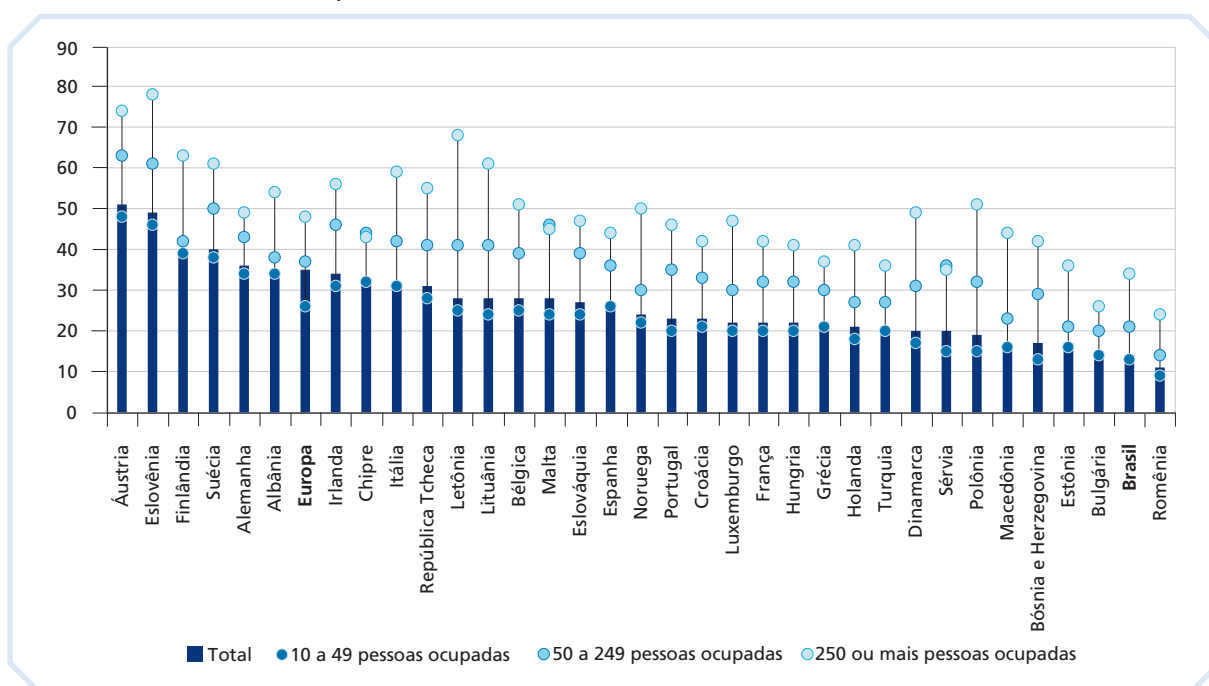
3 COMPARAÇÃO INTERNACIONAL E CASOS DE SUCESSO

3.1 Comparação internacional

A comparação entre dados do Brasil e da Europa mostra que, considerando-se a utilização da IoT em sentido amplo, o Brasil encontra-se aquém da média europeia, e bem atrás dos países líderes, conforme pode ser observado no gráfico 2.

GRÁFICO 2

Empresas que utilizaram dispositivos inteligentes ou IoT, por país e porte (2021)
(Em % do total de empresas)



Fonte: Kubota e Lins (2022); Cetic (2021); e Eurostat (2022).

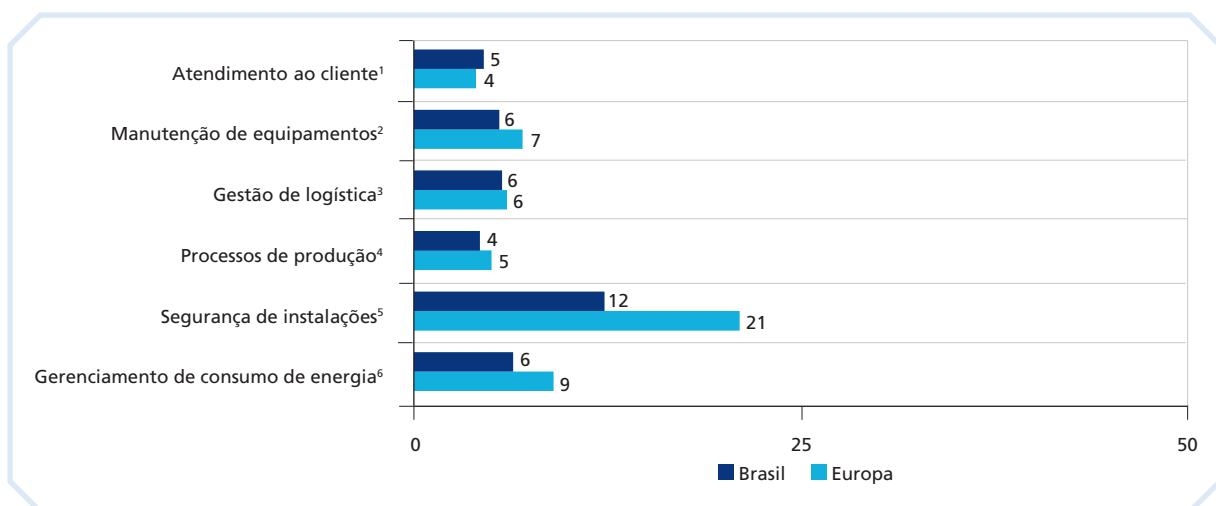
Como ilustrado no gráfico 2, em média, 35% das empresas europeias utilizaram dispositivos inteligentes ou IoT em 2021. Analisando-se os dados por porte da empresa, verifica-se que fizeram emprego dessas tecnologias 26% das empresas pequenas; 37% das médias; e 48% das grandes. A média brasileira é de 14% de empresas fazendo uso de IoT ou dispositivos inteligentes, sendo as porcentagens de 13% para as pequenas empresas; 21% para as médias; e 34% para as grandes. Os portes das empresas foram definidos pela quantidade de trabalhadores ocupados: de 10 a 49; de 50 a 249; e com 250 trabalhadores ou mais.

Entretanto, quando se analisa o uso estrito nos processos produtivos, observando-se a finalidade do emprego de IoT, é possível observar que a distância entre o Brasil e a Europa só é significativa em dois setores. São eles: i) gerenciamento de consumo de energia – medidores, termostatos ou lâmpadas inteligentes; e, principalmente, ii) segurança das instalações – sistemas de alarme, detectores de fumaça, travas de portas e câmeras de segurança inteligentes (gráfico 3). O último resultado é curioso, tendo em vista os elevados índices de criminalidade no Brasil, em comparação com a Europa.

GRÁFICO 3

Empresas que utilizaram dispositivos inteligentes ou IoT, por finalidade (2021)

(Em % do total das empresas)



Fonte: Kubota e Lins (2022); Cetic (2021); Eurostat (2022).

Notas: ¹ Câmeras ou sensores inteligentes monitorados ou controlados via internet para monitorar as atividades dos clientes ou oferecer-lhes uma experiência de compra personalizada.

² Sensores monitorados ou controlados via internet para monitorar as necessidades de manutenção de máquinas ou veículos.

³ Sensores monitorados ou controlados via internet para rastreamento de produtos ou veículos na gestão de depósito.

⁴ Sensores ou etiquetas de identificação por radiofrequência monitorados ou controlados via internet, usados para monitorar ou automatizar processos.

⁵ Sistemas de alarme, detectores de fumaça, travas de portas e câmeras de segurança inteligentes.

⁶ Medidores, termostatos ou lâmpadas inteligentes.

3.2 Casos de sucesso

O *country of origin effect*, ou efeito do país de origem, é um conceito que pode ser definido como a influência que a origem do país que manufatura, monta ou desenha um bem tem na

percepção positiva ou negativa daquele produto. Embora seja conhecido como um país exportador de *commodities* agrícolas e minerais, o Brasil também é produtor de bens de alta tecnologia, como os aviões da Embraer, e explora petróleo em condições extremamente adversas, o que requer tecnologias extraordinariamente sofisticadas.

Esta subseção tem o objetivo de ilustrar que há motivos para otimismo, mostrando que o país tem condições não só de implementar as tecnologias de IoT, mas também de desenvolvê-las em classe mundial. Os casos listados a seguir são exemplos de ganhos de produtividade para a economia.

3.2.1 Mineração

A Vale utiliza, desde 2016, caminhões autônomos de mineração na mina de Brucutu, em São Gonçalo do Rio Abaixo (Minas Gerais). Desde 2019, todos os treze caminhões em operação são autônomos. A Vale já implementou, no total, 27 caminhões fora da estrada, vinte perfuratrizes e 34 máquinas de pátio (Fiemg, 2022).

Os caminhões são controlados por sistemas informatizados, sistema de posicionamento global (*global positioning system* – GPS), radares e IA. Sensores mapeiam de forma contínua o relevo, objetos e pessoas, evitando atropelamentos e colisões. O maior ganho com a introdução da tecnologia é o incremento da segurança. Desde o início do projeto, não houve acidentes causados pelos caminhões autônomos (Fiemg, 2022).

Em Itabira (Minas Gerais), as perfuratrizes autônomas apresentaram redução de 7,3% de combustível (aproximadamente 1.200 litros/ano), na comparação com as tripuladas. A redução equivalente de carbono (2.966 tCO₂) necessitaria de uma área equivalente a 22 mil m² de florestas (Fiemg, 2022).

Em Brucutu, os pneus tiveram acréscimo de 25% na vida útil, mesmo percentual correspondente ao aumento da vida útil dos motores. Dado que a troca de cada motor custa R\$ 2,5 milhões (Fiemg, 2022), trata-se de um interessante exemplo de contribuição da IoT para a produtividade da firma e da economia.

3.2.2 Agricultura

O CPqD, com apoio da Finep e do BNDES, desenvolveu o projeto AgrotICs, que criou uma rede móvel privada e de banda larga, específica para áreas remotas, e participou do desenvolvimento de

uma rede móvel privada para o grupo São Martinho. A solução desenvolvida pelo CPqD é composta de uma estação rádio-base e de terminais veiculares adaptados aos requisitos operacionais das usinas de cana-de-açúcar.

A empresa possui um Centro de Operações Agrícolas, onde todos os dados do campo são controlados em tempo real. Por meio da utilização de IA, são otimizados os processos e o desempenho dos equipamentos, e potenciais pragas são detectadas (São Martinho, 2021, p. 26).

3.2.3 Monitoramento de cargas⁴⁴

Outro exemplo foi o desenvolvimento pelo Centro de Pesquisas Avançadas Wernher von Braun da *tag* de ultra-alta frequência utilizada por milhões de veículos nos pedágios brasileiros, bem como dos sensores para identificar, rastrear e autenticar bens produzidos no Brasil.⁴⁵

A solução do instituto foi a primeira do mundo a utilizar criptografia avançada, e a instituição participou de modo decisivo na redação da norma internacional sobre o assunto (ISO 29167-10).

Um modelo de negócios de mobilidade como serviço permite o comissionamento de equipamentos de rede já disponíveis e viabiliza o rastreamento de ativos e cargas em veículos em rodovias no Centro-Sul e no litoral do país, de modo já compatível com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD – Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018). Esse tipo de tecnologia representa um potencial de reduzir o elevado sobrepreço no valor dos produtos, em função do alto risco do roubo de carga no país, que representaram valores superiores a R\$ 1 bilhão em 2021, de acordo com levantamentos do setor.⁴⁶

3.2.4 Cidades inteligentes

O município de São José dos Campos foi o primeiro do Brasil a ser certificado como Cidade Inteligente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para atingir esse feito, o município investiu em recursos tecnológicos, inclusive tecnologia de IoT. Com a implantação do serviço Sigpark, que utiliza mais de 4 mil dispositivos, os motoristas recebem a informação de onde há maior concentração de vagas livres para estacionar nas ruas da cidade.⁴⁷

44. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Gkad6OGNaZc>>. Acesso em: 16 out. 2022.

45. Disponível em: <<https://www.thetechnologyheadlines.com/magazine/subscription/web/shared/Dariofhdf4695/>>.

46. Disponível em: <<https://www.portalntc.org.br/ntclogistica-divulga-pesquisa-do-roubo-de-cargas-2021/#:~:text=Confira%20aqui%20a,Compartilhe%20isso%3A>>. Acesso em: 17 out. 2022.

47. Disponível em: <<https://tiinside.com.br/29/04/2021/com-o-titulo-de-cidade-inteligente-sao-jose-dos-campos-investe-em-iot/>>. Acesso em: 26 out. 2022.

FIGURA 5**Serviço Sigpark em São José dos Campos**

Fonte: Foto por Claudio Vieira, da Prefeitura Municipal de São José dos Campos.

4 PROPOSTAS DE POLÍTICAS

4.1 Regulação

A comunicação maciça do tipo máquina (mMTC) (Hong, Ryu e Lee, 2021) – ou IoT massivo – pode ser viabilizada com as novas especificações de rádio de 5G. Ela será viabilizada com o uso de dispositivos com baterias de longa duração, podendo comportar a ordem de grandeza de milhões de dispositivos em 1 quilômetro quadrado.

Nesse contexto, há dois aspectos de extrema relevância a serem considerados. O primeiro é a falta de adequação regulatória à realidade da economia digital. O contexto de 16 de julho de 1997, quando foi promulgada a Lei nº 9.472 (Brasil, 1997), que criou a Anatel, é completamente diferente do atual. Os serviços de telecomunicações *stricto sensu* são cada vez menos relevantes,

ao passo que os serviços de internet e dados são de prima importância. Trata-se de fato reconhecido pela própria agência.⁴⁸ Um novo arcabouço regulatório e de definição de competências e responsabilidades deve ser analisado pelo mais alto escalão do governo federal, para submissão de proposta ao Congresso Nacional. Importante lembrar que a LGPD (Brasil, 2018b) versa exclusivamente sobre o tratamento de dados pessoais.

4.2 Formação e contratação de talentos⁴⁹

Segundo várias organizações setoriais, existe uma falta expressiva de profissionais qualificados de TICs no Brasil. Análise desenvolvida pelos autores, com base em dados da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), indica que o salário dos programadores teve valorização acima da inflação no período de 2010 a 2020, o que parece confirmar a demanda acima da oferta nesse mercado.

Várias empresas têm promovido cursos de formação. Algumas firmas têm se queixado que profissionais brasileiros têm sido contratados – virtual ou presencialmente – por empresas estrangeiras. Nesse quesito, deve-se avaliar a facilitação da contratação de profissionais latino-americanos, que sejam capazes de compreender o idioma português, e em países onde o câmbio seja favorável para esta contratação. Devem-se também desenvolver programas para aumentar a formação e a contratação de profissionais do sexo feminino, que são minoria no setor.

Em prazo mais longo, existem programas bem estruturados de identificação de talentos de raciocínio lógico-quantitativo em tenras idades no Brasil: as Olimpíadas do Conhecimento, em particular a Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (Obmep),⁵⁰ a Olimpíada Brasileira de Informática (OBI)⁵¹ e a recém-lançada Olimpíada Brasileira de Chip (Obchip).⁵² A Obmep promove o Programa de Iniciação Científica Jr. (PIC), oferecido a todos vencedores de medalhas no certame. Uma bolsa de R\$ 100 e aulas são oferecidas aos bolsistas. Programa semelhante voltado para as TICs poderia ser oferecido aos medalhistas da Obmep e da Olimpíada Brasileira de Informática, desenvolvendo competências para futuros profissionais que utilizarão tais conhecimentos em suas trajetórias profissionais, no próprio setor de TICs ou em outros setores.

48. Disponível em: <<https://www.convergenciadigital.com.br/Telecom/Anatel-articula-propostas-ao-proximo-governo-sobre-regulacao-da-internet-61432.html>>. Acesso em: 17 out. 2022.

49. O Ipea está desenvolvendo uma pesquisa sobre trajetórias ocupacionais de profissionais de TI.

50. Disponível em: <<http://www.obmep.org.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

51. Disponível em: <<https://olimpiada.ic.unicamp.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

52. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JiAWF8npWM4>>. Acesso em: 26 jan. 2023.

Deve-se incentivar também na educação básica – especialmente com a oportunidade dada pelos itinerários formativos da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do ensino médio⁵³ – o ensino baseado em metodologias ativas e o desenvolvimento de espaços *maker* (aprendizado “mão na massa”).⁵⁴

4.3 Fomento à demanda

Conforme apresentado na seção 2, existe um robusto sistema setorial de inovação no Brasil, com a oferta de um grande leque de programas de apoio à produção tecnológica. Entretanto, como já é de pleno conhecimento no que diz respeito à inovação de produtos ou processos para o mercado no Brasil, os indicadores não são favoráveis, especialmente com relação às empresas médias e pequenas (ABDI, 2019).

A mesma seção também apresentou a Jornada de Transformação Digital, desenvolvida pelo Sistema S de São Paulo, uma proposta muito abrangente e bem desenhada de apoio à adoção das TICs pelas empresas. O surgimento de casos de sucesso a partir de iniciativas como esta pode ter um efeito demonstração para que outras empresas busquem melhorar suas atividades. Trata-se de programa que merece ser replicado e expandido pelo país.

A expansão da adoção vai depender em grande medida da atuação das organizações setoriais do próprio setor privado, mas o governo federal pode criar um portal de divulgação de boas iniciativas. Um excelente exemplo a ser considerado é o do Internet of Food and Farm 2020, da União Europeia.⁵⁵ O portal apresenta diferentes casos de aplicação de IoT no campo, como o monitoramento analítico da criação de suínos e aves, a rastreabilidade de alimentos e a otimização da tomada de decisão na cadeia de suprimentos de bovinos, viabilizando também o contato com as equipes desenvolvedoras da solução.

Importante notar dois pontos neste quesito. O primeiro ponto é que existe uma dificuldade técnica, em função de vários aspectos que devem ser considerados na implantação de projetos de IoT: o *hardware* (dispositivos), a conectividade, a interoperabilidade, a rede, a segurança da informação, muitas vezes com a necessidade de atuação das chamadas integradoras. Por isso, deve-se ampliar a ênfase na inovação de processos, quando historicamente as políticas privilegiaram a inovação de produtos. O segundo ponto a ressaltar é que metodologias como a proposta, por

53. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

54. Há um interessante programa para o desenvolvimento de espaços *maker* paulistas, disponível em: <<https://makerspaceiot.febrace.org.br/>>. Acesso em: 16 dez. 2022.

55. Disponível em: <<https://www.iot-catalogue.com/>>. Acesso em: 26 out. 2022.

exemplo, pela Jornada de Transformação Digital pressupõem uma evolução em etapas. Primeiro, é necessário efetuar o trabalho de base, de análise da estratégia e dos produtos, para depois se disseminarem os projetos tecnológicos. É importante que os fornecedores de soluções desenvolvam diferentes modelos de negócio, propiciando a opção entre maior gasto de capital ou de custeio, de modo a atender as necessidades dos clientes.

4.4 Conectividade no campo

A falta de conectividade no campo obviamente é um obstáculo à expansão das tecnologias de IoT no agronegócio brasileiro. Mesmo no estado de São Paulo, o mais rico do país, esta é uma realidade que deve ser tratada com atenção. Uma alternativa promissora capaz de acelerar a mudança desse cenário refere-se à utilização de recursos do Fust para ampliação da cobertura no campo (Cruz, 2022). Conforme o Decreto nº 11.004, de 21 de março de 2022 (Brasil, 2022a), que regulamentou a Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000 (Brasil, 2000), a qual instituiu o Fust, um dos objetivos para os quais passam a destinar-se os recursos do fundo contempla a inovação tecnológica de serviços de telecomunicações no meio rural. Tal iniciativa tem apoio político (Haje, 2022) e do meio empresarial – por exemplo, da Associação ConectarAgro (Julião, 2022) –, além de estar sendo discutida e fomentada por fóruns e GTs da Câmara Agro 4.0. Ainda, é importante que os recursos do Fust não sejam contingenciados.

Está aguardando regulamentação a Lei nº 14.475, de 13 de dezembro de 2022 (Brasil, 2022b), que cria a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão (Feiten, 2023). O texto prevê uma série de medidas que pode beneficiar a introdução das tecnologias de IoT no campo, tais como: a criação de redes de pesquisa direcionadas ao acesso dos pequenos e médios proprietários à agricultura e à pecuária de precisão; a criação de instrumentos de financiamento; e o estímulo a investimentos que permitam a cobertura de internet nas áreas rurais do país (Brasil, 2019b).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os desafios que cercam a popularização da IoT no Brasil, o principal é que a adoção não se limite a casos de sucesso, verificados especialmente entre as grandes firmas, mas que ganhe escala e seja uma realidade também nas pequenas e médias empresas. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho envolveu caracterizar a IoT no Brasil por meio de diferentes análises, fazer o levantamento de casos de sucesso, além de comparar o país com o contexto internacional, para então propor políticas públicas.

Com relação à caracterização do cenário nacional de IoT, partiu-se inicialmente de uma análise bibliométrica que contempla 179 documentos publicados entre os anos de 2013 e 2022, com o intuito de fornecer resultados indicativos das principais tendências desse campo. Em seguida, examinou-se o Plano Nacional de IoT, instituído pelo Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019, e a sua relação com a E-Digital. Ainda, realizou-se uma revisão de literatura com ênfase na aplicação de IoT no agronegócio – a qual realça o potencial da utilização das tecnologias no campo e detalha os principais desafios para a efetiva implementação – bem como o levantamento das principais políticas de fomento aplicáveis à IoT no Brasil, tanto do lado da demanda quanto da oferta.

A comparação internacional, tendo a Europa como contraparte, avaliou tanto a porcentagem de empresas que utilizam alguma tecnologia de IoT quanto quais são as principais tecnologias adotadas. Por seu turno, os casos de sucesso nacionais englobam setores como os de mineração – caminhões autônomos da Vale; agricultura – Centro de Operações Agrícolas na Usina São Martinho; monitoramento de cargas – *tag* de ultra-alta frequência utilizada por veículos; e cidades inteligentes – serviço Sigpark em São José dos Campos. Por fim, foram discutidas propostas de políticas públicas no âmbito de quatro tópicos principais: i) regulação; ii) formação e contratação de talentos; iii) fomento à demanda; e iv) conectividade no campo.

Em suma, o Brasil está bem servido do lado da oferta, mas precisa ser capaz de multiplicar os casos de sucesso, bem como de fomentar a adoção da IoT pelas pequenas e médias empresas e pelos empreendimentos agrícolas.

REFERÊNCIAS

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, nov. 2017.

ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Sondagem de inovação:** estudos e pesquisas para subsidiar a elaboração de políticas e projetos relacionados ao desenvolvimento produtivo e à inovação industrial no Brasil, assim como para o desenvolvimento de ações de fomento ao desenvolvimento tecnológico e regional. Brasília:ABDI; FGV Projetos, 2019. Disponível em: <https://api.abdi.com.br/file-manager/upload/files/Sondagem_Inovacao_3_Trim_2019.pdf>.

BARBOSA, R. A. P.; MARTINS, A. V. S. Agribusiness and the Internet of Things: challenges and opportunities. **Technology Sciences**, v. 3, n. 1, p. 12-19, 2021.

BERTOLLO, M.; CASTILLO, R. A.; BUSCA, M. D. Internet das coisas (IoT) e novas dinâmicas da produção agrícola no campo brasileiro. **Confins**: Revista Franco-Brasileira de Geografia, n. 56, 2022.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Produto 3**: análise de oferta e demanda. Rio de Janeiro: BNDES, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinternetdascoisas/fase1_3f_analise-de-horizontais.pdf>. Acesso em: 3 out. 2022.

_____. **Produto 9a**: relatório final do estudo. Rio de Janeiro: BNDES, 2018a. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinternetdascoisas/fase3_9a_relatorio-final-do-estudo.pdf>. Acesso em: 4 out. 2022.

_____. **Desenho do modelo de governança para o Plano Nacional de IoT**. Rio de Janeiro: BNDES, 2018b. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosinternetdascoisas/fase4_10_desenho-do-modelo-de-governanca-para-o-pniot.pdf>. Acesso em: 4 out. 2022.

BONILLA, C. A.; MERIGÓ, J. M.; TORRES-ABAD, C. Economics in Latin America: a bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 105, n. 2, p. 1239-1252, 2015.

BRASIL. Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991. Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 out. 1991. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8248.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 1997. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9472.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000. Institui o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 ago. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9998.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Decreto nº 9.319, de 21 de março de 2018. Institui o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabelece a estrutura de governança para a implantação da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 mar. 2018a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9319.htm>. Acesso em: 1 dez. 2022.

_____. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 ago. 2018b. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas e dispõe sobre a Câmara de Gestão e Acompanhamento do Desenvolvimento de Sistemas de Comunicação Máquina a Máquina e Internet das Coisas. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jun. 2019a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9854.htm>. Acesso em: 4 out. 2022.

_____. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 149, de 2019**. Institui a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão para ampliação da eficiência na aplicação de recursos e insumos de produção, de forma a diminuir o desperdício, reduzir os custos de produção, aumentar a produtividade e a lucratividade, bem como garantir a sustentabilidade ambiental, social e econômica. Brasília: Senado Federal, 2019b. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140314>>.

_____. Lei nº 13.969, de 26 de dezembro de 2019. Dispõe sobre a política industrial para o setor de tecnologias da informação e comunicação e para o setor de semicondutores e altera a Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007, a Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991, a Lei nº 10.637, de 30 de dezembro de 2002, e a Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 dez. 2019c. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13969.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Decreto nº 10.356, de 20 de maio de 2020. Dispõe sobre a política industrial para o setor de tecnologias da informação e comunicação. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 maio 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10356.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Cenários e perspectivas da conectividade para o agro**. Brasília: Mapa, 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/conectividade-rural/livro/view>>. Acesso em: 26 out. 2022.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Câmara da Indústria 4.0: Plano de Ação 2019-2022**. Brasília: MCTI, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivo-camara-industria/ci-plano-de-acao_2019-2022_2022-06-08.pdf>. Acesso em: 5 out. 2022.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano de Ação da Câmara do Agro 4.0: 2021-2024**. Brasília: MCTI; Mapa, 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivoscamaraagro/ca_plano-de-acao-2021-2024_26-04-2021.pdf>. Acesso em: 5 out. 2022.

_____. Decreto nº 11.004, de 21 de março de 2022. Regulamenta a Lei nº 9.998, de 17 de agosto de 2000, que institui o Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 mar. 2022a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11004.htm>. Acesso em: 25 out. 2022.

_____. Lei nº 14.475, de 13 de dezembro de 2022. Institui a Política Nacional de Incentivo à Agricultura e Pecuária de Precisão para ampliação da eficiência na aplicação de recursos e insumos de produção, de forma a diminuir o desperdício, reduzir os custos de produção e aumentar a produtividade e a lucratividade, bem como garantir a sustentabilidade ambiental, social e econômica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 dez. 2022b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14475.htm>. Acesso em: 25 jan. 2023.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital): ciclo 2022- 2026**. Brasília: CGEE; MCTI, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/arquivosestrategiadigital/e-digital_ciclo_2022-2026.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2022.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Comunidades Rurais Conectadas**. Brasília: Mapa, 2022d. (Seção de página eletrônica). Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/agrohub-brasil/produtores-rurais/internet-no-campo-1/internet-no-campo>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

CASTILLO, R.; BERTOLLO, M. Mobilidade geográfica como direito social: uma discussão sobre o acesso à internet no campo brasileiro. **Revista da Anpege**, v. 18, n. 36, 2022.

CETIC.BR – CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO. **TIC Empresas 2021** – pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas empresas brasileiras. São Paulo: Cetic.br, 2021. Disponível em: <<https://cetic.br/pt/tics/pesquisa/2021/empresas/>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

COSTA, C. L.; OLIVEIRA, L.; MÓTA, L. M. S. **Internet das coisas (IOT): um estudo exploratório em agronegócios**. In: SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO, 6., 2018, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Anais...** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, 2018. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/cienagro/wp-content/uploads/2018/10/Internet-das-coisas-IOT-um-estudo-explorat%C3%B3rio-em-agroneg%C3%B3cios.docx-Cain%C3%A3-Lima-Costa.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2022.

CRUZ, C. Ministério da Agricultura pretende atrair conectividade por meio de benefício fiscal. **Tele.síntese**, 20 set. 2022. Disponível em: <<https://www.telesintese.com.br/ministerio-da-agricultura-pretende-atrair-conectividade-por-meio-de-beneficio-fiscal/>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

EUROSTAT – EUROPEAN STATISTICAL OFFICE. **Community survey on ICT usage and e-commerce in Enterprises**. Bruxelas: Eurostat, 2022. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_e_esms.htm>. Acesso em: 30 mar. 2023.

FEITEN, P. Lei amplia acesso à agricultura de precisão para pequenas e médias propriedades rurais do Brasil. **Correio do povo**, 21 jan. 2023. Disponível em: <<https://www.correiodopovo.com.br/especial/lei-amplia-acesso-%C3%A0-agricultura-de-precis%C3%A3o-para-pequenas-em%C3%A9dias-propriedades-rurais-do-brasil-1.975281>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

FERNANDES, A. do N. M.; BARROS, M. A. da C.; HAMATSU, N. K. Trend of Technologies 4.0 in Brazil: what does the demand about the Public Selection MCTI/FINEP/FNDCT Grant to Innovation 04/2020 tell us? **Revista Ciência Agrônômica**, v. 51, n. 5, 2020.

FIEMG – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Uso de caminhões autônomos na mineração aumenta segurança e reduz emissões de carbono. **Valor Econômico**, 30 ago. 2022. (Conteúdo de marca). Disponível em: <<https://valor.globo.com/conteudo-de-marca/fiemg/noticia/2022/08/30/uso-de-caminhoes-autonomos-na-mineracao-aumenta-seguranca-e-reduz-emissoes-de-carbono.ghtml>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

HAJE, L. Deputado quer garantir aplicação de recursos do Fust para conectar meio rural. **Agência Câmara de Notícias**, 12 jul. 2022. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/896973-deputado-quer-garantir-aplicacao-de-recursos-do-fust-para-conectar-meio-rural>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

HONG, E. K.; RYU, J. M.; LEE, E. J. H. **Entering the 5G Era**: lessons from Korea. Washington, DC: World Bank, jun. 2021. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35780>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

KUBOTA, L. C. *et al.* Infraestrutura e produtividade no Brasil: análise e recomendação de políticas. *In*: SILVA FILHO, E. B.; OLIVEIRA, J. M. de; ARAÚJO, B. C. P. O. de (Org.). **Eficiência produtiva**: análise e proposições para aumentar a produtividade no Brasil. Brasília: Ipea, 2022. p. 115-154. Publicação preliminar. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11617>>.

KUBOTA, L. C.; LINS, L. M. Novas tecnologias e inovação em empresas. **Panorama Setorial da Internet**, v. 3, p. 1-10, set. 2022.

KUBOTA, L. C.; ROSA, M. B. Internet das coisas no Brasil: breve descrição de políticas e casos de sucesso. **Radar**: tecnologia, produção e comércio exterior, Brasília, n. 71, p. 17-23, dez. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11628>>.

KULEVICZ, R. A. *et al.* Influence of sustainability reports on social and environmental issues: bibliometric analysis and the word cloud approach. **Environmental Reviews**, v. 28, n. 4, p. 380-386, dez. 2020.

JULIÃO, H. ConectarAgro quer toda área agrícola do Brasil coberta em seis anos. **Teletime**, 6 maio 2022. Disponível em: <<https://teletime.com.br/06/05/2022/conectaragro-quer-toda-area-agricola-do-brasil-coberta-em-seis-anos/>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

LACERDA, F. **Análise ex ante do Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT): Ambiente Cidades Inteligentes**. Brasília: Instituto Serzedello Corrêa, dez. 2020. (Texto para Discussão, n. 0003). Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A81881E76619C76017671D15FA3442E>>. Acesso em: 7 out. 2022.

MADAKAM, S.; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, S. Internet of Things (IoT): a literature review. **Journal of Computer and Communications**, v. 3, n. 5, p. 164-173, 2015.

MARI, A. Brazilian government launches first IoT research center. **Zdnet**, 14 jul. 2021. Disponível em: <<https://www.zdnet.com/article/brazilian-government-launches-first-iot-research-center/>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

MILANEZ, A. Y. *et al.* Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil. **BNDES Setorial**, v. 26, n. 52, p. 7-43, 2020. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20180/1/PR_Conectividade%20rural_BD.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2022

NERY, C. Nova PNAD TIC vai investigar *streaming*, 5G, internet das coisas, aplicativos e teletrabalho. **Agência IBGE Notícias**, 20 set. 2022. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/34974-nova-pnad-tic-vai-investigar-streaming-5g-internet-das-coisas-aplicativos-e-teletrabalho>>. Acesso em: 29 mar. 2023.

NOGUEIRA, A. C. L. Internet das Coisas no agronegócio: fundamentos e políticas. **Boletim Informações Fipe**, n. 475, p. 39-44, abr. 2020.

PHASINAM, K. *et al.* Application of IoT and cloud computing in automation of agriculture irrigation. **Journal of Food Quality**, v. 2022, p. 1-8, jan. 2022.

PINTO, N. D. F.; FREITAS, V. P. de. Histórico e importância da agricultura familiar no Brasil: contexto legal e a aplicabilidade da Internet das Coisas. **Revista Jurídica Cesumar** – Mestrado, v. 21, n. 3, p. 687-703, dez. 2021.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena: Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

SÃO MARTINHO. **Relatório anual e de sustentabilidade**: safra 2019/2020. Pradópolis: São Martinho, 2021. Disponível em: <<https://acionista.com.br/wp-content/uploads/2021/01/Relat%C3%B3rio-de-Sustentabilidade-S%C3%A3o-Martinho-Safra-2019.2020-vFINAL.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2020.

SEIXAS, M. A.; CONTINI, E. **Internet das coisas (IoT)**: inovação para o agronegócio. Brasília: Embrapa, nov. 2017. (Diálogos Estratégicos). Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1094005/1/Internetdascoisas1.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2022

SOARES, C. O. *et al.* **Perspectivas para o agronegócio brasileiro**: inovação e tecnologias digitais amplificando a voz do campo. Rio de Janeiro: PUC RIO, jul. 2021. Disponível em: <https://campoconectado.les.inf.puc-rio.br/wp-content/uploads/2022/03/l.6_Perspectivas-para-o-Agro-no-Brasil-1.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, jul. 2015.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Revisão

Bruna Neves de Souza da Cruz

Bruna Oliveira Ranquine da Rocha

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Laize Santos de Oliveira

Luciana Bastos Dias

Rebeca Raimundo Cardoso dos Santos

Vivian Barros Volotão Santos

Débora Mello Lopes (estagiária)

Maria Eduarda Mendes Laguardia (estagiária)

Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Mayana Mendes de Mattos

Mayara Barros da Mota

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO
PLANEJAMENTO
E ORÇAMENTO

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO