



Parcerias Estratégicas

Volume 26 - Número 51 - Junho 2021

Políticas públicas e formação de recursos humanos para o mundo 4.0 e a Indústria 4.0

- Indústria 4.0 - uma revisão das políticas governamentais de 2015 a 2020
- Habilidades e competências para um mundo 4.0

Inclusão na educação superior

- Políticas de educação superior no início do século 21: “os anos dourados” da inclusão social

Segurança cibernética

- Constituição de uma base de competência técnica em defesa e segurança cibernética no âmbito acadêmico

Cenários e perspectivas para a energia renovável no Brasil

- *Review of the current scenario of energy storage in Brazil*
- Energia eólica no Ceará: seus parques e sua contribuição para a matriz energética do Estado
- Inovação no setor de eletricidade do Brasil: avaliação da evolução dos indicadores aplicados à energia eólica

Panorama sobre a Ciência brasileira

- Mapeamento da Ciência e a produção científica brasileira: uma metodologia do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação
- A aplicação de *timelines* e diagramas estratégicos no panorama da produção científica brasileira na *Web of Science*

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgge.org.br>.

Boa leitura!

Parcerias Estratégicas

v. 26, n. 51, junho de 2021, Brasília-DF

ISSN 1413-9375

Parc. Estrat. | Brasília - DF | v. 26 | n. 51 | p. 196 | jan-jun • 2021

Parcerias Estratégicas – v.26 – n.51 – junho de 2021

A revista Parcerias Estratégicas é publicada semestralmente pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e tem por linha editorial divulgar e debater temas nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Distribuição gratuita. Disponível eletronicamente em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas>.

Edição

Maisa Cardoso

Conselho editorial

Adriano Batista Dias (UFPE)
Eduardo Baumgratz Viotti (Consultor legislativo do Senado Federal para assuntos de política de CT&I)
Gilda Massari (S&G Gestão Tecnológica e Ambiental/RJ)
Ricardo Bielschowsky (UFRJ)
Ronaldo Mota Sardenberg (Consultor)

Projeto gráfico

Núcleo de Design Gráfico do CGEE

Capa

Jullia Roberth Benfica Montalvão

Diagramação e infográficos

Diogo Moraes

Endereço para correspondência

SCS Q. 9, Lote C, Torre C, salas 401 a 405, Ed. Parque Cidade Corporate, Brasília DF, CEP 70308-200, telefone: (61) 3424-9600, E-mail: editoria@cgee.org.br

Indexada em: Latindex; EBSCO publishing; bibliotecas internacionais das instituições: Michigan University, Maryland University; Université du Québec; Swinburne University of Technology; Delaware State University; National Defense University; San Jose State University; University of Wisconsin-Whitewater; Qualis/Capes.

Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – Vol. 1, n.1 (maio 1996) • Brasília: CGEE, 2002–

Semestral

De 1996 a 2001 editada pelo Centro de Estudos Estratégicos (CEE/MCT).

ISSN1413-9375

1. Ciência e Tecnologia – Periódicos 2. Inovação tecnológica – Brasil I. CGEE.

CDU 323.6(81)(05)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo aos processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de Estudos, análises e avaliações; Articulação; Apoio técnico à gestão estratégica do Sistema Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (SNCTI); Disseminação de Informação de CT&I; e Desenvolvimento Institucional.

Diretor-presidente

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior
Regina Maria Silverio

Comunicação Integrada do CGEE

Coordenador

Jean Marcel da Silva Campos

Assessora de imprensa

Bianca Torreão

Estagiárias/Jornalismo

Carla Francisca Silva de Moura
Giulia Caldas Soares

Publicidade, Propaganda e Design

Eduardo José Lima de Oliveira

Estagiários/Design

Cleyton Santos Ferreira
Jullia Roberth Benfica Montalvão

Relações Públicas e Eventos

Elaine Mara Michon Nehme
Luciane Penna Firme Horna
Susan Soares Luz

Estagiário/Eventos

Vitor Freitas Rosa Ximenes

Edição

Maisa Cardoso

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas é parte integrante das atividades desenvolvidas pelo CGEE no âmbito do 2º Contrato de Gestão firmado com o MCTI.

Parcerias Estratégicas não se responsabiliza por ideias emitidas em artigos assinados. São permitidos a reprodução e o armazenamento dos textos, desde que citada a fonte.

Tiragem: 550 unidades. Impresso em 2021. Gráfica e Editora Qualytá Ltda.

Conselho de Administração CGEE – junho 2021

Membros natos representantes de entidades da sociedade civil

Glaucius Oliva (ABC) - Titular - *Presidente do Conselho*
Renato Janine Ribeiro (SBPC) - Titular
Fernanda Antonia da Fonseca Sobral (SBPC) - Suplente
Rafael Esmeraldo Lucchesi (CNI) - Titular
Gianna Sagazio (CNI) - Suplente
Alysson Paolinelli (CNA) - Titular

Membros natos representantes do poder público

Paulo César Rezende de Carvalho Alvim (MCTI) - Titular
Alexandre Augusto Villain da Silva (MCTI) - Suplente
Marcelo Gomes Meirelles (MCTI) - Titular
Carlos Alberto Fernandes (MCTI) - Suplente
Waldemar Barroso Magno Neto (Finep) - Titular
Alberto Pinheiro Dantas (Finep) - Suplente
Evaldo Ferreira Vilela (CNPq) - Titular
Fábio Eduardo Madioli (CNPq) - Suplente
Cláudia Mansani Queda de Toledo (MEC) - Titular
Eduardo Gomes Salgado (MEC) - Suplente

Membros eleitos

Guilherme Ary Plonski (Representante dos associados) - Titular
Carlos Alberto Schneider (Representante dos associados) - Suplente
Odir Antonio Dellagostin (Confap) - Titular
Luis da Cunha Lamb (Consecti) - Suplente
Jardel Pauber Matos e Silva (Anprotec) - Titular

Carlos Henrique de Carvalho (Fóprop) - Suplente
Rafael Correa Fabra Navarro (Anpei) – Titular
Jorge Augusto Callado Afonso (Abipti) - Suplente
Hulda Oliveira Giesbrecht (Sebrae) - Titular
Nelson de Chueri Karam (Dieese) - Suplente

Sumário

07 Aos leitores

Seção 1

Políticas públicas e formação de recursos humanos para o mundo 4.0 e a Indústria 4.0

11 Indústria 4.0 - uma revisão das políticas governamentais de 2015 a 2020
Sérgio Roberto Knorr Velho, Jorge Mario Campagnolo

29 Habilidades e competências para um mundo 4.0
Ana Luíza Matos de Oliveira, Mayra Juruá, Thiago Silveira Gasser

Seção 2

Inclusão na educação superior

53 Políticas de educação superior no início do século 21: "os anos dourados" da inclusão social
Ana Luíza Matos de Oliveira

Seção 3

Segurança cibernética

79 Constituição de uma base de competência técnica em defesa e segurança cibernética no âmbito acadêmico
Diogo Bezerra Borges, Sônia Marise Salles Carvalho, Helton Alanderson Viana, Paula Meyer Soares

Seção 4

Cenários e perspectivas para a energia renovável no Brasil

101 Review of the current scenario of energy storage in Brazil

Emilly Caroline Costa Silva, George Harrison Gonçalves Fagundes, Kamila Aben Athar, Luísa Schiavon de Araújo, Melissa Fernanda Ribeiro Vale. Coautores: Guilherme William Caixeta Leite, Itiane Thayná Batista Almeida

117 Energia eólica no Ceará: seus parques e sua contribuição para a matriz energética do Estado

Paula Meyer Soares, Danylo Carvalho Mucury, Marcus Vinícius de Holanda Bonifácio

135 Inovação no setor de eletricidade do Brasil: avaliação da evolução dos indicadores aplicados à energia eólica

Alexsandra Maria de Almeida Soares, Julia Norat Cavalcanti, Paula Meyer Soares

Seção 5

Panorama sobre a Ciência brasileira

159 Mapeamento da Ciência e a produção científica brasileira: uma metodologia do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação

Adriana Badaró de Carvalho, Cesar Augusto Costa, Marcelo Augusto de Paiva dos Santos, Ivone Alves de Oliveira Lopes, Antônio da Silveira Brasil Junior, Lucas Correia Carvalho, Matheus Figueiredo Pimenta, João Vitor Rodrigues Martins

177 A aplicação de *timelines* e diagramas estratégicos no panorama da produção científica brasileira na Web of Science

Marcelo Augusto de Paiva dos Santos, Matheus Figueiredo Pimenta, Antônio da Silveira Brasil Junior, Lucas Correia Carvalho, Adriana Badaró de Carvalho

Aos leitores

No ano em que o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) celebra seus 20 anos de atuação, a revista *Parcerias Estratégicas* brinda os leitores com mais um de seus números multitemáticos. Este periódico, entre tantas publicações desta instituição, traz em si muito da história de colaboração do Centro com o aprimoramento das políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e Educação do País.

De 1996 a 2001, a revista foi editada pelo então Centro de Estudos Estratégicos (CEE) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT)¹. A partir da criação do CGEE - em 20 de setembro de 2001, durante a 2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação -, a nova instituição assumiu a responsabilidade de produzir a *Parcerias Estratégicas*.

Assim, nas últimas duas décadas, o CGEE conduziu a revista de modo a mantê-la, também, como uma vitrine para estudos, experiências e ações, divulgados em formato de artigos e realizados no âmbito das instituições do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI). Do mesmo modo, o periódico tem levado ao conhecimento público metodologias inovadoras e o resultado de diversas atividades e dos inúmeros estudos coordenados pelo Centro.

Igualmente com foco em temáticas relevantes para os setores da CT&I e da Educação, a presente edição oferece aos leitores, em seu primeiro bloco, dois artigos que tratam de *Políticas públicas e formação de recursos humanos para o mundo 4.0 e a Indústria 4.0*. Por sua vez, a segunda seção da revista destaca a série de políticas públicas que ampliou a *Inclusão na educação superior* no início do século 21.

A constituição de uma base de competência técnica em defesa e *Segurança Cibernética* no âmbito acadêmico é o tema que permeia a terceira seção da revista. Na sequência, o quarto bloco desta edição reúne três artigos que abordam *Cenários e perspectivas para a energia renovável no Brasil*.

A quinta seção expõe dois artigos que traçam um *Panorama sobre a Ciência* brasileira, por meio de metodologias e ferramentas utilizadas pelo Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do CGEE.

Boa leitura!

1 O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) foi criado em 15 de março de 1985, por meio do Decreto 91.146. Em 14 de dezembro de 2011, a Lei n.º 12.545, alterou o nome da pasta para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em maio de 2016, por meio da Lei n.º 13.341, o nome do MCTI foi alterado para Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). A Medida Provisória n.º 980, de 10 de junho de 2020, criou o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e o Ministério das Comunicações. Portanto, a partir dessa data, o então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) voltou a adotar a sigla MCTI.

SEÇÃO 1

POLÍTICAS PÚBLICAS E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PARA O MUNDO 4.0 E A INDÚSTRIA 4.0

Indústria 4.0 - uma revisão das políticas governamentais de 2015 a 2020

Habilidades e competências para um mundo 4.0

Indústria 4.0 - uma revisão das políticas governamentais de 2015 a 2020

Sérgio Roberto Knorr Velho¹, Jorge Mario Campagnolo²

Resumo

A indústria vem passando por um processo acelerado de digitalização dentro da era do conhecimento, em um processo reconhecido como a Quarta Revolução Industrial (SCHWAB, 2016). O governo brasileiro vem promovendo ações e políticas referentes ao tema da Indústria 4.0, com o objetivo de melhorar a competitividade industrial por meio da promoção de tecnologias, da capacitação de recursos humanos, da alocação de infraestrutura e do estabelecimento de regulações. Esse movimento de Tríplex Hélice, entre governo, academia e empresas, desenvolve-se desde 2015 e vem ganhando escala na atual Câmara da Indústria 4.0, que é o atual fórum de promoção das ações da Indústria 4.0. O presente trabalho busca expor informações recentes a respeito: das principais ações que ocorreram a partir dessas primeiras iniciativas do poder executivo em torno do tema da Indústria 4.0; e das políticas que, desde então, se estabeleceram.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Governo. Tríplex Hélice.

Abstract

*The industry has been undergoing an accelerated process of digitalization within the knowledge era, in a process recognized as the Fourth Industrial Revolution (SCHWAB, 2016). The Brazilian government has been promoting actions and policies regarding the topic of Industry 4.0, aiming to improve industrial competitiveness by promoting technologies, training human resources, allocating infrastructure, and establishing regulations. This Triple Helix movement, between government, academia, and companies, has been developing since 2015 and has been gaining scale in the current Industry 4.0 Chamber, which is the current forum for promoting Industry 4.0 actions. The present work seeks to expose recent information regarding: the main actions derived from the aforementioned initiatives of the executive power around the theme of Industry 4.0; and the policies that have since been established.***Keywords:** Industry 4.0. Government. Triple Helix.

Keywords: Industry 4.0. Government. Triple Helix.

1 Tecnologista em Ciência e Tecnologia do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

2 Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

1. Introdução

A Quarta Revolução Industrial, referência dos termos Indústria 4.0 (I4.0) ou *indústria inteligente*, é tratada como estratégica por diversos países e alvo de ações de médio e longo prazo (ARBIX *et al.*, 2018; TANTAWI *et al.*, 2019). O Brasil é um dos países que perdeu competitividade industrial e onde a produtividade é considerada um elemento central para o aumento desta (DRESCH *et al.*, 2019). O País apresenta políticas governamentais para a promoção de ações da I4.0 desde 2015, quando foi iniciado o movimento no governo federal visando à melhoria da competitividade industrial por meio da digitalização.

Em 2015, a Alemanha apresentava ações concretas em torno da Quarta Revolução Industrial e da Plataforma *Industrie 4.0*. Por sua vez, o *Industrial Internet Consortium*, (IIC) [Consórcio da Internet Industrial], com sede nos Estados Unidos (EUA) - fundado em março de 2014 por empresas de manufatura, Internet, TI e telecomunicações -, havia se tornado uma alternativa importante (GERBERT *et al.*, 2015). Entretanto, o Brasil ainda não percebia a importância do tema na digitalização da indústria e como isso afetaria toda a sua cadeia produtiva.

Assim, sob a coordenação da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Setec) do então Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)³, foi programada uma primeira reunião sobre o tema, tendo como convidado o professor da Fundação Dom Cabral (FDC), Carlos Arruda, para abordar os elementos fundamentais da plataforma I4.0.

Desse modo, em 19 de agosto de 2015, foi realizada, no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em Brasília, uma reunião com a participação de 44 dirigentes, especialistas e técnicos dos seguintes órgãos e instituições: MCTI, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), CNPq, Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Confederação Nacional da Indústria (CNI), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq), Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (Abit), Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (Abiec), Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi), Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras

3 O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) foi criado em 15 de março de 1985, por meio do Decreto 91.146. Em 14 de dezembro de 2011, a Lei n.º 12.545 alterou o nome da pasta para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em maio de 2016, por meio da Lei n.º 13.341, o nome do MCTI foi alterado para Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). A Medida Provisória n.º 980, de 10 de junho de 2020, criou o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e, novamente, o Ministério das Comunicações. Portanto, a partir dessa data, o então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) voltou a adotar a sigla MCTI.

(Anpei), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), KUKA Roboter do Brasil Ltda., Fundação Dom Cabral, Movimento Brasil Competitivo (MBC) e Rede Nacional de Pesquisa (RNP).

As discussões promovidas nesta reunião despertaram a reflexão sobre a necessidade de união de forças, orientada pela utilização da Tríplice Hélice (governo-empresas-academia), com vistas à construção de uma política de indução de um ecossistema da Indústria 4.0 no Brasil. O objetivo almejado por iniciativas similares é relatado por Reischauer (2018), quando o autor ilustra que um modo de inovação da Hélice Tripla, institucionalizado, pode ser considerado como o resultado pretendido pela Indústria 4.0.

As sugestões (*drivers*) da reunião foram:

- O governo deve ser o indutor do processo, criando um Ecossistema da Manufatura Avançada (Indústria 4.0);
- O governo deve buscar integrar os esforços para estimular o desenvolvimento da capacidade de inovar das empresas;
- Reuniões de discussão a respeito do tema devem ser promovidas, com a participação de empresários, onde cada parceiro deve definir seu papel;
- Esta iniciativa de criação de um Ecossistema pode ser ancorada em ações com grandes empresas sistemistas que desenvolvem, em cadeia, as micro e pequenas empresas; e
- A discussão deve tomar como base o futuro, sem deixar de lado ações não realizadas.

Com efeito, houve a formação de um primeiro Grupo de Trabalho (GT) com os seguintes órgãos e instituições: MCTI, MDIC, Finep, Senai, CNI, Sebrae, ABDI, BNDES, Abimaq, Abit, Anpei, Certi e CNPq, para elaborar uma proposta de trabalho. Por seu lado, percebendo a necessidade de coordenar a liderança do processo, o governo federal realizou, a partir de então, diversas reuniões, incluindo o convite a outros atores, como representantes do Ministério das Comunicações (MC), por meio da Câmara M2M (*Machine to Machine*), posteriormente denominada Câmara Internet das Coisas (IoT). Havia, então, uma preocupação com os padrões de comunicação entre máquinas, pois estes poderiam definir tecnologias vencedoras que seriam adotadas por todos os países.

É importante sinalizar que, entre 2015 e o final de 2018, o termo utilizado pelo GT, liderado pelo poder executivo federal, foi *manufatura avançada*, pois buscava-se uma diferenciação entre este conceito e o das políticas identificadas com a Alemanha da *Indústria 4.0*. Somente a partir de 2019, com o advento da Câmara da Indústria 4.0, retoma-se o termo *Indústria 4.0*.

Os elementos propostos por este GT surgiram a partir do final de 2015. São eles:

1. Compreensão a respeito das políticas de países líderes no tema, como EUA e Alemanha, que têm estratégias manifestas de transformação da sua estrutura manufatureira. Soma-se à análise desses países o estudo do caso China (*Made in China 2025*), tendo em vista o seu impacto na estrutura manufatureira mundial.

Esta iniciativa de compreender os movimentos dos países líderes foi fruto de publicações realizadas pelo Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap) da Universidade de São Paulo (USP). O conteúdo destas publicações busca orientar políticas contemporâneas de inovação, com vistas à estimular a adoção, adaptação, absorção e geração de novas tecnologias, de modo a elevar a produtividade da economia (ARBIX *et al.*, 2017).

2. As experiências de programas em manufatura avançada em países como EUA e Alemanha tiveram sua origem na necessidade de implantar um conjunto de políticas que devolvessem a estas nações a liderança industrial. A análise dessas experiências serviu como *benchmark* para a elaboração de uma estratégia brasileira e, do mesmo modo, para a identificação de oportunidades de cooperação internacional no tema. A importância da cooperação internacional é evidente quando se considera: a ausência de algumas competências tecnológicas e organizacionais críticas para o desenvolvimento da manufatura no País; e o fato de que, nessa temática, necessariamente, os produtos e serviços só fazem sentidos se pensados em escala global.
3. O plano de ação para a manufatura avançada (Indústria 4.0) no Brasil deveria partir dos desafios que pudessem gerar os estímulos e escala de adoção, de forma a permitir a implantação de um programa de manufatura avançada nos segmentos alcançados por esta iniciativa. Esse caminho teria o objetivo de identificar as soluções que seriam demandadas na área, inevitavelmente, no País e no mundo, no médio e longo prazo.

Em outras palavras, era preciso ancorar o programa em determinados desafios tecnológicos que fossem relevantes para a solução dos problemas estruturais brasileiros. Desse modo, viabilizar o desenvolvimento de uma cadeia industrial local, associada a esses desafios e com capacidade de oferecer novas tecnologias e soluções para a manufatura, teria o potencial de gerar, futuramente, transbordamentos tecnológicos para diversos

setores. Nesse sentido, a atuação do Estado não estaria em beneficiar determinados setores, mas em investir em áreas de fronteira – em nichos nos quais o Brasil tivesse maior potencial competitivo – visando ao benefício agregado da economia.

4. Além de identificar países parceiros, foi de fundamental importância um mapeamento da base de empresas, instituições de ciência e tecnologia (ICT) e demais organizações que pudessem contribuir para o avanço da manufatura brasileira. Esse levantamento foi crucial para o estabelecimento de um diálogo público-privado efetivo e focado nas competências do País.

Esse diálogo foi a centelha da identificação dos desafios e das oportunidades para a inserção da manufatura brasileira nesse novo patamar de organização industrial definida pela união de estratégias de negócios, de manufatura, de tecnologia e de *marketing*. Era necessário discutir aspectos regulatórios, infraestrutura (incluindo tanto energia e telecomunicações como padrões de transferência de dados e segurança), difusão tecnológica e competências (humanas e organizacionais), entre outros elementos.

5. A estratégia de manufatura avançada pôde se pautar por três etapas de análise. A primeira referiu-se ao foco da estratégia: o País atuaria isoladamente, tentando construir soluções tecnológicas de manufatura avançada, ou atuaria em parceria e de forma integrada com o que houvesse de melhor nos distintos países, visando a posicionar competitivamente as empresas brasileiras, não só no mercado doméstico, mas também mundial? Esta etapa é considerada importante, pois cada foco demanda ações diferentes e em setores distintos. Os ecossistemas de inovação permitem que as pequenas e médias empresas integrem recursos e criem soluções da Indústria 4.0 (BENITEZ *et al.*, 2020).

A segunda etapa, a de execução, dizia respeito ao modo de implantação da estratégia. Atuar de forma integrada com o mundo ou isoladamente implicaria ações e instrumentos de fomento diferentes. Deveríamos fomentar e apoiar as empresas brasileiras para que se tornassem fornecedoras mundiais de sistemas inteligentes embarcados em bens de capital de quarta geração? Deveríamos fomentar e apoiar empresas brasileiras fabricantes de bens de capital de grande porte para o fornecimento a setores prioritários demandantes de máquinas e equipamentos com tecnologias de quarta geração?

A terceira etapa dizia respeito ao modelo de intervenção pública. Uma abordagem seria a implantação de centros de demonstração e difusão de tecnologias e processos. Essa foi a estratégia empregada pelos EUA com seus centros de excelência de manufatura avançada, que pressupõem a formação de consórcios da sociedade civil e ainda competem entre si e dividem os riscos com o governo. Outra abordagem seria o apoio ao

desenvolvimento de projetos-piloto de manufatura avançada em empresas industriais. O Brasil poderia, ainda, incentivar uma estratégia de ações de fomento com três fases, sendo: a primeira de apoio ao desenvolvimento de sistemas inteligentes, incluindo projeto e produção de infraestrutura física da Internet das Coisas (IoT), principalmente sensores, atuadores e *software*; uma segunda fase envolvendo o embarque, nas máquinas existentes (*retrofit*), da infraestrutura desenvolvida na primeira fase; e uma terceira fase, com o pleno desenvolvimento das máquinas de nova geração, projetadas com sistemas inteligentes embarcados. Uma opção então ventilada à época seria a organização de novos instrumentos de fomento integrados – por meio do BNDES, da Finep e de outros mecanismos – visando ao estabelecimento de um ecossistema competitivo de manufatura avançada.

6. Seria importante ancorar o programa em determinados desafios tecnológicos que fossem relevantes para a solução de problemas estruturais brasileiros. O trabalho deste GT deveria ser iniciado com a identificação de problemas específicos e projetos estruturantes que iriam ancorar as políticas públicas para o desenvolvimento industrial da manufatura avançada no País.
7. Outras frentes transversais também foram estabelecidas como relevantes, a exemplo da preocupação com a formação de mão de obra.

Assim, este trabalho busca apresentar informações mais recentes a respeito: das principais ações que ocorreram a partir dessas primeiras iniciativas do poder executivo em torno do tema da Indústria 4.0; e das políticas que, desde então, se estabeleceram.

2. Perspectivas de especialistas

Em 2016, como uma ação de curto prazo acordada entre duas pastas, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), foi definida a realização de oito *workshops*, com o objetivo principal de aproximar opiniões de especialistas de diferentes setores da Tríplice Hélice (empresas, ICT e distintas esferas governamentais), de modo que fossem identificados elementos de suporte para o desenvolvimento de uma política nacional estruturada na temática. Assim, essas agendas contaram com a presença de cerca de 400 participantes, de diferentes estados brasileiros, sendo 211 especialistas e 180 expectadores. Os eventos tiveram uma predominância de representação do setor privado (59%), seguido dos ICT (28%) e de esferas do governo (13%) (BRASIL, 2016).

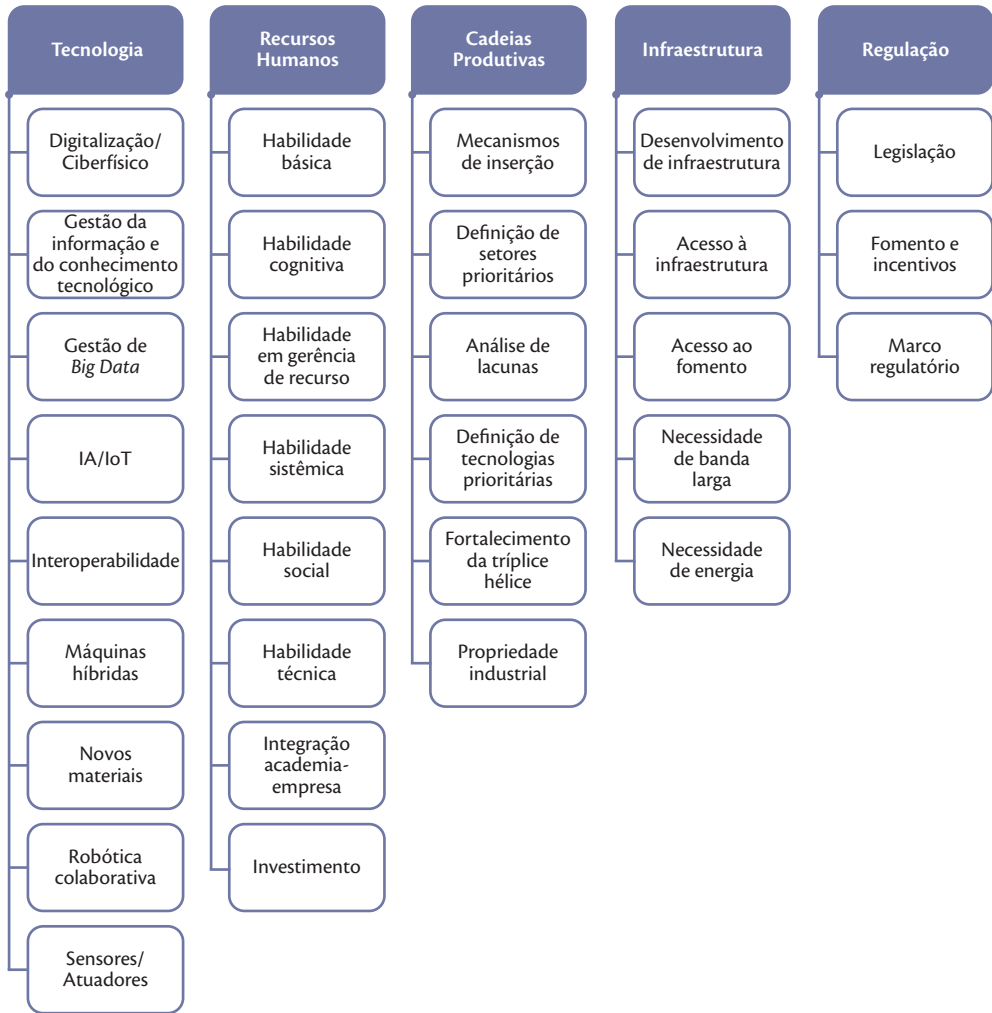


Figura 1. Categorização na perspectiva de especialistas em Manufatura Avançada

Fonte: BRASIL, 2016.

As opiniões expostas por esses especialistas foram categorizadas em cinco temas principais ou desafios: tecnologia, recursos humanos, cadeias produtivas, infraestrutura e regulação, conforme Figura 1. Essa categorização influenciou a formação da Câmara da Indústria 4.0 em 2019, com seus quatro Grupos de Trabalho: Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, que conecta-se com o tema Tecnologia; Capital Humano, que conecta-se com recursos humanos; Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores, que conecta-se com cadeias

produtivas; e, Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura, que reuniu dois temas – regulação e infraestrutura (BRASIL, 2019).

3. O surgimento dos planos de políticas para a I4.0

No final de 2017, o então MCTIC promoveu o lançamento do Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para a Manufatura Avançada no Brasil (ProFuturo), alicerçado na então Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016-2022 e no documento intitulado *Perspectivas de Especialistas Brasileiros sobre Manufatura Avançada no Brasil*. Este último documento reúne propostas e recomenda prioridades discutidas durante os *workshops* descritos no item 2 do presente artigo.

O ProFuturo foi elaborado com o objetivo de “propiciar condições de acesso e inserção das empresas brasileiras no ecossistema de manufatura avançada, com suporte da ciência, tecnologia e inovação para desenvolvimento de cadeias produtivas de setores econômicos estratégicos e promissores para o País, que atendam a demandas de alcance social” (BRASIL, 2017).

Apoiava-se este plano em ações da Tríplice Hélice de entidades governamentais, acadêmicas e empresariais, para o estabelecimento de iniciativas fundamentadas em cinco desafios: convergência e integração tecnológica em manufatura avançada para o aumento da competitividade; recursos humanos para o desenvolvimento da manufatura avançada; manufatura avançada para o fortalecimento das cadeias produtivas; promoção das infraestruturas como instrumento de suporte a iniciativas da manufatura avançada; e regulação como indutora da inovação e da mudança tecnológica.

Igualmente, uma proposta elaborada pelo BNDES em parceria com o MCTIC foi publicada em 2017, com o título *Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil*, tendo por objetivo propor um plano de ação estratégico para o País em Internet das Coisas [em Inglês, *Internet of Things (IoT)*]. (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES, 2017).

Relatórios anteriores deste mencionado estudo produzido pelo BNDES e o MCTIC propuseram a divisão, das oportunidades de negócios para IoT no Brasil e no mundo, por ambientes, ou seja, por cada um dos segmentos que compõem um aglomerado de setores correlatos e que tratam de desafios particulares a um determinado ecossistema. Assim, o referido estudo priorizou o direcionamento dos esforços para os seguintes ambientes: cidades, saúde, rural e indústria (tanto manufatura quanto indústria de base), conforme estabelecido na Figura 2 (BNDES, 2017).

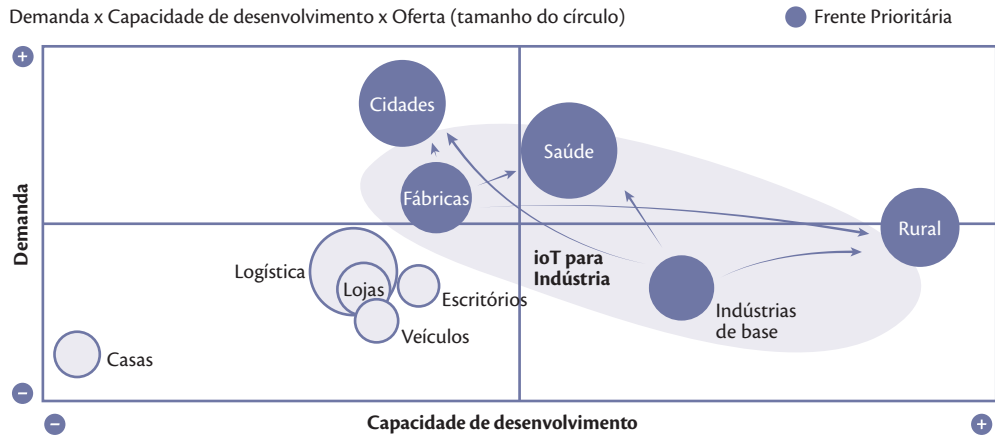


Figura 2. Matriz de priorização com 4 frentes prioritárias de IoT

Fonte: BNDES, 2017.

Houve iniciativas da indústria por meio do projeto *Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante inovações disruptivas*, liderado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), por meio do Instituto Eivaldo Lodi (IEL), no âmbito da Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI). Foram envolvidos na realização deste projeto o Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

O projeto *Indústria 2027*: identificou tendências e impactos de tecnologias disruptivas sobre diferentes sistemas produtivos no horizonte de cinco a dez anos; avaliou a capacidade empresarial de defletir riscos e aproveitar oportunidades; e desenvolveu recomendações para o planejamento estratégico das empresas e subsídios à formulação de políticas públicas. O campo de estudos foi composto por *clusters* tecnológicos e sistemas produtivos com focos setoriais. As tecnologias foram definidas em função de seu impacto disruptivo potencial e organizadas em oito *clusters* tecnológicos, por proximidade de bases técnicas. A indústria foi estratificada em dez sistemas produtivos e 14 focos setoriais específicos, selecionados em função da importância econômica dessas atividades na matriz industrial do País e do impacto potencial das inovações sobre cada um desses sistemas produtivos (IEL, 2018).

Os *clusters* tecnológicos são: inteligência artificial, *big data*, computação em nuvem; IoT e seus respectivos sistemas e equipamentos; produção inteligente e conectada (manufatura avançada);

redes de comunicação; nanotecnologias; bioprocessos e biotecnologias avançadas; materiais avançados e novas tecnologias de armazenamento de energia (AE).

Por sua vez, os sistemas produtivos e focos setoriais são: agroindústrias e alimentos processados; insumos básicos e siderurgia; química e bioeconomia; petróleo e gás e exploração e produção (E&P) em águas profundas; bens de capital (BK) e máquinas e implementos agrícolas, máquinas-ferramenta, motores elétricos, equipamentos de geração, transmissão e distribuição de energia; complexo automotivo e veículos leves; Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e sistemas e equipamentos de telecomunicações, microeletrônica e *software*; farmacêutica e biofármacos; bens de consumo e têxtil e vestuário (IEL, 2018).

Neste projeto da CNI (2018), foi realizada uma análise prospectiva do estágio de digitalização da indústria brasileira, por meio dos modelos de maturidade da Indústria 4.0 (AMBROSIO *et al.*, 2019), sendo distinguidas quatro gerações de digitalização (G1, G2, G3 e G4), começando por uma pontual (G1), até a empresa integrada, conectada e inteligente (G4). Representantes de aproximadamente 750 empresas informaram, em 2017, que 75% se encontravam nos estágios G1 e G2, sendo relatado, também, como ainda estavam nas fases iniciais de prontidão da I4.0, demonstrando que a indústria do País ainda deveria passar pela digitalização e pelo advento da terceira revolução industrial.

O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) iniciou em 2017 seu projeto *Senai 4.0*, com a finalidade de apoiar a indústria brasileira, de forma que se tornasse ágil e desenvolvesse soluções em tecnologia e em educação profissional nas competências requeridas pela I4.0 (SENAI, 2017).

Concomitantemente, em 2018, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) passou a executar a *Agenda brasileira para a Indústria 4.0* (ABDI, 2018), preconizando que as principais tecnologias facilitadoras da fusão dos mundos físico, digital e biológico são a Manufatura Aditiva, a Inteligência Artificial (IA), a Internet das Coisas (IoT), a Biologia Sintética e os Sistemas Ciber Físicos [na sigla em Inglês, Cyber-Physical Systems (CPS)].

O dinamismo tecnológico decorrente da I4.0 e as demandas do setor produtivo têm exigido o desenvolvimento de novas competências em educação e formação profissional, acompanhadas de aptidões sociais e habilidades, que componham o perfil esperado dos denominados “profissionais do futuro”. Assim, com o objetivo de promover o intercâmbio entre atores europeus e brasileiros, a respeito de melhores práticas na formulação e execução de políticas públicas em áreas estratégicas para a educação profissional e a ciência, com vistas, ainda, a aprimorar os

recursos humanos no Brasil, foi executada, em 2017, uma parceria de Diálogos Setoriais UE-Brasil⁴, entre o então MCTIC e o Ministério da Educação (MEC), com a União Europeia (UE) e seus Estados Membros (UE, 2017).

4. A estruturação de ações da I4.0 com associações industriais

Diversas ações foram iniciadas com a estruturação dessas políticas por parte de entidades governamentais e associativas, permitindo que os primeiros demonstradores de tecnologia surgissem a partir de 2016.

Assim, por meio de um apoio do MCTIC, a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ) executou um projeto demonstrador na Feira Internacional de Máquinas e Equipamentos, em 2016, com investimento superior a R\$ 5 milhões e o envolvimento de mais de 13 empresas, além de duas apoiadoras e quatro *startups*. O objetivo principal do projeto demonstrador foi disseminar o conceito da Manufatura Avançada, contemplando as tecnologias, os métodos e processos flexíveis (ABIMAQ, 2016).

Por meio de apoio da ABDI com a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (Abit), em 2017, foi inaugurada uma planta piloto para a produção de artigos no Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (Senai Cetiqt) do Rio de Janeiro. A unidade disponibiliza uma réplica virtualizada de uma planta piloto de Confecção 4.0, desenvolvida para facilitar a aplicabilidade dos conceitos da I4.0. A base conceitual desse protótipo considera manufatura customizada e ativada pelo consumidor final, minimização de insumos, redução de custos e tempo de operação por meio de fluxo produtivo conectado em rede (BRUNO, 2016) (SENAI/CETIQT, 2017).

5. A Câmara da Indústria 4.0

No início de abril de 2019, os ministérios da Economia e da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações formalizaram a Câmara Brasileira da Indústria 4.0 (Câmara I4.0), com a finalidade de integrar as políticas públicas do governo federal de fomento à Indústria 4.0, manufatura

⁴ Informações sobre os Diálogos UE-Brasil: Políticas e programas de educação profissional e sistemas de formação para enfrentar a digitalização da indústria podem ser acessadas em: < <http://www.sectordialogues.org/projetos/dialogos-ue-brasil-politicas-e-programas-de-educacao-profissional-e-sistemas-de-formacao-para-enfrentar-a-digitalizacao-da-industria> >.

avançada e Internet das Coisas (IoT), reunindo atores dos setores público e privado, de entidades de capacitação e desenvolvimento tecnológico e da academia. Os objetivos da Câmara são concentrar esforços e otimizar recursos financeiros e profissionais. A iniciativa integra as políticas públicas do governo federal de fomento à manufatura avançada e à IoT (ABDI, 2019).

Em sua estrutura, conforme a Figura 3, a Câmara I4.0 é integrada por instituições que se organizam por um Conselho Superior, uma Secretaria Executiva e Grupos de Trabalho (GT), com funções de gestão e governança. Em agosto de 2019, os GT finalizaram as propostas de ações e iniciativas que subsidiaram a elaboração de um Plano de Ação da Câmara Brasileira da I4.0, documento este devidamente aprovado, posteriormente, por seu Conselho Superior (BRASIL, 2019).

Em 2020, foi contratada, por meio do MCTI com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), uma consultoria técnica especializada para elaborar notas técnicas de apoio às ações previstas no Plano de Ação da Câmara Brasileira da I4.0 2019-2022.

O projeto de uma Estratégia Nacional para a Indústria (ENI) 4.0 selecionou, por meio de edital do Projeto PNUD/BRA/18/023, um pesquisador do Departamento de Automação e Sistemas do Centro Tecnológico (CTC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com o objetivo de que fosse proposto um plano-base para subsidiar políticas públicas para o setor nos próximos 10 anos. O trabalho ainda está em seu início, devendo ter esta proposta apresentada em 2021. A proposta foi solicitada ao consultor pela Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade do Ministério da Economia, por meio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Um recente edital (04/2020) da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) disponibilizou R\$ 50 milhões em projetos de subvenção econômica para empresas, de modo a apoiar projetos de tecnologias 4.0, de produtos e serviços inovadores, nas seguintes áreas: agricultura 4.0, cidades 4.0, saúde 4.0 e Indústria 4.0.

Secretaria Executiva		Conselho Superior							
		Membros							
		MCTIC	ME	Finep	CNPq	ABDI	Sebrae	Embrapii	
Secretaria Executiva		Grupos de trabalho							
		Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Coordenação MCTIC)		Capital Humano (Coordenação MCTIC)		Cadeias Produtivas e Desenvolvimento de Fornecedores (Coordenação ME)		Regulação, Normalização Técnica e Infraestrutura (Coordenação ME)	
		1 ABDI	16 CNPq	1 Abruem	12 ABDI	1 ABDI	14 Abes	1 ABII	16 ABDI
		2 Abimaq	17 Sebrae	2 Andifes	13 Abes	2 Abimaq	15 Abiplast	2 Abimaq	17 Abrammat
		3 Abinee	18 ABStartups	3 Capes	14 ABO20	3 Abinee	16 Abisemi	3 Abinee	18 ABO20
		4 Abipti	19 Abrammat	4 CNI	15 AEA	4 Abiquim	17 ABStartups	4 ABNT	19 VDI-Brasil
		5 Anpei	20 Abisemil	5 CNPq	16 Eletros	5 Abit	18 AEA	5 Anatel	20 MBC
		6 Anprotec	21 GS1 Brasil	6 Conif	17 Abia	6 Anfavea	19 Eletros	6 BNDES	21 GS1 Brasil
		7 BNDES	22 Abia	7 Crub	18 CAESenado	7 BNDES	20 Sindipeças	7 Brasscom	22 Abia
		8 CNI	23 Brasscom	8 MCTIC		8 CNI	21 GS1 Brasil	8 CNI	23 CAESenado
		9 Confap	24 CAESenado	9 ME		9 Finep	22 Abia	9 CNPq	
		10 Embrapii		10 MEC		10 MCTIC	23 CAESenado	10 Finep	
		11 Finep		11 Senai		11 ME		11 Inmetro	
		12 MCTIC				12 Sebrae		12 MCTIC	
		13 ME				13 Senai		13 ME	
		14 P&D Brasil						14 SinditeBrasil	
15 Senai						15 Softex			

Figura 3. Composição da Câmara Brasileira da I4.0

Fonte: (BRASIL, 2019).

6. Análise e conclusões

Assim, este trabalho buscou reunir informações atuais: pertinentes às principais ações realizadas após as primeiras iniciativas do poder executivo em torno do tema da I4.0, registradas a partir de 2015; e a respeito das políticas que, desde então, se estabeleceram.

Como exposto, muitas ações foram iniciadas desde os primeiros movimentos do governo federal em 2015 e resultaram no estabelecimento de políticas e no apoio a demonstradores e projetos de subvenção econômica. Benitez *et al.* (2020) reforçam essas conexões da Tríplice Hélice, por meio de um *framework* onde a missão do ecossistema mudou do acesso a fundos de inovação para a cocriação de soluções da I4.0 e, então, para a cocriação de soluções de negócios inteligentes. À medida que a confiança e o compromisso cresceram, a estrutura de poder mudou da centralidade da associação empresarial para um mecanismo de coordenação neutra de projetos complexos, envolvendo a universidade e associações empresariais e, por último, onde tecnologias-chave surgiram como motores de relacionamento entre as empresas e cocriação de valor.

Pesquisas demonstram que a arquitetura da Indústria 4.0 foi estudada em um grande número de publicações nas áreas de Internet das Coisas Industrial (IIoT), Sistemas de Produção Ciber Físicos, Arquiteturas Corporativas, Integração Corporativa e Manufatura em Nuvem (YLI-OJANPERÄ *et al.*, 2019). Assim, há um alinhamento dessas publicações de pesquisa do tema com a direção de prioridades nacionais apontadas pelos trabalhos do BNDES e pelas linhas de subvenção econômica da Finep que, por sua vez, são definidas como: agricultura, indústria, cidades inteligentes e saúde.

A Figura 4 resume os avanços ocorridos na esfera do governo federal nos últimos 5 anos, incluindo o estabelecimento das ações da I4.0 no Brasil.

Soma-se, assim, esta reflexão sobre as raízes da identificação da oportunidade da I4.0, onde fica evidenciada a necessidade dos esforços para a continuidade da promoção do tema, o que irá resultar em uma Estratégia Nacional da Indústria 4.0 no Brasil e, talvez, no apoio à implementação de um Centro de Tecnologias Aplicadas da I4.0, como organização que pode estar posicionada na borda do conhecimento, da ciência, da tecnologia e da inovação.

É necessário, ainda, o aprimoramento de um acordo internacional, por meio de um memorando de entendimento (MoU) com um dos países líderes, de forma a pular fases e se aproximar da borda do conhecimento, possibilitando um apoio maior por parte do setor industrial, ainda enfraquecido em razão das oscilações do quadro macroeconômico atual.

Por fim, são lembrados todos os pioneiros da Indústria 4.0 que, sonhando em poder mudar o mundo, são aqueles que realmente o mudam e acreditam que o melhor ainda está por vir.

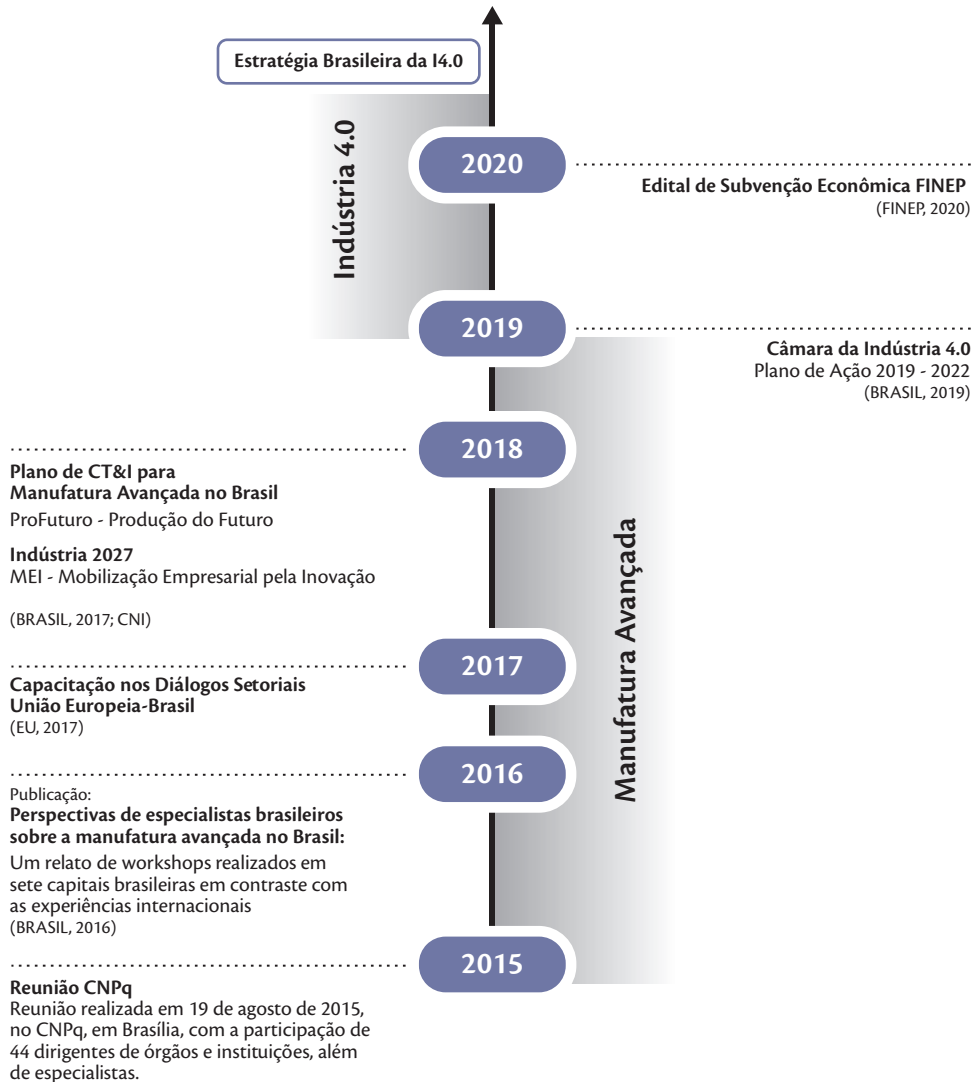


Figura 4. Linha do tempo das ações da I4.0 no Brasil desde 2015

Fonte: Elaborada pelos autores.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Agenda brasileira para a Indústria 4.0**. Brasília: 2018. Disponível em: <http://www.industria40.gov.br>

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Tem início a Câmara Brasileira da Indústria 4.0**. 14 jul. 2019. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/18441-tem-inicio-a-camara-brasileira-da-industria-40>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS - ABIMAQ. **Manufatura avançada: o futuro se faz presente na FEIMEC**. Mar. 2016. Disponível em: <http://abimaq.org.br/site.aspx/Abimaq-Informativo-Mensal-Infomaq?DetalheClipping=64&CodigoClipping=1302>

AMBROSIO, I.; CESAR, S.; BARBALHO, M.; ADAM, T. Industry 4.0 Maturity models : A bibliometric study of scientific articles from 2001 to 2018. In: EurOMA Conference Operations Adding Value to Society, 26th June, 2019. p.1829–1838. **Proceedings...** Jun 2019.

ARBIX, G.; MIRANDA, Z.; TOLEDO, D.; ZANCUL, E. Made in China 2025 and Industrie 4.0: The difficult Chinese transition from catching up to an economy driven by innovation. **Tempo Social**, v. 30, n.º 3, p. 143–170. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ts/article/view/144303/148939> <https://doi.org/10.11606/0103-2070.ts.2018.144303>

ARBIX, G.; SALERNO, M.S.; ZANCUL, E.; AMARAL, G.; MELO LINS, L. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com a Alemanha, China e Estados Unidos. **Novos Estudos - Cebrap**, v. 36, n.º 3, p. 29–49. nov. 2017. <https://www.scielo.br/pdf/nec/v36n3/1980-5403-nec-36-03-29.pdf>

BENITEZ, G.B.; AYALA, N.F.; FRANK, A.G. Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. **International Journal of Production Economics**, v. 228, oct 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107735>

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. **Relatório do Plano de Ação**; iniciativas e projetos mobilizadores. Produto 8. nov. 2017. p. 1–65. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/269bc780-8cdb-4b9b-a297-53955103d4c5/relatorio-final-plano-de-acao-produto-8-alterado.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mojDUok>

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. **Plano de CT&I para manufatura avançada no Brasil**; ProFuturo, produção do futuro. Brasília: dez. 2017. 68 p. Disponível

em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. **Perspectivas de especialistas brasileiros sobre a manufatura avançada no Brasil**: um relato de workshops realizados em sete capitais brasileiras em contraste com as experiências internacionais. Brasília: nov. 2016. 68 p. Disponível em: https://www.gov.br/produktividade-e-comercio-exterior/pt-br/images/REPOSITARIO/si/dfin/Perspectivasa_dea_especialistasa_brasileirosa_sobrea_aa_manufaturaa_avana_adaa_noa_Brasil.pdf

BRASIL. Ministério da Economia - ME; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. **Plano de ação da câmara brasileira da indústria 4.0 do Brasil 2019-2022**. Brasília: set. 2019. 10 p. https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/backend/galeria/arquivos/2019/09/17/Camara_l4o__Plano_de_AcaoVersao_finalrevisada.pdf

BRUNO, F. da S. **A Quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção**: a visão de futuro para 2030. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016. Disponível em: http://www.abit.org.br/uploads/arquivos/A_quarta_revolucao_industrial_do_setor_textil_e_de_confeccao.pdf

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Indústria 2027**. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/>

DRESCH, A.; VEIT, D.R.; LIMA, P.N. DE; LACERDA, D.P.; COLLATTO, D.C. Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 68, n.º 1, p. 69–87. 2019. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2017-0248>

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS - FINEP. **Tecnologias 4.0**. Seleção pública MCTI/SELEÇÃO PÚBLICA MCTI/FINEP/FNDCT - Subvenção Econômica à inovação - 04/2020. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/643>

GERBERT, P.; LORENZ, M.; RUBMANN, M.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. **Industry 4.0**: The future of productivity and growth in manufacturing industries. São Paulo: BCG Perspective, 2015. p. 1–20. Disponível em: https://image-src.bcg.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf

INSTITUTO EUVALDO LODI - IEL. **Indústria 2027**, Final Report Building thw future of Brazilian Industry. Volume 1 - Disruptive technologies and industry: current situation and prospective evaluation. Brasília: 2018. 154 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Joao_Ferraz7/publication/328917838_BUILDING_THE_FUTURE_OF_BRAZILIAN_INDUSTRY_VOLUME_1_DISTRUPTIVE_TECHNOLOGIES_AND_

INDUSTRY_CURRENT_SITUATION_AND_PROSPECTIVE_EVALUATION_VOLUME_2_DISRUPTIVE_TECHNOLOGIES_AND_INDUSTRY_CHALLENGES_AND_RECOM/links/5beb4173299bf1124fdoe2ff/BUILDING-THE-FUTURE-OF-BRAZILIAN-INDUSTRY-VOLUME-1-DISTRUPTIVE-TECHNOLOGIES-AND-INDUSTRY-CURRENT-SITUATION-AND-PROSPECTIVE-EVALUATION-VOLUME-2-DISRUPTIVE-TECHNOLOGIES-AND-INDUSTRY-CHALLENGES-AND-RECOM.pdf

REISCHAUER, G. Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 26–33. jul. 2018, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.012>

SCHWAB, K. The Fourth industrial revolution: what it means and how to respond. **World Economic Forum**, 14 jan. 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. **Indústria 4.0 – SENAI**. Apresentação em PowerPoint. 27 slides. Disponível em: http://plataformamaisbrasil.gov.br/images/docs/eventos/2019/apresentacoes/Industria_4.0_-_SENAI.pdf

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI; CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL DO SENAI – CETIQT. **Indústria 4.0 na confecção**: entenda o conceito. Disponível em: <https://audaces.com/industria-4-o-na-confeccao-entenda-o-conceito/>

TANTAWI, K.H.; FIDAN, I.; TANTAWY, A. **Status of smart manufacturing in the United States**. In: IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC Las Vegas, NV, USA, 2019, p. 281–283. <https://doi.org/10.1109/CCWC.2019.8666589>

UNIÃO EUROPEIA – EU. **Capacitação nos diálogos setoriais União Europeia-Brasil**. 2017. Disponível em: <http://www.sectordialogues.org/>

YLI-OJANPERÄ, M.; SIERLA, S.; PAPAKONSTANTINOU, N.; VYATKIN, V. Adapting an agile manufacturing concept to the reference architecture model industry 4.0: A survey and case study. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 15, p. 147–160, set. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.12.002>

Habilidades e competências para um mundo 4.0

Ana Luíza Matos de Oliveira¹, Mayra Juruá², Thiago Silveira Gasser³

Resumo

Os impactos da digitalização e de diversas tecnologias de grande processamento de dados e alta interface vêm moldando não apenas os processos produtivos da chamada Indústria 4.0, mas também os serviços e mesmo as relações humanas, falando-se frequentemente em um mundo 4.0. A transição progressiva dos modos de produção e as novas relações digitais impulsionam a transformação de profissões e do mundo do trabalho, gerando inquietudes e incertezas sobre os recursos humanos necessários e desejáveis em tal conjuntura. No Brasil, País com alta desigualdade, baixo custo relativo do trabalho pouco qualificado, baixa automação e crescente desindustrialização, o tema de habilidades e competências para um mundo 4.0 tem suas especificidades e requer cuidados no aprimoramento de políticas públicas. O presente artigo expõe o mapeamento das principais habilidades

Abstract

The impacts of digitalization and various big data processing technologies have been shaping not only the productive processes of the so-called Industry 4.0, but also services and even human relations, leading us to speak of a World 4.0. The progressive transition of production methods and the emergence of new digital relationships stimulate the transformation of jobs and the labor market, generating concerns and uncertainties about the necessary and desirable human resources in every sector of the economy. In Brazil, a country with high inequality, low relative cost of low-skilled work, low automation and growing deindustrialization, the question of which skills and abilities are necessary for a World 4.0 has its specificities and requires particular attention for the improvement of related public policies. This article analyses the main skills required for

1 Doutora e mestre em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Graduada em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

2 Mestre em Ciências Sociais pela Universidade de Brasília (UnB). Graduada em Economia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Assessora técnica do CGEE desde 2008, coordenando projetos nacionais e internacionais em ciência, tecnologia, inovação e educação.

3 Mestre em Relações Internacionais e graduado em Ciências Políticas pela Universidade de Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Assessor técnico no CGEE, atuando em projetos ligados a políticas públicas; ciência e tecnologia; e mercado de trabalho.

requeridas para a inserção profissional em um mundo 4.0, demonstrando que as habilidades socioemocionais (*soft skills*) não perderão relevância frente ao avanço da tecnologia e às constantes e necessárias requalificações.

employability in the World 4.0, demonstrating that soft skills will not lose relevance in the face of the advancement of technology and the constant and necessary requalifications

Palavras-chave: Indústria 4.0. Habilidades. Competências. Brasil. Mercado de trabalho. Educação. Políticas públicas.

Keywords: Industry 4.0. Abilities. Skills. Brazil. Labor market. Education. Public policy

1. Introdução

A transição progressiva da economia e da sociedade para modelos de alta interface com a tecnologia e para modos de produção e relações digitais redimensiona a necessidade de políticas públicas voltadas à formação e inserção de recursos humanos nos meios de produção. Os impactos da digitalização do mundo ultrapassam o papel da Indústria 4.0, falando-se frequentemente em um mundo 4.0⁴.

O termo Indústria 4.0 joga luz sobre a indústria como vetor de uma transformação mais ampla na sociedade, em um momento em que a indústria parecia ter perdido protagonismo devido ao processo de desindustrialização (PFFEIFER, 2017). Assim, o uso de termos como *sociedade 4.0*, *mundo 4.0* ou simplesmente *sociedade digital* mostra que o impacto das novas tecnologias vai muito além da transformação dos processos produtivos, influenciando a forma como os indivíduos se relacionam, consomem e aprendem.

No Brasil, nação com alta desigualdade, baixo custo relativo do trabalho pouco qualificado e baixa automação, é preciso tratar o tema de forma a não ampliar ainda mais as disparidades pré-existentes. De fato, neste território, há forte tendência à precarização em um mundo 4.0. Inclusive, segundo o *ranking* do LinkedIn (WORLD ECONOMIC FORUM – WEF, 2019; LINKEDIN, 2020), as profissões que mais crescem no País conectadas a novas tecnologias indicam essa precarização. Além disso, desde 2017, a informalidade vinha crescendo no Brasil (mesmo antes da pandemia da Covid-19), bem como a precarização da força de trabalho por meio da chamada “uberização” (ABÍLIO, 2017). A OCDE (2019) também destaca a correlação do mundo 4.0 com formas menos estáveis de inserção no mercado de trabalho, em escala que já não pode ser

4 O uso do termo “mundo 4.0” considera que os impactos da fase da indústria global extrapolam a própria organização industrial e produtiva, afetando também outras áreas da economia e da sociedade. Esse impacto também é esperado no Brasil.

tratada como marginal. Entretanto, adaptar-se a um mundo 4.0 não necessariamente significa ampliar a insegurança no mundo do trabalho.

Relacionada a este fato está a estrutura produtiva brasileira, que vem passando por um processo de desindustrialização⁵. Nesse sentido, a preparação de trabalhadores para o mercado de trabalho também precisa considerar que a formação é apenas uma parte necessária da equação, pois, se não há emprego, há desperdício de talentos e recursos.

O presente artigo exhibe o mapeamento das principais habilidades para um mundo 4.0, a partir de diversos autores, setores e países. Com esta finalidade, foram analisados documentos transdisciplinares de referência na literatura mundial e, da mesma forma, foi realizado um levantamento da produção científica sobre o tema registrada no repositório *Web of Science*.

Além desta introdução, o artigo é composto por uma seção de contextualização do tema e revisão bibliográfica, além de outra seção fundamentada na análise de redes de similaridade semântica, construída para a exploração do tema. O artigo é, então, concluído com considerações finais.

2. Habilidades necessárias ao mercado de trabalho de uma economia e sociedades digitais

Pinzone *et al.* (2017) apontam que, apesar do rápido desenvolvimento em direção à Indústria 4.0, ainda há muito desconhecimento quanto à evolução de perfis e habilidades necessárias e como as empresas deveriam lidar com a lacuna de habilidades que está sendo criada. Nesse sentido, o presente estudo visa a contribuir para o debate sobre os desafios do setor educacional e produtivo frente a um mundo 4.0.

Definir habilidades necessárias a uma determinada realidade futura é um desafio complexo, pois esta ponderação depende de diversos fatores estruturais, como a competição internacional e a globalização; as inovações tecnológicas; as escolhas corporativas; as mudanças demográficas, macroeconômicas e do padrão de escolha do consumidor; o ambiente regulatório; e o meio político e de relações de trabalho (UK COMMISSION FOR EMPLOYMENT AND SKILLS – UKCES, 2014). Somente a partir desse complexo quadro, único para cada país, setor e momento

⁵ A produção industrial (indústria geral) brasileira com ajuste sazonal, tendo como referência os números registrados em 2002, ficou consistentemente abaixo de 100 (número base) pontos desde 2014, chegando a cair a 65 pontos em abril de 2020, como consequência da pandemia de Covid-19 (IEDI, 2020).

histórico, é possível pensar um rol de habilidades indispensáveis. Esses fatores não influenciam apenas os empregos existentes, mas também moldam as profissões do futuro. Assim, para elaborar políticas visando à formação de recursos humanos qualificados para o mercado de trabalho, são fundamentais o planejamento de longo prazo e a compreensão das transformações que estão ocorrendo dentro de profissões específicas.

A partir dessa constatação, para construir um panorama da produção científica a respeito das habilidades para uma economia e sociedade digitais, foi analisada a base de dados *Web of Science*, onde foram realizadas duas buscas sucessivas para levantamento de artigos indexados sobre o tema.

O primeiro levantamento, realizado em 25 de junho de 2020, teve como objetivos testar e construir o espaço conceitual adequado para os artigos que seriam analisados. Assim, a busca foi iniciada em torno do termo Indústria 4.0, que garantiria observar resultados com conteúdos provavelmente ligados a tecnologias disruptivas, em particular processos de digitalização. Desse modo, foram utilizados os fatores de busca *industry 4.0* ou *advanced manuf*⁶. Posteriormente, tais termos foram cruzados com variações ligadas à ideia de habilidades e capacidades, vocábulos estes que, em Inglês, possuem diferentes significados (*skill** ou *capacit** ou *abilit**). A busca resultou na identificação de 1068 artigos, os quais foram examinados com a ajuda dos *softwares* VOSviewer e Gephi, por meio de plugins específicos desenvolvidos pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Dos artigos selecionados, 10,79% envolviam coautores dos Estados Unidos (EUA), 8,77% da China, 7,32% da Alemanha e 5,97% da Itália.

A Figura 1, que expõe a análise da coocorrência de termos nos artigos, mostra que *capacity* está mais ligado a características da área gerencial e à *performance*. Por sua vez, *skills* está mais ligado a termos referentes à educação, ao mercado de trabalho e à própria Indústria 4.0. Portanto, para o levantamento almejado de bibliografia especializada, seria mais adequado realizar buscas com o termo *skill*. A partir da rede inicial construída com o VOSviewer e de pesquisas bibliográficas na literatura nacional e internacional, notou-se que há um interesse nas *skills* (habilidades) enquanto conceito com mais nuances e mais dinamicidade que as análises baseadas somente em qualificações formais ou diplomas.

6 O asterisco é uma ferramenta de pesquisa para encontrar variações da palavra.

Por outro lado, a literatura acadêmica sobre *skills* para o mundo 4.0 enfoca tanto em *hard skills* (competências técnicas) quanto em *soft skills* (habilidades socioemocionais). Frequentemente, faz-se referência às *soft skills* como habilidades de difícil e lenta aquisição, portanto, também mais duradouras, enquanto as *hard skills* demandam frequente atualização. Além disso, a literatura frisa que investir em certas habilidades que não são passíveis de automatização pode ser um diferencial para os profissionais do futuro. Segundo Frey e Osborne (2013), é pouco provável que sejam automatizadas habilidades ligadas a inteligência criativa, inteligência social (como necessário, por exemplo, para profissões relativas ao cuidado) e percepção e manipulação (como em atividades em meios desestruturados ou em constante alteração).

E quais seriam as habilidades para um mundo 4.0? De forma convergente com a abordagem dos sistemas nacionais de inovação, onde são relevantes as especificidades de cada país e seus contextos históricos, políticos e institucionais, a **literatura aponta que, embora exista um conjunto de habilidades comuns ou recorrentes para grande parte das profissões e dos trabalhos, um aprofundamento das competências depende da especificidade de setores econômicos ou profissões, até mesmo países/áreas geográficas, para que seja possível delimitar melhor um conjunto de características.** E há algumas iniciativas neste sentido: O World Economic Forum (WEF, 2019, p.12) ressalta as habilidades necessárias para os *emerging jobs* a partir de *ranking* do Coursera⁷; por sua vez, WEF (2017) usa outro ranqueamento na avaliação de habilidades para um mundo 4.0, o do LinkedIn, a partir de dados de usuários da rede social, o que proporciona tanto um mapeamento de habilidades multifuncionais por áreas do conhecimento, idades, países, quanto fornece listas referentes às habilidades mais demandadas; outra abordagem interessante do WEF (2016) é a do “mapa de calor” das habilidades para diferentes indústrias, também a partir da metodologia do LinkedIn.

Vale ressaltar que as 15 áreas do conhecimento mais representativas entre membros da rede social LinkedIn, de onde saem os dados para o *ranking*, são: 1) Administração de Negócios; 2) Ciência da Computação; 3) Economia; 4) Psicologia; 5) Contabilidade; 6) Engenharia Eletrônica; 7) Marketing; 8) Engenharia Mecânica; 9) Ciência Política; 10) Literatura Americana; 11) Tecnologia da Informação; 12) Finanças; 13) Business Commerce; 14) História; 15) Engenharia da Comunicação (WEF, 2017), reforçando o argumento anterior de que as “profissões do futuro” não estão restritas às áreas STEM.

Vale também destacar o trabalho de Accenture (2018), que sugere o enfoque no desenvolvimento das competências que são duradouras e, pelo menos até agora, exclusivamente humanas, em vez da aposta em habilidades técnicas específicas, pois a maioria destas se modifica

7 Empresa de tecnologia educacional norte-americana.

permanentemente. O trabalho enfatiza a necessidade de desenvolvimento de competências “fundacionais”, necessárias em todos os setores, inclusive nos mais técnicos. Segundo Accenture (2018), as competências técnicas não perderam sua relevância, mas, além de poderem ser treinadas no local de trabalho, cada vez mais poderão ser “terceirizadas” para máquinas⁸, o que intensifica o foco no lado humano do trabalho. A capacidade de ter pensamento crítico, formular boas perguntas e ter habilidade em se relacionar e se comunicar são consideradas fatores-chave.

A seguir, é apresentada uma síntese de artigos acadêmicos nacionais e internacionais sobre o tema, encontrados em pesquisa bibliográfica. Essa síntese fornece um panorama de quais habilidades para um mundo 4.0 podem ser observadas na literatura e deixa claro que, de modo a se pensar a respeito das habilidades demandadas em um mundo 4.0, **é importante olhar para setores e níveis tecnológicos, a fim de se conseguir traçar um panorama mais preciso e profundo das habilidades necessárias.**

Gudanowska *et al.* (2018) citam um modelo de competências universais para a Indústria 4.0 como primeira etapa para medi-las. A lista foi elaborada a partir da descrição de postos de trabalho e de competências em diversas empresas (Tabela 1).

Tabela 1. Lista de competências no modelo universal de competências

Social competencies	Personal competencies	Managerial competencies	Professional competencies
building a relationship	pursuit of results (entrepreneurship)	building an efficient organisation	administering/ maintaining documentation
sharing knowledge and experience	innovativeness and flexibility	team building	negotiating
identification with the company	analytical thinking	ability to delegate	orientation in business
communication	self-reliance	motivating	procedures – knowledge and application
customer orientation	decision-making	strategic thinking	IT skills

8 Para estimar a vulnerabilidade dos empregos, Accenture (2018) previu que os empregos nos quais os trabalhadores passam 75% ou mais de seu tempo realizando tarefas que demandam mais competências “de máquina” do que “humanas” teriam alto risco de substituição pela automação até 2020. Por sua vez, os empregos em que os trabalhadores passam entre 25% e 74,9% do tempo realizando tarefas “de máquina” apresentariam risco médio; e aqueles nos quais os trabalhadores passam menos de 25% do tempo nessas tarefas apresentariam baixo risco de automação. Accenture (2018) trouxe interessantes projeções sobre o mercado latino-americano e a automação nesse sentido, mas o tema foge do escopo do presente artigo.

teamwork/team collaboration	troubleshooting	planning	technical skills
solving the conflict	thoroughness/reliability	leadership	professional knowledge
cooperation within the company	professional development/ readiness to learn	project management	process management
exert influence	managing each other	team management	knowledge of foreign languages

Fonte: Gudanowska et al. (2018).

Schallock et al. (2018) apontam como importantes: “*Digital learning techniques; Job-related qualification; Lead and operate production systems; Interdisciplinary product and process development; Specific industry 4.0 competencies; Competency evaluation*” (SCHALLOCK et al., 2018, p. 28). No entanto, afirmam que os recursos humanos se tornam ainda mais importantes nos tempos da Indústria 4.0. Nesse sentido, é preciso desenvolver:

- *Technical skills, e.g. install and operate IT devices: RFID-tags, tablets or automatic guided vehicles (AGV).*
- *Transformation skills (e.g. propose and realize changes in all three stages of the production system; learn to adapt transformation principles in their home plants).*
- *Social skills (e.g. team work, knowledge transfer, knowledge acquiring, collaboration for synchronization of processes and delivery dates and analyzing defects)* (SCHALLOCK et al., 2018, p.28).

Cotet et al. (2020) identificam características da geração Z (nascida entre 1995 e 2012, chamada de *iMillennials*) que se relacionam à Indústria 4.0, levando em consideração o *Emotional Quotient Inventory (EQ-I⁹)* e o *Achievement Motivation Inventory (AMI¹⁰)*. Como as novas gerações têm mais familiaridade com as tecnologias que as anteriores, é preciso investir em habilidades interpessoais (*soft skills*): esta geração precisa saber se comunicar com pessoas e com máquinas com a mesma facilidade (COTET et al., 2020, p. 11). Assim, o estudo enfatiza a necessidade de se pensar a respeito da educação voltada à geração considerada, incluindo suas habilidades e

9 Segundo os autores, EQ-I pode ser observado em 15 âmbitos: “*Intrapersonal (involving Self-Regard, Emotional Self-Awareness, Assertiveness, Independence, and Self-Actualization); Interpersonal (comprising Empathy, Social Responsibility, and Interpersonal Relationship); Stress Management (containing Stress Tolerance and Impulse Control); Adaptability (providing Reality-Testing, Flexibility, and Problem-Solving); and General Mood (containing Optimism and Happiness). It is recommended for use in corporate settings for recruitment, screening, employee development and leadership programs*”.

10 Segundo os autores, AMI é “*a personality inventory designed to measure a broad construct of work-related achievement motivation and the motivational traits that lead to socio-professional and also personal achievement*”.

como aprimorar suas características, de forma que os *iMillennials* não sejam somente simples operadores, mas trabalhadores criativos.

Bongomin *et al.* (2020) enfatizam o papel das plataformas de aprendizado *online* [*Massive Open Online Course* (MOOC)] na Indústria 4.0, para além da readaptação dos sistemas formais de educação. Também sintetizam um conjunto de habilidades requeridas para a Indústria 4.0.

Tessarini Júnior e Saltorato (2018) também fazem um levantamento de competências requeridas para a Indústria 4.0, a partir de uma revisão bibliográfica. Os autores dividem as competências requeridas em três categorias: funcionais, comportamentais e sociais.

Sallati *et al.* (2019) elencam habilidades técnicas, metodológicas, sociais e pessoais como importantes.

In the category of Technical Competencies, it is necessary that professionals possess state-of-the-art knowledge; present deep understanding of processes, especially of manufacturing processes, alongside with IT skills, such as understanding of cybersecurity issues, coding, and media skills. The Methodological Competencies comprise creativity; problem and conflict solving; decision making; analytical and research skills; and strong efficiency orientation. Social Competencies required from Industry 4.0 professionals include intercultural and language skills; communication and networking skills; the ability for teamwork, compromising and cooperation; ability to transfer knowledge; and leadership skills [...]. The last category, Personal Competencies, requires professionals to have flexibility; tolerance to a job and task rotation; motivation to learn; ability to work under pressure; sustainable mindset; and compliance. Other mentioned skills that fall into this category are autonomy, responsibility, and entrepreneurial thinking (SALLATI et al., 2019, p. 204).

Hecklau *et al.* (2016) elencam 1) competências técnicas (*job-related knowledge and skills*); 2) competências metodológicas (*all skills and abilities for general problem solving and decision making*); 3) competências sociais (*all skills and abilities as well as the attitude to cooperate and communicate with others*); e 4) competências pessoais (*an individual's social values, motivations, and attitudes*). O *paper* monta um modelo de habilidades e sugere medir tais habilidades, com ajustes para cada departamento ou perfil de emprego, considerando que cada vaga específica requer competências diferentes. A partir desse estudo, fica mais claro que, dependendo do setor, do país e do nível tecnológico, são necessárias diferentes combinações de habilidades, sendo difícil apontar um conjunto estático e aplicável a qualquer país e setor e que seja, ao mesmo tempo, profundo.

Pinzone *et al.* (2017) discutem a evolução das habilidades necessárias para a Indústria 4.0, tomando como base setores específicos e suas respectivas tecnologias. Segundo os autores, o

estudo de um conjunto de características necessárias deve ter início nas condições materiais. A partir, então, de 5 setores (*Operations Management, Supply Chain Management, Product-Service Innovation Management, Data Science Management, IT-OT Integration Management*) e dos *inputs* de empresários destes ramos no norte da Itália, os autores descrevem um conjunto de habilidades técnicas necessárias para cada uma dessas áreas. O artigo enfatiza que as habilidades (técnicas) elencadas são muito diversas conforme a área que se analisa.

Assim, conclui-se não haver um conjunto estático de habilidades ou competências necessárias para a Indústria 4.0 que se aplique a todos os setores, ou a todos os países. É importante observar em detalhes os setores e níveis tecnológicos em questão, para que o panorama traçado seja pertinente. Nota-se, também, que as habilidades necessárias para o desenvolvimento da Indústria 4.0 vão muito além daquelas consideradas técnicas (*hard skills*), que se movem com velocidade, acompanhando a fronteira tecnológica. Por isso, muitos artigos destacam a importância do desenvolvimento de competências fundacionais, ou *soft skills*, que incluem competências metodológicas, sociais e pessoais, e são fundamentais em funções menos passíveis de serem automatizadas. Na seção seguinte, busca-se aprofundar a análise das habilidades a partir de um recorte setorial e temático.

3. Panorama da produção científica sobre habilidades para um mundo 4.0 a partir de análise de redes

Como descrito na seção anterior, o primeiro levantamento bibliográfico feito na *Web of Science* apontou que o termo *habilidades* era mais adequado que o termo *competências* para se obter um conjunto de publicações internacionais, com foco em educação e recursos humanos para o mercado de trabalho, que fosse representativo do debate acadêmico e científico sobre as habilidades necessárias a uma economia e sociedade digitais. Assim, um segundo levantamento bibliográfico foi realizado em 24 de julho de 2020, com refinamento na busca, de forma que fosse garantida a presença do termo *skill*, compondo-se a pesquisa da seguinte forma:

skill and (employ or job) and (digital or 4.0)*

Na etapa seguinte, foi realizado um recorte temporal para artigos publicados a partir de 2010. No primeiro ano da série, foram encontrados 35 artigos. Em 2019, por sua vez, foram 288, demonstrando o importante crescimento do número de publicações sobre o assunto analisado, com o passar dos anos. No total, foram identificados 1350 artigos provenientes de diversos países, com destaque para as produções de autores dos Estados Unidos (186 artigos) e da Espanha (102).

Os 1350 artigos encontrados demonstraram o crescimento da abordagem pertinente ao tema ao longo do tempo, não apenas em termos quantitativos, mas também em termos de abrangência, passando progressivamente a incluir debates sobre campos profissionais específicos, tais como jornalismo e enfermagem. Os artigos demonstram, além disso, a relevância dada para o enfrentamento da desigualdade e exclusão digital (*digital divide*), seja em termos de renda, gênero ou região. O levantamento ilustra, ainda, o reconhecimento dos desafios para gestores e líderes de organizações, frente a novas estruturas produtivas. Os mais recentes desafios da educação direcionada aos chamados nativos digitais e da requalificação profissional também são percebidos nos artigos levantados, com destaques para: a busca por novas formas de ensino-aprendizagem (*e-learning*); e o uso crescentes de jogos eletrônicos, e-portfólios e *storytelling*, como ferramentas de desenvolvimento pessoal e de habilidades específicas.

O conjunto de documentos foi analisado com o apoio de uma rede de similaridade semântica que facilitou a identificação temática por meio de agrupamentos (*clusters*). A rede foi construída com o uso das ferramentas *Insight Net* e *Insight Net Browser* desenvolvidas pelo CGEE. A Figura 2 mostra a rede construída, onde cada ponto (nó) representa um artigo científico aproximado de outros nós com conteúdo semanticamente similar.

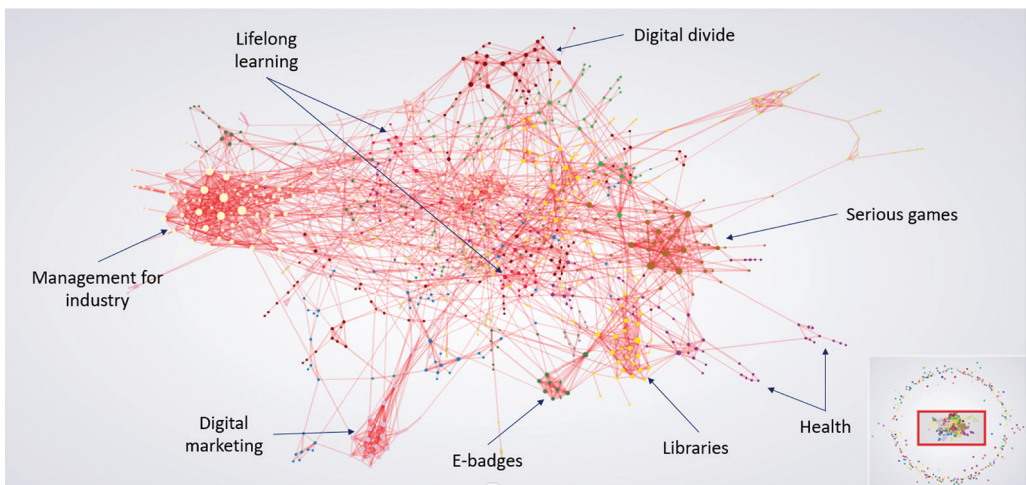


Figura 2. Visão geral da rede de artigos com identificação de clusters

Fonte: Elaboração própria da rede no software Gephi 0.9.2.

É interessante notar que, mesmo com um refinamento da busca para inclusão do termo habilidade (*skill*), foi verificado um conjunto expressivo de artigos focados na discussão de capacidades organizacionais de indústrias e firmas, em seus processos institucionais de

digitalização (pontos amarelos na parte esquerda da rede). No centro da rede, encontram-se variados grupos de artigos cujas temáticas se entrelaçam em torno do debate geral sobre a necessidade de recursos humanos qualificados, como fator de produção do sistema produtivo, bem como de novas formas de ensino-aprendizagem para o desenvolvimento de habilidades consideradas essenciais. Nas bordas da rede, por sua vez, há vários grupos de artigos com temas específicos sobre formações, certificações e setores diretamente influenciados pela digitalização.

Ainda que o impacto da digitalização ultrapasse o setor industrial e alcance progressivamente o trabalho e as ocupações de diversas naturezas, o emprego industrial é influenciado de forma mais imediata pela digitalização que outros setores. Assim, não causa estranhamento que uma parte considerável dos artigos levantados na *Web of Science* enfoque o capital humano para a indústria. Em outras palavras, as habilidades e a formação dos trabalhadores são analisadas enquanto aprimoramento de um fator de produção que permanece sendo relevante na indústria: os recursos humanos. Desse modo, é possível identificar artigos que tratam da qualificação para setores específicos, à luz de seus processos de mudança tecnológica; e também artigos que tratam propriamente das novas formas de gestão das *smart factories*. É importante notar que, mesmo em artigos com foco industrial e/ou setorial, as habilidades socioemocionais (*soft skills*) são destacadas como relevantes e transversais, como no artigo *Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies* (JERMAN, PEJIĆ-BACH, ALEKSIĆ, 2020), recém-publicado em 2020 por autores da Eslovênia e da Croácia:

In addition to the high emphasis on technical skill and knowledge, soft competencies are considered important, as well as competencies of continuous learning, flexibility, creativity, problem solving, critical, and analytical thinking (JERMAN, PEJIĆ-BACH, ALEKSIĆ, 2020).

O complexo econômico-industrial da saúde é outro campo das atividades humanas que continuará a ser impactado pela incorporação de inovações tecnológicas, requerendo, portanto, requalificações, em níveis variados, de seus profissionais. Na bibliografia analisada, uma parte significativa aborda diretamente questões relativas à formação dos profissionais de saúde, seja em termos de uso de novas tecnologias no exercício da profissão (em particular no ensino de enfermagem), seja em novas formas de ensino e aprendizagem em espaços formais de ensino. Neste caso, destaca-se o uso de realidade virtual e/ou aumentada para treinamento de médicos em exames e procedimentos. Ainda no campo da saúde, ressalta-se a necessidade do desenvolvimento de habilidades de gerenciamento de equipes para a resolução de conflitos, o estímulo ao equilíbrio emocional e à motivação, no sentido de promover a saúde mental com vistas a melhorar a performance de líderes e equipes.

O futuro do jornalismo e do marketing também é um tema abordado por um *cluster* de artigos da rede analisada. A produção de artigos sobre esse tema é bastante recente, aparecendo sobretudo a partir de 2015. O debate gira sobretudo em torno do futuro das profissões, de como a digitalização impacta o trabalho nesses setores e quais habilidades serão requeridas desses profissionais. O artigo russo de Sahnikova (2019), intitulado *Robots versus journalists: does journalism have a future?*, por exemplo, analisa as mudanças provocadas pela digitalização na atuação de jornalistas e destaca a visão de estudantes da área sobre o futuro que os aguarda na profissão. Os artigos ressaltam a necessidade da urgente atualização dos currículos, no sentido de incorporar as novas tecnologias e mídias sociais como parte primordial do trabalho desses profissionais no futuro.

Como esperado, muitos dos artigos da rede tratam da aprendizagem voltada a novas gerações. Alguns, como visto anteriormente, abordam o ensino para novas gerações em setores e profissões específicos. Outros versam sobre a aprendizagem de forma mais geral. Um grupo de artigos discorre sobre a questão do aprendizado de habilidades técnicas e socioemocionais para jovens. Em particular, são tratados os métodos de ensino e as expectativas que existem sobre o ensino para jovens. Na Croácia, por exemplo, foi desenvolvido um estudo (LASIĆ-LAZIĆ *et al.*, 2017) *Students' attitudes toward computer science in elementary school*) que destaca a importância do ensino de informática a partir do ensino básico. Para este estudo, foram interrogados futuros professores do ensino primário e secundário sobre a importância da temática e a carga horária que deveria ser implementada nas escolas. De forma geral, os países que tratam com mais frequência do tema são Austrália, Alemanha, Itália e Portugal. O tema ganhou força a partir de 2017.

A questão do ensino de jovens, contudo, vai além da simples análise do que deve ser inserido em sua carga horária. De fato, para ensinar a uma geração imersa no digital desde o seu nascimento, é preciso adaptar os métodos de ensino e preparar aqueles que vão ensinar. Dessa forma, um segundo grupo de artigos trata mais especificamente da importância do letramento digital (*digital literacy*) dos professores. Em particular, o letramento digital é destacado como uma habilidade básica a ser desenvolvida como qualificação de professores, visando à incorporação efetiva das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nos processos de educação de alunos nativos digitais, e futura força de trabalho, em uma economia altamente digitalizada. Um artigo de pesquisadores de Cingapura (LIN *et al.*, 2016), intitulado *Levelling up teachers' ICT competencies: a departments approach to ICT integration*, trata exatamente dessa questão. Os autores destacam as medidas tomadas pelo Ministério da Educação local para driblar a desconfiança dos professores e formá-los aos novos desafios.

As transformações tecnológicas provocadoras de mudança na forma de ensinar, como visto anteriormente, também oferecem novas ferramentas que podem ajudar nessa transição. Na rede construída, destacou-se o conceito de *serious games*¹¹, ferramentas utilizadas para tratar do uso de jogos eletrônicos voltados ao aprendizado: são jogos cujo propósito principal não é o entretenimento. A discussão sobre gamificação do ensino parece ser bastante ampla, considerando-se a existência de uma conferência internacional sobre o tema que é realizada anualmente há dez anos. Os temas tratados neste *cluster* se aplicam tanto a ensino e práticas pedagógicas para ensino fundamental - como ferramenta de desenvolvimento de habilidades socioemocionais, a exemplo do trabalho em equipe - quanto à requalificação de profissionais para o mundo do trabalho 4.0.

Um artigo grego de Tsalapatas *et al.* (2017) (*Serious games for building digital skills for employability*) trata de um projeto que usa *serious games* como forma de desenvolver competências digitais em estudantes do ensino secundário.

Karagozlu (2018), de Chipre, em *Determination of the impact of augmented reality application on the success and problem-solving skills of students*, analisa outro aspecto importante que tem destaque no mesmo *cluster*, ou seja, a realidade aumentada. No *paper*, são examinados o ensino de ciências a partir da realidade aumentada e o impacto desta aplicação no desenvolvimento dos alunos e em suas habilidades de resolução de problemas.

Outro tema recorrente no *cluster* é o uso de *storytelling* para o ensino, como forma de transmissão e fixação de conteúdo.

Por fim, um tema central tratado no grupo de artigos selecionados é a exclusão digital (*digital divide*). Em um país como o Brasil, com alta desigualdade, este tópico é de extrema importância. Observam-se quatro grandes vertentes dentro deste grupo, com destaque para estudos advindos de dois países: Espanha e Estados Unidos. A primeira vertente é uma análise sobre desigualdade envolvendo pessoas com necessidades especiais, considerando as dificuldades desse público em adquirir novas habilidades. Essa discussão é liderada pelos Estados Unidos. Na segunda vertente, a Espanha lidera os estudos sobre a desigualdade no acesso à internet e nos seus impactos, como fator de disparidade no desenvolvimento de habilidades. Uma terceira abordagem, também mais estudada pela Espanha, trata da desigualdade sob o prisma do gênero. Um artigo interessante nesta temática é iraniano, de Dehghan e Rahiminezhad (2010), intitulado *ICT and gender digital divide*

¹¹ "A serious game or applied game is a game designed for a primary purpose other than pure entertainment. The "serious" adjective is generally prepended to refer to video games used by industries like defense, education, scientific exploration, health care, emergency management, city planning, engineering, and politics" (ALAMALIAH TECHNICAL SERVICES ESTABLISHMENT – ATSE, 2020).

in Iran, e explora a relação entre Tecnologias da Informação e Comunicação e a desigualdade de gênero no sistema educacional do país árabe. E em uma quarta vertente, os EUA tratam mais especificamente das desigualdades geracionais: crianças, estudantes, famílias e pais. É uma temática que vem de mais longa data: em 2011-2012, já havia discussões sobre o tema, porém, o recorte escolhido para artigos nesse estudo corresponde ao período a partir de 2010.

4. Considerações finais e recomendações

No decorrer deste artigo e à luz da experiência internacional, evidenciou-se a importância da disponibilização e do monitoramento de dados e informações sobre as habilidades e capacidades da força de trabalho brasileira, de forma estruturada e perene, de modo a viabilizar iniciativas que promovam o pareamento entre oferta e demanda de qualificações no mundo 4.0, como outros países o fazem. Para tanto, é necessário obter dados específicos sobre qualificações, informações ainda não disponíveis no Brasil. Esta é uma questão estratégica para o desenvolvimento do País, como se pode perceber pela implementação de sistemas de monitoramento que auxiliam outras nações no planejamento educacional e econômico. Este é o caso de membros da União Europeia e dos EUA, por exemplo. Assim, uma primeira recomendação é a de que **é preciso implementar um sistema de monitoramento de habilidades no Brasil, assim como realizado por outros países/blocos.**

Um item recorrente na literatura, abordado brevemente nas seções anteriores, diz respeito às novas formas e técnicas complementares de ensino, como *gamificação*, *storytelling* ou a realidade aumentada. Seria interessante ampliar seu uso no Brasil, seja na educação básica, técnica/tecnológica ou superior. A vantagem desse tipo de abordagem/tecnologia é que ela é motivadora para gerações mais digitalizadas. Entretanto, seu uso precisa ser planejado e concebido de forma especializada, isto é, voltado para um público e um contexto específicos. É preciso desenvolver o conteúdo a partir da interação entre professores e desenvolvedores conhecedores dos objetivos e contextos onde serão aplicados. **Não se trata apenas da importação de conteúdo pronto**, mas de algo desenvolvido e customizado para a realidade brasileira. Para tanto, **a qualificação constante de professores e o seu letramento digital são pontos de partida** para a viabilização do desenvolvimento e a incorporação de novos métodos e ferramentas de ensino. A implantação de laboratórios para desenvolvimento de materiais didáticos digitais pode ser um complemento interessante.

Outro ponto de destaque recorrente na literatura analisada corresponde às chamadas *learning factories*, com diversos formatos e objetivos possíveis, em especial na Europa. Schallock *et al.* (2018) apontam que, nas *learning factories*, os participantes (estudantes ou profissionais) precisam

não só conhecer as tecnologias, mas aprender como escolher as tecnologias corretas para cada situação, o que faz os estudantes desenvolverem outras competências que não somente as técnicas propriamente ditas.

Aponta-se na literatura, no entanto, que a construção/adoção de novas metodologias precisa considerar as características da geração em questão (COTET *et al.*, 2020): a interação com a tecnologia e com o mundo 4.0 é muito diferente para um nativo digital, se comparada à de uma pessoa de geração mais antiga, em geral. É preciso levar em consideração, também, a geração dos professores e a necessidade, em alguns casos, de treinamento desses educadores para a adoção de novas metodologias, como destacado anteriormente em relação, por exemplo, à gamificação.

Sobre a adaptação de currículos visando ao mundo 4.0, destaca-se que, na rede de produções científicas criada para o presente trabalho, foram identificados artigos produzidos em diversas nações sobre o tema. Entretanto, quase todos os estudos tratam de nichos muito específicos (setores e países), **reforçando a ideia de que, para uma análise profunda sobre a necessidade de adaptar currículos a um mundo 4.0, é preciso delimitar setores, campos do conhecimento e níveis tecnológicos.** Isto se reflete na diversidade encontrada nos artigos sobre a temática de currículos. No conjunto de 17 publicações, trata-se de: colaboração de instituições de educação superior com instituições de tecnologia para repensar currículos de administração; medição de nível de habilidades digitais de estudantes do ensino fundamental, em uma determinada escola; necessidade de formação de habilidades específicas - no campo das pesquisas forenses, no campo de desenho industrial (desenho de moldes) e para estudantes de línguas modernas -; novas formas de ensinar marketing digital; importância de inserir conteúdos locais no currículo de estudantes do ensino médio, em uma escola em Bandung (Indonésia); busca de um currículo que supere a exclusão digital de pessoas com deficiência; uso de tecnologia por estudantes de marketing do sexo feminino; necessidade do ensino de manutenção de sistemas de DVD e *home theater* para estudantes de cursos técnicos na Nigéria; uso de *software-defined radios* para facilitar sistemas multidisciplinares; uso de tecnologias de *e-learning* para ampliar as capacidades criativas e de resolução de problemas; uma investigação sobre o conteúdo e as dinâmicas de um conjunto de currículos das áreas de comunicação sem fio; e aceitação de um tipo de currículo virtual (*e-portfolio*) por parte de estudantes universitários na Malásia.

Outra sugestão, a partir de Accenture (2018), é a de aposta no desenvolvimento de competências humanas duradouras, cada vez mais relevantes no mercado de trabalho, além de novas habilidades técnicas. Esta sugestão é recorrente na literatura, como em Jerman, Pejić Bach, Aleksić (2020). Nesse sentido, é de fundamental importância manter em mente que os esforços e as políticas, visando à melhoria da educação brasileira em todos os níveis, devem ser abordados

de forma sistêmica, incluindo aspectos técnicos e socioemocionais, a fim de garantir a formação qualificada de futuros profissionais, porém dispostos ao aprendizado contínuo, à criatividade e ao pensamento crítico.

Uma última questão a ser abordada dentre as recomendações é o combate à exclusão e desigualdade digitais (*digital divide*), muito visíveis no Brasil. Isso se soma ao desafio da desindustrialização precoce que ocorre no País. Neste território, a percepção pública sobre ciência, tecnologia e inovação possui diferenças marcantes a partir de aspectos como escolaridade e renda (CGEE, 2015), o que pode estar ligado aos referidos diferenciais de renda da sociedade brasileira. O Brasil é, na comparação com a OCDE (2018), um dos países com maior diferencial de renda entre uma pessoa com educação superior e uma pessoa sem diploma desse nível de ensino. Na sociedade brasileira, o acesso à educação, em especial a superior, é um grande marcador de distinção e ascensão social e que marca fortemente a trajetória dos trabalhadores. Um dos exemplos dessa realidade é a taxa de emprego formal entre os trabalhadores com educação superior completa, constantemente mais alta que a do conjunto dos trabalhadores brasileiros (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2019). Em relação a profissionais com doutorado, a média é ainda mais alta, com variações não muito significativas entre as grandes áreas do conhecimento. Os profissionais com título de doutorado em cursos de Ciências Sociais Aplicadas, por exemplo, possuem taxa de ocupação formal em torno de 80% (CGEE, 2020).

Como argumentam Bonini *et al.* (2020), homens expressam maior interesse em ciência e tecnologia. Outro elemento importante refere-se ao fato de que quanto maior a idade, menor o interesse na área (CGEE, 2015). Entretanto, como o Brasil ainda se encontra no *boom* demográfico, esta limitação no interesse por ciência e tecnologia, por parte dos mais velhos, é amenizada, posto que há mais jovens na população brasileira.

IEDI (2020) destaca que um dos grandes entraves para a digitalização da América Latina é a desigualdade. Segundo o estudo, desde 2008, o crescimento do índice de digitalização ocorreu de maneira muito mais rápida que o índice de desenvolvimento do capital humano, o que traz implicações para a capacidade de difusão desses instrumentos no sistema econômico. Desigualdades sociais e entre grandes e micro/pequenas empresas seriam entraves para ampliar o potencial da região nesse sentido. Assim, é de fundamental importância a elaboração de políticas direcionadas à superação do *digital divide* no Brasil, incluindo a observação de aspectos relacionados a: pessoas com necessidades especiais; desigualdades de gênero e geracionais; e como a disparidade no acesso à internet impacta o desenvolvimento de habilidades, como alerta a literatura selecionada por meio da rede criada.

É dentro do contexto de um país com estrutural desigualdade que se faz necessário pensar nas políticas públicas para preparar o Brasil para um mundo 4.0, pois, como pondera Accenture (2017), “*while the impact of change cuts across the workforce, marginalized and vulnerable populations risk a ‘double disadvantage’*” (ACCENTURE, 2017, p. 6). Para tanto, será necessário implementar simultaneamente esforços focalizados para a (re)qualificação de profissionais de setores específicos, com políticas mais amplas, tal qual o letramento digital voltado prioritariamente a professores, tanto do ensino básico como superior. A adequação de currículos e a dinamização do acesso a treinamentos para habilidades e competências técnicas específicas não podem ser desconectadas da melhoria da qualidade do ensino básico, responsável pelas habilidades basilares e transversais, sem as quais o domínio técnico se torna inócuo.

Referências

ABÍLIO, Ludmila. Uberização do trabalho: subsunção real da viração. **Blog da Boitempo**. 22 fev. 2017. Disponível em: <https://blogdaboitempo.com.br/2017/02/22/uberizacao-do-trabalho-subsuncao-real-da-viracao/>. Acesso em: 20 jun. 2020.

ACCENTURE. **New skills now: inclusion in the digital economy**. 2017, 46 p. Disponível em: https://www.accenture.com/t20171012t025413z__w___/in-en/_acnmedia/pdf-62/accenture-new-skills-now-report.pdf. Acesso em: 23 jul. 2020.

ACCENTURE. **América Latina: Competências para o trabalho na era das máquinas inteligentes**. 2018, 36 p. Disponível em: https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-75/Accenture-America-Latina-Competencias-para-o-Trabalho.pdf#zoom=50. Acesso em: 17 jul 2020.

ALAMALIAH TECHNICAL SERVICES ESTABLISHMENT – ATSE. **Health care: serious gaming**. 2020. Disponível em: <http://www.alamaliah.ae/health-care/>. Acesso em: 25 ago. 2020.

BONGOMIN, O.; OCEN, G.G.; NGANYI, E.; MUSINGUZI, A.; OMARA, T. Exponential disruptive technologies and the required skills of industry 4.0. **Journal of Engineering** v. 2020, 07 feb. 2020. Disponível em: <https://downloads.hindawi.com/journals/je/2020/4280156.pdf>

BONINI *et al.* Formação e atuação profissional das áreas STEM no Brasil: ainda temos pouco? In: LINHARES, Wendell Luiz (org.) **As ciências sociais aplicadas e a interface com vários saberes 2**. Ponta Grossa. PR: Atena Editora, 2020, 25 p. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/30440>

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **A ciência e a tecnologia no olhar dos brasileiros**. Percepção pública da C&T no Brasil Brasília: 2015. 156 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/percepcao_web.pdf. Acesso em: 09 jul. 2020.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Diagnóstico das Ciências Humanas, Sociais Aplicadas, Linguística, Letras e Artes (CHSSALLA) no Brasil**. Brasília, DF: CGEE, 2020. 352 p. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CGEE-2020-CHSSALLA.pdf>

COTET, G.; CARUTASU, N.; CHISCOP, F. Industry 4.0 diagnosis from an imillennial educational perspective. **Education Sciences**, v. 10, n.º 1, p. 21, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338666997_Industry_40_Diagnosis_from_an_iMillennial_Educational_Perspective/fulltext/5e225e3292851cafc38c7d80/Industry-40-Diagnosis-from-an-iMillennial-Educational-Perspective.pdf

DEHGHAN, H.; RAHIMINEZHAD, V. ICT and gender digital divide in Iran. INTED2010 Conference. 8-10 March 2010, Valencia, Spain. **Proceedings...** 2010. Disponível em: <https://library.iiated.org/view/DEHGHAN2010ICT>

FREY, C.; OSBORNE, M.A. The Future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? **Oxford Martin School Working Paper**. 72 p. 17 set. 2013. Disponível em: https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf?link=mkw

GUDANOWSKA, A.E.; ALONSO, J.P.; TÖRMÄNEN, A. What competencies are needed in the production industry? The case of the Podlaskie Region. **Engineering Management in Production and Services**, v. 10, n.º 1, p. 65-74. 2018. Disponível em: <https://content.sciendo.com/downloadpdf/journals/emj/10/1/article-p65.xml>

HECKLAU, F.; GALEITZKE, M.; FLACHS, S.; KOHL, H. Holistic approach for human resource management in industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 54, p. 1-6. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Holger_Kohl/publication/309341485_Holistic_Approach_for_Human_Resource_Management_in_Industry_40/links/5950e286aca27248ae4613b9/Holistic-Approach-for-Human-Resource-Management-in-Industry-40.pdf

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. 2019. 128 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101678.pdf>

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – IEDI. **Entraves à digitalização na América Latina e o combate da Covid-19**. Carta IEDI 1041. 10 jul. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/2CVDlg2> Acesso em: 17 jul. 2020.

JERMAN, A.; PEJIĆ BACH, M.; ALEKSIĆ, A. Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies. *Syst Res Behav Sci*. v. 37, p. 388– 402. 2020. <https://doi.org/10.1002/sres.2657>

KARAGOZLU, D. Determination of the impact of augmented reality application on the success and problem-solving skills of students. *Quality & Quantity*, v. 52, p. 2393–2402, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0674-5>

LASIĆ-LAZIĆ, J.; PAVLINA, K.; PONGRAC PAVLINA, A. Students' attitudes toward computer science in elementary school, *In: EDULEARN17 Proceedings*, 2017. p. 741-746. **Proceedings...** 2017. Disponível em: <https://www.bib.irb.hr/919590>

LIN, K.; TAN, S. Levelling up teachers' ICT competencies: a department's approach to ICT integration. *In: INTED2016 International Technology, Education and Development Conference*, 10th, 7-9 Mar. 2016. Valencia, Spain. **Proceedings...** 2016, p.6449-6458. Disponível em: <https://library.iated.org/view/LIN2016LEV>

LINKEDIN. **Profissões Emergentes 2020**. 2020, 25 p. Disponível em: https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/talent-solutions/emerging-jobs-report/Emerging_Jobs_Report_Brazil.pdf. Acesso em: 06 ago. 2020.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Education at a Glance 2018**. Paris: 2018. 462 p. Disponível em: https://www.cnedu.pt/content/noticias/internacional/Education_at_a_glance_2018.pdf Acesso em: 28 dez. 2018.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **OECD employment outlook 2019: The Future of Work**. Paris: 2019. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/employment/oecd-employment-outlook-2019_9ee00155-en

PFFEIFER, Sabine The Vision of “industrie 4.0” in the making—a case of future told, tamed, and traded. *Nanoethics* v. 11, p. 107–121, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11569-016-0280-3>

PINZONE, M.; FANTINI, P.; PERINI, S.; GARAVAGLIA, S.; TAISCH, M.; MIRAGLIOTTA, G. **Jobs and skills in industry 4.0: an exploratory research**. *In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*. Hamburg, Germany, book series (IFIPAICT, v. 513), 2017. p. 282-288. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-66923-6_33

SALLATI, Carolina; BERTAZZI, Júlia de Andrade; SCHÜTZER, Klaus. Professional skills in the product development process: the contribution of learning environments to professional skills in the Industry 4.0 scenario. **Procedia CIRP**, v.84, p. 203-208. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119305190>

SALNIKOVA, Ludmila. Robots versus journalists: does journalism have a future? **Theoretical and Practical Issues of Journalism**. v. 8, n.º 4, p.668-678. nov. 2019. DOI: 8. 668-678. 10.17150/2308-6203.2019.8(4).668-678.

SCHALLOCK, B; RYBSKI, C.; JOCHEM, R.; KOHL, H. Learning factory for industry 4.0 to provide future skills beyond technical training. **Procedia Manufacturing**, v. 23, p. 27-32. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918304608/pdf?md5=d54e1370ddabocf621ee2d673117954b&pid=1-s2.0-S2351978918304608-main.pdf>

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2019. 160 p.

TESSARINI JÚNIOR, G.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 18, n.º 2, p. 743-769, 2018. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967/1678>

TSALAPATAS, Hariklia; HEIDMANN, Olivier; HOUSTIS, Elias. Serious games for building digital skills for employability. In: INTERNATIONAL CONFERENCE on Education and New Learning Technologies, March 2017. **Conference Paper...** 2017. 10.21125/edulearn.2017.1404.

UK COMMISSION FOR EMPLOYMENT AND SKILLS – UKCES. **The labour market story: skills for the future**; brief paper. July 2014. 41 p. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/344441/The_Labour_Market_Story_-_Skills_for_the_Future.pdf. Acesso em: 23 jul. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **The Future of jobs**: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Jan. 2016. 167 p. Disponível em: <https://bit.ly/3fa06zN>. Acesso em: 28 jul. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **The Global human capital report 2017**: preparing people for the future of work. 2017. 203 p. Disponível em: <https://bit.ly/3hZJrRa> Acesso em: 03 ago. 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **Data Science in the New Economy**: a new race for talent in the fourth industrial revolution. July 2019. 22p. Disponível em: <https://bit.ly/38IVPlj> Acesso em: 10 jul. 2020

SEÇÃO 2

INCLUSÃO NA EDUCAÇÃO SUPERIOR

Políticas de educação superior no início do século 21: “os anos dourados” da inclusão social

Políticas de educação superior no início do século 21: “os anos dourados” da inclusão social

Ana Luíza Matos de Oliveira¹

Resumo

No início do século 21, o Brasil viveu um período de ampliação do acesso aos direitos sociais, por meio da criação e expansão de políticas públicas. Na educação superior (ES), área ainda marcada por uma elitização em uma nação onde o acesso a este nível de ensino é um sinalizador de renda e status, o País também criou, neste período, uma série de políticas nesse sentido. É esse conjunto de políticas voltadas à inclusão social na ES, adotadas entre 2003 e 2014, que este artigo analisa, utilizando-se do arcabouço de Frey *et al.* (2017).

Palavras-chave: Educação superior. Inclusão. Desigualdade. Brasil. Austeridade. Política pública. Política social.

Abstract

At the beginning of the 21st century, Brazil experienced a period of expansion in access to social rights through the creation and expansion of public policies. In higher education, an area still characterized by the predominance of elites in a country where access to this educational level is a signal of income and status, the country also created, in this period, a series of policies for social inclusion. This article analyses this set of social inclusion in higher education policies, adopted between 2003 and 2014, using the framework of Frey et al (2017).

Keywords: Higher education. Inclusion. Inequality. Brazil. Austerity. Public policy. Social policy.

¹ Doutora e mestre em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Graduada em Economia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

1. Introdução

No início do século 21, o Brasil viveu um período de ampliação do acesso aos direitos sociais, por meio da criação e expansão de políticas públicas, impulsionadas pelo crescente orçamento público destinado para a área social. Em paralelo, pode-se apontar também uma sinergia deste mecanismo com melhorias percebidas no mercado de trabalho brasileiro, que levam à comparação deste período – em linhas gerais de 2003 a 2014 – com os “anos dourados” dos países do capitalismo central, entre 1945 e 1975 (OLIVEIRA, 2019a).

Na educação superior (ES), área ainda marcada por uma elitização em uma nação onde o acesso à ES é um sinalizador de renda e status, o País também criou, neste período, uma série de políticas voltadas à inclusão social. É esse conjunto de políticas voltadas à inclusão social na ES, com enfoque na graduação, adotadas entre 2003 e 2014, que este artigo analisa, utilizando-se do arcabouço de Frey *et al.* (2017). No entanto, como exposto ao final do artigo, este período já é tema de história econômica, não mais de conjuntura.

O presente artigo é composto por esta introdução; uma apresentação das principais políticas voltadas à inclusão social na educação superior, no início do século 21; seguidas de uma comparação entre tais políticas. O artigo é, então, complementado com considerações finais.

2. Políticas de educação superior no início do século 21

Interpreta-se a Constituição Federal de 1988, neste artigo, como um marco importante na institucionalização de direitos, que contrasta com uma história de exclusão social no Brasil. Assim, entende-se que há uma mudança no paradigma de acesso à ES, a partir da Constituição Cidadã, mas que só se acentua nos anos 2000, em função: da conjunção do arcabouço institucional formado a partir da redemocratização; e da mobilização de orçamento público para políticas com este fim. Como resultado desse cenário, houve aumento do gasto social e adoção de novas políticas, a exemplo de ações afirmativas e demais iniciativas do Ministério da Educação (MEC), como o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), o Plano Nacional de Assistência Estudantil (Pnaes), o Programa Universidade para Todos (Prouni) e o Fundo de Financiamento Estudantil (FIES), entre outros. O crescimento da importância dessa questão na agenda dos formuladores de políticas públicas, aliado às melhorias no mercado de trabalho e à redução de diversas desigualdades no País, neste início de século, criou um ambiente propício para se pensar políticas direcionadas à inclusão na educação superior (OLIVEIRA, 2019a; OLIVEIRA, 2020).

Os itens a seguir expõem uma análise de algumas políticas voltadas à inclusão na ES, em especial, na graduação.

2.1. Reuni: a expansão das Ifes

O Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni) foi estabelecido em 2007, por meio do Decreto n.º 6096/07 (BRASIL, 2007a). O programa resultou no aumento da quantidade de estudantes em Instituições Federais de Educação Superior (Ifes), por meio da abertura de novos cursos, novas turmas e Ifes com enfoque na interiorização. Por exemplo, o programa criou novas universidades como: Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf); Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa); Universidade Federal do ABC (UFABC); Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM); Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM); Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR); Universidade Federal do Pampa (Unipampa); Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB); Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA); Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS); Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa); Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila) e Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (Unilab), entre outras. É relacionada ao programa, ainda, a n.º Lei 11.892/2008 (BRASIL, 2008), que institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica; e cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (Ifet). Assim, a referida Rede passou a ser constituída, além do próprios Ifet, de Escolas Agrotécnicas Federais (EAF), escolas técnicas vinculadas às universidades federais, Escolas Técnicas Federais (ETF) e Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefet). Após a promulgação da Lei, essas instituições passaram a ofertar, além do ensino técnico de nível médio, cursos de educação superior.

O Reuni recebeu críticas (LÉDA; MANCEBO, 2009; ARAÚJO; PINHEIRO, 2010) por “massificar a educação superior”². Minto (2018) aponta, também, de 2007 a 2013, o aumento da Educação à Distância (EaD) nas universidades federais; a elevação em 227% nas matrículas presenciais do ensino não universitário (em Ifes e Cefet).

Entretanto, o programa é a razão principal da expansão das Ifes nos anos 2000, em número de instituições e na ampliação das matrículas nessas unidades de ensino (Tabela 1).

2 A relação matrículas em cursos de graduação presenciais/função docente em exercício para 2006, no Brasil, estava em 15,5, subindo para 16,9, em 2014, e 17,2, em 2017. Entretanto, no que diz respeito ao conjunto das Ifes, alvo da política em questão, esse valor caiu de 10,8, em 2006, para 10,6, em 2014, mantendo o número para 2017 e, mais especificamente entre as universidades federais, passou de 11,2, em 2006, para 11,3, em 2014, também mantendo o mesmo número para 2017.

Tabela 1. Número de instituições de educação superior (IES), por localização e categoria administrativa (2001 a 2017)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Total IES Brasil	1.391	1.637	1.859	2.013	2.165	2.270	2.281	2.252	2.314	2.378	2.365	2.416	2.391	2.368	2.364	2.407	2.448
IES Públicas	183	195	207	224	231	248	249	236	245	278	284	304	301	298	295	296	296
Ifes	67	73	83	87	97	105	106	93	94	99	103	103	106	107	107	107	109
IES Estaduais	63	65	65	75	75	83	82	82	84	108	110	116	119	118	120	123	124
IES Municipais	53	57	59	62	59	60	61	61	67	71	71	85	76	73	68	66	63
IES Privadas	1.208	1.442	1.652	1.789	1.934	2.022	2.032	2.016	2.069	2.100	2.081	2.112	2.090	2.070	2.069	2.111	2.152
IES Norte	61	83	101	118	122	135	140	139	147	146	152	154	146	149	150	156	165
IES Nordeste	211	256	304	344	388	412	422	432	448	433	432	444	446	452	456	480	517
IES Sudeste	742	840	938	1.001	1.051	1.093	1.095	1.069	1.090	1.169	1.157	1.173	1.145	1.126	1.118	1.126	1.121
IES Sul	215	260	306	335	370	387	375	370	386	386	389	409	413	402	405	405	405
IES Centro-Oeste	162	198	210	215	234	243	249	242	243	244	235	236	241	239	235	240	240

Fonte: Elaboração própria a partir de Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

Quanto a recursos, a Ação 8282 do orçamento da União, correspondente a *Reestruturação e Expansão das Universidades Federais*, relacionada ao programa, chega a seu ápice em 2014 para dotação atual e valores liquidados, caindo a partir de então (Gráfico 1). O valor empenhado chega ao ápice em 2013.

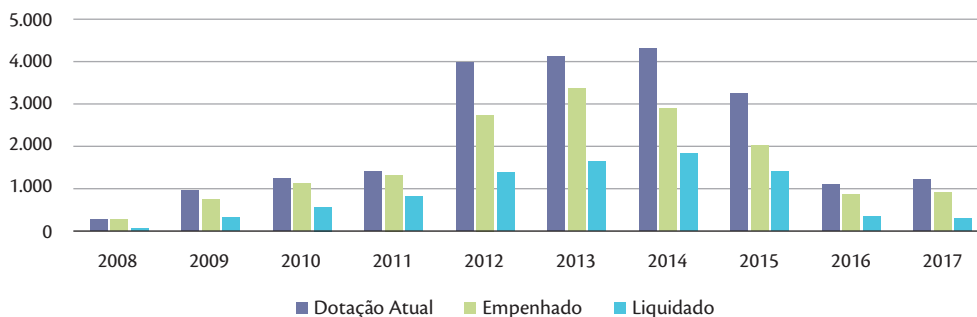


Gráfico 1. Valores da ação 8282 - Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (em R\$ milhões, 2013 – 2017)

Fonte: Elaboração própria a partir de Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop).

Nota: Valores corrigidos pelo IPCA (30/06/2017).

Outros aspectos importantes do programa foram a interiorização das Ifes e a desconcentração das matrículas. Além disso, a literatura aponta o programa como importante instrumento de inclusão de grupos vulneráveis na ES (COSTA, COSTA, AMANTE, SILVA, 2011; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2014), devido à criação de novos cursos, novas universidades e novos arranjos para acolher estudantes de *background* socioeconômico mais vulnerável.

2.2. Ações afirmativas: a reserva de vagas nas IES públicas

As ações afirmativas são políticas fundamentadas no procedimento da discriminação positiva. Entram em cena quando a legislação de orientação universalista se revela impotente para resolver, ao longo do tempo, problemas derivados da persistência de padrões sociais de exclusão e discriminação. A ação afirmativa procura romper com mecanismos de exclusão que permanecem intocados pelas políticas públicas universais ou quando estas sequer são plenamente implantadas (FERES JR.; DAFLON, 2015, p. 95-96).

Feres Jr. e Daflon (2015) apontam que, dos casos de ação afirmativa registrados, o mais antigo de que se tem notícia é o da Índia, onde a adoção de tais políticas data de 1950, e um dos mais recentes é o do Brasil, onde a implementação desse tipo de política ocorreu apenas em meados de 2003. No caso brasileiro, no entanto, a primeira “cota” de que se tem notícia no País não foi sociorracial, nem gerou redução das desigualdades, mas ajudou a reproduzi-las: a Lei 5.465/1968 (BRASIL, 1968), conhecida como “Lei do Boi” que foi revogada em 1985 pela Lei 7.423, que previa reservas de vagas nos cursos de agricultura e veterinária para produtores rurais e seus filhos, o que, na prática, beneficiou os descendentes dos grandes proprietários. Sancionada por Costa e Silva, esta lei foi a precursora às avessas das cotas no Brasil, acentuando privilégios. Sua vigência foi até o ano de 1985, quando caiu por pressão popular.

Passados 35 anos da criação da Lei do Boi, em 2003, foi implementada a política de cotas na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), sendo esta a instituição de educação superior (IES) pioneira no Brasil na inauguração de uma ação afirmativa, o que desencadeou discussões por todo o País. Em 2004, a Universidade de Brasília (UnB) foi a primeira universidade federal a adotar ação afirmativa para negros. As universidades estaduais, por sua vez, impulsionaram fortemente a adoção de cotas no Brasil (MENDES, 2013), sendo que, em 2007, 22 destas instituições de ensino já haviam adotado algum tipo de ação afirmativa, contra 17 iniciativas similares das federais. A grande expansão ocorreu em 2008, quando as estaduais ampliaram esse seu grupo para 27 e as federais, 29. Em 2010, a universidades com algum tipo de ação afirmativa somavam 38 entre as federais e 32 entre as estaduais (GEMAA, 2016).

Contudo, as ações afirmativas somente se tornaram obrigatórias para as Ifes por meio da Lei 12.711/2012 (BRASIL, 2012), que prevê a separação de vagas para cotistas por critérios socioeconômicos e raciais, ou seja: 50% das vagas das Ifes são destinadas a estudantes que cursaram integralmente o ensino médio em escolas públicas e preenchidas em proporção, no mínimo, igual à de pretos, pardos e indígenas na população da unidade da Federação onde está instalada a instituição, segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Das vagas para cotistas, metade deve ser destinada a estudantes que, além de cumprir os dois critérios mencionados, tenham renda familiar inferior a 1,5 Salário Mínimo (SM).

No primeiro semestre de 2016, pela primeira vez, mais de 50% das vagas das universidades federais foram reservadas para cotas. Das vagas ofertadas, 114,5 mil (51,7% do total) foram destinadas a ações afirmativas e 113 mil (48%), à disputa livre (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR – ANDIFES, 2016).

Sobre as polêmicas da política, desde a adoção das ações afirmativas na ES, muitos trabalhos foram realizados para analisar o rendimento dos cotistas em relação a não cotistas. Estudos

realizados na UnB, por exemplo, demonstram que os estudantes cotistas apresentam melhores médias/rendimento escolar que estudantes não cotistas, em diversos cursos e períodos, e evadem em proporções menores que os não cotistas (CARDOSO, 2008). Vilela *et al.* (2017) mostram que, com a introdução das cotas, os estudantes aprovados (cotistas e não cotistas) para a principal universidade federal de unidade da Federação (UF) selecionada pertencem pelo menos ao penúltimo décimo de nota, ou seja, ao topo da distribuição de notas do ENEM de cada UF. Queiroz *et al.* (2015), analisando o rendimento de cotistas e não cotistas na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), não encontram diferenças estatísticas de rendimento entre os grupos. A política de cotas também rendeu ao Brasil menções positivas na Organização das Nações Unidas (ONU) (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME – UNDP, 2014).

Além disso, sobre os debates acadêmicos em torno das cotas, Guarnieri e Melo-Silva (2017) retratam bem o estado da arte do campo, com uma clara divisão temporal nos estudos sobre as ações afirmativas na ES:

Em síntese, nas publicações de 2003 a 2008, foram verificadas algumas tendências: (a) a marca da argumentação dicotômica de defesa ou ataque às Cotas Universitárias em relação a sua constitucionalidade, com a definição de critérios (PENA; BORTOLINE, 2004; PIMENTEL; SANTOS PEREIRA, 2004; DURHAM, 2005; SANTOS, 2006 apud GUARNIERI; MELO-SILVA, 2017) e (b) levantamento de opiniões por diferentes segmentos sociais e os impactos esperados (VASCONCELOS; SILVA, 2005; GUARNIERI; MELO-SILVA, 2010; MENIN; SHIMIZU; SILVA; CIOLDI; BUSCHINI, 2008 apud GUARNIERI; MELO-SILVA, 2017). Por sua vez, na produção do período 2009-2013, **há destaque para aspectos positivos relacionados à diversidade promovida pela inclusão adequada dos grupos sociais em desvantagem, tanto em relação à educação superior quanto à sociedade como um todo. O contexto considerado é de aceitação da constitucionalidade das cotas, cujo marco se deu em 2010**, com a ADPF nº186. Destaca-se também a presença significativa de estudos que analisam e acompanham a política pública brasileira e seus impactos ao longo dos anos (ANDRADE, 2010; CICALO, 2012; FRANCIS; TANNURI-PIANTO, 2012A, 2012B; PENHA-LOPES, 2013; SILVA; SILVA, 2012 apud GUARNIERI; MELO-SILVA, 2017), visando à melhoria dos programas e sugerindo alternativas desenvolvidas a partir desses estudos (GUARNIERI; MELO-SILVA, 2017, p.188, grifo nosso).

Guarnieri e Melo-Silva (2017) avaliam que houve falhas de comunicação entre o Estado e a sociedade civil na execução da política, o que pode, em realidade, minar os efeitos benéficos da política. Mas, como mostra o trecho anterior, na literatura, o interesse pelo confronto dicotômico (*pró versus contra*) vem diminuindo.

Por fim, sobre as interfaces entre as cotas e o Reuni, Ristoff (2014) defende que IES novas como a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) “já nasceram com mais cara de povo, ou seja, com uma identidade mais próxima da sociedade brasileira como um todo” (RISTOFF, 2014, p.744).

Assim, as ações afirmativas foram um passo importante na democratização socioeconômica e racial do acesso às IES, em nível de graduação, e proporcionaram ainda maior importância às políticas de assistência estudantil.

2.3. Assistência estudantil: o apoio aos estudantes

A assistência estudantil tem grande relevância devido à alta desigualdade social brasileira, que se expressa nos desafios à permanência dos alunos na ES, ainda mais com a mudança do perfil dos discentes ao longo dos anos 2000.

Assim, foi instituído o Programa Nacional de Assistência Estudantil (Pnaes), por meio da Portaria Normativa 39/2007 (BRASIL, 2007b), com enfoque nos estudantes de cursos de graduação presenciais das Ifes. O referido programa foi implementado a partir do ano de 2008. Dois anos depois, o novo regulamento do Pnaes passou a ser o Decreto nº 7.234, de 19 de julho de 2010 (BRASIL, 2010). Para Imperatori (2017), o programa é um “marco histórico para a política de assistência, por definir suas áreas de ação e ser o referencial para os programas e projetos realizados nas diversas Ifes do Brasil” (IMPERATORI, 2017, p. 294). Os modos de execução das ações estabelecidas no programa são diversos: há diferentes formas de provimento da moradia estudantil, com residências universitárias ou bolsas para gastos com valores distintos; e, no que diz respeito à alimentação, em algumas Ifes, são priorizados os restaurantes universitários, em outras, é fornecido o recurso monetário para utilização em lanchonetes ou restaurantes; entre outras ações (IMPERATORI, 2017).

Sobre a Bolsa Permanência, em linhas gerais, podem ser beneficiários estudantes de Ifes que possuam renda familiar *per capita* não superior a um 1,5 SM. A partir de 2013, bolsistas integrais do Prouni passaram a poder pleitear, com a finalidade de custear suas despesas educacionais, um benefício com valor máximo equivalente ao praticado na política federal de bolsas de iniciação científica. Este benefício também foi chamado de Bolsa Permanência. Segundo o Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento (Siop)³, os valores empenhados e liquidados

3 O Siop é o sistema informatizado que suporta os processos de Planejamento e Orçamento do Governo Federal.

com Bolsa Permanência (Ação 0A12 do orçamento da União - Concessão de Bolsa Permanência na Educação Superior) cresceram de R\$ 79 milhões⁴ e R\$ 49 milhões, respectivamente, em 2013, para R\$ 187 milhões e R\$ 160 milhões, em 2017, sem sofrer redução após 2014, diferentemente de outros valores até aqui analisados.

2.4. Prouni e FIES: a expansão no setor privado

O Brasil inicia o século com pouco mais de 3 milhões de matrículas em cursos de graduação presenciais (Tabela 2) e chega em 2016 a 6,5 milhões de matrículas na educação superior.

Outra parte da ampliação das matrículas ocorreu na modalidade de EaD: em 2001, o Brasil somou 5.359 matrículas em EaD, mas, como resultado do Decreto 5.622/2005 (BRASIL, 2005a), as matrículas aumentaram para 1.341.842 em 2014, das quais, 1.202.469 foram em IES privadas (ou 89,6%). Em 2016, o total foi ampliado para 1.494.418, sendo 1.371.817 em IES privadas (ou 91,7%) (Gráfico 2).

Além disso, é importante considerar que, em 2003, 70,7% das matrículas presenciais em graduação ocorriam em IES privadas, subindo para 71,9% em 2014. Esse número recua ligeiramente para 71,5% em 2016 e 71,2% em 2017 (Gráfico 3).

4 Valores corrigidos pelo IPCA (30/06/2017).

Tabela 2. Matrículas em Cursos de Graduação Presenciais, em 30/06 de cada ano, segundo Região e a Categoria Administrativa das IES (2002 – 2017)

Unidade da Federação / Categoria Administrativa		2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Brasil	Total	3.479.913	3.887.022	4.163.733	4.453.156	4.676.646	4.880.381	
		1.051.655	1.136.370	1.178.328	1.192.189	1.209.304	1.240.968	
	Pública	Federal	531.634	567.101	574.584	579.587	589.821	615.542
		Estadual	415.569	442.706	471.661	477.349	481.756	482.814
		Municipal	104.452	126.563	132.083	135.253	137.727	142.612
	Privada	2.428.258	2.750.652	2.985.405	3.260.967	3.467.342	3.639.413	
Norte	Total	190.111	230.227	250.676	261.147	280.554	303.984	
		115.943	129.759	133.914	124.763	128.173	136.754	
	Pública	Federal	77.958	92.483	91.85	88.05	86.112	87.953
		Estadual	35.994	34.304	38.171	32.533	37.378	43.603
		Municipal	1.991	2.972	3.893	4.18	4.683	5.198
	Privada	74.168	100.468	116.762	136.384	152.381	167.23	
Nordeste	Total	542.409	624.692	680.029	738.262	796.14	853.319	
		316.645	339.536	345.508	352.757	356.278	367.735	
	Pública	Federal	156.144	165.382	167.305	171.22	173.129	187.119
		Estadual	143.845	157.047	160.488	163.914	164.203	161.029
		Municipal	16.656	17.107	17.715	17.623	18.946	19.587
	Privada	225.764	285.156	334.521	385.505	439.862	485.584	
Sudeste	Total	1.746.277	1.918.033	2.055.200	2.209.633	2.333.514	2.431.715	
		333.631	342.851	363.924	377.053	382.862	387.545	
	Pública	Federal	148.62	150.648	154.907	160.098	166.336	172.774
		Estadual	128.644	132.584	145.166	152.996	152.72	152.45
		Municipal	56.367	59.619	63.851	63.959	63.806	62.321
	Privada	1.412.646	1.575.182	1.691.276	1.832.580	1.950.652	2.044.170	

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
5.080.056	5.115.896	5.449.120	5.746.762	5.923.838	6.152.405	6.486.171	6.633.545	6.554.283	6.529.681
1.273.965	1.351.168	1.461.696	1.595.391	1.715.752	1.777.974	1.821.629	1.823.752	1.867.477	1.879.784
643.101	752.847	833.934	927.086	985.202	1.045.507	1.083.586	1.133.172	1.175.650	1.204.956
490.235	480.145	524.698	548.202	560.505	557.588	576.668	574.645	577.967	579.615
140.629	118.176	103.064	120.103	170.045	174.879	161.375	115.935	113.86	95.213
3.806.091	3.764.728	3.987.424	4.151.371	4.208.086	4.374.431	4.664.542	4.809.793	4.686.806	4.649.897
323.19	313.959	352.358	385.717	404.727	423.565	450.844	473.848	473.479	473.716
136.519	128.689	152.469	168.327	180.017	185.753	189.279	186.069	193.437	188.502
88.178	91.263	105.257	115.828	130.95	141.357	140.675	140.437	148.525	145.327
42.735	31.928	39.349	44.386	41.147	38.46	43.039	40.029	39.314	38.682
5.606	5.498	7.863	8.113	7.92	5.936	5.565	5.603	5.598	4.493
186.671	185.27	199.889	217.39	224.71	237.812	261.565	287.779	280.042	285.214
912.693	965.502	1.052.161	1.138.958	1.213.519	1.287.552	1.378.920	1.433.406	1.444.368	1.447.248
383.539	409.393	438.09	471.209	499.721	511.825	527.984	539.359	546.473	546.76
199.252	239.561	260.147	288.261	304.089	317.338	328.701	344.206	357.474	362.518
163.506	150.599	157.41	163.148	174.665	172.386	178.749	175.706	170.581	167.342
20.781	19.233	20.533	19.8	20.967	22.101	20.534	19.447	18.418	16.9
529.154	556.109	614.071	667.749	713.798	775.727	850.936	894.047	897.895	900.488
2.512.560	2.516.712	2.656.231	2.755.635	2.816.086	2.903.089	3.048.811	3.087.825	3.020.865	3.003.075
394.903	441.8	493.881	533.355	558.899	590.242	617.285	631.597	647.413	665.756
182.132	226.772	249.262	277.305	293.451	313.209	326.959	344.522	350.736	366.022
153.187	173.282	204.197	215.054	221.533	227.233	236.995	239.056	247.854	252.539
59.584	41.746	40.422	40.996	43.915	49.8	53.331	48.019	48.823	47.195
2.117.657	2.074.912	2.162.350	2.222.280	2.257.187	2.312.847	2.431.526	2.456.228	2.373.452	2.337.319

		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Sul	Total	677.655	745.164	793.298	845.341	854.831	864.264				
		177.472	209.575	216.758	223.378	228.585	230.153				
	Pública	Federal	85.961	94.281	94.153	95.836	98.727	103.17			
		Estadual	65.033	71.828	79.871	82.788	84.589	81.537			
		Municipal	26.478	43.466	42.734	44.754	45.269	45.446			
	Privada	500.183	535.589	576.54	621.963	626.246	634.111				
Centro-Oeste	Total	323.461	368.906	384.53	398.773	411.607	427.099				
		107.964	114.649	118.224	114.238	113.406	118.781				
	Pública	Federal	62.951	64.307	66.369	64.383	65.517	64.526			
		Estadual	42.053	46.943	47.965	45.118	42.866	44.195			
		Municipal	2.96	3.399	3.89	4.737	5.023	10.06			
	Privada	215.497	254.257	266.306	284.535	298.201	308.318				

Fonte: Elaboração própria a partir de Inep.

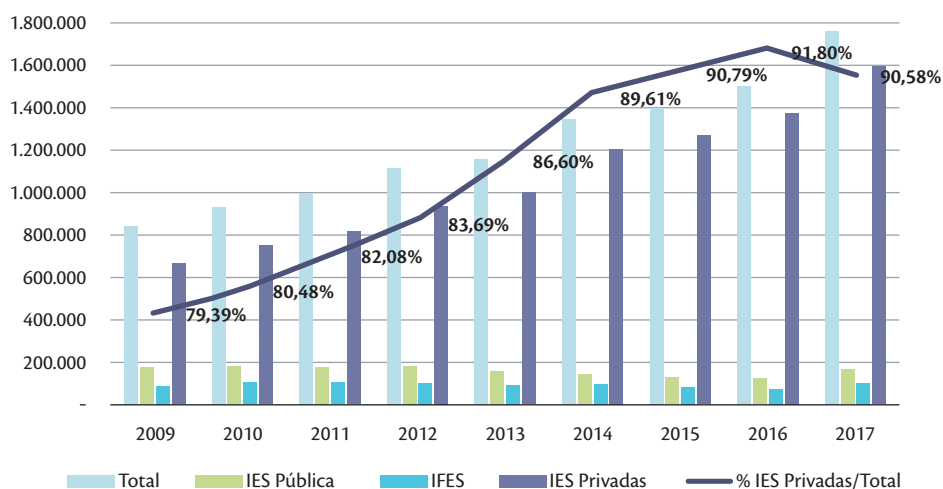


Gráfico 2. Número de matrículas em cursos EaD por tipo de IES e percentual de participação do setor privado, % (2009 - 2017)

Fonte: Elaboração própria a partir de Inep.

887.182	865.936	893.13	929.446	941.738	962.684	995.669	1.021.149	1.009.048	998.285
237.384	246.882	242.367	277.696	328.001	335.968	326.959	300.342	309.401	299.07
106.385	120.644	135.132	151.86	159.508	170.702	179.038	190.84	201.546	206.321
85.593	83.755	82.482	84.337	82.425	80.346	79.36	79.927	80.013	79.314
45.406	42.483	24.753	41.499	86.068	84.92	68.561	29.575	27.842	13.435
649.798	619.054	650.763	651.75	613.737	626.716	668.71	720.807	699.647	699.215
444.431	453.787	495.24	537.006	547.768	575.515	611.927	617.317	606.523	607.357
121.62	124.404	134.889	144.804	149.114	154.186	160.122	166.385	170.753	179.696
67.154	74.607	84.136	93.832	97.204	102.901	108.213	113.167	117.369	124.768
45.214	40.581	41.26	41.277	40.735	39.163	38.525	39.927	40.205	41.738
9.252	9.216	9.493	9.695	11.175	12.122	13.384	13.291	13.179	13.19
322.811	329.383	360.351	392.202	398.654	421.329	451.805	450.932	435.77	427.661

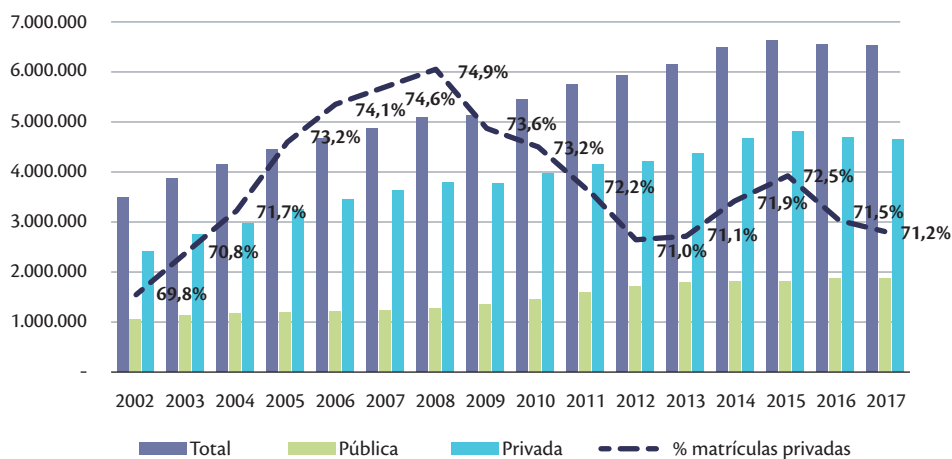


Gráfico 3. Total de matrículas em cursos presenciais, por tipo de IES e percentual de matrículas privadas (2002 - 2017)

Fonte: Elaboração própria a partir de Inep.

Tais tendências, no entanto, apresentam diferenças regionais consideráveis, como mostra a Tabela 3. O Norte e o Nordeste iniciam a década com uma participação relativamente baixa do setor privado no total de matrículas, mas esta participação sobe em torno de 20 pontos percentuais (pp) em ambas as regiões, caracterizando um grande avanço da ES privada nessas localidades.

Tabela 3. Percentual de matrículas (cursos presenciais) em IES privadas por regiões, % (2002 - 2017)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Brasil	70	71	72	73	74	75	75	74	73	72	71	71	72	73	72	71
Norte	39	44	47	52	54	55	58	59	57	56	56	56	58	61	59	60
Nordeste	42	46	49	52	55	57	58	58	58	59	59	60	62	62	62	62
Sudeste	81	82	82	83	84	84	84	82	81	81	80	80	80	80	79	78
Sul	74	72	73	74	73	73	73	71	73	70	65	65	67	71	69	70
Centro-Oeste	67	69	69	71	72	72	73	73	73	73	73	73	74	73	72	70

Fonte: *Elaboração própria a partir de Inep.*

Tais dados mostram a dimensão do setor privado na ES no Brasil, que se ampliou com o apoio de duas políticas: o Programa Universidade para Todos (Prouni) e o Fundo de Financiamento Estudantil (FIES).

O Prouni é um programa do Ministério de Educação, criado pela Lei 11.096/2005 (BRASIL, 2005b), por meio do qual são concedidas bolsas de estudo integrais e parciais (de 50%) em IES privadas, de acordo com a renda do estudante. Podem participar: egressos do ensino médio da rede pública ou de instituição particular na condição de bolsistas integrais da própria escola; estudantes com deficiência; e professores da rede pública de ensino do quadro permanente e que concorrerem a cursos de licenciatura. O Prouni reserva bolsas a pessoas com deficiência e aos autodeclarados indígenas, pardos ou pretos, de acordo com o percentual de pretos, pardos e indígenas em cada Estado. Segundo dados do Prouni (2014), de 2005 ao segundo semestre de 2014, foram ofertadas 1.497.225 bolsas no Brasil, sendo:

- 12.225 bolsistas professores da educação básica pública (1% do total);
- 790.668 bolsistas mulheres (53% do total);

- 1.049.645 bolsas ofertadas integrais (70%), frente a 447.580 parciais (30%);
- 1.273.322 bolsas ofertadas em cursos presenciais (85%) e 223.903 em EaD (15%);
- 10.340 bolsas alocadas para pessoas com deficiência (1% do total);
- 57% das bolsas direcionadas para IES com fins lucrativos, 26% para entidades beneficentes de assistência social e 17% para IES sem fins lucrativos não beneficentes;
- 46% das bolsas alocadas para estudantes brancos, 38% para pardos, 13% para negros, 2% para amarelos e 0,13% para indígenas;
- 50% das bolsas concedidas na Região Sudeste, 18% na Região Sul, 15% na Região Nordeste, 9% na Região Centro-Oeste e 5% na Região Norte. São Paulo concentrou 30% das bolsas e Minas Gerais, em segundo lugar, 12%; e
- 945.746 bolsistas matriculados em cursos noturnos (74% do total).

O programa sofreu críticas, em especial pela mercantilização do acesso à ES (e ampliação de recursos públicos para o setor privado, apesar de o programa se basear grandemente em isenção de impostos) e por ter atendido às exigências das IES (CATANI; GILIOLI, 2005; CARVALHO, 2006).

Em paralelo, ocorreu uma reestruturação do setor, com fusões, aquisições e a presença de grandes corporações, além de participação de capital estrangeiro, entre outros elementos. Corbucci, Kubota e Meira (2016, p. 39) abalizam que as novas IES privadas passaram a ser orientadas por políticas de aprimoramento de gestão administrativa, financeira e pedagógica, tendo como foco a redução de custos, com um novo *modus operandi*. Crítico a esse formato também é Sguissardi (2015), que defende que estão se anulando as fronteiras entre o público e o privado.

Uma das gigantes do setor é a Kroton Educacional, “uma das maiores organizações educacionais privadas do Brasil e do mundo, com uma trajetória de mais de 45 anos na prestação de serviços no Ensino Básico e de mais de 10 anos no Ensino Superior” (KROTON, 2018, p.1). Em seu site⁵ institucional, registra:

- 1.071 mil alunos de ensino superior e pós-graduação;
- 667 polos de EaD distribuídos por todos os Estados do Brasil;

⁵ Visitado em 26/11/2018.

- 124 campi localizados em todas as Regiões do País;
- 41 mil alunos no Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec);
- 53 mil alunos em cursos não regulados;
- 290 mil alunos de educação básica; e
- Mais de 600 escolas parceiras, além de atuação internacional (KROTON, 2018, p.1).

Segundo Corbucci, Kubota e Meira (2016), de 2012 a 2015, a receita líquida da Kroton na BM&F Bovespa cresceu 190%; a da Estácio, 70%; a da Ser Educacional, 189%; e a da Anima, 112%. Além disso, o mesmo estudo mostra que as margens de lucro das grandes brasileiras estão muito acima das margens de lucros de grandes conglomerados da área da educação dos EUA. Por sua vez, os autores relacionam essas margens de lucro ao Fundo de Financiamento Estudantil (FIES) e à alta proporção de estudantes beneficiados por este programa, considerando, ainda, que fica assegurada parcela significativa das receitas provenientes do pagamento de mensalidades (CORBUCCI; KUBOTA; MEIRA, 2016, p. 42). Ainda de acordo com o estudo, os percentuais de estudantes de graduação presencial que contam com o FIES correspondem a: 61% na Kroton, 42% na Estácio, 47% na Ser Educacional e 48% na Anima (dados de 2014). Contudo, tem sido alta a inadimplência dos beneficiários do FIES (G1, 2018).

O FIES está diretamente ligado ao Prouni. Inclusive, aqueles estudantes que obtêm bolsas parciais de graduação podem aplicar para um financiamento do FIES para pagar as mensalidades. Criado pela Lei 10.260/2001 (BRASIL, 2001), o FIES inclui em seus requisitos que os cursos para os quais o estudante pode pedir financiamento necessitam obter avaliação positiva por parte do Ministério da Educação.

Se, por um lado, o FIES teve o efeito de fortalecer empresas do setor educacional, a oferta de bolsas na ES permitiu uma rápida expansão por meio do aproveitamento da estrutura do conjunto das IES privadas, por ser maior e mais capilarizado. Esse é um argumento, no entanto, constante na história da ES brasileira: à época da Reforma Universitária de 1968, realizada pela ditadura, utilizava-se esse mesmo argumento para justificar o uso do setor privado para a expansão da ES (MINTO, 2008).

Além das tensões causadas pela privatização, as IES públicas ainda são consideradas centros de excelência e há diferenças muito significativas no reconhecimento, por parte do mercado de trabalho, entre os diplomas de IES públicas e privadas. As IES públicas também são a primeira escolha, na maioria dos casos, dos estudantes (CISLAGHI, 2010, p. 134).

Ainda assim, o Prouni teve significativa importância no rol de políticas colocadas em prática no Brasil no início do século 21 e grande papel na inclusão de estudantes de *background* vulnerável

na ES. A existência de políticas públicas que visassem à inclusão, como o Prouni e o FIES, mesmo com possibilidades de aperfeiçoamento de sua regulação, parece ter garantido que a expansão das IES privadas tenha ocorrido sem necessariamente provocar aumento das desigualdades e sem que o preço das mensalidades tenha sido um impeditivo para que famílias pobres pudessem colocar seus integrantes na ES.

3. Comparações entre as políticas analisadas e considerações finais

Neste artigo, foi exposto um panorama das políticas públicas da ES brasileira no início do século 21. O artigo mostra as iniciativas específicas adotadas para reduzir as múltiplas desigualdades de acesso à ES no País, o que é necessário para discutir os impactos, no perfil dos estudantes da ES, das mudanças ocorridas no referido período (OLIVEIRA, 2019b). As políticas aqui apresentadas tiveram impacto no perfil dos estudantes da ES, bem como promoveram avanços sociais indiretos, tais como melhorias no mercado de trabalho, redução da pobreza e da desigualdade da renda, entre outros benefícios.

Após a apresentação das políticas, foi utilizado o arcabouço de Frey *et al.* (2017) para identificar as peculiaridades de diferentes políticas e seus efeitos, de forma a oferecer um marco teórico-conceitual que permita análises comparativas. O marco proposto é utilizado pelos autores para analisar as grandes áreas em si (educação, saúde, assistência social, cultura e meio ambiente) que, por si só, já são demasiado complexas e compreendem políticas muito diferentes em termos de destinatários, efeitos, previsibilidade, relação público *versus* privado, escopo, complexidade, escolhas “trágicas”, status. Então, com fundamento no *framework* de Frey *et al.* (2017), foi elaborada a Tabela 4, com opção de análise das políticas em separado, considerando as dificuldades em analisar a área de políticas para a ES em um só bloco.

A análise e o quadro apresentados partem de um ponto específico no tempo, qual seja, uma fotografia das políticas aplicadas na ES no Brasil por volta de 2014. Desde o início de 2015, muitas dessas políticas sofreram cortes orçamentários e, mais recentemente, várias passaram a ser fortemente questionadas pela opinião pública e pelas próprias instituições públicas (DWECK; ROSSI; OLIVEIRA, 2020). Os cortes: i) não eram esperados pelos executores das políticas públicas na magnitude em que ocorreram, interrompendo processos de planejamento e construção dessas políticas; ii) podem ter efeitos a longo prazo no processo de democratização do acesso à ES, tal como vinha sendo construído. Por isso, o início do artigo aponta que esta temática já pertence mais à história econômica que à conjuntura.

Tabela 4. Comparação entre políticas para a ES no Brasil recente (2001 – 2014)

	Destinatários	Efeitos	Previsibilidade	Bens Público e Privado	Escopo	Complexidade, escalas, riscos e incertezas	Escolhas “trágicas”	Dimensões da política
Reuni	Universal, com ampliação do alcance das Ifes; diferencial se considerado o enfoque em cursos noturnos e em localidades com escassez de Ifes	Coletivos, pelo esperado aumento da produtividade e outras externalidades positivas; e individualizantes, pelo acesso à educação superior	Possível supor que a política consiga ampliar as vagas das Ifes	Públicos	Forte interdependência com outras políticas	Média, pois envolve a União e as instituições	Não, pois não fez distinção entre grupos; Sim, se a escolha de privilegiar uma região ocorreu em detrimento de outra (com maiores taxas de acesso à educação superior)	A política se relaciona mais à alocação de recursos monetários, mas fatores relacionados ao <i>status</i> , respeito ou injustiças também importam
Ações afirmativas	Diferencial, com enfoque na inclusão de estudantes oriundos de escolas públicas, de estratos de renda mais baixos e negros / de povos originários	Coletivos, pela diversificação do público universitário, e individualizantes, pelo acesso à educação superior	É possível supor que ações afirmativas ampliem inclusão de estudantes de escolas públicas, de renda baixa e negros / povos originários na ES	Públicos	Forte interdependência com outras políticas	Baixa, por envolver somente a IES em questão (para Ifes, definida por Lei Federal)	Não, pois a aplicação da política de cotas veio acompanhada de uma expansão das vagas nas Ifes e em várias das IES Estaduais	Alocação de recursos resolve, mas se trata de uma reparação histórica (<i>status</i>)
Assistência Estudantil	Diferencial, com enfoque nos estudantes de renda baixa	Coletivos, por aumentar as chances de conclusão de estudantes de baixa renda e individualizantes pelo acesso à educação superior	Aumenta as chances de conclusão de estudantes oriundos de famílias de baixa renda	Públicos e Privados (presentes nos dois tipos de instituições, em diferentes graus)	Forte interdependência com outras políticas	Alta, por demandar uma coordenação entre a União e as instituições e um acompanhamento próximo dos beneficiários	Não	A política se relaciona mais à alocação de recursos monetários
Prouni e FIES	Diferencial, por consistir em bolsas/ financiamento para estudantes oriundos de escolas públicas e de baixa renda	Coletivos, pelo esperado aumento da produtividade da sociedade e individualizantes, pelo acesso à educação superior	Amplia o acesso, à educação superior, de estudantes oriundos de escolas públicas e de baixa renda	Privados	Forte interdependência com outras políticas	Média, pois envolve a União e instituições creditícias e educacionais	Não, se avaliados os beneficiários dos programas; Sim, se considerada a ampliação da presença das IES privadas estimuladas pelos programas em questão	A política trata de alocação de recursos monetários, mas envolve também <i>status</i> , respeito ou injustiças

Fonte: Elaboração própria.

Além das políticas públicas voltadas especialmente para a ES, é importante lembrar que iniciativas em outras áreas ou em outras etapas têm impactos no acesso à ES, na perspectiva da interseccionalidade de direitos. Por exemplo, políticas de geração de emprego e renda; e outras voltadas para a educação básica têm efeito, no longo prazo, na ES, podendo, inclusive, reduzir a idade média dos estudantes na educação superior.

Fagnani (2017), Campello (2017), entre outros, apontam que, sem políticas distributivas de diversas naturezas, o crescimento econômico observado no Brasil do início do século 21 não teria levado, isoladamente, a uma queda na desigualdade. Em especial, as políticas apresentadas neste artigo parecem ter tido importante papel para garantir o acesso mais democrático à ES no Brasil. Porém, tais políticas foram acompanhadas de polêmicas no debate público, em especial a política de ações afirmativas, por expor as desigualdades raciais existentes em um país que viveu quase 400 anos de escravidão. As críticas com base no suposto desrespeito à meritocracia, que eventualmente seria praticado pela política das cotas, parecem ser uma revolta contra a inclusão social neste espaço. Não é coincidência que: as políticas públicas da área da educação, e em especial da ES, tenham sofrido duros cortes a partir de 2015; o gasto em educação deixasse de ter sua garantia de vinculação constitucional a partir da Emenda Constitucional 95/2016 (BRASIL, 2016); e, mais recentemente, as políticas em si (seus fundamentos, e não só seu orçamento) passassem a sofrer maiores questionamentos.

Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS DIRIGENTES DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR – ANDIFES. Vagas para alunos cotistas são a maioria nas 63 universidades federais. **O Estadão**, 04 set. 2016. Disponível em: <https://educacao.estadao.com.br/noticias/geral,vagas-para-alunos-cotistas-ja-sao-a-maioria-nas-63-universidades-federais,10000073954>. Acesso em: 31 out. 2016.

ARAÚJO, M.A.D.; PINHEIRO, D.H. Reforma gerencial do Estado e rebatimentos no sistema educacional: um exame do REUNI. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 18, n.º 69, p. 647-668, out./dez. 2010. Acesso em: 24 maio 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria Normativa 39, de 12 de dezembro de 2007**. Institui o Programa Nacional de Assistência Estudantil - PNAES. 2007b. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/portaria_pnaes.pdf

BRASIL. Presidência da República. **Decreto 5.622 de 19 de dezembro de 2005**. Regulamenta o art. 80 da Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.

Foi revogada pelo Decreto 9.057 de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5622.htm. Acesso em: 06 maio 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto 6.096 de 24 de abril de 2007**. Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - REUNI. 2007a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm. Acesso em: 04 abr. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto 7.234, de 19 de julho de 2010**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Assistência Estudantil - PNAES. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7234.htm

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 7.423, de 31 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei nº 8.958, de 20 de dezembro de 1994, que dispõe sobre as relações entre as instituições federais de ensino superior e de pesquisa científica e tecnológica e as fundações de apoio, e revoga o Decreto nº 5.205, de 14 de setembro de 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7423.htm

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 9.057, de 25 de maio de 2017**. Regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9057.htm

BRASIL. Presidência da República. **Emenda Constitucional 95 de 15 de dezembro de 2016**. Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constitucao/emendas/emc/emc95.htm. Acesso em: 09 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 5.465 de 3 de julho de 1968**. Dispõe sobre o preenchimento de vagas nos estabelecimentos de ensino agrícola. Foi revogada em 1985 pela Lei 7.423. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l5465.htm. Acesso em: 19 nov. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 10.260, de 12 de julho de 2001**. Dispõe sobre o Fundo de Financiamento ao estudante do Ensino Superior e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10260.htm

BRASIL. Presidência da República. **Lei 11.096 de 13 de janeiro de 2005**. Institui o Programa Universidade para Todos - PROUNI, regula a atuação de entidades beneficentes de assistência social no ensino superior; altera a Lei 10.891, de 9 de julho de 2004, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/L11096.htm. Acesso em: 10 abr. 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 11.892 de 29 de dezembro de 2008**. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11892.htm. Acesso em: 10 jan. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei 12.711 de 29 de agosto de 2012**. Dispõe sobre o ingresso nas universidades federais e nas instituições federais de ensino técnico de nível médio e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12711.htm. Acesso em: 24 mar. 2014.

CAMPELLO, T. **Faces da desigualdade no Brasil**: um olhar sobre os que ficam para trás. Clacso, Flacso e Agenda Igualdade, 2017. 80 p. Disponível em: http://flacso.org.br/files/2017/11/faces_da_desigualdade_no_brasil_online_2018.pdf

CARDOSO, C.B. **Efeitos da política de cotas na Universidade de Brasília: uma análise do rendimento e da evasão**. 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado em Educação) -Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/1891>. Acesso em: 03 abr. 2018.

CARVALHO, C.H.A. O PROUNI no governo Lula e o jogo político em torno do acesso ao ensino superior. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 27, n.º 96 - Especial, p. 979-1000, out. 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/1891>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CATANI, A.; GILIOLI, R. O PROUNI na encruzilhada: entre a cidadania e a privatização. **Linhas Críticas**, v. 11, n.º 20, 2005. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/3216>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CICALO, A. Nerds and Barbarians: Race and Class Encounters through Affirmative Action in a Brazilian University. **Journal of Latin American Studies**, v. 44, ls. 2 May 2012, p. 235-260. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/52615329/nerds-and-barbarians-rede-aaao-afirmativa-universidade->

CISLAGHI, J.F. **Análise do Reuni**: uma nova expressão da contra-reforma universitária brasileira. 2010. 190 f. Dissertação (Mestrado em Serviço Social) – Faculdade de Serviço Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://flacso.redelivre.org.br/files/2012/07/433.pdf>

CORBUCCI, P.R.; KUBOTA, L.C.; MEIRA, A.P.B. Reconfiguração estrutural ou concentração do mercado da educação superior privada no Brasil? **Radar IPEA**, n.º 46, ago. 2016 Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7080/1/Radar_n46_reconfigura%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 26 nov. 2018.

COSTA, D.M.; COSTA, A.M.; AMANTE, C.J.; SILVA, C.H.P. Aspectos da reestruturação das Universidades Federais por meio do Reuni – Um estudo no Estado de Santa Catarina. **Revista Gestão Universitária na América Latina - GUAL**. Edição Especial, 2011. Disponível em: <http://stat.ijie.incubadora.ufsc.br/index.php/gual/article/view/1239> Acesso em: 24 mai. 2015

DWECK, E.; ROSSI, P.; OLIVEIRA, A.L.M. (Org.). **Economia pós-pandemia**: Desmontando os mitos da austeridade fiscal e construindo um novo paradigma econômico. 1. ed., Autonomia Literária, 2020. 322 p. Disponível em: <https://pedrorossi.org/wp-content/uploads/2020/11/Economia-Po%CC%81s-Pandemia-compactado.pdf>

FAGNANI, E. Projeto de país, desigualdade e poder da desinformação. *In*: FUNDAÇÃO PERSEU ABRAMO. **A grande sociedade** – qual é o projeto de desenvolvimento para o Brasil do futuro? São Paulo (SP): 2017. p. 4-20.

FERES JR. J; DAFLON, V. T. Ação afirmativa na Índia e no Brasil: um estudo sobre a retórica acadêmica **Sociologias**, Porto Alegre, v. 17, n.º 40, set/dez 2015, p. 92-123 Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/soc/v17n40/1517-4522-soc-17-40-00092.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.

FIES PROGRAMA DE FINANCIAMENTO ESTUDANTIL. **O que é o FIES**. 2018. Disponível em: <http://sisfiesportal.mec.gov.br/?pagina=fies>. Acesso em: 26 npv. 2018.

FREY, K.; OLIVEIRA, V.E.; XIMENES, S.B.; BITTENCOURT, L.N.; LOTTA, G.S. Políticas públicas em perspectiva comparada: proposta de um framework para a análise de experiências locais. **Revista do Serviço Público**, v. 68, n.º 1, p. 9-36, Jan/Mar 2017. Disponível em: <https://revista.ena.gov.br/index.php/RSP/article/view/1767/791>

G1. **Inadimplência do Fies dobra desde 2014, e 41% não pagam as parcelas há mais de três meses**. 07 jun. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/educacao/noticia/inadimplencia-do-fies-dobra-desde-2014-e-41-nao-pagam-as-parcelas-ha-mais-de-tres-meses.ghtml>. Acesso em: 26 nov. 2018.

GRUPO DE ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES DA AÇÃO AFIRMATIVA – GEMAA. **Levantamento das políticas de ação afirmativa (gemaa)**. Políticas de ação afirmativa nas universidades estaduais (2016). Rio de Janeiro: UERJ, 2017. 32 p. Disponível em: <https://goo.gl/DKfBd5>

GUARNIERI, F.V.; MELO-SILVA, L. L. Cotas universitárias no Brasil. **Psicologia Escolar e Educacional**, SP, v. 21, n.º 2, Mai/Ago. de 2017. p. 183-193. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pee/v21n2/2175-3539-pee-21-02-00183.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais**: uma análise das condições de vida da população brasileira, 2014. 212 p. (Estudos e Pesquisas Informação Demográfica e Socioeconômica, 34). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv91983.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2015.

IMPERATORI, T.K. A trajetória da assistência estudantil na educação superior brasileira **Serv. Soc. Soc.**, São Paulo, n.º 129, p. 285-303, maio/ago. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ssoc/n129/0101-6628-ssoc-129-0285.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

KROTON. **Perfil corporativo**. 2018. Disponível em: <https://www.kroton.com.br/>. Acesso em: 26 nov. 2018.

LÉDA, B.D.; MANCEBO, D. REUNI: heteronomia e precarização da universidade e do trabalho docente. **Educação e realidade**, v. 34, n.º 1, p. 49-64, 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/viewFile/8457/4922>. Acesso em: 24 mai. 2015.

MENDES, P.V.G. **Ações afirmativas para afrodescendentes**: um estudo comparativo das políticas de reserva de vagas no ensino superior de Brasil e Colômbia. Buenos Aires: CLACSO, 2013. 45 p. Disponível em: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/becas/20131220105935/2.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2018.

MINTO, L.W. Educação superior no PNE (2014-2024): apontamentos sobre as relações público-privadas. **Revista Brasileira de Educação**, v. 23. 2018. 17 p. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbedu/v23/1809-449X-rbedu-23-e230011.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2018.

MINTO, L.W. Governo Lula e “reforma universitária”: presença e controle do capital no ensino superior. **Educação & Sociedade**, Campinas, v.29, n.º 105, Sept./Dec. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-73302008000400015&script=sci_arttext. Acesso em: 27 out. 2016.

OLIVEIRA, A.L.M. Desigualdade no início do século XXI: o Brasil na contramão mundial? **Argumentum**, Vitória, v. 11, n.º 3, p. 171-168, 2019a. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/argumentum/article/view/24810>

OLIVEIRA, A.L.M. **Educação Superior brasileira no início do século XXI: inclusão interrompida?** 2019b. 1 recurso online, 304 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Universidade de Campinas, 2019b. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/334186>

OLIVEIRA, A.L.M. Aspectos teóricos das políticas públicas no Brasil: rupturas e continuidades. **Revista Eletrônica Documento/Monumento**, v. 28, p. 90-102, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ana_Luiza_Matos_De_Oliveira/

publication/343386673_ASPECTOS_TEORICOS_DAS_POLITICAS_PUBLICAS_NO_BRASIL_RUPTURAS_E_CONTINUIDADES/links/5f27541292851cd302d57226/ASPECTOS-TEORICOS-DAS-POLITICAS-PUBLICAS-NO-BRASIL-RUPTURAS-E-CONTINUIDADES.pdf

PROGRAMA UNIVERSIDADE PARA TODOS – PROUNI. **Dados e estatísticas**. 2005 a 2014. 2014. Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:fNalj_-M8lYJ:https://dados.gov.br/dataset/mec-prouni/resource/92594e1c-e379-480e-9d36-dfbc9b8688a3+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 23 mai. 2015

PROGRAMA UNIVERSIDADE PARA TODOS – PROUNI. **Tire suas dúvidas**. Disponível em: <http://prouniportal.mec.gov.br/>. Acesso em: 13 set. 2014.

QUEIROZ, Z.C.L.S.; MIRANDA, G.J.; TAVARES, M. FREITAS, S.C. A lei de cotas na perspectiva do desempenho acadêmico na Universidade Federal de Uberlândia. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**. v. 96, n.º 243, p. 299-320, 2015. Acesso em: 23/11/2018 Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeped/v96n243/2176-6681-rbeped-96-243-00299.pdf>

PROGRAMA DE APOIO A PLANOS DE REESTRUTURAÇÃO E EXPANSÃO DAS UNIVERSIDADES FEDERAIS – REUNI. **Expansão**. 24 FEV. 2010. Disponível em: http://reuni.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=81. Acesso em: 29 JUN. 2014.

RISTOFF, D. O novo perfil do campus brasileiro: uma análise do perfil socioeconômico do estudante de graduação. **Avaliação**, Campinas; Sorocaba, SP. v. 19, n.º 3, p. 723-747, nov. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/aval/v19n3/10.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2019.

SGUISSARDI, V. Educação superior no Brasil. Democratização ou massificação mercantil? **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 36, n.º 133, p. 867-889, out./dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/es/v36n133/1678-4626-es-36-133-00867.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2018.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME – UNDP. **Human development report 2014: sustaining human progress – reducing vulnerabilities and building resilience**. New York: 2014. 239 p. Disponível em: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr14-report-en-1.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2018.

VILELA, L.; TACHIBANA, T.Y.; MENEZES FILHO, N.; KOMATSU, B. As cotas nas universidades públicas diminuem a qualidade dos ingressantes? **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 28, n.º 69, p. 652-684, set./dez. 2017. Disponível em: <http://publicacoes.fcc.org.br/index.php/eae/article/view/4427/3465>. Acesso em: 03 abr. 2018.

SEÇÃO 3

SEGURANÇA CIBERNÉTICA

Constituição de uma base de competência técnica em defesa
e segurança cibernética no âmbito acadêmico

Constituição de uma base de competência técnica em defesa e segurança cibernética no âmbito acadêmico

Diogo Bezerra Borges¹, Sônia Marise Salles Carvalho², Helton Alanderson Viana³, Paula Meyer Soares⁴

Resumo

O presente artigo aborda alguns aspectos relevantes que dizem respeito à constituição de uma base de competência técnica nas universidades para tratar das questões de *defesa cibernética e segurança cibernética*. Para tanto, os autores optaram por realizar uma pesquisa aplicada ao grupo de estudantes do curso de Engenharia de Redes de Comunicação da Universidade de Brasília (UnB), com o propósito de verificar a percepção deles em relação ao tema, suas perspectivas de cooperação tecnológica e atuação profissional. Ao final do trabalho, foi possível dispor de informações importantes que evidenciaram as possibilidades de cooperação entre a Universidade de Brasília

Abstract

This article addresses some relevant aspects that concern the constitution of a technical competence base in universities to deal with the issues of cyber defense and cybersecurity. For this purpose, the authors chose to conduct a survey applied to a group of students of the Communication Networks Engineering course at the University of Brasilia (UnB), to verify their perception concerning the theme, their perspectives of technological cooperation, and professional performance. At the end of the work, important information that highlighted the possibilities of cooperation between the University of Brasilia (UnB) and the Cyber Defense Command (ComDCiber) was obtained. The goal of this

1 Mestrado em Administração pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). Analista em Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

2 Doutorado em Sociologia pela Universidade de Brasília (UnB). Professora associada da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e, atualmente, em exercício provisório no Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT/UnB).

3 Especialização em Direito Público pela Faculdade Casa Branca, no município de Casa Branca, em São Paulo. Advogado e ex-assessor jurídico do Departamento de Gestão Estratégica do Comando de Defesa Cibernética.

4 Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade de Fortaleza (Unifor) (1990), mestre e doutora em Economia pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-Eaesp). Professora da Faculdade UnB Gama (FGA) e do Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (Profnit) da UnB.

(UNB) e o Comando de Defesa Cibernético (ComDCiber), com o objetivo de prover ações que permitam despertar, nos universitários, o interesse pela carreira no campo cibernético, assim como identificar talentos que futuramente possam compor a base de competência técnica no País.

cooperation is to provide actions that stimulate college students to work in the cyber field, as well as identify talents that in the future may compose the technical competence base in the country.

Palavras-chave: Defesa cibernética. Segurança cibernética. Cooperação tecnológica. Formação de pessoal. Perspectiva profissional.

Keywords: *Cyber defense. Cyber security. Technological cooperation. Staff training. Professional perspective.*

1. Introdução

1.1. Setor de defesa e mobilização do ecossistema de inovação

O contexto histórico tem demonstrado a importância do ecossistema de inovação e do empreendedorismo tecnológico como um dos fatores essenciais para o desenvolvimento econômico regional e/ou nacional. A formação do Vale do Silício, na Califórnia, Estados Unidos (EUA), se apresenta como um claro exemplo no qual a ciência, a tecnologia, a inovação e o empreendedorismo tecnológico tiveram papel fundamental na constituição de um polo tecnológico bem-sucedido. A origem desta iniciativa remete a 1957, quando um grupo de oito cientistas e engenheiros resolveu criar uma empresa fabricante de transistores, denominada *Fairchild Semiconductors*. A empresa formada por esse grupo obteve, inicialmente, o aporte de recursos por parte de um capitalista de risco, além de o seu comprometimento em auxiliá-los nos primeiros contratos de venda à IBM. Esse relacionamento comercial inicial proporcionou à nova empresa de semicondutores um ganho de credibilidade que lhe permitiu assegurar um prestigioso contrato de fornecimento de componentes eletrônicos para um programa de mísseis intercontinentais do governo americano (ENDEAVOR BRASIL, 2014).

No contexto da Guerra Fria, as encomendas tecnológicas realizadas pelo Departamento de Defesa Americano exerceram importância significativa para o sucesso e o crescimento do Vale do Silício. O surgimento de diversas empresas ocorreu num período em que a sociedade americana buscava a supremacia tecnológica perante a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE, 2013). Segundo Dosi (1984), o Vale do Silício se consolidou como um subproduto dos gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

do setor militar. Entre as décadas de 1960 e 1970, mais de 90% da demanda de semicondutores produzidos naquela região tinha como origem as compras governamentais derivadas do complexo militar (DOSI, 1984). As respectivas demandas garantiram a lucratividade empresarial nos campos mais incipientes e a consequente difusão do conhecimento tecnológico nos diferentes setores da indústria do país. Além disso, o Departamento de Defesa Americano exerceu um papel relevante no apoio às pesquisas, por meio do financiamento de diversos departamentos de ciência da computação em universidades dos EUA, incluindo um laboratório ligado à Universidade da Carolina do Sul, fundamental para a fabricação de *chips* (CGEE, 2013).

Nesse contexto, Mazzucato (2011) destaca a importância estratégica do Estado no desenvolvimento de grandes avanços tecnológicos. Como argumentos, a autora cita que o surgimento de determinadas tecnologias não ocorreu por uma visão puramente estratégica do setor privado, mas pela insistência do governo no seu desenvolvimento. A tecnologia em rede (ARPANET)⁵ (WIKIPÉDIA) é citada como um dos projetos decorrentes do esforço da pesquisa tecnológica no período da Guerra Fria e que, posteriormente, deu origem à internet (MAZZUCATO, 2011). As primeiras transmissões em *wireless* também contariam com o apoio central do *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA). A respectiva agência foi a principal financiadora no desenvolvimento dos computadores pessoais, algo vital para a difusão da tecnologia e para o estímulo do desenvolvimento de *software* (CGEE, 2013). Além do financiamento dos projetos, a agência se destaca na criação de empresas de tecnologia, tais como: Sun Microsystems, Apple, Silicon Graphics, Inc., Cisco Systems, Fore, IBM, Compaq, NCR, Cray Research, Hewlett Packard, Intel, Motorola, Analog Devices, Cisco, Bay Networks, Precept, Intel, IBM (DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY – DARPA, 2008).

Uma das razões que colocaram os EUA na vanguarda tecnológica foi justamente o êxito na aproximação entre a esfera produtiva e os centros de pesquisa públicos/universidades (CGEE, 2013). No caso brasileiro, também é possível verificar casos exitosos no desenvolvimento de tecnologias, que envolveram a conjugação de esforços entre as instituições de pesquisa e o setor industrial. Tem-se como exemplo o plano *Smith-Montenegro*, que visava, no longo prazo, ao alcance da capacidade produtiva aeronáutica no País. Esse plano foi responsável pela criação das primeiras instituições de ensino e pesquisa com competência tecnológica no setor aeroespacial (RODENGEN, 2009), como o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), no qual teve origem a primeira escola de engenharia aeronáutica, denominada Instituto Tecnológico de Aeronáutica

5 A Advanced Research Projects Agency Network (Arpanet) [em português: Rede da Agência para Projetos de Pesquisa Avançada] foi uma rede de comutação de pacotes e a primeira rede a implementar o conjunto de protocolos TCP/IP. Ambas as tecnologias se tornaram a base técnica da Internet. A Arpanet foi inicialmente financiada pela Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (Arpa) do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (WIKIPÉDIA).

(ITA). Em 1954 foi criado o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD), de onde vieram, posteriormente, os primeiros produtos da Embraer (FONSECA, 2012). A aproximação com universidades foi um dos facilitadores que contribuíram para que essa empresa ingressasse no seleto grupo de companhias aeroespaciais e de defesa do mundo. Isso foi possível graças à combinação entre a engenharia criativa do brasileiro e a excelência educacional na formação de engenheiros aeronáuticos (EMBRAER, 2019).

Cabe destacar que, pelos exemplos apresentados, os projetos estratégicos militares brasileiros e americanos envolveram o esforço de desenvolvimento tecnológico e de formação de pessoal por parte das universidades e dos institutos de pesquisa. Nesse sentido, considera-se primordial a realização de estudos que permitam subsidiar as instituições governamentais civis ou militares na formação de uma base de competência técnica nas universidades, com capacidade para atender às necessidades tecnológicas dos programas estratégicos inseridos nas políticas de defesa. No contexto deste trabalho, optou-se pela escolha do tema *defesa cibernética* diante da relevância que vem ganhando ao longo dos anos. Para tanto, a pesquisa aqui apresentada teve o propósito de verificar a percepção dos alunos em relação ao tema, suas perspectivas de cooperação tecnológica e profissionais. No que diz respeito à metodologia, optou-se por uma pesquisa exploratória e descritiva, na qual se adotou o grupo focal como técnica de coleta e de análise de dados.

2. Referencial teórico

2.1. Guerra cibernética: relevância nos conflitos internacionais e vulnerabilidades no território nacional

Percebe-se, cada vez mais, que o avanço tecnológico tem estimulado uma reflexão nas táticas de guerra atuais. Certamente, a guerra do futuro fará uso intensivo de informações do campo de batalha em tempo real. Do mesmo modo, será crescente o uso de: armas dirigidas ou remotamente tripuladas; mísseis de cruzeiro guiados por satélite/GPS e drones; sistemas de vigilância e análise de múltiplos alvos; e *software* embarcado. Será evidente, ainda, o uso intenso de emissões eletromagnéticas, além da guerra cibernética nas operações militares (GAMA NETO, 2017). Os autores ressaltam que não apenas a China, mas várias outras nações vêm se preparando para o campo de batalha cibernético, por meio de “bombas lógicas” e “*backdoors*” (CLARKE; KNAKE, 2010). Recente reportagem, publicada pela *Bloomberg*, noticiou um possível caso de espionagem

que envolveu um pequeno *chip* inserido em placas-mães. Esse componente eletrônico permitiu aos chineses o acesso a dados sigilosos de instituições governamentais, incluindo o Departamento de Defesa Nacional e a Agência de Inteligência Americana (ROBERTSON; RILEY, 2018).

Em relação ao Brasil, a imprensa noticiou alguns casos de ataques cibernéticos e até mesmo ações de espionagem direcionadas às instituições governamentais. Um caso nacionalmente conhecido diz respeito à divulgação de informações advindas de ações de espionagens direcionadas à então presidente da república, Dilma Rousseff, e seus assessores. Após conhecimento do respectivo episódio, autoridades brasileiras determinaram a criação da Comissão Parlamentar de Inquérito (CPI), com o propósito de apurar as denúncias de espionagem estrangeira. O relatório final da Comissão constatou a vulnerabilidade do Brasil diante de ações de espionagem. Documentos apontaram que o País foi um dos alvos preferenciais do serviço de inteligência norte-americano (BRASIL, 2014). Duas outras ocorrências demonstraram a vulnerabilidade do Brasil no que diz respeito à proteção de sistemas das instituições governamentais. Um deles ocorreu em 2014, quando *hackers* direcionaram seus ataques ao sistema do Ministério das Relações Exteriores (MRE) (NETO; BENTES, 2014). Outro caso de ataque cibernético foi registrado em 2015 e teve como alvo os sistemas do Exército Brasileiro (GLOBO.COM, 2015).

Diante desse cenário, compreende-se a necessidade do empreendimento esforços no desenvolvimento de tecnologias nacionais que permitam conter o risco de *software* e *hardware* importados e códigos maliciosos capazes de expor os sistemas nacionais à invasão inimiga. É de fundamental importância, ainda, reduzir as importações e produzir o máximo de componentes, *hardware* e *software* voltados para a transmissão de dados, além de dispositivos para prover a segurança da informação. Para isso, serão essenciais os investimentos na indústria de defesa e os incentivos apoiados pelo governo federal (MOREIRA; CORDEIRO, 2014). Na esfera nacional, a temática *Cibernética* encontra-se inserida no âmbito de políticas e estratégias, por meio das seguintes abordagens: (1) Política de Defesa; (2) Estratégia Nacional de Defesa; e (3) Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI).

2.2. A inserção da temática *Cibernética* na política e na estratégia de defesa nacionais

A Política Nacional de Defesa (PND) é o documento condicionante de mais alto nível do planejamento de ações coordenadas pelo Ministério da Defesa. Nele, são estabelecidos objetivos e orientações para o preparo e o emprego dos setores (militar e civil) em prol da defesa nacional. O documento reforça a importância do setor cibernético como estratégico para o País. A Estratégia

Nacional de Defesa trata de questões políticas e institucionais decisivas para a defesa do País. Dentre as prioridades, encontram-se a capacitação, o preparo e o emprego dos poderes cibernéticos em prol das operações conjuntas e da proteção das infraestruturas estratégicas. (BRASIL, 2012).

O Ministério da Defesa atribuiu ao Comando de Defesa Cibernética (ComDCiber) a responsabilidade pela coordenação e integração das atividades do setor. Por sua vez, criou o Programa da Defesa Cibernética, com a finalidade de incrementar as atividades de capacitação, doutrina, ciência, tecnologia e inovação (CT&I), inteligência e operações. Dentre as ações do Programa, é relevante citar a criação da Escola Nacional de Defesa Cibernética (ENaDCiber). Essa instituição tem como propósito capacitar recursos humanos, civis e militares, de modo a proporcionar a pronta resposta às ameaças cibernéticas. (BRASIL, 2019b).

A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2016-2022) (BRASIL, 2018) converge com a Política de Defesa e a Estratégia Nacional de Defesa, por ressaltar que as facilidades proporcionadas pelo rápido avanço das tecnologias e as crescentes preocupações com a segurança cibernética colocaram a temática *cibernética* como prioritária nas políticas de CT&I. Nessa perspectiva, a ENCTI 2016-2022 reforça o comprometimento do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) no apoio ao programa de defesa cibernética, por meio da pesquisa em segurança de sistemas e aplicações voltadas para comércio eletrônico, transações bancárias e análise de *malware*. Nesse sentido, será de fundamental importância, por parte das universidades, a formação de pessoal com perfil inovador, capaz de contribuir para o desenvolvimento econômico e social do País (BRASIL, 2018).

2.3. Constituição da base de competência técnica: mobilização, estratégias de atração e perspectiva profissional

Para Klimburg (2011), países do Ocidente, com destaque para os Estados Unidos, têm sido relativamente lentos na mobilização da base de competência técnica em defesa cibernética. Diferentemente, países como a Rússia e a China se encontram bem avançados na constituição de uma base de competência técnica apta a realizar ataques cibernéticos e defender suas infraestruturas críticas. No âmbito do programa de Reserva da China, muitos estudantes da área de tecnologia da informação e comunicação são automaticamente considerados como parte da organização de defesa nacional. O país detém mais de 25 milhões de estudantes em universidades públicas, não incluindo aqueles em treinamento privado ou programas técnicos especializados. No que diz respeito à Rússia, o autor também cita a responsabilidade daquela nação por uma série de ataques. Como estratégia de mobilização, os serviços de segurança

russos buscam cooptar ou recrutar criminosos cibernéticos e patriotas *hackers*, para que muitos deles operem contra as forças antirrussas (KLIMBURG, 2011).

Apesar do posicionamento crítico do autor em relação à morosidade do governo americano no que se refere à mobilização da sociedade civil, percebe-se, no atual contexto, a realização de algumas ações nesse sentido por parte dos EUA. Alguns congressistas apresentaram uma proposta de criação do sistema de reserva nacional de segurança cibernética. Para um dos deputados que defende a proposta, a constituição da respectiva reserva ajudaria no fortalecimento da segurança nacional. Diversos especialistas da área de segurança cibernética têm manifestado opiniões contrárias ou favoráveis. Como argumento favorável, justifica-se que muitos patriotas poderiam atuar na defesa nacional quando necessário (KOROLOV, 2017).

Um dos desafios relativos ao recrutamento corresponde à falta de conhecimento dos jovens a respeito do serviço militar e das oportunidades de atuação no âmbito do governo americano. Segundo Westermeyer (2008), existem algumas iniciativas para amenizar essa escassez de informações por parte da população desta faixa etária em relação ao papel das forças armadas. Como exemplo, o Departamento de Defesa criou um programa denominado “*Why You Serve?*”, por meio do qual os veteranos são convidados a compartilharem os motivos que os levaram a ingressar nas forças armadas, além de relatarem suas experiências vivenciadas no exterior. De forma similar, o “*Eisenhower Series College Program*” é um programa de extensão estabelecido pelo Exército com o propósito de encorajar a discussão no tocante à segurança nacional. Para Westermeyer (2008), um programa semelhante, por parte do Comando do Ciberespaço Americano, seria relevante para contribuir nos esforços de divulgação de suas ações. Outra frente de atuação proposta pelo autor diz respeito à necessidade de as instituições militares expandirem suas capacidades de recrutamento via internet, por meio de mensagens *on-line*, utilização de *podcasting*, participação em redes sociais e preparação de vídeos com dicas de carreiras para divulgação na *web*, além de produção e disponibilização de *games* relacionados à Guerra Cibernética (WESTERMEYER, 2008).

Outra forma importante de contribuição para o sucesso no recrutamento da nova geração ocorreria com o apoio de familiares. Os esforços de sensibilização mencionados também poderiam ser realizados em: fóruns frequentados por pais, avós e professores de jovens; feiras de ensino médio e universitário; eventos comunitários, festivais e reuniões nas cidades. Nessas oportunidades, poderiam ser destacados fatores relevantes como os dizem respeito aos inúmeros benefícios educacionais disponibilizados aos jovens que venham a ingressar na Força Aérea. Um diploma universitário é comumente aceito como o caminho para o sucesso na América, contudo, as despesas são relativamente elevadas. A promoção dos mencionados benefícios

educacionais e de treinamentos teria um forte apelo entre a *geração do milênio*, além de ser um forte argumento no processo de convencimento dos familiares. Outra vantagem no campo da educação corresponde ao programa federal de reembolso de empréstimos estudantis. Um estudo de 2005, do “*Office of Personnel Management*”, constatou que mais de três quartos das agências que usam o programa relataram seu impacto positivo. A Força Aérea deveria maximizar o uso desse programa para atrair recém-formados. (WESTERMEYER, 2008).

No que se refere à formação de pessoal, Starr (2009) declara haver uma insatisfação por parte do setor empresarial dos EUA em relação à qualidade e quantidade de especialistas em segurança de computadores. Além disso, há uma desconexão entre o ensino realizado nas universidades e as demandas do governo e do setor privado. Para o autor, existe uma grande base de talentos com potencial e não aproveitada no campo cibernético. Como forma de superar essas deficiências, ele recomenda a realização de competições nacionais entre estudantes. Isso permitiria identificar talentos, além de contribuir para a formação de especialistas em segurança cibernética. Indica, também, a implementação de instrumentos de apoio, tal como a concessão de bolsas destinadas aos alunos e professores, além da criação de outros tipos de incentivos. O estabelecimento de programas de intercâmbio entre governo e setor privado é igualmente uma ação recomendada por parte do autor. Isso contribuiria para desmistificar os desafios relacionados à segurança cibernética (STARR, 2009).

3. Metodologia de pesquisa

A necessidade de consolidar uma base de competência técnica na área cibernética envolve a realização de estudos que permitam subsidiar as instituições governamentais, civis ou militares, envolvidas com políticas públicas de apoio à segurança e/ou defesa cibernética. A presente pesquisa teve como foco o ambiente universitário, onde foi possível realizar uma análise da percepção dos alunos do curso de Engenharia de Redes de Comunicação em relação ao tema, suas perspectivas de cooperação tecnológica e atuação profissional após a conclusão do curso. Optou-se pela utilização de uma pesquisa exploratória e descritiva, na qual o grupo focal foi adotado como técnica de coleta e de análise de dados. A escolha da abordagem qualitativa baseia-se na indicação de Backes *et al.*, (2011). Segundo os autores, tal abordagem é constituída de diversas possibilidades metodológicas que permitem um processo dinâmico de aderência a novas formas de coleta e de análise de dados. A opção pelo grupo focal se justifica pela possibilidade de inserção dos participantes da pesquisa no contexto das discussões de análise e de síntese. Tendo em vista que a presente pesquisa aborda um tema emergente e de complexo entendimento, as discussões em sala de aula podem se tornar um ambiente interativo e apropriado para os alunos

compartilharem as suas percepções e perspectivas. A discussão em grupo estimula o debate entre os participantes, permitindo que os temas abordados sejam mais problematizados do que numa entrevista individual. Os participantes, de modo geral, ouvem o posicionamento dos outros antes de formarem as suas próprias opiniões. Além disso, constantemente, mudam de posição ou fundamentam melhor sua opinião inicial quando estão envolvidos numa discussão em grupo (BACKES *et al.*, 2011).

No que diz respeito à justificativa da amostra escolhida, buscou-se identificar um curso superior cuja proposta de ensino apresentasse afinidade com a temática *segurança ou defesa cibernética*. Conforme informações obtidas no site da Universidade de Brasília (UnB), o estudante do curso de Engenharia de Redes de Comunicação recebe uma formação interdisciplinar sólida em áreas da Engenharia Elétrica, das Telecomunicações e da Computação, o que o prepara para atuar numa realidade de contínua evolução tecnológica. Além disso, são aplicados exercícios práticos em laboratórios de sistemas digitais; eletrônica; arquitetura de computadores; redes ópticas e sem fio; segurança da informação; e gerência de redes; dentre outros temas. Atividades extracurriculares também fazem parte do projeto pedagógico, tais como: projetos de iniciação científica; e atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, em parceria com grandes empresas públicas e privadas, a saber: Dell, Ericsson, Intel, Petrobrás, HP e Banco do Brasil (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB, 2019).

No tocante às atividades extracurriculares, fica evidente que a proposta do curso apresenta preocupação com a inserção do aluno em projetos relevantes, por meio de parcerias com instituições privadas. Compreende-se que esse tipo de iniciativa facilita a formação prática dos alunos e a sua inserção no mercado de trabalho. Quanto às oportunidades no campo da *segurança ou defesa cibernética*, a literatura acadêmica destaca que a área de atuação profissional poderá ser tanto na esfera militar quanto na civil. Isso reforçou a importância de se inserir, no âmbito da pesquisa focal, a realização de uma apresentação sobre as ações do ComDCiber; os programas de apoio ao empreendedorismo tecnológico; e as possibilidades de atuação no quadro das Forças Armadas. Após tais exposições em sala de aula, foram iniciadas as atividades de coleta e de análise de dados. Para isso, foram definidas três categorias de análise: (1) Percepção em relação ao tema; (2) Cooperações tecnológicas; (3) Perspectivas profissionais.

3.1. Limitações da Pesquisa

Embora se compreenda que os resultados da pesquisa tenham sido relevantes, considera-se necessária a realização de novos estudos complementares, que permitam superar as limitações da presente pesquisa, tais como:

- Pequena amostragem: verificou-se o reduzido grupo de alunos participantes da pesquisa. Estiveram presentes apenas 12 alunos do curso de Engenharia de Redes de Comunicação;
- Limitada abrangência da pesquisa: caso houvesse maior tempo delimitado para tal tarefa, compreende-se que a pesquisa poderia ter sido ampliada para outros cursos das ciências exatas oferecidos pela universidade, especificamente Ciência da Computação e Engenharia da Computação;
- Reduzido nível de profundidade dos temas apresentados: compreende-se que não foi possível aprofundar em temas importantes que pudessem enriquecer as discussões em sala de aula, como a carreira nas Forças Armadas e até mesmo a experiência profissional de empreendedores brasileiros que atuam no campo cibernético.

4. Análise dos resultados

Os estudantes envolvidos na pesquisa acompanharam, em sala de aula, uma apresentação realizada por um oficial da Força Aérea Brasileira, referente a ações e demandas do Comando de Defesa Cibernético (ComDCiber). Na sequência, foi iniciado o processo de coleta de dados, por meio das informações reveladas durante as discussões sobre: o interesse dos alunos pelo tema; suas perspectivas profissionais; e o interesse deles em realizar projetos cooperativos com ComDCiber. Procurou-se analisar tais informações por um ponto de vista crítico, valendo-se do que foi identificado na literatura acadêmica e do posicionamento dos autores em relação ao tema. Posteriormente, foram apresentadas as propostas de ações e considerações finais.

4.1. Interesse no tema e conhecimento dos projetos estratégicos

4.1.1. Informações coletadas

Um desses estudantes conhecia um pouco das ações realizadas por essa organização militar, em razão de ter participado de um processo seletivo para ingresso no Núcleo Preparatório de Oficiais da Reserva (NPOR). À época, o referido aluno desistiu de ingressar no quadro, pois já atuava na EngNet Consultoria, a empresa júnior do curso de Engenharia de Redes de Comunicação da UnB. No período da coleta de dados, porém, este aluno se declarou arrependido da decisão. Outro estudante também inserido no mesmo processo seletivo destacou que, por meio das apresentações realizadas, foi possível conhecer algumas ações do ComDCiber e a relevância do

tema para a segurança do País. Contudo, disse ainda restar dúvidas em relação à atuação da referida organização militar. Por fim, este segundo estudante sugeriu uma apresentação com informações mais detalhadas sobre o programa, considerando o seu apreço pela área militar. Ele informou que o pai foi da Polícia Militar e o incentivou, quando ainda mais jovem, a ingressar na carreira militar.

4.1.2. Análise crítica

Com base nos depoimentos, foi possível verificar que apenas um aluno revelou ter familiaridade com os projetos estratégicos militares apresentados em sala de aula. Isso evidencia o pouco conhecimento pertinente à atuação do ComDCiber. Esse fato converge com as dificuldades apresentadas por Westermeyer (2008). Segundo o autor, um dos desafios no processo de recrutamento diz respeito à carência de informações por parte dos jovens em relação às atividades do serviço militar (WESTERMEYER, 2008). Considera-se que o NPOR seja uma experiência profissional relevante para os universitários que pretendem trabalhar com *defesa cibernética*. Essa forma de ingresso, mesmo que temporária, permite ao jovem o acesso ao posto de oficial, sem a exigência de qualquer experiência profissional ou conclusão do curso superior. Contudo, questiona-se o conhecimento técnico do futuro oficial, tendo em vista que a idade de ingresso (entre 19 e 20 anos) ocorre nos períodos iniciais do seu curso de bacharelado. Nessa fase, os alunos ainda não concluíram as disciplinas especializadas, que servem de base teórica para a atuação no campo cibernético, como Segurança de Redes; e Telecomunicações, entre outras que são ministradas até o final do curso. A título de comparação, a Universidade de Brasília somente libera universitários para a realização de estágios a partir do 5º semestre da graduação (UNB, 2019). A empresa Google, por exemplo, só admite em seu programa de estágio os universitários que estejam em fase final de conclusão do curso (CORREIOWEB, 2019).

4.2. Realização de apresentações institucionais em sala de aula

4.2.1. Informações coletadas

No que diz respeito à realização de apresentações institucionais por um representante do ComdCiber, todos os alunos concordaram que essas atividades deveriam ocorrer com frequência na universidade. Um dos alunos enfatizou como positiva a aproximação entre o ComDCiber e o curso de Engenharia de Redes de Comunicação. Contudo, ressaltou que a simples realização de apresentações sem perspectivas de cooperação poderia causar frustração nos alunos. Seria preciso estabelecer parcerias que permitissem a maior interação entre o Comando e a universidade. A apresentação das demandas tecnológicas do ComDCiber seria um escopo inicial

para se identificar oportunidades de cooperação tecnológica. Outra possibilidade de interação poderia ocorrer por meio do compartilhamento de disciplinas entre a Escola Nacional de Defesa Cibernética (ENaDCiber) e o curso de Engenharia de Redes de Comunicação da UnB. Muitos alunos manifestaram o interesse em conhecer a matriz curricular da ENaDCiber e, talvez, cursar algumas disciplinas ofertadas pela respectiva instituição de ensino.

4.2.2. Análise crítica

Com base nos relatos em sala de aula, foi possível perceber o grande interesse dos alunos em relação aos temas apresentados. Essas são evidências valorosas num contexto estratégico em que se busca despertar a relevância da temática *defesa cibernética* no ambiente acadêmico. Isso reforça a importância e a necessidade da elaboração de ações governamentais que venham a permitir, de forma estruturada e permanente, a aproximação entre o Comando e as universidades. Esses tipos de ações já são realizadas pelo Exército Americano, a exemplo do “*Eisenhower Series College Program*”, no qual é incentivado o diálogo, pertinente ao tema *Segurança Nacional* e a outras questões relacionadas a políticas públicas, entre funcionários e estudantes da *US Army War College* e o público civil, com ênfase em estudantes e professores das instituições acadêmicas nos Estados Unidos. No campo educacional, é interessante destacar que esses tipos de iniciativas convergem com as novas *Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia*, conforme instituído pela Resolução n.º 2, de 24 de abril de 2019, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação. Nesse sentido, torna-se relevante citar as recomendações contidas no Artigo 6º, em seu inciso VIII, § 10:

Art. 6º O curso de graduação em Engenharia deve possuir Projeto Pedagógico do Curso (PPC) que contemple o conjunto das atividades de aprendizagem e assegure o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso. Os projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Engenharia devem especificar e descrever claramente:

[...]

VIII - o processo de autoavaliação e gestão de aprendizagem do curso que contemple os instrumentos de avaliação das competências desenvolvidas, e respectivos conteúdos, o processo de diagnóstico e a elaboração dos planos de ação para a melhoria da aprendizagem, especificando as responsabilidades e a governança do processo;

[...]

§ 10 Recomenda-se a promoção frequente de fóruns com a participação de profissionais, empresas e outras organizações públicas e privadas, a fim de que contribuam nos debates sobre as demandas sociais, humanas e tecnológicas para acompanhar a evolução constante da Engenharia, para melhor definição e atualização do perfil do egresso (BRASIL, 2019a, p.43).

4.3. Realização de visitas técnicas, cooperações tecnológicas e estágios em organizações (civis ou militares)

4.3.1. Informações coletadas

Por unanimidade, os alunos pesquisados - incluindo a contribuição do professor - manifestaram interesse na realização de estágios, participação em cooperações tecnológicas e até mesmo em operações de simulação de guerra cibernética com os militares. Foi solicitada também a apresentação de *cases* que pudessem ser divulgados e levados como exemplos para clarificar o papel exercido pelo ComDCiber, num contexto de ataque cibernético, tal como o do episódio da proliferação do vírus *Wanna Cry*. A necessidade de compreender os mecanismos de intercâmbio de informações entre as instituições internacionais, para se evitar a proliferação do ataque entre as nações, foi outra curiosidade apresentada por parte dos alunos. Por fim, eles citaram como relevante o apoio, por meio de incentivos como bolsas, para a realização de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias que sejam de interesse do Comando.

4.3.2. Análise crítica

Conforme relatado, verificou-se o grande interesse dos alunos na participação em estágios e simulações de operações de guerra cibernética. Essas são evidências importantes num contexto estratégico em que se pretende iniciar a construção de uma base de competência técnica a partir da formação acadêmica. Considera-se que as competições por meio de *hackatons* e de outras atividades práticas poderiam ser realizadas com o propósito de esclarecer o *modus operandi* de um episódio de ataque e defesa cibernética. Esses tipos de atividades serviriam para complementar as ações de promoção e divulgação anteriormente propostas. Tais atividades práticas permitiriam aos alunos uma melhor compreensão dos conhecimentos necessários e das habilidades exigidas de um especialista em segurança cibernética, além de desmistificar os tipos de atividades realizadas no âmbito do ComDCiber. Outro aspecto positivo, advindo dessas ações, refere-se à identificação de potenciais talentos que futuramente venham a suprir as necessidades de pessoal de instituições civis ou militares. A implementação de um programa de apoio ao desenvolvimento tecnológico por meio de bolsas também seria uma ação relevante para viabilizar a formação de pessoal, permitindo, inclusive, a realização de cooperações

tecnológicas. Essas propostas de ações convergem com o posicionamento de Starr (2009). Para o autor, há uma desconexão entre o ensino realizado nas universidades e as demandas do governo e do setor privado. Existe uma grande base de talentos com potencial não aproveitada no campo cibernético. Como forma de superar essas deficiências, ele recomenda a realização de competições nacionais entre estudantes. No que diz respeito às cooperações tecnológicas, cabe destacar que o departamento do curso já as realiza com instituições que demandam: tecnologias de segurança cibernética; construção de algoritmos para reconhecimento facial; *blockchain*; criptografia; e inteligência artificial, entre outras aplicações (UNB, 2019). Essas parcerias podem ser potencializadas com a aproximação e o apoio do ComDCiber.

Por fim, cabe destacar que todas essas ações propostas também convergem com as novas diretrizes curriculares definidas para os cursos de engenharia por meio da Resolução n.º 2, de 24 de abril de 2019. Ainda no Artigo 6º do referido normativo, em seu inciso VIII, os parágrafos 8º e 9º defendem o estímulo da iniciação científica, a realização de competições acadêmicas, visitas técnicas, desenvolvimento de protótipos e atividades empreendedoras, entre outras ações. Na sequência, outra análise do parágrafo 10º revela a recomendação para a promoção de fóruns com a participação de empresas e outras organizações públicas e privadas que contribuam para os debates referentes às demandas sociais, humanas e tecnológicas, tal como destacado abaixo:

Art. 6º [...]

VIII – [...]

§ 8º Devem ser estimuladas as atividades acadêmicas, tais como trabalhos de iniciação científica, competições acadêmicas, projetos interdisciplinares e transdisciplinares, projetos de extensão, atividades de voluntariado, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas júniores, incubadoras e outras atividades empreendedoras.

§ 9º É recomendável que as atividades sejam organizadas de modo que aproxime os estudantes do ambiente profissional, criando formas de interação entre a instituição e o campo de atuação dos egressos.

§ 10º Recomenda-se a promoção frequente de fóruns com a participação de profissionais, empresas e outras organizações públicas e privadas, a fim de que contribuam nos debates sobre as demandas sociais, humanas e tecnológicas para acompanhar a evolução constante da Engenharia, para melhor definição e atualização do perfil do egresso (BRASIL, 2019a, p.43).

4.4. Perspectiva profissional (Ingresso na carreira militar/ Empreendedorismo tecnológico)

4.4.1. Informações coletadas

No âmbito das discussões, não foi possível verificar o posicionamento claro por parte dos alunos em relação às perspectivas profissionais. A atuação nas Forças Armadas não foi descartada, assim como o empreendedorismo tecnológico. Em relação ao último ponto, não foram realizados questionamentos dos alunos em relação aos programas e instrumentos de apoio ao empreendedorismo tecnológico, apenas breves perguntas em relação à carreira militar nas Forças Armadas. Deve-se ressaltar que alguns alunos presentes já estiveram na Empresa Júnior do curso de Engenharia de Redes de Comunicação UnB. Consequentemente, exerceram alguma atividade prática ou tiveram contato com alguma tecnologia de interesse do mercado. Como informação complementar, o depoimento de um professor presente em sala de aula reforçou a importância da interação do curso com o mercado, porém, reclamou da passividade da indústria em relação ao desenvolvimento tecnológico em parceria com as universidades. Conforme seu relato, a indústria ainda tem como preferência a aquisição de tecnologias do exterior. No que se refere ao empreendedorismo tecnológico, o professor destacou a sua participação na criação de três empresas de tecnologia que, posteriormente, foram gerenciadas pelos próprios alunos do curso.

4.4.2. Análise crítica

Em relação às expectativas profissionais, percebeu-se que nenhum aluno apresentou um posicionamento consistente. Verificou-se que os alunos se encontram numa situação de passividade à espera do surgimento de oportunidades, seja na iniciativa privada, no governo ou mesmo por meio do empreendedorismo tecnológico. O professor presente em sala de aula comentou o apreço dos alunos pelo concurso público. Historicamente, as perspectivas profissionais advindas da administração pública sempre foram significativamente relevantes em Brasília, atraindo inclusive profissionais das ciências exatas. Porém, numa conjuntura de baixo crescimento econômico, em que o governo tende à redução do número de concursos públicos e o setor privado paralisa as contratações, salvo exceção aquelas em que existe grande escassez de profissionais capacitados no mercado, o empreendedorismo tecnológico surge como uma opção relevante. Nesse aspecto, o professor relatou suas experiências na criação de empresas de base tecnológica na própria universidade, porém, sem que exercesse as atividades de gestão. Nesses casos, as empresas foram gerenciadas pelos próprios alunos do curso. Esse depoimento demonstra o relevante papel do professor, como indutor no processo de criação de empresas de tecnologia no ambiente universitário. Essas são evidências importantes num contexto estratégico em que se pretende consolidar a base de competência técnica pela via do empreendedorismo tecnológico, durante ou após a formação acadêmica. Nessa perspectiva, propõe-se a divulgação

dos programas de apoio ao empreendedorismo tecnológico e a apresentação de *cases* de empreendedores tecnológicos e de professores que tiveram participação significativa na criação de empresas no ambiente acadêmico.

5. Considerações finais

O contexto histórico tem demonstrado a relevante participação do setor acadêmico no apoio à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico de projetos militares estratégicos. A capacidade de articulação e o desenvolvimento de ações conjuntas entre institutos de pesquisa e a esfera produtiva foram algumas das razões que colocaram os Estados Unidos na vanguarda tecnológica (CGEE, 2013). No Brasil, verificaram-se também projetos estratégicos exitosos em que a participação das instituições de pesquisa foi fundamental, tal como na constituição da Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer) (EMBRAER, 2019). Outros diversos casos retratados na literatura acadêmica reforçam a importância da atuação das instituições científicas e tecnológicas para as políticas de defesa nacional, sobretudo no que diz respeito à *defesa cibernética*. A presente pesquisa abordou alguns aspectos relevantes pertinentes à constituição de uma base de competência tecnológica nas universidades, no âmbito da respectiva temática estratégica. Para tanto, optou-se por realizar uma pesquisa aplicada ao grupo de estudantes do curso de Engenharia de Redes de Comunicação da Universidade de Brasília. Os resultados da pesquisa demonstraram que, apesar do pouco conhecimento referente ao tema e às ações do ComDCiber, todos os alunos demonstraram o interesse em participar de: estágios em instituições civis ou militares; simulações de guerra cibernética; cooperações tecnológicas; e outras atividades correlatas. Tais relatos reforçam as evidências do engajamento do corpo discente perante a uma cooperação entre a Universidade de Brasília e o ComDCiber. Para tanto, seria necessário consolidar um programa interinstitucional, que abarcasse: realização de novas apresentações institucionais; fomento à inovação (bolsas) para viabilizar as cooperações tecnológicas; formação de pessoal em parceria com EnadCiber; e estímulo ao empreendedorismo tecnológico. Todas essas iniciativas seriam essenciais para despertar, nos universitários, o interesse pela carreira no campo cibernético, além de identificar os talentos que futuramente poderiam compor a base de competência tecnológica no País.

Referências

BACKES, D.S.; COLOMÉ, J.S.; ERDMANN, R.H.; LUNARDI, V.L. Grupo focal como técnica de coleta e análise de dados em pesquisas qualitativas. **O Mundo da Saúde**, v. 35, n.º 4, p.438-42. 2011. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/grupo_focal_como_tecnica_coleta_analise_dados_pesquisa_qualitativa.pdf

BRASIL. Exército Brasileiro. Escritório de Projetos. **Programa da defesa cibernética na defesa nacional**. Disponível em: <http://www.epex.eb.mil.br/index.php/defesa-cibernetica>. Acesso em: 16 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022** - Balanço das Atividades Estruturantes. Brasília: MCTI, 2018. 136 p. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/a-finep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf

BRASIL. Ministério da Defesa. **A Escola nacional de defesa cibernética é inaugurada em Brasília**. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/escola-nacional-de-defesa-cibernetica-e-inaugurada-em-brasilia#:~:text=Escola%20Nacional%20de%20Defesa%20Cibernética%20é%20inaugurada%20em%20Brasília,-Compartilhe%3A&text=Brasília%2C%2011%2F02%2F2019,Forte%20Marechal%20Rondon%2C%20em%20Brasília>. Acesso em: 24 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa – Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: MD, 2012. 41 p. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf

BRASIL. Ministério da Educação - ME. **Resolução nº 02, de 24 de abril de 2019. Institui as diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia**. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>

BRASIL. Senado Federal. **CPI da espionagem. Relatório final**. 301 p. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/arquivos/2014/04/04/integra-do-relatorio-de-ferraco> Acesso em: 15 jun. 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS-CGEE. **Dimensões estratégicas do desenvolvimento brasileiro**: As fronteiras do conhecimento e da inovação: oportunidades, restrições e alternativas estratégicas para o Brasil. Brasília: 2013. v.2, 212 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/CAEBS21_vII_Web_9520.pdf/e6d4d1c6-5e36-4fa8-a8d8-40d5e83da9f4?version=1.7

CLARKE, Richard A.; KNAKE, Robert K. **Cyberwar: the next threat to national security and what to do about it**. Nova Iorque: HarperCollins Publishers, 2010. 306 p.

CORREIOWEB. Eu, Estudante. **Google abre inscrições para programa de estágio**. 03 set. 2019. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/trabalho-e-formacao/2019/09/03/interna-trabalhoformacao-2019,780593/programa-de-estagio-do-google-abre-inscricoes.shtml>. Acesso em: 03 jul. 2019

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY – DARPA. **50 Years of bridging the gap: revolutionizing the commercial marketplace**. Flórida: Faircount Llc, 2008. 180 p. (online). Disponível em: <https://issuu.com/faircountmedia/docs/darpa50>

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation**. Macmillan, 1984. 338 p. 10.1007/978-1-349-17521-5

EMBRAER S.A. **História da EMBRAER**. Disponível em: <https://historicalcenter.embraer.com/br/pt/historia>. Acesso em: 16 jun. 2019.

ENDEAVOR BRASIL. **Como o Vale do Silício se tornou o Vale do Silício? Três surpreendentes lições para outras cidades e regiões**. jul. 2014. 22 p. Disponível em: https://rdstation-static.s3.amazonaws.com/cms%2Ffiles%2F6588%2F1425325397Como_o_Vale_do_Sil%C3%ADcio_se_tornou_o_Vale_do_Sil%C3%ADcio.pdf. Acesso em: 10 jun. 2019.

FONSECA, Paulus Vinícius da Rocha. Embraer: um caso de sucesso com o apoio do BNDES. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 37, p.39-66, jun. 2012. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/17642/1/PRArt213368_Embraer_Compl_P.pdf

GAMA NETO, Ricardo Borges. Guerra cibernética/guerra eletrônica – conceitos, desafios e espaços de interação. **Revista Política Hoje**, Recife - PE, v. 26, n.º 1, p.201-218, jun. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/download/9180/16123>

GLOBO.COM. G1. **Hackers invadem servidores do Exército e vazam CPFs de militares**. 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/11/hackers-invadem-servidores-do-exercito-e-vazam-cpf-de-militares.html>. 09 nov. 2015. Acesso em: 10 jun. 2019

KLIMBURG, Alexander. Mobilising cyber power. **Survival, Global Politics and Strategy**. v. 53, n.º 1, p.41-60, 28 jan. 2011. <http://dx.doi.org/10.1080/00396338.2011.555595> Acesso em: 10 jun. 2019

KOROLOV, Maria. **Experts divided on value of Cyber National Guard**. 17 mar. 2017. Disponível em: <https://www.csoonline.com/article/3181840/experts-divided-on-value-of-cyber-national-guard.html>.

Acesso em: 16 jun. 2019

MAZZUCATO, M. O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado. **Confins, Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n.º 27, 2016. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/10951?lang=pt>

MOREIRA, Alexandre Santana; CORDEIRO, Sandro Silva. O Spin-In na indústria de defesa brasileira voltada para o setor cibernético. **Revista da Escola Superior de Guerra**, v. 29, n.º 58, p. 100-116, jul. 2014. Disponível em: <https://revista.esg.br/index.php/revistadaesg/article/download/181/156/251>. Acesso em: 04 out. 2019.

NETO, Vladimir; BENTES, Vianey. **Sistema de comunicação do Itamaraty é alvo de invasão hacker**. 27 mai. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/politica/noticia/2014/05/sistema-de-comunicacao-do-itamaraty-e-alvo-de-ataque-hacker.html>. Acesso em: 15 jun. 2019.

ROBERTSON, Jordan; RILEY, Michal. Bloomberg Businessweek. **The Big hack: how china used a tiny chip to infiltrate U.S. companies**. 04 out. 2018. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/features/2018-10-04/the-big-hack-how-china-used-a-tiny-chip-to-infiltrate-america-s-top-companies>.

Acesso em: 16 jun. 2019

RODENGEN, J.L. **The History of Embraer**. Fort Lauderdale, FL: Write Stuff Enterprises, 2009. 255 p.

SANTOS, Ricardo Henrique Correia dos. **O desenvolvimento da cadeia industrial aeronáutica sob o enfoque da competitividade**. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Aeroespaciais, Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro, 2018.

STARR, Stuart H. Toward a preliminary theory of cyberpower. In: KUEHL, Dr Dan. **Cyberpower and National Security**. Virginia: Pootmac Books, 2009. p. 43-88. Disponível em: <https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/Books/CTBSP-Exports/Cyberpower/Cyberpower-I-Chap-03.pdf?ver=2017-06-16-115054-677>

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB. **Engenharia de redes de comunicação**. Disponível em: <https://redes.unb.br/index.php/curso/> Acesso em: 10 jun. 2019

WESTERMEYER, Roger H. **Recruiting and retaining cyberwarriors**. 2008. 36 f. Dissertação (Mestrado) - Master of Strategic Studies Degree, U.S. Army War College, Philadelphia, 2008. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a478276.pdf>

WIKIPÉDIA. **Advanced Research Projects Agency Network – ARPANET**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/ARPANET#cite_note-2. Acesso em 03 de fevereiro de 2021.

SEÇÃO 4

CENÁRIOS E PERSPECTIVAS PARA A ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL

Review of the current scenario of energy storage in Brazil

Energia eólica no Ceará: seus parques e sua contribuição para a matriz energética do Estado

Inovação no setor de eletricidade do Brasil:
avaliação da evolução dos indicadores aplicados à energia eólica

Review of the current scenario of energy storage in Brazil

Emilly Caroline Costa Silva¹, George Harrison Gonçalves Fagundes², Kamila Aben Athar³, Luísa Schiavon de Araújo⁴,
Melissa Fernanda Ribeiro Vale⁵, Coautores: Guilherme William Caixeta Leite⁶, Itiane Thayná Batista Almeida⁷

Resumo

A matriz elétrica brasileira é, em grande parte, limpa. De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) 2020, a participação de renováveis alcançou 83% do total da matriz, com papel de destaque para as usinas hidroelétricas e rápido crescimento de novas fontes renováveis. Ainda assim, há desafios a serem superados, como alívio das redes de transmissão e distribuição, aumento da resiliência do sistema, redução de

Abstract

The Brazilian electrical matrix is largely clean. According to Brazilian Energy Balance (BEN) 2020, the share of renewables reached 83% of the total matrix, with the prominent role for hydroelectric plants and a rapid growth of new renewables sources. Nevertheless, there are challenges to be overcome, such as easing the transmission and distribution networks, increasing the system's

- 1 Engenheira de Energia pela UnB. Representou o Brasil como Youth Líder, no evento CEM-10/MI-4; e no programa GKS Partner, pela Chosun University. Atualmente, trabalha com Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável e faz parte da equipe técnica do CGEE.
- 2 Bacharel em Relações Internacionais pela UnB e assistente na Coordenação-geral de Atração de Investimento do Ministério do Turismo. É membro do Grupo de Estudos e Pesquisa em Segurança Internacional da UnB.
- 3 Graduanda em Relações Internacionais pela Universidade de Brasília (UnB) e estagiária no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). É fundadora e primeira coordenadora-geral do Grupo de Estudos sobre China (Gechina-Asialac) na UnB.
- 4 Engenheira química pela Universidade de São Paulo (USP). Trabalha na Total Eren, empresa produtora independente de energia renovável. Representou o Brasil no evento CEM10-MI4, em Vancouver, Canadá, como delegada jovem em energia limpa.
- 5 Bacharel em Relações Internacionais pela UnB e graduanda em Direito pelo Centro Universitário de Brasília. Participou da delegação brasileira na 22nd Youth Assembly, em Nova Iorque.
- 6 Graduando em Relações Internacionais pela UnB e estagiário da Assessoria de Cooperação Técnica Internacional do Senado Federal. É membro do Grupo de Estudos e Pesquisa em Segurança Internacional da UnB. Representou o Brasil na 18ª International Competition Quanta, em Lucknow, Índia.
- 7 Bacharel em Engenharia Eletrônica pela UnB. Atuou como estagiária no Corpo de Engenharia Clínica do Hospital Universitário de Brasília e, durante a graduação, foi colaboradora em projetos de saúde que envolviam Engenharia Biomédica.

emissões de gases de efeito estufa e mudanças no regime de chuvas. Tais problemas podem ser resolvidos, ou ao menos mitigados, por meio do desenvolvimento de soluções de armazenamento de energia. Nesse contexto, o artigo busca identificar o estado da arte da situação do armazenamento de energia no País e seus principais desafios políticos, econômicos, tecnológicos e socioambientais. Por fim, o artigo apresenta três estudos de casos brasileiros que apontam as principais tecnologias desenvolvidas no setor. O armazenamento de energia elétrica será uma importante peça para o futuro da transição energética mundial, que pode ser alcançada se forem consideradas as diferentes necessidades e características de cada país para a sua realização.

resilience, reducing greenhouse gas emissions and changes in the rainfall regime. Such problems can be solved, or at least alleviated, through the development of energy storage solutions. In this context, the article seeks to identify the state of the art of the situation of energy storage in Brazil and its main political, economic, technological and socio-environmental challenges. Finally, the article presents three Brazilian case studies that point out the main technologies developed in the sector. Energy storage will be an important part of the future global energy transition, which can be achieved considering the different needs and characteristics of each country for its realization.

Palavras-chave: Energia renovável. Armazenamento de energia. Brasil. Estudos de caso

Keywords: Renewable energy. Energy storage. Brazil. Case studies.

1. Introduction

Energy storage is considered one of the eight most important disruptive innovations that will influence the country's top 10 industries at the end of this decade, especially with the current increase in the share of intermittent sources in the power grid (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI, s.d.). More than a climate change strategy, energy storage is a way of assuring more participation of the renewables in the energy supply, at the same time that does not require too much more installed power to do so with reliability. It is also an option to provide more inertia and frequency stability to the system (AL KEZ *et al.*, 2020). From the distributed generation point of view, energy storage also provides independence from grid connection and resilience for households that are distant from the greater centers (GUPTA; BRUCE-KONUAH; HOWARD, 2019; KLAIMI *et al.*, 2018). Furthermore, the concept of smart city itself, that is, a city that uses technology to tackle crucial development problems, counts on energy storage (DAMERI, 2013).

There is an international commitment to replace fossil energy sources with renewable ones, strengthened after COP 21 (HINRICHS-RAHLWES, 2017). Indeed, the use of resources that are not limited to a few reserves across the world is a more diligent way of managing what humankind has available. Besides, it is a way of ensuring future generations are able to meet their

needs as well. Such an expected energy production shift increases the need to store it, since renewable sources have variable patterns of generation (CHASE; BERZINA, 2018). Therefore, it is necessary to absorb the surplus and release it when supply is low, but there is demand. It also limits the costly downtime of peak generators and helps reduce Greenhouse Gases (GHG) (CROSSLEY, 2013). Finally, it is an innovative technology to increase grid reliability by integrating new energy resources, replacing outdated infrastructure, and providing backup power during outages (UNION OF CONCERNED SCIENTISTS, 2018).

Considering Brazil's case, a country of continental dimensions and where there are long distances between centers of energy production and consumption, there is also a need to relieve transmission and distribution grids and support isolated systems. In such a scenario, energy storage and its solutions can provide the country more reliable and stable energy supply.

This article aims to address the challenges and opportunities of developing energy storage in Brazil. The present document will review important definitions for this field of study, then examine the current Brazilian storage environment, trends and provide case-studies.

2. The current situation of energy storage in Brazil

According to the Energy Research Office (EPE, 2019), the Brazilian grid is mostly composed of green energy. In the past few years, new renewable sources, such as wind and solar, grew fast in the country's power generation (LOSEKANN; TAVARES, 2019). In contrast with such a sustainable approach, energy storage is still underdeveloped (DELGADO; HAGE; LEITE, 2017). Energy storage is a global trend as it provides benefits across the entire value chain of energy systems, from the generation to the end user. The energy storage industry had a performance of 9.4 GWh (gigawatt-hours of power) of systems installed in the world by the end of 2020. For 2021, the projection is to reach 14.4 GWh, an increase of more than 50% from the previous year. Between 2023 and 2025, the projected growth is 125% per year (MACHADO, 2021).

For this matter, the energy sector requires a balance between demand and supply due to its centrality in other critical infrastructure sectors. Thus, public policies are strategic in creating the integration of energy storage systems nationwide.

An important step for this purpose is the R&D program created by the National Agency of Electric Energy (Aneel) [Agência Nacional de Energia Elétrica, acronym in Portuguese, Aneel] in 2000. The program is the main instrument of technological development in the Brazilian

electric sector and seeks to efficiently allocate human and financial resources to demonstrate the originality, applicability, relevance and economic feasibility of products and services in the processes and end uses of energy (DE CASTRO *et al.*, 2020; ANEEL, 2021). Above all, this R&D project encourages the development of the Brazilian electricity sector by designing new equipment and improving the provision of services. It aims at securing electricity supply and tariff moderation, reducing technological dependency (ENERGY FUTURE, 2021).

Under this initiative, companies of the energy sector are obligated to invest 1% of their net operating revenue in R&D projects (ANEEL, 2021). About this discretionary, on the one hand, it has encouraged companies to conduct their research and innovation efforts. On the other hand, as they are part of a sector dominated by suppliers, they end up facing limitations regarding the generation of innovations, because often the results of R&D projects are not implemented. This condition reveals the absence of robust mechanisms to support companies in decisions that can help them generate research benefits (BIN *et al.*, 2015). Therefore, improving further capacity to foster interaction and dialogue between public and private sector institutions is crucial (ENERGY FUTURE, 2021).

The program also faces challenges to innovate from a systemic view. Although characterized by cooperative actions such as those that are the basis for the creation of the Electric Energy Research Center (Cepel) [Centro de Pesquisas de Energia Elétrica acronym in Portuguese, Cepel], and by internal efforts by state-owned companies, the R&D and innovation efforts in energy concessionaires have been restricted in terms of impacts on companies' economic performance (BIN *et al.*, 2015). Taking into account the relationship between the characteristics of Brazilian innovation ecosystems and the sectoral innovation standards and the policy of reasonable tariffs that tends to eliminate the gains of the innovator, this is another element that makes the interest in R&D on the part of the electricity sector still secondary.

Lastly, in interviews with several actors directly involved with the Program, De Castro *et al.* (2020) identifies that the R&D projects tend to focus on the solution of specific technical problems, whose solutions are not at the frontier of knowledge, instead of pursuing long-term and structural innovations. In this sense, many companies have a short-term view and prioritize the resolution of immediate internal problems, to the detriment of longer-term strategies that are more intensive in innovation, as they consider that the Program lacks incentives. As they see it, the most relevant factor that hinders or impairs innovation and R&D activities is the presence of excessive economic risks, which implicitly includes, among other factors, the risk of disallowance of projects, as it is a risk of economic loss.

Concerning the lack of a solid regulatory framework in energy storage, Dantas *et al.* (2018) argue that the country's regulations still focus on pre-defined remuneration with energy contracts, which impacts negatively on the promotion of innovation in the electricity sector, and, thus, on the attractiveness of investments. Another issue is ancillary services, essential in maintaining frequency, voltage, and power quality on the electric system, making energy storage projects feasible, which also do not have a regulatory framework in Brazil (WEISS; TSUCHIDA, 2015).

Moreover, in terms of economic aspects, in May 2020, the Brazilian Revenue Service (Receita Federal do Brasil, acronym in Portuguese, RFB) determined that storage systems should fall under the same Common Mercosur Nomenclature (NCM) codes as the accumulators (cells and batteries) they use. According to Vlasits (apud BADRA, 2021) and Malluf (apud MACHADO, 2021), the tax burden of these codes is extremely high (more than 80%), and jeopardizes the development and implementation of such technologies, even with the drop in battery prices. Also, companies face high costs and a significant scarcity of resources to transform concepts and technologies with potential into effective innovations associated with a business model.

About the technology dimension, according to Mass Clean Energy Center (2016), the energy storage technologies can be classified into five groups according to the form of storage: mechanical, electrical, thermal, electrochemical and chemical (hydrogen). **Mechanical** energy storage has PHS, which, according to Barbour *et al.* (2016), is a process that pumps water from a lower to a higher reservoir in periods of low demand. There are also mechanisms to store energy by compressed air. In the **electrical** energy storage, there are the Supercapacitors, which present highly porous carbon materials, and SMES, devices which have superconductivity properties (SERRA, 2016). **Thermal** energy storage (TES) presents the Heat-sensitive systems, which are based on increasing the temperature of materials, without undergoing phase changes. In the Latent heat systems, the storage is based on the absorption/emission of heat during the change of phase of the material. Also, in the thermal energy storage category, there is the Cryogenic Energy Storage, a type of storage made at low temperatures (LOPES, 2015). About **electrochemical** energy storage, there are the Conventional batteries which the most popular ones are of lead acid (PbA) and lithium ions (Li-ion). Another type of this kind of storage is the Flow batteries as zinc bromide (ZnBr) and vanadium redox (VRB) (EVANS *et al.*, 2012). Finally, **chemical** energy storage presents fuel cells or hydrogen storage which uses hydrogen as a fuel to react with oxygen (SERRA, 2016). The concept of P2G is to feed electrolyzers with cheap surplus renewable electricity to produce hydrogen and inject this into the gas grid (ZHANG *et al.*, 2016).

As consolidated in the literature, innovation is understood as an essentially uncertain activity and having a technology or concept with potential does not mean that subsequent steps are less uncertain (DOSI, 1988; DE CASTRO *et al.*, 2020). Despite its continental dimension, Brazil is recognized internationally for its integration capacity of energy systems due to the National Interconnection System (SIN) [Sistema Interligado Nacional, acronym in Portuguese, SIN]. Hydropower has been the mainstay of the energy grid, although its share has decreased for the last two decades. The share of this source with large reservoirs can convey the false idea that the country does not need much more energy storage. However, the effective storage capacity of hydropower has been decreasing, primarily due to the growing demand for supply and the dramatic reduction in the level of precipitation in the past few years, especially in the semi-arid Northeast region (EPE, 2019).

Ion-lithium batteries are the most used technology for energy storage nowadays in Brazil, after hydraulic storage. Although it will not likely to assume prominence soon, the Brazilian conjuncture is moving towards the enlargement of this market due to the following factors: South America having 60% of the lithium reserves known in the world (BRAZILIAN ASSOCIATION OF STORAGE AND ENERGY QUALITY -ABAQUE, 2016); the process of liberalization of the national economy is ongoing (REN21, 2020); and the temporary measure of reducing to zero the tax of imports for lithium and lead-acid batteries is in course (BRASIL, 2020).

There is a current need to store electricity generated by non-dispatchable energy sources that becomes essential for use whenever necessary. Recently, Industry 4.0 has been used to make storage “smarter” in Brazil, leading to a better grid balance during periods of high intermittent generation and low demand and vice-versa. Artificial intelligence (AI) is gradually being used as well for predictive maintenance of fleets of intermittent sources, increasing reliability, and reducing downtime (REN21, 2020). Through the Internet of Things (IoT), it is already possible to measure the use of traditional batteries, allowing their connection to the users, and delivering performance and functioning reports, as well as allowing the remote monitoring and real-time of all batteries (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INTERNET DAS COISAS - ABINC, 2019).

The question of the influence of storage technologies also assists in the process of relieving the electricity transmission and distribution networks, as it allows the decentralization of production, promoting the self-sufficiency potential of consumer units (SHIRLEY, 2019)

However, in order to maximize its energy storage potential, Brazil must also overcome challenges in terms of maintenance and strengthening of a low-carbon approach brought by international alliances and the use of “alternative” technologies such as batteries for energy storage in large scale. The most important commitment signed recently was the Paris Agreement, in which

Brazil states it will reduce its GHG by 37% in 2025 and 43% by 2030. This pledge encompasses the Brazilian economy, wildlife and indigenous areas (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC, 2016). That is because, at the same time the country needs new and clean power plants, there are a series of impacts in creating a larger system capacity, such as relocation of populations, destruction of the local nature, water pollution, etc. (LEROY; MALERBA, 2010). This raises the urgent challenge of keeping the Brazilian energy production at a low carbon-intensive level, considering that energy storage is yet to be further developed in the country (LOSEKANN; TAVARES, 2019).

Lastly, less than 1% of the Brazilian population does not have access to electricity from the Brazilian Interconnected System (SIN) (WORLD BANK, 2018). Therefore, alternative ways of generation and storage of energy in distant locations of the country may facilitate the access of millions of people to energy and all the technologies that require it. This is an infrastructure investment with positive externalities on the short-term in Brazil and in countries alike. Therefore, it is important to highlight that energy storage constitutes an important opportunity for Brazil to develop national technologies. The alternative forms of energy generation and storage to be developed in the country will serve as vectors for the improvement of the industrial sector, the National Science, Technology and Innovation (SNCTI) [Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, acronym in Portuguese, SNCTI] ecosystem, the negotiation model in the international market, and Brazilian society.

3. Case studies of energy storage in Brazil

After conducting a survey of the main Brazilian companies involved with energy storage, it is noticeable that energy storage is expected to become an increasingly strong trend in the coming years (CNI, s.d.). Experts in the energy sector point to this system as the most viable solution to allow the full operation of energy generation through renewable sources, such as wind and solar, which occur at intervals (BOLT, 2019).

Energy storage contributes to solving the great challenge of intermittent renewable sources. With the use of storage systems, it is possible that the operator of the electrical system uses electrical energy in a more flexible way, that is, that which would be lost, can be used at other times (BOLT, 2019). In this section, the article explores some types of storage technologies being developed in Brazil by analyzing the case studies of some large companies from the country.

3.1. Battery (CEMIG/Alsol)

CEMIG is the Minas Gerais Energy Company, one of the main electric energy concessionaires in Brazil. On the other hand, Alsol Energias Renováveis is a specialized company in distributed generation of different renewable energy sources. Alsol was a pioneer in Brazil in photovoltaic systems and energy storage and currently has 500 projects in operation (ALSOL, 2020). In May 2018, these two companies opened together the first photovoltaic plant with a storage capacity of 1 MW (megawatt) in Brazil. The plant has 1,152 solar panels, and has a generation potential of approximately 480 thousand kWh/year, which is enough energy to serve around 250 homes with an average consumption of 150 kWh/month per year (CANALENERGIA, 2019).

In Brazil, plants that had this type of operation before this project generated energy only during the day, and wouldn't supply active energy during the night (CANALENERGIA, 2019). In this new plant, the logic is reversed, since it has a mixture of sending energy to the grid and storage throughout the day with the presence of the sun. An important piece of information is that this technology allows its potential of 1 MW to be injected into the network for up to three hours. This is a first prototype, but the idea is for another six energy storage units to be installed (UFPB, 2019).

3.2. Biogas (Itaipu Binacional)

Itaipu Binacional is a company founded in 1966. At the time, Brazil and Paraguay united to construct a hydroelectric power plant between both countries with an installed capacity of 14 GW. This plant produces 11.3% of Brazil's total energy consumption and 88.1% of Paraguay's (ITAIPU, 2020). However, the company has been investing in new forms of storage, focusing on rural producers, who may use the farm's waste to produce biogas (ITAIPU, 2016). The project is enrolled in farms in Paraná, and followed by the research center CIBiogás, supported by Itaipu Binacional (CIBIOGÁS, 2020). Such initiatives not only help these farms have access to clean energy, but it also decreases their carbon footprint and gives them another product: bio-fertilizers.

The use of biogas in small bioreactors, installed in farms in southern Brazil, has shown Itaipu Binacional good results (ITAIPU, 2016) and studies show this is a viable scenario (FREITAS *et. al*, 2019). With further research on the topic, this could be extended to larger producers.

In Brazil, around 41% of the territory is dedicated to agricultural projects (IBGE, 2017). The country owns the world's second-largest cattle herd (USDA, 2019) and it is a top exporter of pigs and chickens. Thus, biogas from animal manure is a significant possibility of using a resource already available in the country. Biogas should appear more in the discussions about energy storage and

become more available and affordable, so it can have a more significant place in the future of Brazilian energy market.

3.3. Hydrogen (Furnas/Senai)

Eletrobras Furnas is a subsidiary of Eletrobras that operates in the generation and transmission of energy all over the country with 21 hydroelectric, 2 thermoelectric and 1 wind plants (FURNAS, s.d.). Furnas's energy storage project comes from an R&D program launched by Aneel in August 2016 for the proposition of energy storage systems in an integrated and sustainable way, seeking to create conditions for the development of technological bases and national production infrastructure.

It will be a hybrid energy storage system consisting in lithium-ion batteries and hydrogen obtained by electrolysis and stored in pressurized tanks, powered by surplus electrical energy from floating photovoltaic panels located on the reservoir lake of the Itumbiara Hydroelectric Plant owned by Furnas in the state of Goiás. The system also includes a 300 kW fuel cell for power generation based on the stored hydrogen (CEPEL, 2019), through catalyzed electrochemical reactions that have only heat and water as by-products.

The entire solar plant located in Itumbiara will have a 1000 kWp power, of which 200 kWp will come from the floating panels located in the plant's reservoir and 800 kWp from the other panels on the ground. The energy won't be commercialized, it will power the plant's auxiliary services system, such as lighting, sockets, ventilation, etc. The surplus energy will be injected into the grid through the existing infrastructure.

3.3.1. Other cases of hydrogen in Brazil

The Australian company Enegix signed a partnership with the government of Ceará to build a huge plant for the production of hydrogen. According to the company, the guaranteed contract to date is 3.4 GW of renewable sources to feed the electrolyzers with the possibility of reaching 100 GW according to the scale of the plant design. The Australians reported an investment of US \$ 5.4 billion to be raised (CLIMAINFO, 2021).

Also in 2021, Fortescue Metals Group Ltd (Fortescue), and Porto do Açu Operations SA (Porto do Açu), a subsidiary of Prumo Logística SA (Prumo), signed a Memorandum of Understanding (MoU) to develop green industrial projects based on hydrogen in Rio de Janeiro. The MoU will

allow companies to conduct feasibility studies for the installation of a green hydrogen plant in Porto do Açu, the largest private industrial port complex in Latin America. Subject to the completion of feasibility studies and approvals, the project includes the construction of a green hydrogen plant with a capacity of 300 megawatts, with the potential to produce 250 thousand tons of green ammonia per year (PORTO DO AÇU, 2021).

4. Conclusion

The market is pointing to the direction that energy storage is and will be a strong component of the future world energy scenario, as the tendency is for decentralized energy production and bigger use of renewables for the grid supply. Indeed, to “clean” the energy and goods production, thus the air and the environment, we need to be able to store energy somehow and have it available in a dynamic way, fulfilling the needs of a growing global population. In addition, it is noticeable that the current trend is directed to the hydrogen production for energy storage, though batteries are still the most direct option and more applied today.

In a local analysis, one can see that the current attempts in increasing the participation of energy storage in the Brazilian market are still shy and punctual, despite the promising worldly perspective. The existing technologies are already satisfactory to make this possible at a lower cost than before and by using resources already available. However, the recent instability caused by the pandemics, as well as conservative measures being taken in the Brazilian economy for the past years, push the country to small development in this domain, especially if the subject is not considered in the near future as a way to fulfill our international commitments of lowering GHG emissions. In addition, in order to shift our energy consumption and production to a cleaner and inclusive one, the country needs an infrastructure (transmission lines, gas storage, transportation, etc.) that is able to fit the need for sustainability the world has.

It was identified during this study the key-role of the Brazilian government in continuing with the energy transition in the country. It must now reinforce the importance of the development of different technologies in energy storage, as well as set the regulatory ground for them to flourish. Moreover, cooperation and regulation are going to be key to accelerate the process of energy transition in the country and in the world. National development needs energy, and if the decisions made in this sector are guided by sustainability values, the whole chain of production also becomes cleaner. However, there is no single solution: different needs and local-specificities require different approaches, using what best fits their strengths and weaknesses.

References

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica**, 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-de-p-d/>. Acesso em: 15 mai. 2021.

AL KEZ, Dizar *et al.* A critical evaluation of grid stability and codes, energy storage and smart loads in power systems with wind generation. **Energy**, v. 205, 117671, 15 aug. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.124> Acesso em: 01 jul. 2020.

ALSOL ENERGIAS RENOVÁVEIS S/A - ALSOL. **Nossos negócios**. 2020. Disponível em: <http://grupoenergisa.com.br/paginas/nossos-negocios/alsol-energias-renovaveis.aspx>. Acesso em: 23 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ARMAZENAMENTO E QUALIDADE DE ENERGIA - ABAQUE. **Mercado brasileiro para armazenamento de energia é de 95GW, estima ABAQUE**, 31 mai. 2016. Disponível em: <http://abaque.com.br/index.php/2016/05/31/31052016-mercado-brasileiro-para-armazenamento-de-energia-e-de-95-gw-estima-abaque/>. Acesso em: 26 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INTERNET DAS COISAS - ABINC. **Baterias Moura lança produto pioneiro para medir o uso de baterias tradicionais usando Internet das Coisas via Rede Sigfox da WND Brasil**, 13 nov. 2019. Disponível em: <https://abinc.org.br/baterias-moura-lanca-produto-pioneiro-para-medir-o-uso-de-baterias-tracionarias-usando-internet-das-coisas-via-rede-sigfox-da-wnd-brasil/>. Acesso em 26 de junho de 2020.

BADRA, Mateus. Armazenamento de energia no Brasil: o que falta para decolar?. **Canal Solar**, 2021. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/armazenamento-de-energia-no-brasil-o-que-falta-para-decolar/>. Acesso em: 16 mai. 2021.

BARBOUR, Edward *et al.* A review of pumped hydro energy storage development in significant international electricity markets. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 421–432, 2016. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.019> Available on June 16th 2020.

BIN, Adriana *et al.* Da P&D à inovação: desafios para o setor elétrico brasileiro. **Gestão da Produção**, São Carlos, v. 22, n.º 3, p. 552-564, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1294-14>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/gp/v22n3/0104-530X-gp-0104-530X1294-14.pdf> Acesso em: 16 mai. 2021.

BOLT. 4 tendências para o mercado de energia do Brasil. **Bolt Energy**, 2019. Disponível em: <http://boltenergy.com.br/blog/4-tendencias-para-o-mercado-de-energia-do-brasil/> Acesso em: 01 jul. 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Camex zera tarifas de importação de 25 insumos para combate ao coronavírus**, 06 abr. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2020/04/camex-zera-tarifas-de-importacao-de-25-insumos-para-combate-ao-coronavirus>. Acesso em: 26 jun. 2020.

CANALENERGIA. **Usina solar em Uberlândia recebe sistema de armazenamento de Energia**. 2019. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53090598/usina-solar-em-uberlandia-recebe-sistema-de-armazenamento-de-energia> Acesso em: 20 jun. 2020.

CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA - CEPEL. **Cepel detém ampla experiência na área de células a combustível: uma tecnologia de geração limpa e promissora**. CEPEL, 2019. Disponível em: http://www.cepel.br/pt_br/sala-de-imprensa/noticias/cepel-detem-ampla-experiencia-na-area-de-celulas-a-combustivel-uma-tecnologia-de-geracao-limpa-e-promissora.htm Acesso em: 26 jun. 2020.

CHASE, Peter; BERZINA, Kristine. **Transatlantic policy challenge of the digital energy nexus**. Report. Washington, D.C.: German Marshall Fund of the United States, 2018, p. 7-28. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/resrep18948.4> Acesso em: 01 jul. 2020.

CIBiogás ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Gestão de energia**. CIBiogás, 2020. Disponível em: <https://cibiogas.org/gestao-de-energia/> Acesso em: 21 jun. 2020.

CLIMAINFO. Ceará anuncia usina de hidrogênio verde em parceria com australianos. **Climainfo**, 2021. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2021/02/21/ceara-anuncia-usina-de-hidrogenio-verde-em-parceria-com-australianos/> Acesso em: 16 mai. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Indústria 2027: Inovações disruptivas**, s.d. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-2027/inovacoes/> Acesso em: 15 jun. 2020.

CROSSLEY, Penelope. Defining the greatest legal and policy obstacle to “energy storage”. **Renewable Energy Law and Policy Review**, v. 4, n.º 4, 2013, p. 268-281. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/24324568> Acesso em: 01 jul. 2020.

DAMERI, Renata. Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal. **International Journal of Computers & Technology**, v. 11, n.º 5, 2013, p. 2544-2551. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Renata_Dameri/publication/283289962_Searching_for_Smart_City_definition_a_comprehensive_proposal/links/5630cd6608ae2df441bb7e5d.pdf Acesso em: 01 jul. 2020.

DANTAS, Guilherme *et al.* Public policies for smart grids in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 92, 2018, p. 501–512. Disponível em: http://gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/51_Artigo%20de%20SG%20na%20RSER.pdf Acesso em: 17 jun. 2020.

DE CASTRO *et al.* **Programa de P&D da ANEEL: avaliação & perspectivas**. Rio de Janeiro: Publitz, 2020, 424 p. Disponível em: http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/29_livro_ped_aneel.pdf Acesso em: 16 mai. 2021.

DELGADO, Marco; HAGE, Fabio; LEITE, Nelson. Os Desafios do armazenamento de energia no setor elétrico. **FGV Energia Caderno de Opinião**, 2017, 8 p. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19255/Coluna%20Opinio%20Janeiro%20Nelson%20Leite.pdf> Acesso em: 30 jun. 2020.

DOSI, Giovanni. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, 1988, ed. 26, p. 1120-1171. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2726526>

ENERGY FUTURE. **Consulta Pública para aprimorar o Programa de P&D da ANEEL recebe sugestões**. **Energy Future**, 2021. Disponível em: <https://hub.energyfuture.com.br/2021/02/10/consulta-publica-para-aprimorar-programa-de-pd-da-aneel-recebe-sugestoes/#:~:text=Os%20principais%20desafios%20relacionados%20%C3%A0,dos%20setores%20p%C3%ABlico%20e%20privado> Acesso em 15 de maio de 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2019: ano base 2018, 2019**. 303p. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

EVANS, Annette *et al.* Assessment of utility energy storage options for increased renewable energy penetration. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 4141–4147, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.048> Acesso em: 14 jun. 2020.

FREITAS, Flavio *et al.* The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 101, p. 146-157, 2019. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/eeerensus/v_3a101_3ay_3a2019_3ai_3ac_3ap_3a146-157.htm Acesso em: 15 jun. 2020.

FURNAS. **Geração. Eletrobrás Furnas**, s.d. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/geracao/?culture=pt> Acesso em 16 de maio de 2021.

GUPTA, Rajat; BRUCE-KONUAH, Adorkor; HOWARD, Alastair. Achieving energy resilience through smart storage of solar electricity at dwelling and community level. **Energy and Buildings**, v. 195, 2019, p. 1-15. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778818330482> Acesso em: 01 jul. 2020.

HINRICHS-RAHLWES, Rainer. Renewable energy: What could and should happen after 2020? Implementing the Paris commitments requires a system change for renewable energy. **Renewable Energy Law and Policy Review**, v. 8, n.º 2, 2017, p. 38-49. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/26377526> Acesso em: 02 jul. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006/2017. 2017**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/estabelecimentos.pdf Acesso em: 21 jun. 2020.

ITAIPU BINACIONAL - ITAIPU. **Geração**. 2020. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao> Acesso em: 21 jun. 2020.

ITAIPU BINACIONAL - ITAIPU. **Propriedades rurais no Oeste do Paraná geram a própria energia**. 2016. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/sala-de-imprensa/video/biogas> Acesso em: 21 jun. 2020.

KLAIMI, Joelle *et al.* A novel loss-based energy management approach for smart grids using multi-agent systems and intelligent storage systems. **Sustainable Cities and Society**, v. 39, may 2018, p. 344-357. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670717307552> Acesso em: 01 jul. 2020.

LEROY, Jean Pierre; MALERBA, Julianna. **IIRSA, energia e mineração: ameaças e conflitos para as terras indígenas na Amazônia brasileira**. Rio de Janeiro: Federação de Órgãos para Assistência Social e Educacional (FASE), 2010. Disponível em: <https://fase.org.br/wp-content/uploads/2010/10/IIRSA.pdf> Acesso em: 16 mai. 2021.

LOPES, Sérgio Augusto Seixas. **Tecnologias de armazenamento de energia para fornecimento de serviços de sistema**. 107 f. (Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2015. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/40488/1/Tecnologias%20de%20Armazenamento%20de%20Energia%20para%20Fornecimento%20de%20Servicos%20de%20Sistema.pdf> Acesso em 14 de junho de 2020.

LOSEKANN, L.; TAVARES, F. **Política energética no BRICS: desafios da transição energética**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019, 60 p. (Texto para Discussão, 2495). Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=34933 Acesso em 20 jun. 2020.

MACHADO, Nayara. **Mercado de armazenamento de energia vai deslançar, mas tributação é empecilho no Brasil, diz diretor da BYD**. EPBR, 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/mercado-de-armazenamento-de-energia-vai-deslançar-mas-tributacao-e-empecilho-no-brasil/> Acesso em: 16 mai. 2021.

MASS CLEAN ENERGY CENTER - MassCEC. **Energy storage study**. Massachusetts: Massachusetts Energy Storage Initiative, 2016. Disponível em: <https://www.mass.gov/service-details/energy-storage-study> Acesso em: 15 jun. 2020.

PORTO DO AÇU. **Fortescue Future Industries e Porto do Açu unem forças para desenvolver planta de hidrogênio verde no Brasil**. Porto do Açu, 2021. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/fortescue-future-industries-e-porto-do-acu-unem-forças-para-desenvolver-planta-de-hidrogenio-verde-no-brasil/> Acesso em: 16 mai. 2021.

REN21. **Renewables 2020 global status report**, 2020. Disponível em: <https://www.ren21.net/gsr-2020/> Acesso em: 26 jun. 2020.

SERRA, Eduardo *et al.* **Armazenamento de energia: situação atual, perspectivas e recomendações**. Comitê de Energia da Academia Nacional de Engenharia Brasil, 2016. Disponível em: https://energiasroraima.com.br/wp-content/uploads/2020/01/ACUMULACAO-DE-ENERGIA-_Armazenamento-de-Energia-Fev-2017.pdf Acesso em: 15 jun. 2020.

SHIRLEY, Rebekah. Decentralizing energy for a high-demand, low-carbon world. **One Earth**, v. 1, n.º 4, 2019, pp. 388-391. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2590332219302271?token=5BE5946958000F41DABB1CDD1A55CFE13760E1251886CC7D4EC458D8B0ABA9EEECF15B5B0E97A8CFA3488BC0B183636F&originRegion=us-east-1&originCreation=20210516184326> Acesso em: 16 mai. 2021.

UNION OF CONCERNED SCIENTISTS. **Union of concerned scientists**, 2018. doi: 10.2307/resrep24152

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC. **Paris Agreement: Brazil's Nationally Determined Contribution (NDC)**. 2016. Disponível em: [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/Brazil%20First%20NDC%20\(Updated%20submission\).pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/Brazil%20First%20NDC%20(Updated%20submission).pdf) Acesso em: 16 mai. 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Brazil once again becomes the world's largest beef exporter**. Washington D.C.: White House, 2019. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2019/july/brazil-once-again-becomes-the-world-s-largest-beef-exporter/> Acesso em: 21 jun. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB. **Projeto de energia solar da UFPB recebe menção honrosa em prêmio na Inglaterra.** 2019. Disponível em: <https://www.ufpb.br/ufpb/contents/noticias/projeto-de-energia-solar-da-ufpb-recebe-mencao-honrosa-em-premio-na-inglaterra>. Acesso em: 20 jun. 2020.

WEISS, Jurgen; TSUCHIDA, Bruce. **Integrating renewable energy into the electricity grid: Case studies showing how system operators are maintaining reliability.** The Brattle Group, jun. 2015. 39 p. Disponível em: <https://info.aee.net/hubfs/EPA/AEEI-Renewables-Grid-Integration-Case-Studies.pdf> Acesso em: 26 jun. 2020.

WORLD BANK. **Access to electricity (% of population)**, 2018. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?view=chart> Acesso em: 26 jun. 2020.

ZHANG, Fan *et al.* The survey of key technologies in hydrogen energy storage, **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, n.º 33, 7 set. 2016. p. 14535-14552. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.293> Acesso em: 17 jun. 2020.

Energia eólica no Ceará: seus parques e sua contribuição para a matriz energética do Estado

Paula Meyer Soares¹, Danylo Carvalho Mucury², Marcus Vinícius de Holanda Bonifácio³

Resumo

A matriz energética brasileira, comparada com a de alguns países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), é considerada uma das mais limpas do mundo. A geração de eletricidade concentra-se, em 67%, nas fontes renováveis, dentre elas, a fonte eólica. A Região Nordeste reúne a maior parte dos empreendimentos eólicos do País, com destaque para o Estado do Ceará. Atualmente, a referida unidade da Federação ocupa a segunda posição na geração de energia elétrica. Além de seus 81 parques eólicos em operação, o Ceará vem construindo: um empreendimento com capacidade de 19,2 megawatts (MW); e outros 12 com capacidade total de 315 MW. O presente estudo faz uma avaliação do Estado do Ceará em relação à geração de energia elétrica com uso

Abstract

The Brazilian energy matrix, compared to some Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) countries, is considered one of the cleanest in the world. 67% of electricity generation is concentrated on renewable sources, including wind power. The Northeast region concentrates most of the country's wind projects, especially the state of Ceará. Currently, Ceará occupies the second position in the generation of electric energy. In addition to its 81 operating wind farms, Ceará has been building: an enterprise with a capacity of 19.2 megawatts (MW); and another 12 with a total capacity of 315 MW. This study makes an assessment of the state of Ceará in the generation of electric energy using the wind

1 Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade de Fortaleza (Unifor) (1990), mestre e doutora em Economia pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-Eaesp). Professora da Universidade de Brasília (UnB) na Faculdade UnB Gama (FGA) e do Programa de Pós-graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (Profnit) da UnB.

2 Mestre em Inovação pelo Profnit da UnB.

3 Engenheiro de Energia pela UnB, com intercâmbio na Austrália. Integrante da equipe de comercialização da Norte Energia S.A., empresa empreendedora da Usina Belo Monte.

da fonte eólica, observando os aspectos tecnológicos e de capacidade de geração. A metodologia utilizada toma como base uma análise quali-quantitativa de dados secundários e primários de: capacidade de geração, patentes, investimentos realizados e equipamentos utilizados na construção dos parques eólicos.

source, observing the technological aspects and generation capacity. The methodology used is based on a quali-quantitative analysis using secondary and primary data on generation capacity, number of patents, investments made, and equipment used in the construction of wind farms.

Palavras-chave: Energia eólica. Ceará. Leilões. Matriz energética. Inovação.

Keywords: Wind energy. Ceará. Auctions. Energy matrix. Innovation.

1. Introdução

A expansão da geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis é uma tendência mundial. A crescente pressão da sociedade para a redução dos gases de efeito estufa (GEE), corroborada pelo compromisso firmado por alguns países na COP 21⁴, em Paris, e pelo aumento da demanda por energia, tem conduzido as nações a repensarem seus modelos de setor elétrico.

Mesmo considerando: a redução dos custos de implantação de fontes alternativas de energia renovável; a maior automação das redes; e o crescimento da capacidade de armazenagem de energia, é importante verificar, ainda, o papel da inovação, no Brasil e no mundo, dentro desse contexto.

A participação dessas fontes na matriz energética brasileira é crescente, com destaque para a fonte eólica, cuja parcela é de 9%, o correspondente a 14,49 gigawatts (GW) de energia gerados na referida matriz.

Em 2018, foram instalados 14,721GW de potência eólica, representando uma expansão de 15,3%, se comparada com a do ano anterior. A maioria dos empreendimentos eólicos brasileiros está localizada na Região Nordeste do País, com destaque para os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte e da Bahia (ABEEÓLICA, 2019).

Em 2018, havia 574 parques aptos funcionando no Brasil. Nos anos seguintes, foram instaladas 71 novas usinas eólicas no País, com acréscimo de 3.179,1 megawatts (MW) de potência contratada.

4 Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP-21), realizada em dezembro de 2015.

Os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará são os que mais receberam empreendimentos eólicos, reunindo 46 dessas usinas construídas mais recentemente (ABEEÓLICA, 2019).

O período de maior potencial eólico brasileiro se dá nos meses de junho a dezembro, justamente quando o índice de chuvas é menor. Dessa forma, a utilização de energia eólica propicia uma maior segurança energética em um período historicamente marcado por instabilidades na fonte com maior participação na matriz energética nacional (EVOLUÇÃO ENERGIA EÓLICA, 2014).

As iniciativas de expansão da geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis visam à consolidação desse segmento na matriz energética brasileira, em uma perspectiva de longo prazo. Leilões de energia têm sido realizados, contemplando as fontes renováveis - eólica e solar, respectivamente - de modo a garantir o suprimento energético por meio do uso dessas fontes.

O presente artigo expõe dados de um estudo sobre: o potencial energético da Região Nordeste brasileira, com ênfase no Estado do Ceará; além das inovações tecnológicas ocorridas nesse segmento de energias renováveis no Brasil e no mundo.

2. Metodologia

Para a realização do mencionado estudo, foi utilizada uma abordagem qualitativa e quantitativa. De acordo com KNECHTEL (2014), as pesquisas quantitativas tomam como base verificações de uma teoria, em conjunto com a observação das tendências das variáveis examinadas. Este estudo é feito, portanto, a partir de análises estatísticas, com o objetivo de determinar se as generalizações previstas na teoria se sustentam ou não. A pesquisa qualitativa, por sua vez, não busca enumerar ou mensurar os eventos estudados, nem emprega instrumentos estatísticos na análise dos dados, priorizando, desse modo, o processo da pesquisa e não simplesmente os resultados. Assim, o significado é a preocupação essencial na abordagem qualitativa.

Na condução do estudo, foi realizada, ainda, uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto, de modo a se compreender os aspectos técnicos, tecnológicos e regionais da geração de energia eólica no Estado do Ceará. Foram utilizados, ainda, dados primários e secundários relativos à geração de energia elétrica e constantes nos registros sobre os leilões de energia de reserva, energia nova e energia estruturante, informações estas divulgadas nos Boletins Técnicos da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) do Ministério de Minas e Energia (MME), durante o período de 2010 a 2018. A análise também envolveu dados disponíveis no site Orbit Intelligence sobre patentes e invenções.

Ainda dos documentos de leilões da Aneel, foram compilados dados relativos ao potencial eólico, aos empreendimentos habilitados e aos investimentos realizados por parte das empresas geradoras de energia com uso de fonte eólica no Estado do Ceará.

Do mesmo modo, houve análise de dados geográficos e climáticos do Estado, que o colocam como um dos grandes promissores para a geração de energia elétrica a partir da utilização de fontes eólicas.

3. Resultados e discussão

3.1. Aspectos técnicos da geração de energia utilizando a fonte eólica

A conversão da energia disponível nos ventos em capacidade de trabalho, conhecida como energia mecânica se dá por meio um processo relativamente simples, sendo necessário, porém, haver um bom potencial eólico e também que o sistema esteja preparado para lidar com as variações climáticas impostas pela natureza. Esse aproveitamento da fonte eólica em energia mecânica é feito desde épocas medievais, quando a força dos ventos era utilizada para mover a indústria de forjaria e, em períodos posteriores, empregada em moinhos de cereais e bombas d'água, por exemplo (RUNCOS, 2006).

Durante o funcionamento de uma turbina eólica, o vento movimenta as hélices, fazendo com que as forças aerodinâmicas passem a movimentar o rotor, de forma que o eixo da turbina alcance altas rotações (DA SILVA, 2013).

Nos ventos que varrem a área do rotor, a turbina eólica capta uma fração da energia cinética que é transformada em energia mecânica. No eixo do rotor, está acoplado um gerador elétrico com a função de transformar essa energia mecânica em energia elétrica, de maneira que haja a potência elétrica, dada em watts (RUNCOS, 2006).

3.1.1. Classificação das turbinas eólicas

Os aerogeradores podem ser classificados em relação à diversos fatores, tais como:

- Capacidade de geração;
- Tipo de terreno instalado (terra ou mar);
- Características de projeto de rotor.

3.1.1.1. Quanto à capacidade de geração

Turbinas eólicas são consideradas de pequeno porte quando têm capacidade de geração de até 20 kilowatts (kW). Possuem sistemas indicados para instalações residenciais e aplicações em localidades isoladas, como zonas rurais. Normalmente, são utilizadas em conjunto com um sistema de armazenamento de energia para uso posterior, como baterias (PUC-RS, 2010).

Em relação à classificação de médio porte, esta corresponde aos aerogeradores com capacidade entre 20 kW e 250 kW. Estes equipamentos são comumente utilizados em sistemas de geração híbrida, em conjunto com outro tipo de fonte de energia, como a solar. Podem ser aplicados para sistemas isolados ou ligados diretamente na rede. Um bom exemplo onde esse tipo de turbina é usado diz respeito aos sistemas de geração distribuída (DA SILVA, 2013).

As turbinas eólicas de grande porte são aquelas que possuem capacidade de geração acima de 250 kW, mas a grande maioria dos fabricantes trabalha com turbinas na faixa entre 1,5 MW e 4 MW. Esse tipo de turbina é utilizada principalmente em grandes empreendimentos, como usinas eólicas, que são ligadas diretamente na rede para o transporte de energia elétrica. O custo desse tipo de turbina é consideravelmente maior que o de outros tipos desse equipamento, tanto na fase de fabricação quanto nas etapas de transporte e instalação (DA SILVA, 2013).

3.1.1.2. Quanto ao tipo de terreno instalado

Os sistemas eólicos podem ser instalados tanto sobre terra (*onshore*) quanto no mar (*offshore*).

Sistemas *onshore* são os mais utilizados, pois possuem uma tecnologia mais desenvolvida e utilizada há mais tempo. Tais sistemas também propiciam facilidade no processo de instalação e

manutenção. Entretanto, esse tipo de empreendimento apresenta mais impactos relacionados à poluição visual e sonora, ao uso da terra e a problemas sociais (DA SILVA, 2013).

Sistemas *offshore* são os instalados nos oceanos e não possuem tecnologia totalmente desenvolvida, porém, já existem usinas eólicas *offshore* em operação no mundo. Entre as vantagens consideráveis desse tipo de sistema está o fato de que, com o mesmo trabalho com ventos mais fortes e constantes, o impacto relacionado com poluição visual e sonora é reduzido, se comparado com o sistema *onshore* (DA SILVA, 2013).

Contudo, ainda existem grandes desafios para o pleno desenvolvimento desse tipo de tecnologia: a estrutura de fundação para as torres no mar é mais cara e desafiadora; os materiais utilizados têm que ser especiais para resistir à corrosão e erosão provenientes da salinidade do mar; e as condições de instalação, operação e manutenção são bem mais complexas. Outro desafio para esse tipo de tecnologia é a transmissão para o sistema de consumo final (BRASIL, 2012).

3.1.1.3. Quanto à característica de projeto rotor

Em relação às características de projeto de rotor, as turbinas possuem dois tipos de classificação: turbinas de eixo horizontal e de eixo vertical (ACKERMAN, 2000).

As turbinas de eixo horizontal são as mais apropriadas e, conseqüentemente, mais utilizadas em sistemas de geração de energia elétrica para aplicações comerciais. Esse tipo de turbina pode variar de acordo com a quantidade de pás que o rotor possui, sendo o tipo mais comum o de 3 pás. Isso se dá porque o rotor de duas pás, apesar de mais barato, produz velocidade de rotação mais alta, o que implica na perda de estabilidade para a turbina (DA SILVA, 2013).

Por sua vez, como o nome diz, turbinas de eixo vertical têm rotação em torno de seu próprio eixo. Sua altura é limitada e seu movimento ocorre com ventos de velocidades menores. Uma vantagem desse tipo de turbina é que o gerador pode ser colocado na base da torre, facilitando a operação do sistema. Entretanto, esse tipo de equipamento possui eficiência reduzida e sua capacidade é consideravelmente menor em comparação a turbinas de eixo horizontal (ACKERMAN, 2000). Assim, esse tipo de turbina é tida como pouco rentável, sendo utilizada principalmente em locais remotos, sem acesso à rede elétrica (DA SILVA, 2013).



Foto 1. Turbina de eixo vertical (esquerda) e turbina de eixo horizontal (direita)

Fonte: Banco de imagens Gettyimages.

3.2. Funcionamento de uma turbina eólica

As turbinas eólicas de eixo horizontal possuem componentes básicos, entre os quais podem ser citados:

- Rotor;
- Nacele;
- Torre e fundação.

O rotor é composto basicamente pelas pás da turbina e o cubo onde elas são acopladas. As pás são estruturas aerodinâmicas reforçadas com fibra de vidro, produzidas a partir de materiais compósitos, resina epóxi ou poliéster e representam cerca de 22% do custo total da turbina (ABDI, 2014). As pás possuem formas de aerofólio, de maneira que estão sujeitas a forças e tensões relacionadas a aerodinâmicas para aerofólios (DA SILVA, 2013).

Além das pás, existe o cubo do rotor, que é responsável pela transmissão do movimento proveniente das pás, como torque, para o sistema interno da turbina, mais especificadamente a caixa multiplicadora (ACKERMAN, 2000).

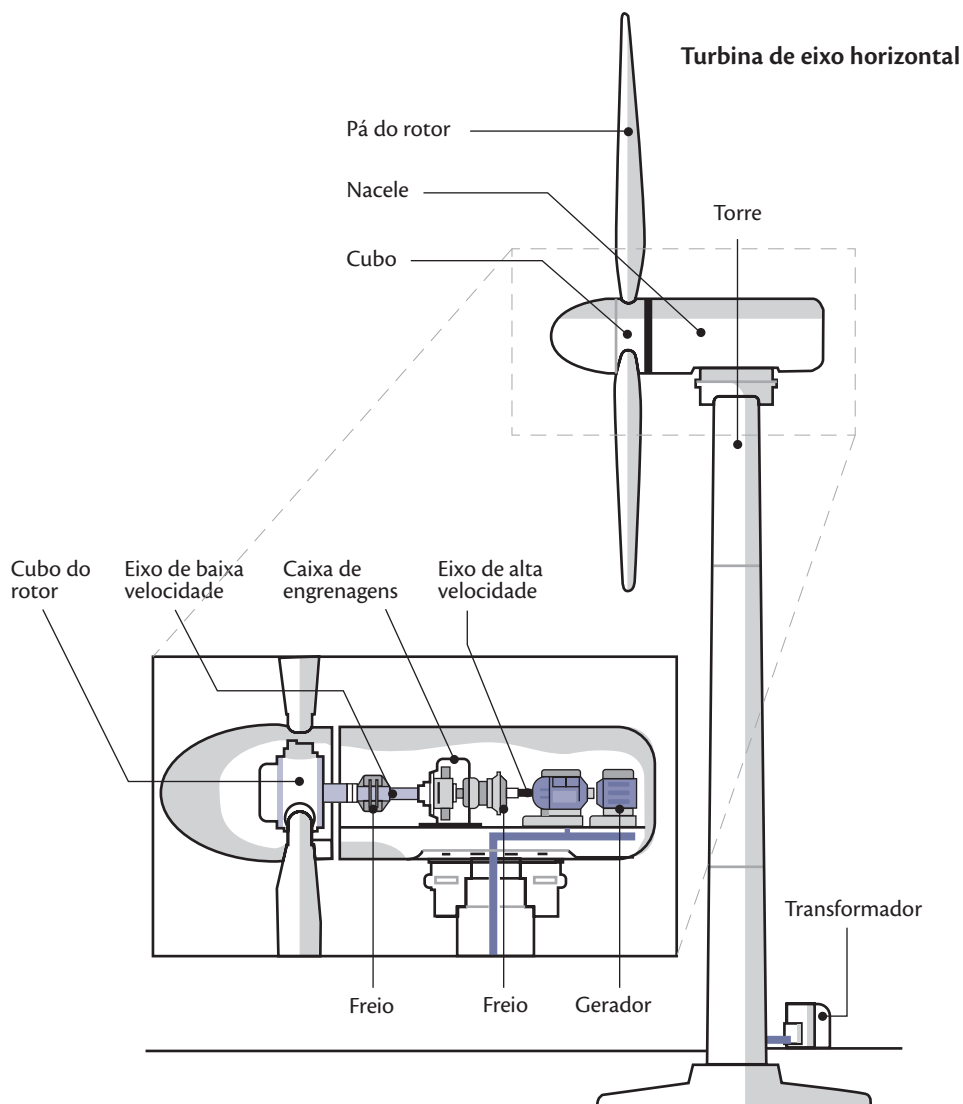


Figura 1. Aerogerador e suas partes

Fonte: Elaboração CGEE.

A nacela, que pode ser considerada como o componente principal da turbina eólica, é a carcaça onde está contida uma série de elementos mecânicos e elétricos, responsáveis pela conversão de energia elétrica a partir do torque do rotor (ACKERMAN, 2000). Entre esses elementos, se destacam a caixa multiplicadora, o eixo, o gerador, o sistema yaw, o sistema de freios e o transformador.

A caixa multiplicadora é localizada entre o rotor e o gerador e é responsável pela conversão da rotação baixa, proveniente do rotor, para a velocidade de rotação mais alta que o gerador necessita para gerar energia (DA SILVA, 2013).

O gerador é responsável pela conversão de energia mecânica de rotação em energia elétrica e pode ser de diferentes tipos. O transformador é responsável pela elevação da tensão gerada para a tensão adequada à rede elétrica a qual a turbina está conectada. O sistema *yaw* é responsável pelo alinhamento da turbina com a direção do vento (ABDI, 2014). Esse sistema, com o auxílio de um anemômetro, identifica as mudanças na direção do vento e guia a nacelle para que a mesma se posicione na direção apropriada (SPERA, 1998).

Outro componente importante é o sistema de freios, necessário para cessar o movimento da turbina em momentos de ventos extremos, de forma que os equipamentos não sejam danificados (DA SILVA, 2013).

O princípio de funcionamento da turbina eólica baseia-se na conversão da energia cinética - que é resultante do movimento de rotação causado pela incidência do vento nas pás do rotor da turbina - em energia elétrica. Na Figura 1, há uma representação de todos os componentes básicos para o funcionamento de uma turbina eólica ou aerogerador.

As condições de funcionamento de uma turbina eólica dependem principalmente das condições de vento. Este pode ter comportamento uniforme ou não, dependendo da localidade do empreendimento eólico e da proximidade com fatores que impactem diretamente na sua velocidade.

3.3. Panorama da energia eólica no Brasil

O avanço das fontes de energias alternativas no Brasil ocorreu após a promulgação da Lei n.º 10.438/2002, que criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), cujo objetivo foi fomentar o aumento da participação dessas fontes (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa) na produção de energia elétrica.

Em 2020, o setor eólico brasileiro finalizou o ano com uma potência instalada total de 17,75 GW distribuídos por 686 usinas, o que representou um crescimento de 14,89 % de potência em relação a dezembro de 2019 (ABEEÓLICA, 2020).

A expansão da capacidade geradora de energia da fonte eólica deve-se ao aumento da participação da referida fonte nos leilões de energia. Em 2018 por exemplo, foram realizados dois leilões de energia

nova, denominados A-4 e A-6, ambos envolvendo fonte eólica. No leilão A-4, foram viabilizados quatro projetos (de 114,4 MW de potência e 33,4 MW médios de garantia física contratada) que deverão iniciar o fornecimento de energia elétrica a partir de 1º de janeiro de 2022. Por sua vez, o leilão A-6 viabilizou 44 projetos eólicos (correspondentes a 1.136,30 MW de potência e 420,10 MW médios de garantia física contratada). Neste segundo certame, as usinas devem iniciar a operação comercial a partir de 1º de janeiro de 2024. Ao todo, foram contratados 1,70 GW de capacidade instalada, em 48 parques, nos leilões regulados de 2018 (SOARES e MUCURY, 2018).

Em 2020, a capacidade instalada foi de 17,75 GW, sendo 17,16 GW distribuídos em parques em operação comercial (96,72%) e 0,58 GW de operação em teste (3,28%) (ABEEÓLICA, 2020).

A geração média de energia dos estados da Região Nordeste é de 849,70 MW. A capacidade instalada desses empreendimentos está distribuída entre 430 parques eólicos, totalizando 2.013,9 MW. Em 2018, 53 novos empreendimentos iniciaram a sua operação o País, sendo a maioria localizada no Nordeste.

A distribuição de potência instalada concentra-se na Região Nordeste, especialmente nos Estados do Ceará, da Bahia e do Rio Grande do Norte (Gráfico 1), devido às características dos ventos encontrados nessa Região, que são mais regulares e intensos, o que propicia a geração de energia ao longo do ano, de forma mais previsível.

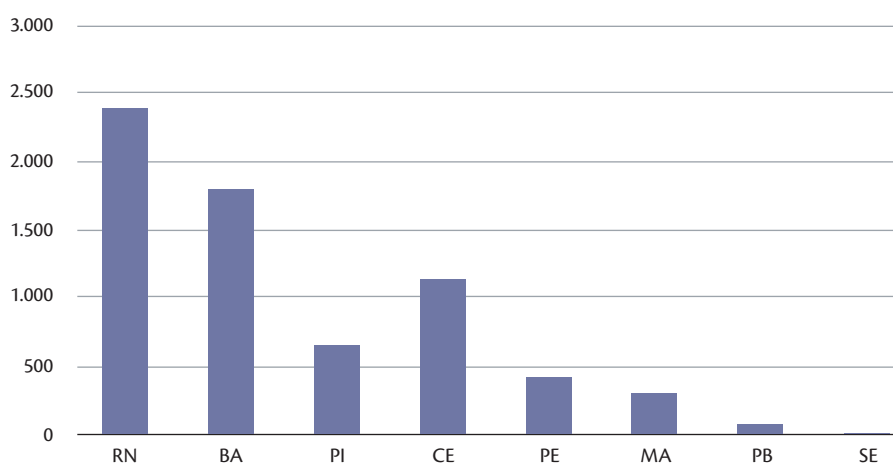


Gráfico 1. Geração em MW médio por Estado da Região Nordeste – 2020

Fonte: ABEEÓLICA (2020).

No que tange à parte tecnológica, as turbinas eólicas representam cerca de 70% do investimento total da instalação de uma usina. As características mais relevantes dos equipamentos, verificadas na análise dos projetos, são o diâmetro do rotor, a altura do cubo e a potência unitária, parâmetros estes determinantes na estimativa de produção de energia de um empreendimento (além da curva de potência do equipamento) (BONIFACIO, 2016).

Em 2007, predominavam, nos projetos, turbinas com altura de cubo e diâmetro do rotor da ordem de 70 metros (m). Em 2018, esses números chegaram à média de 110 m, com alguns equipamentos ainda maiores (ANEEL, 2014).

Ao longo da última década, o desenvolvimento tecnológico dos materiais construtivos propiciou o aumento da altura das torres e do diâmetro dos aerogeradores, elevando o fator de capacidade das usinas.

Em 2007, quase 90% dos aerogeradores dos projetos habilitados possuíam diâmetro inferior a 80 m. Em 2010, esse percentual passou para 5%. Por outro lado, diâmetros acima de 110 m passaram a ser disponibilizados com maior frequência a partir de 2010, representando, em 2013, mais de 60% do total e, em 2018, 97% (ANEEL, 2014).

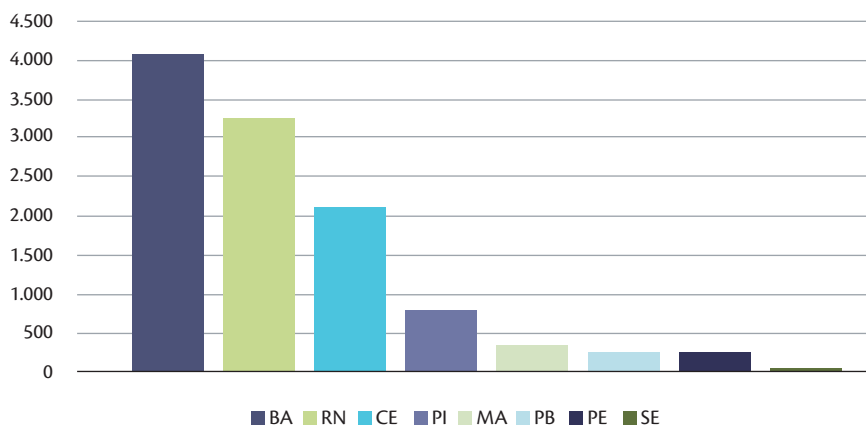


Gráfico 2. Total de empreendimentos eólicos cadastrados na Região Nordeste

Fonte: ANEEL, 2014.

A maior parte dos empreendimentos eólicos cadastrado na Região Nordeste concentra-se nos estados da Bahia, do Rio Grande do Norte e do Ceará (Gráfico 2). Na Região Sul do País, por sua vez, a concentração é maior, sobretudo, no Rio Grande do Sul, com 2.559 parques no total (Gráfico 3) (ABEEÓLICA, 2019).

Apesar do protagonismo da Bahia, do Rio Grande do Norte e do Ceará na geração de energia elétrica, por meio do uso da fonte eólica, as exigências ambientais, sobretudo no litoral, onde as condições de vento são mais favoráveis, estão mais rigorosas, o que, de certa maneira, contribuiu para a realocação de alguns projetos em outros estados (DIÁRIO DO NORDESTE, 2019).

Além disso, a Bahia e o Rio Grande do Norte vêm concedendo incentivos fiscais que o Ceará não oferece. Tal iniciativa reduz o custo da operação nos dois primeiros estados e, assim, viabiliza os projetos de geração (DIÁRIO DO NORDESTE, 2019).

Na atualidade, além dos 81 parques eólicos em operação, o Ceará tem e 13 empreendimentos com construção iniciada, sendo um com capacidade de 19,2 MW e os demais com capacidade em conjunto de 315 MW. O Rio Grande do Norte, além de 152 parques em operação, tem dois em construção e 60 com construção não iniciada que, juntos, somam 1.903,3 MW. Por sua vez, a Bahia deverá adicionar 1.523,6 MW à sua matriz eólica nos próximos anos, com 38 parques em construção e 47 com construção não iniciada (DIÁRIO DO NORDESTE, 2019).

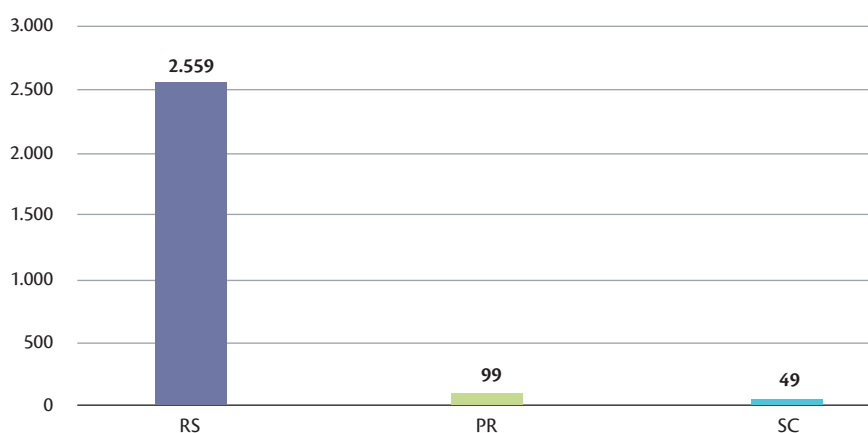


Gráfico 3. Total de empreendimentos eólicos cadastrados na Região Sul

Fonte: ANEEL, 2014.

A partir dos anos 2000, após a criação do Proinfa, o País experimentou uma expansão na geração de energia elétrica por meio do uso da fonte eólica.

De acordo com dados da Aneel, a maioria das inabilitações decorre do não atendimento das exigências para o cadastramento dos empreendimentos no leilão. Tais exigências perpassam: i) desde a apresentação do comprovante do direito de usar ou dispor do local a ser destinado ao empreendimento; ii) até as autorizações de acesso à Rede Básica, às Demais Instalações de Transmissão (DIT) ou às Instalações de Interesse Exclusivo das Centrais de Geração para Conexão Compartilhada (ICG) ou, ainda, às Redes de Distribuição locais; iii) além da Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI), Licença de Operação (LO) emitida pelo órgão ambiental; iv) e, ainda, a apresentação dos estudos de impacto ambiental exigidos no processo de licenciamento ambiental (ANEEL, 2014).

A partir de 2009, houve mudança na regra quanto à apresentação dos registros anemométricos, de 12 para 24 meses consecutivos, em 2011, e 36 meses, a partir de 2017. Tais mudanças impactaram no volume de projetos inabilitados, uma vez que seria necessária a entrega de registros com prazo maior das medições (ANEEL, 2014).

4. Patentes e sua evolução desde 1998

A partir de pesquisas no *site* do Orbit Intelligence - sistema produzido pela Questel Orbit, de busca, seleção, análise e exportação de informações contidas acerca de patentes –, com base nos levantamentos da área, especificamente em temas como aerogeradores, constata-se, a partir de 1998, uma expansão ao longo dos anos em relação às patentes concedidas para turbinas eólicas e rotores.

Tabela 1. Número de publicações/patentes a partir de 1998

Título, Resumo	Total
Turbina e vento	276.357
Turbina eólica	226.631
Turbina e vento e rotor	7.186
Turbina e vento e rotor e torre	19.838
Turbina e vento e rotor e nacelle	13.963
Turbina e vento e rotores e nacelle e torre	10.984

Fonte: Orbit Intelligence (2018).

Do total de solicitações dessas patentes, cerca de 50% obtiveram concessão, estando o remanescente com pendências, em análise ou caducado. Evidenciam-se, conforme esses dados, a importância e o crescimento dessa inovação tecnológica para a geração de energia elétrica.

Ao realizar o refinamento da busca, observa-se que a concessão das publicações/patentes é significativa para as turbinas eólicas, havendo um afunilamento desses registros quando analisado o aparato tecnológico como um todo, ou seja, *turbina eólica + rotor + nacelle + torre*. A concentração de patentes em cada uma dos componentes da usina eólica reforça a instauração de institutos de pesquisa tecnológicos especializados e que buscam melhorar a eficiência do uso da tecnologia empregada nesse segmento.

Na verificação dos componentes, por exemplo, a turbina eólica e o rotor separadamente, não há uma tendência na concessão dessas patentes, o que significa dizer que a evolução tecnológica desses equipamentos ocorre dentro de uma dinâmica própria, ou seja, em um ecossistema onde os *players* interagem entre si de forma dinâmica, mas não previsível. O domínio dessas tecnologias, no entanto, concentra-se em centros de pesquisa tecnológico de países desenvolvidos e que dominam o mercado e a comercialização dessas tecnologias, como China, Dinamarca, Estados Unidos e Alemanha.

Dessas 7.180 famílias de patentes, 18% estão concentradas em 10 grandes empresas. Essa concentração do *know-how* tecnológico suscita a formação de monopólio e oligopólios tecnológicos no contexto global. O Brasil, mesmo detentor de um potencial eólico acima da média mundial, fica, de certo modo, à mercê da evolução perpetrada pelos institutos de inovação espalhados pelo mundo.

Dentre os principais países que concentram esse *know-how*, estão Estados Unidos, Alemanha, China e Dinamarca. Tal concentração deve-se à dinâmica do próprio ecossistema de inovação, que permite o compartilhamento de *know-how* de elevado teor tecnológico e bastante específico. Os maiores números de patentes estão concentrados nas empresas Midea e General Electric com, respectivamente, 270 e 267 patentes na área de turbinas eólicas + rotores relativos a usinas eólicas. Observa-se o avanço da China no aprimoramento e no patenteamento dessas tecnologias, reunindo, desta forma, mais de 300 patentes. Esse agrupamento e a integração tecnológica nas mãos de poucas nações suscita a concentração de poder econômico e a elevação de barreiras à entrada de concorrentes. Ao Brasil, mesmo com seu enorme potencial eólico e a ser explorado, resta o papel de usuário de tecnologias de ponta dominadas e desenvolvidas por centros de pesquisa sediados em outros países.

5. Considerações finais

A expansão da energia eólica é uma realidade no Brasil. O País possui um potencial eólico considerável e, desde a regulamentação do uso das fontes alternativas para a geração de energia elétrica, por meio da Lei no 10.438/2002, que criou o Proinfa, essa expansão do uso dessa fonte tem sido crescente.

Em 2018, foram gerados 48,8 Terawatt-hora (TWh) de energia ao longo do ano, o que resultou em uma capacidade de abastecimento de 25 milhões de residências no mesmo período ou, ainda, energia para 80 milhões de habitantes (ABEEÓLICA, 2019).

Diante dessa evolução e internalização do uso dessa fonte, é crucial efetuar uma análise dos principais desafios enfrentados pelo segmento, bem como propor soluções para que essa fonte de energia possa cada vez mais ser utilizada no País, considerando o seu expressivo potencial eólico.

O Ceará, a Bahia e o Rio Grande do Norte são as unidades da federação que mais geram energia elétrica utilizando a fonte eólica. O aumento das exigências ambientais e a concessão de isenções fiscais por parte da Bahia e do Rio Grande do Norte provocaram a migração de alguns projetos eólicos para estes últimos estados.

O Ceará possui, na atualidade, além dos 81 parques eólicos em operação, outros 13 em construção, sendo um com capacidade de 19,2 MW e 12 empreendimentos que, em conjunto, deverão reunir capacidade total de 315 MW (DIÁRIO DO NORDESTE, 2019).

Diferentemente do que ocorria há 20 anos, a expansão do parque eólico no Ceará não depende exclusivamente das condições climáticas, de vento ou de incidência solar para captar investimentos. É crucial observar as condições de infraestrutura, como as linhas de conexão. A melhora da transmissão amplia a atratividade de investimentos e, conseqüentemente, empreendimentos para a Região.

A capacidade média de geração eólica do Ceará é superior à nacional e mundial, ficando em torno de 43,4%, enquanto, no Brasil, é de 35,2% e, no mundo, de 28% (DIÁRIO DO NORDESTE, 2019).

Apesar do potencial de geração, o segmento enfrenta desafios na área tecnológica. A maior parte da tecnologia utilizada para a geração de energia elétrica concentra-se nos países asiáticos e nos Estados Unidos.

BEZERRA, F.D.; SANTOS, L.S. Potencialidades da energia eólica no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**, Nordeste, v. 2, n.º 5, p. 1–19, mai. 2017. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1910830/Eolica.pdf/9d7251e0-4c94-4570-b223-df7820b50d4d>. Acesso em: 11 jun. 2019.

BONIFÁCIO, Marcus Vinícius de Holanda. **Avaliação técnica e econômica aplicada a uma usina eólica no estado do Rio Grande do Norte**. 103f. 2016. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília, Faculdade do Gama, Brasília, 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/13255/1/2016_MarcusViniciusdeHolandaBonifacio.pdf

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Energias renováveis: riqueza sustentável ao alcance da sociedade**. relator: Pedro Uczai; equipe técnica: Wagner Marques Tavares (coord.), Alberto Pinheiro de Queiroz Filho. Brasília: 2012. p.271 p. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/pdf/energias-renovaveis-riqueza-sustentavel-ao-alcance-da-sociedade>. Acesso em: 20 jul. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia - MME. **Portal virtual**. 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br>. Acesso em: 06 jun. 2019.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. **Portal virtual**. 2018. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/noticias/noticiaeitura?contentid=CCEE_640347. Acesso em: 2 maio 2019.

DA SILVA A.B. **Projeto aerodinâmico de turbinas eólicas**, Rio de Janeiro: s.n, 2013.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Como o Ceará perdeu o protagonismo no mercado de energia eólica no País**. 04 maio 2019. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/como-o-ceara-perdeu-o-protagonismo-no-mercado-de-energia-eolica-no-pais-1.2095517>

DEMO, Pedro. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2013.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGETICO – EPE. **Flexibilidade e capacidade: Conceitos para a incorporação de atributos ao planejamento**. (Nota Técnica n.º EPE-DEE-NT-067/2018-ro). 2018, 23 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-316/NT_EPE_DEE-NT-067_2018-ro.pdf

EVOLUÇÃO ENERGIA EÓLICA. **Energia eólica no Brasil**. 2014. Disponível em: <https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/energia-eolica-no-brasil/>

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.193 p.

MARTINS, F.R.; GUARNIERI, R.A.; PEREIRA, E.B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 1, p. 1–13, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Martins-5/publication/235933127_O_aproveitamento_da_energia_eolica/links/09e4151470e93675cd000000/O-aproveitamento-da-energia-eolica.pdf. Acesso em: 18 ago. 2018.

ORBIT INTELLIGENCE. **Questel**: base de dados on-line. 2018. Disponível em: <https://www.questel.com/business-intelligence-software/orbit-intelligence/>. Acesso em: 17 jul. 2019.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL - PUC-RS. **Perguntas frequentes sobre energia eólica**. 2010. Disponível em: https://pt.slideshare.net/fpv_transilvania/energia-elica-perguntas-frequentes-pucrs

RESENDE, F. de O. **Evolução tecnológica dos sistemas de conversão de energia eólica para ligação à rede**. Universidade Lusófona do Porto, Porto, 2011. 15 p. Disponível em: <https://recil.grupolusofona.pt/bitstream/10437/2861/1/EVOLU%C3%87%C3%83O%20TECNOL%C3%93GICA%20DOS%20SISTEMAS%20DE%20CONVERS%C3%83O%20DE%20ENERGIA%20E%C3%93LICA%20PARA%20LIGA%C3%87%C3%83O%20%20REDE.pdf>

RUNCOS, F.A.A. *et al.* **Geração de energia eólica, tecnologias atuais e futuras**. Florianópolis: s.n. 2010. Disponível em: <http://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/energia-eolica.pdf>

SOARES, Paula. MUCURY, Danylo. **Energia eólica no Ceará: seus parques e sua contribuição para a matriz energética do estado**. Brasília: 2018.

SOL CENTRAL. **Bahia será líder em energia eólica em 2020**. 28 fev. 2018. Disponível em: <http://www.solcentral.com.br/news/bahia-sera-lider-em-energia-eolica-em-2020/>

SPERA, D. **Wind turbine technology**, USA: 1998.

Inovação no setor de eletricidade do Brasil: avaliação da evolução dos indicadores aplicados à energia eólica

Alexsandra Maria de Almeida Soares¹, Julia Norat Cavalcanti², Paula Meyer Soares³

Resumo

A participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira vem sendo ampliada desde os anos 2000 e as políticas públicas de fomento têm papel importante nessa expansão. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) e os incentivos voltados à inovação têm propiciado a consolidação do setor. O presente artigo expõe uma análise da inserção da fonte eólica na matriz elétrica, incluído a observação da evolução de alguns indicadores de inovação, como gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D); ranking de obstáculos para a inovação; e uso de financiamento público e privado. A metodologia tomou como base dados secundários e primários de capacidade

Abstract

The participation of renewable sources in the Brazilian energy matrix has been expanding since the 2000s, and the public development policies play an important role in this expansion. The Incentive Program for Alternative Sources of Electric Energy (Proinfa) and the incentives aimed at innovation have led to the consolidation of the sector. This article presents an analysis of the insertion of the wind source in the electrical matrix, including the observation of the evolution of some innovation indicators, such as Research and Development (R&D) expenditure; ranking of goals for innovation; and use of public and private funding. The methodology was based on secondary and primary data on installed

1 Bacharel em Ciências Ambientais pela Universidade de Brasília (UnB) (2016), mestranda no Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da UnB (2019) e especialista em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro Universitário de Brasília (UnICEUB) (2018).

2 Bacharel em Ciências Ambientais pela UnB (2017), mestranda no CDS da UnB (2019) e especialista em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo UniCEUB (2018).

3 Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade de Fortaleza (Unifor) (1990), mestre e doutora em Economia pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-Eaesp). Professora da Faculdade UnB Gama (FGA) e do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (Profniti) da UnB.

instalada, investimentos e número de patentes, a partir de publicações como Pintec e boletins da ABEEólica. Os resultados mostram que, apesar do Brasil ter um potencial enorme no segmento de energia eólica, as inovações estão alocadas em países desenvolvidos como Estados Unidos, Dinamarca e Alemanha. Essa concentração é resultado das sinergias existentes nos sistemas de inovação desses países, que investem fortemente no aprimoramento dessa tecnologia.

capacity, investments and number of patents based on publications such as Pintec and ABEEólica bulletins. The results show that, despite Brazil having a huge potential in the wind energy segment, the innovations are located in developed countries like in the United States, Denmark and Germany. This concentration is the result of existing synergies in the country's innovation systems, which invest heavily in the improvement of this technology.

Palavras-chave: Fonte eólica. Pesquisa e inovação.

Keywords: Wind source. Research and innovation.

1. Introdução

O crescente aumento populacional nos últimos anos intensificou a exploração mundial dos recursos naturais. Os avanços tecnológicos advindos desde a Revolução Industrial incentivaram a produção de bens e serviços.

Por outro lado, em razão da crescente emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, vários países têm sido pressionados a cumprirem metas de redução de poluentes e de preservação do meio ambiente.

Nos anos 70, as discussões direcionadas à promoção do crescimento econômico ocorreram voltadas aos pilares da sustentabilidade. Especialistas, pesquisadores e cientistas viram que o alcance do desenvolvimento sustentável exigia ações plurais e interdisciplinares e que envolvessem os eixos: econômico, social e ambiental de modo a assegurar, às gerações futuras, o acesso aos recursos naturais. Essa preocupação está descrita no relatório intitulado *Os Limites do Crescimento*, lançado pelo Clube de Roma em 1972 e, nos anos 2000, reforçado no relatório *O futuro é agora: ciência para alcançar o desenvolvimento sustentável*, onde são evidenciadas soluções para os complexos problemas relacionados à mudança climática, à sustentabilidade das cidades e aos desafios que a sociedade enfrenta neste início de século (PAULSEN, 2019).

Desde a concepção do setor elétrico brasileiro, nos anos 60, a prioridade do país, na área de energia, era a construção de uma matriz energética assentada em fontes limpas e renováveis. Em verdade, a oferta abundante de insumos “limpos” - grandes vazões de rios - propiciou a geração de energia elétrica a partir do uso dessas fontes renováveis, com destaque para o recurso hídrico.

Nos anos 2000, após o Brasil enfrentar uma crise de suprimento energético, conhecida como “apagão”, o País iniciou-se um movimento de incentivo à exploração e ao uso de outras fontes de energia, ou seja, eólica e solar, por exemplo.

A inserção do uso da fonte eólica e de outras fontes de energia na matriz brasileira propiciou uma expansão da capacidade de geração elétrica. Por outro lado, a velocidade de disseminação do uso desses recursos energéticos requer a adoção de políticas públicas energéticas de inovação capazes de fomentar a disseminação de seu uso por parte de indivíduos e empresas. Sabe-se que, por meio desses mecanismos, é possível imprimir competitividade e atratividade para o setor (CASSIOLATO; LASTRES, 2000; VELOSO FILHO; NOGUEIRA, 2006).

No mundo, as fontes renováveis representam 5,6% da matriz elétrica e são compostas pelas fontes solar, eólica e geotérmica. Se somadas aos recursos hídricos e de biomassa, esse percentual sobe para **18,9%** (EPE, 2018).

Este artigo expõe uma avaliação da inserção do uso da fonte eólica na geração de energia elétrica no Brasil, incluindo a observação sobre a evolução de alguns indicadores de inovação, como gastos em P&D; *ranking* de obstáculos para a inovação; uso de financiamento público e privado; e patentes, entre outros.

2. Metodologia

O presente estudo tem caráter descritivo e exploratório, pois busca delinear e analisar um determinado fenômeno de forma abrangente, sem se preocupar em responder a uma questão específica.

A pesquisa exploratória não parte de uma hipótese em particular a ser confirmada, mas tem o propósito de proporcionar familiaridade com um problema (GIL, 2008).

As ideias centrais da investigação são: i) observar a evolução de alguns indicadores de inovação - como gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), *ranking* de obstáculos para a inovação e uso de financiamento público e privado do segmento de energia eólica brasileiro; e ii) relacionar tais indicadores à expansão deste setor nos últimos anos. Uma vez que a inserção de inovação em setores produtivos promove a competitividade e conseqüentemente o aumento da produtividade, busca-se compreender a existência ou não de tal correlação.

Assim, foi adotada a pesquisa descritiva, em que se procura apresentar uma dada realidade, sem que nela haja interferência (SILVA; CERVO; BERVIAN, 2007).

Do mesmo modo, foram promovidas revisões: bibliográfica, a partir de consultas realizadas em textos, artigos jornalísticos e revistas, entre outros meios; e documental, em fontes como artigos científicos publicados em periódicos qualificados. A pesquisa documental também foi feita por meio de acesso aos dados e demais registros relativos à Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). A coleta de dados secundários foi realizada a partir desses documentos.

Foram utilizados, ainda, indicadores tecnológicos, elencados na Pintec, voltados ao segmento de eletricidade. A Pintec fornece informações para a construção de indicadores relacionados às atividades de inovação tecnológica das empresas brasileiras, tais como: volume de gastos com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) - pesquisa básica, pesquisa em desenvolvimento e desenvolvimento experimental -; e outras atividades não relacionadas à P&D - envolvendo a aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos -.

A Pintec foi realizada nos anos de 2000, 2003, 2005, 2008, 2011 e 2014. A partir da edição de 2008, passou a divulgar os resultados de acordo com a nova Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 2.0.

A Pintec segue o Manual de Oslo e, portanto, considera a inovação tecnológica como sendo aquela em que haja a implementação de produtos (bens/serviços) ou processos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados (IBGE, 2005).

Os dados da Pintec foram analisados de forma quantitativa referente à inovação realizada no Brasil nos anos de 2009 a 2011 e de 2012 a 2014.

3. Referencial teórico

3.1. Inovação

Em uma sociedade onde as organizações veem a competição nos mercados sendo cada vez mais acirrada, a inovação se constitui em uma das ferramentas para a manutenção de suas posições

e sua sobrevivência. A inovação é relevante por permitir a sobrevivência dessas organizações por meio da criação de: novos produtos; processos mais eficientes e mais baratos; ou mesmo empresas mais alinhadas às necessidades desse mercado (CRUZ; FREZATTI; BIDO, 2015, p. 774).

Para Niosi *et al.* (1993), a inovação pode ser entendida como um processo ligado à noção de tecnologia, que associa o conhecimento técnico à produção de bens e serviços e pode ser definida como: “[...] novos e melhores produtos e processos, novas formas organizacionais, a aplicação da tecnologia existente em novos campos, a descoberta de novos recursos e a abertura de novos mercados” (NIOSI *et al.*, 1993, p. 209).

De acordo com o pensador Schumpeter, as inovações realizadas em laboratórios de universidades ou em estatais são imbuídas de pouca expressão no campo da tecnologia, sendo o mercado das grandes empresas privadas o principal promotor da inovação científica e tecnológica (NIOSI *et al.*, 1993).

Ou seja, a inovação tecnológica tem elementos que provocam pressão no processo de desenvolvimento econômico, gerando efeitos concretos e transformadores, que se desdobram em novos processos e produtos, modificando hábitos e costumes da sociedade (NIOSI *et al.*, 1993).

Brunhera, Baço e Crotti (2015) sustentam que a inovação bem-sucedida não é o resultado apenas de inovação tecnológica, mas depende da gestão de inovação, que inclui a mudança da forma organizacional, de práticas e processos de uma empresa.

A inovação é essencial para a renovação e sobrevivência das organizações. Trata-se de um processo interativo construído a partir da contribuição de vários atores econômicos e sociais, que possuem os mais variados tipos de informações e conhecimentos (LIMA; CARVALHO, 2009).

Freeman (1975) traz uma visão mais amplificada quando aborda, de forma explícita, a movimentação que as instituições sociais causam na política tecnológica e de inovação de um país. Dosi (1998) incorpora, na análise do conceito de inovação, as questões sobre procura, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos à novos processos de produção e formas de organização.

“[...] introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho” (BRASIL, 2004, art. 2º, IV).

Não basta ter uma boa ciência se não houver uma base produtiva. É crucial haver uma política de inovação que fortaleça os laços de cientistas, produtores e consumidores.

O processo de inovação não é concebido isoladamente em uma sociedade, mas dentro de um complexo de organizações ou de instituições de ensino (universidades, institutos de pesquisa). Tratam-se dos sistemas de inovação. No Brasil, o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) é formado por: i. agentes políticos - Congresso Nacional, MCTI, secretarias estaduais e municipais, associações de classe -; ii. agências de fomento -, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) -; e iii. operadores de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) - universidades, institutos de pesquisa, fundações, parques tecnológicos, incubadoras e demais instituições congêneres.

A interação desses atores políticos, de fomento e operadores promove a materialização do processo de inovação tecnológica. A concepção de produtos e processos tecnologicamente novos e aperfeiçoados ofertados no sistema produtivo da sociedade possibilita o incremento da produtividade com a diminuição dos custos de produção.

Como mostra LEMOS, 1999 “[...] a capacidade de gerar e absorver inovações vem sendo considerada, mais do que nunca, crucial para que um agente econômico se torne competitivo” (LEMOS, p.1, 1999).

O avanço e o desenvolvimento econômico de uma sociedade perpassam pela sua capacidade produtiva. Para tanto, é imprescindível a criação de condições para que o processo de inovação se materialize. Ao Estado cabe o papel central de estabelecer as condições indispensáveis à propagação da inovação nos âmbitos institucional, jurídico e político.

Há cerca de 25 anos, o Brasil lançou os primeiros esforços nessa direção da consolidação de uma política de inovação. Na atualidade, temos um sistema de inovação maduro, em que os agentes políticos, as agências de fomento e os operadores de inovação atuam conjuntamente para o avanço das iniciativas inovativas na nossa sociedade.

4. Resultados e discussão

4.1. Setor elétrico brasileiro: panorama da evolução da fonte eólica

A geração de energia elétrica no Brasil utiliza a fonte hídrica como seu principal recurso, sendo que tal fonte ocupa 64% da capacidade total instalada no País (EPE, 2019).

Nos últimos anos, a fonte eólica, por exemplo, ganhou espaço na matriz elétrica brasileira, com capacidade instalada equivalente à fonte de energia obtida a partir da biomassa (9%). O Gráfico 1, elaborado por Oliveira (2019) a partir dos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), demonstra a capacidade instalada por fonte da matriz elétrica brasileira.

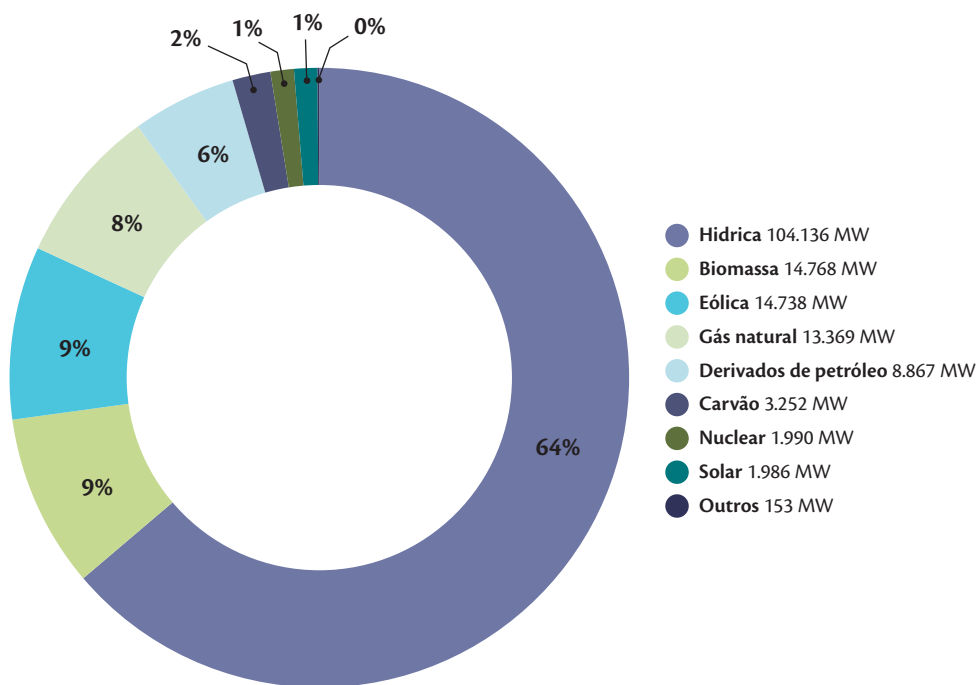


Gráfico 1. Capacidade instalada, em megawatts (MW), por fonte da matriz elétrica brasileira

Fonte: Oliveira (2019).

No âmbito global, a fonte eólica contribui, na atualidade, com aproximadamente 4,8% da energia consumida. A capacidade de geração de energia eólica cresceu 10% em 2018, alcançando 564 gigawatts (GW). A China lidera em termos de produção de energia eólica no mundo, com capacidade instalada equivalente a 185 GW (BP, 2019). Não obstante, a expansão da energia eólica também é uma realidade no Brasil (EPE, 2020).

A expansão da participação da fonte eólica na matriz energética brasileira é notória. Em 2015, 2016 e 2017, respectivamente, a participação era de 3,5%, 5,4% e 6,8% da capacidade de geração total do País. Em números absolutos, significa dizer que 21,54 terawatt-hora (TWh), 33,46 TWh e 42,45 TWh foram os valores gerados de energia pelo segmento eólico (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2017).

Como pode ser verificado no Gráfico 2, a capacidade instalada da fonte eólica no Brasil vem se expandindo de forma significativa no último quinquênio. Em 2016, o País registrava 10,768 GW de capacidade instalada. Em 2020, esse montante era da ordem de 17,747 GW, um crescimento de quase 65% em 5 anos. O acréscimo à capacidade instalada consolida a posição dessa fonte na matriz energética do País para os próximos anos (ABEEólica, 2020).

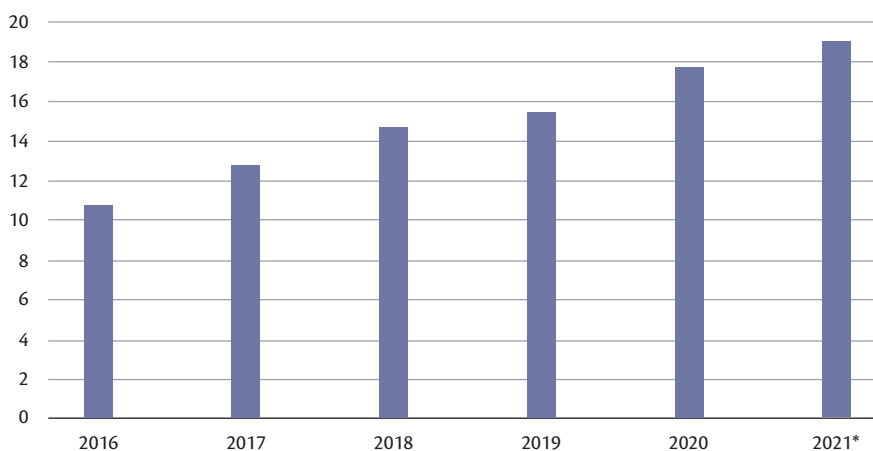


Gráfico 2. Evolução da capacidade instalada da fonte eólica no Brasil, de 2016 a 2021*, em megawatts (MW)

Fonte: (ABEEólica, 2020).

Nota: * Previsão para 2021.

Entre os estados brasileiros com maior potencial de geração de energia eólica, a maioria localiza-se na Região Nordeste. Em 2020, os cinco estados que se destacaram nesse segmento foram: Bahia (16,22 TWh), Rio Grande do Norte (15,59 TWh), Ceará (5,95 TWh) e Piauí (5,91 TWh), em razão da qualidade dos ventos nestas unidades da Federação (ABEEólica, 2020).

De acordo com dados da Global Wind Energy Council (GWEC) e da ABEEólica (2019), o Brasil ocupou, em 2019, o 5º lugar no *ranking* dos países que mais instalaram energia eólica no mundo, tendo alcançado nova capacidade equivalente a 1,94 GW. China (21,20 GW), Estados Unidos (7,58 GW), Alemanha (2,40 GW) e Índia (2,19 GW) ocuparam, sequencialmente, as quatro primeiras posições.

4.2. Políticas públicas voltadas à energia eólica no Brasil

4.2.1. Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica)

Em 2001, diante da crise energética enfrentada pelo Brasil, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGCE) publicou a Resolução n.º 24, de 05 de julho de 2001, criando o Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica). Esta Resolução teve como principais objetivos viabilizar a implantação, até dezembro de 2003, de 1.050 MW de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica.

A fim de alcançar os objetivos propostos, foi definido, no âmbito da referida Resolução, que a Eletrobras, por um prazo mínimo de 15 anos, deveria contratar a aquisição da energia que seria produzida por empreendimentos de geração de energia eólica, sendo que o valor de compra (VC) da energia deveria ser equivalente ao valor de repasse para as tarifas, conforme regulamentação expedida pela Aneel, aplicando-se ao VC os incentivos previstos da Resolução.

Não obstante, conforme afirma Dutra (2007), o Proeólica não foi capaz de atrair investidores, o que pode ser explicado, em parte, pelo curto período entre o lançamento do programa, em 2001, e os prazos exíguos para habilitação dos interessados para os benefícios relativos aos índices dos valores de compra. Oliveira (2019) acrescenta, como uma possível falha do programa, a barreira tecnológica e a ausência de fabricantes de equipamentos no Brasil.

4.2.2. Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa)

Instituído pela Lei n.º 10.438, de 26 de abril de 2002, e regulamentado pelo Decreto n.º 5.025, de 30 de março de 2004, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa)

teve como objetivo a adição de novas fontes elétricas à matriz energética brasileira, incorporando o uso das usinas de biomassa e eólica, bem como o de Pequena Central Hidrelétrica (PCH), visando, também, a gerar novos campos de trabalho e à reduzir a emissão de GEE (BRASIL, 2002).

O Proinfa foi dividido em duas fases, sendo a primeira dedicada à contratação de 3.300 MW de capacidade instalada entre as novas tecnologias introduzidas, objetivando beneficiar produtores autônomos e oferecendo instrumentos de incentivo (SIMAS, 2012). Nessa fase, remunerava-se os geradores com uma tarifa prêmio, baseada na produção média de energia. Havia também o estabelecimento de cotas de contribuição e, por fim, contratos de venda de energia celebrados com a Eletrobrás.

Durante a segunda fase, a meta seria que os contratos celebrados, referentes à introdução dessas novas fontes energéticas, suprissem pelo menos 10% do consumo anual de energia elétrica do País e sem a disponibilização da tarifa prêmio (SIMAS, 2012). Embora esta fase nunca tenha sido regulamentada, o Proinfa permitiu: a fixação da indústria de componentes e turbinas eólicas; e o incentivo ao surgimento do mercado de aerogeradores.

O programa contratou, no total, 54 usinas eólicas, sendo a maioria localizada no Nordeste do País. Deste número, somente duas não se concretizaram: uma localizada no Rio de Janeiro e outra no Rio Grande do Norte (VEIGA, 2017). Ao final da primeira fase, os projetos estabelecidos corresponderam a 84% da capacidade eólica em operação no Brasil (VEIGA, 2017), indicando que a energia eólica é tecnicamente viável.

4.3. Inovação no segmento de eletricidade: avaliação dos indicadores

No tocante à inovação em produto e processos no setor elétrico no Brasil, será exposta, a seguir, uma análise com base nos dados de Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec) para os períodos compreendidos de 2008 a 2011 e de 2012 a 2014.

Entre as empresas do setor de eletricidade e gás, 44.1% foram inovadoras, sendo que o maior percentual (41.9%) corresponde às empresas que inovaram em processo durante os anos de 2009 a 2011. Neste período, 0.4% equivale ao percentual das empresas que inovaram apenas em produto e 1,8%, em produto e processo (IBGE, 2011).

Em relação aos anos de 2012 a 2014, notou-se uma significativa redução no percentual de empresas inovadoras no setor de eletricidade e gás (29,2%), em comparação com o triênio anterior, sendo

que, deste total, 6,9% investiram em produto e processo, 22,1%, apenas em processo e 0,2%, em produto, como apresentado no Gráfico 3 (IBGE, 2011; 2014).

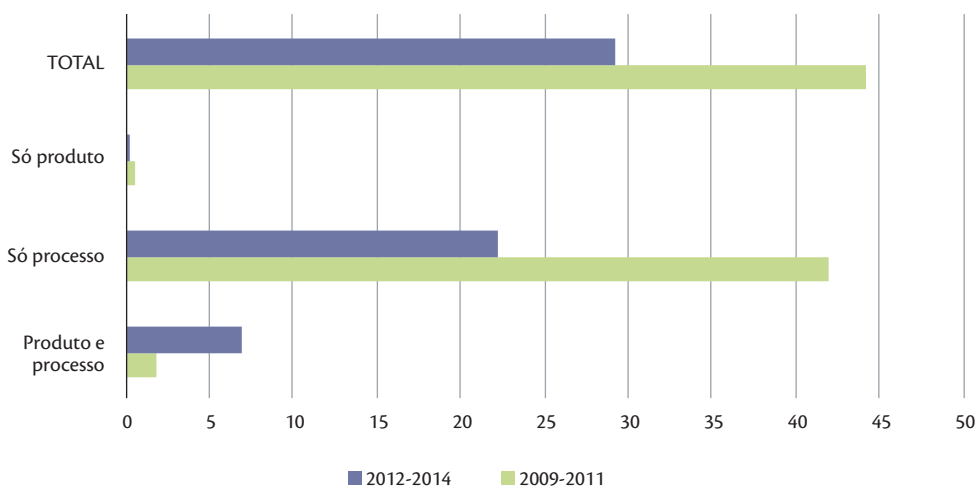


Gráfico 3. Participação percentual do número de empresas que implementaram inovações de produto ou processo no setor de eletricidade e gás, segundo o tipo de inovação, nos períodos 2009-2011 e 2012-2014

Fonte: elaboração própria a partir dos dados da Pintec 2012 e 2014.

No que diz respeito às despesas aplicadas em Pesquisa & Desenvolvimento, em 2011, as empresas do setor de eletricidade e gás despenderam 0,23% do faturamento nestas atividades internas, ao passo que, em 2014, apenas 0,17% de suas receitas foram destinadas a estas atividades (IBGE, 2011, 2013, 2015).

Tal redução no número de empresas que investiram em inovação, entre os anos comparados, pode ser atribuída ao arrefecimento da economia brasileira durante esse período. Nessa linha, faz-se oportuno o seguinte trecho extraído da publicação Pesquisa de Inovação 2014:

A observação da conjuntura econômica oferece suporte à compreensão do ambiente de negócios, que tende a pautar o comportamento das empresas no que tange às suas atividades inovativas. Neste sentido, o período 2012-2014 se apresentou – em razoável medida – como prolongamento de um cenário marcado por modesto desempenho econômico, configurado notadamente após a crise internacional instaurada no último trimestre de 2008 (IBGE, 2014).

Tem-se, portanto, que as sucessivas crises econômicas tiveram um impacto negativo no que diz respeito ao processo de inovação, no âmbito das atividades das empresas do setor de eletricidade e gás no Brasil.

Por outro lado, alguns obstáculos contribuem para a desaceleração do processo de inovação nas organizações. Como pode ser observado no Gráfico 4, a iniciativa em inovar inclui o risco decorrente dos elevados custos de inovação. A rigidez organizacional também se constitui em outro risco associado à atividade inovativa (IBGE, 2014).

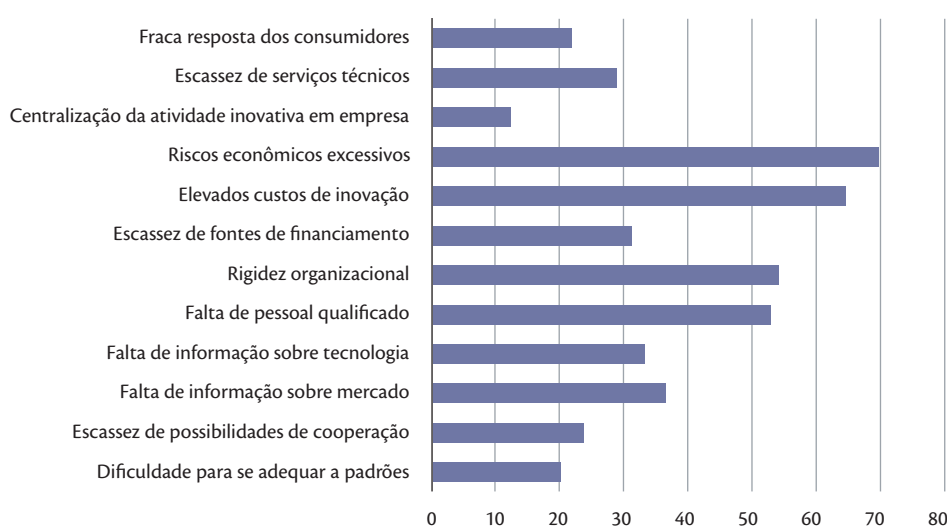


Gráfico 4. Importância atribuída aos problemas e obstáculos para inovar, pelas empresas que implementaram inovações de produto ou processo, setor energia e gás - Brasil - período 2012-2014

Fonte: IBGE (2014).

Os obstáculos elencados no Gráfico 4 tornam-se mais agravados em situações em que o apoio do ente estatal é insuficiente. Durante o período de 2012-2014, cerca de 40% das empresas inovadoras obtiveram algum apoio do Estado para as suas atividades inovativas, proporção esta maior que a obtida no período de 2009-2011, que foi de 34,2% (IBGE, 2014).

O apoio mais expressivo foi o fomento para a aquisição de máquinas e equipamentos, contemplando 29,9% das empresas inovadoras. A Lei n.º 11.196/2005, chamada de Lei do Bem, também incentivou a efetivação dessas atividades inovativas nesse período, alcançando 3,5% destas empresas inovadoras (IBGE, 2014).

Os outros programas alcançaram 8,1% das empresas inovadoras. Por sua vez, os programas menos utilizados foram a subvenção econômica (0,8%) e o financiamento a projetos de P&D e inovação tecnológica em parceria com universidades ou institutos de pesquisa (1,0%).

Nestes dois últimos casos, esta proporção diminuiu em relação ao período anterior, quando 1,0% das empresas haviam sido beneficiadas pela subvenção e 1,3%, pelos programas de P&D e inovação tecnológica em parceria com universidades e institutos de pesquisa. As compras públicas incentivaram 1,4% das empresas inovadoras (IBGE, 2014).

Entre as empresas que lançaram mão de programas governamentais do segmento de eletricidade e de gás e que inovaram, as iniciativas mais requisitadas foram: Lei de P&D e inovações tecnológicas (28,8%); projetos de inovação em parceria com universidades e institutos de pesquisa (21%); e financiamento para compra de máquinas e equipamentos (11%) (IBGE, 2014).

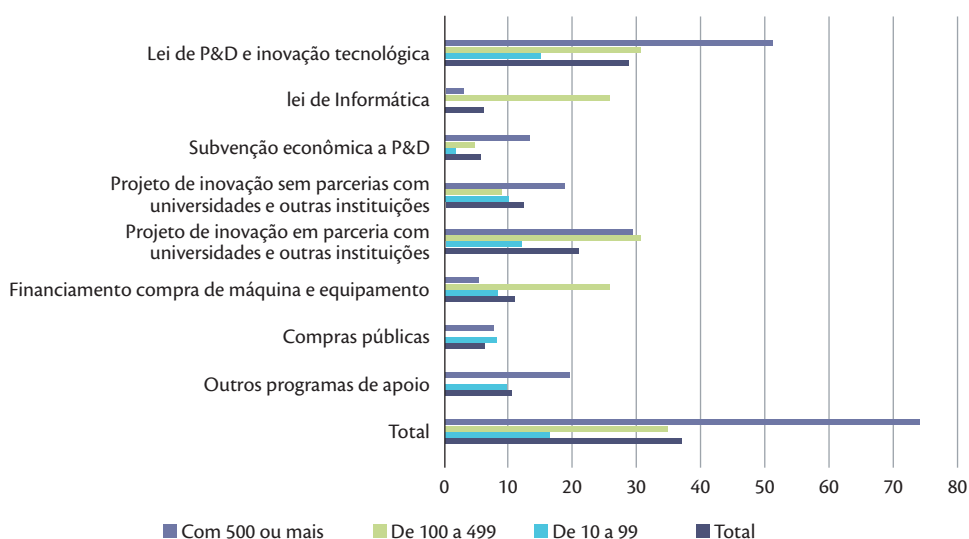


Gráfico 5. Percentual das empresas inovadoras no segmento de eletricidade e gás que utilizaram programas do governo e faixas de pessoal ocupado - Brasil - período 2012-2014

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria, Pesquisa e Inovação, 2014.

Pode-se concluir que o papel do estado nesse sistema de inovação é fundamental para que a dinâmica da inovação nas organizações se efetive. Além disso, o aparato institucional, jurídico e regulatório é indispensável para a continuidade do processo de inovação do País.

4.4. Inovação de patentes no segmento de energia eólica

As patentes podem ser consideradas como entradas e saídas do processo de inovação (NAGAOKA; MOTOHASHI; GOTO, 2010). O manual de Oslo as define como:

[...] um direito legal de propriedade sobre uma invenção, garantido pelos escritórios de patentes nacionais. Uma patente confere a seu detentor direitos exclusivos (durante um certo período) para explorar a invenção patenteada (FRASCATI, 2015).

Nesse sentido, por meio dos levantamentos realizados no Sistema Orbit Intelligence - sistema de busca, seleção, análise e exportação de informações contidas em patentes -, utilizando os termos acerca da temática eólica, constatou-se uma salutar crescente para as patentes concedidas a turbinas eólicas e reatores, desde o ano de 1998 até 2018 (SOARES; MUCURY, 2018).

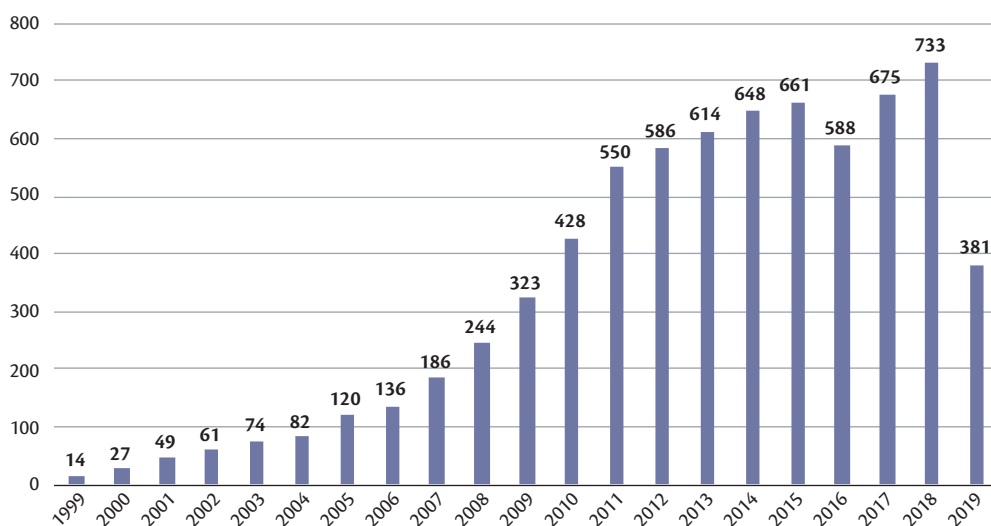


Gráfico 6. Publicação anual de famílias de patentes para produtos relacionados a turbinas eólicas + rotores (1998 até os dias atuais)

Fonte: Orbit Intelligence apud SOARES; MUCURY (2018).

Entretanto, quando as buscas consideram outros componentes técnicos necessários para a geração de energia, o que se percebe é a queda desses números, ou seja, quanto maior o nível de complexidade em termos de inovação tecnológica, menor é o número de patentes e publicações relacionadas (SOARES; MUCURY, 2018).

Tal fato é explicado pelo amadurecimento do mercado de energia eólica em países desenvolvidos, como China, Dinamarca, Estados Unidos e Alemanha, que dificultam a entrada do Brasil de forma efetiva no cenário competitivo. Das 7.186 famílias de patentes, 18% se encontram sob domínio de 10 grandes empresas, propiciando a formação de monopólio e oligopólio em um espectro global (SOARES; MUCURY, 2018).

O que se pode perceber é que, mesmo com o Brasil detendo todas as condições climáticas necessárias e apropriadas para dominar o mercado eólico, a concentração de *know how* tecnológico em nações desenvolvidas ainda é um grande entrave para a entrada do País no grupo dos principais *players* deste cenário.

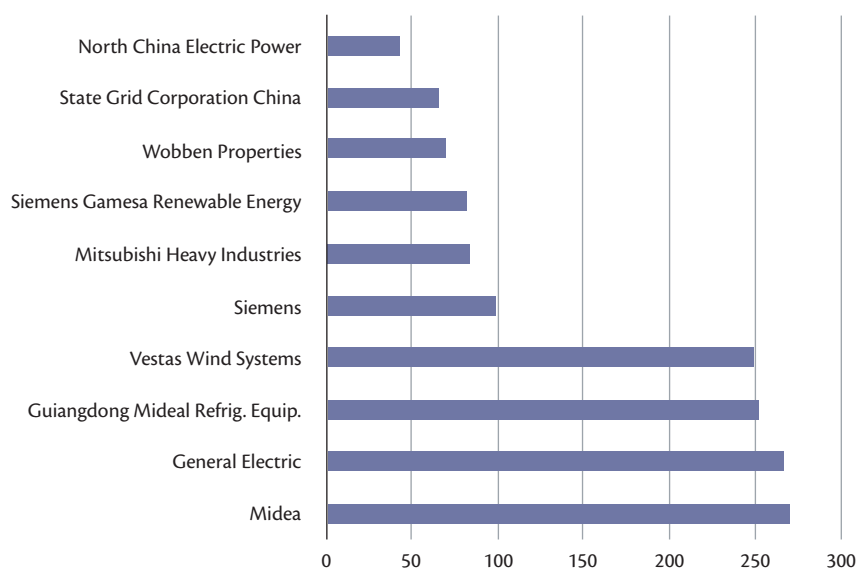


Gráfico 7. Número de patentes dos 10 principais *players* na área de turbinas eólicas

Fonte: Orbit Intelligence apud SOARES; MUCURY (2018).

A concentração de *know-how* em um seletivo grupo de empresas provoca o direcionamento de esforços de pesquisa a apenas algumas áreas de energia eólica e, ainda, faz com que os ganhos oriundos dessas pesquisas sejam distribuídos entre um reduzido número de empresas e institutos de pesquisa. De acordo com os dados da Pintec 2017, a intensidade de dispêndio no total de atividades inovativas caiu pela terceira edição consecutiva, atingindo 1,65% em 2017. Essa tendência coloca o Brasil cada vez mais distante do seletivo grupo de países que veem na inovação a saída para o seu crescimento e desenvolvimento.

5. Conclusão

Diante da crise energética vivenciada pelo Brasil em 2001, verificou-se a necessidade de se promover a diversificação da matriz elétrica do País. Nesta linha, destaca-se, como sucesso de política pública, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), regulamentado pelo Decreto n.º 5.025, de 30 de março de 2004. Os problemas iniciais experimentados pela fonte eólica consistiam: no conhecimento incipiente sobre a energia eólica; na ausência de regulamentação adequada, causando insegurança jurídica nos investidores; e na barreira tecnológica, que, no conjunto, acabavam por inviabilizar o seu desenvolvimento (OLIVEIRA, 2019).

Não obstante, com os incentivos alavancados pelo Proinfa, a redução dos custos e a disseminação da tecnologia no País, a expansão e consolidação da fonte eólica na matriz elétrica brasileira têm sido uma realidade. A competitividade desta fonte pode ser percebida pelos preços comercializados nos leilões, com destaque para o ano de 2011, quando houve competição, pela primeira vez, entre energia eólica e a energia oriunda das usinas termoeletricas.

Na atualidade, o Brasil possui capacidade instalada equivalente a 14,71 GW, com projeção para alcançar 19 GW até 2024. Os investimentos no setor eólico também são crescentes, na ordem de US\$ 33 bilhões desde 2010. Ademais, existem 601 usinas instaladas no Brasil. Ainda neste sentido, destaca-se a quinta posição ocupada pelo Brasil no *ranking* elaborado pela Global Wind Energy Council (GWEC), relativo aos países que mais instalaram energia eólica no mundo em 2018.

A despeito do potencial eólico existente no Brasil, o grande desafio, entretanto, consiste na concentração de tecnologia em alguns países, tais como Estados Unidos e China, que pode ser observada por meio da análise dos dados de patentes. Assim, para que essa barreira tecnológica possa ser superada, com a consequente consolidação da fonte eólica no País, é fundamental que haja forte investimento em inovação e tecnologia na produção de equipamentos e instalação de usinas eólicas no Brasil.

A adoção de políticas fomentadoras de inovação nesse segmento é crucial, considerando o enorme potencial do País para a expansão do uso dessa fonte. É importante que o Brasil desempenhe papel central nessa seara de inovação e no desenvolvimento de outras tecnologias. A redução dos recursos nacionais investidos em inovação causa preocupação, tendo em vista a dimensão continental do País e a realidade da expansão do uso das fontes renováveis.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA - ABEEólica. **Boletim anual de geração eólica 2019**. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/06/PT_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o-2019.pdf

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA - ABEEólica. **Boletim anual de geração eólica 2020**. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Boletim-Anual_2018.pdf Acesso em 11 jan 2021. Acesso em: 30 jul.2021.

BP. **bp Energy outlook 2019**. 14 fev. 2019. Disponível em: https://www.bp.com/pt_br/brazil/home/noticias/press-releases/bp-energy-outlook-2019.html

BRASIL. Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica – GCE. **Resolução nº 24, de 05 de julho de 2001**. Fica criado o Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA no território nacional. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/101357/resolucao-24-01>

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 462, de 24 de Julho de 2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução CONAMA nº 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004**. 2004b. Regulamenta o inciso I e os §§ 1º, 2º, 3º, 4º e 5º do art. 3º da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, no que dispõem sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, primeira etapa, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5025.htm

BRASIL. Presidência da República. **Lei de Inovação nº 10.973 de 2004**. 2004a. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica e dá outras providências. Disponível em:

<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/lei200210438.pdf/112a82ee-a44e-4198-8cf4-8e157538fff2?version=1.0>. Acesso em: 31 Jul 2021

BRUNHERA, D.C.U.; BAÇO, F.M.B.; CROTTI, P.C. A Eficiência dos processos de inovação na indústria de transformação: uma análise no estado do Paraná. **RAI – Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n.º 4, p. 187-204, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/101996/107574>

CASSIOLATO, Jose; LASTRES, Helena Maria M. Sistemas de inovação: políticas e perspectivas, **Parcerias Estratégicas**, v.5, n.º 8, 2000. p.237-255. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/99/92

CRUZ, Ana Paula Capuano da; FREZATTI, Fábio; BIDO, Diógenes de Souza. Estilo de Liderança, Controle Gerencial e Inovação: Papel das Alavancas de Controle. **Rev. adm. contemp.** v.19, n.6, p.772-794.2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-65552015000600007&script=sci_abstract&tlng=pt

DINIZ, Tiago Barbosa. Expansão da indústria de geração eólica no Brasil: uma análise à luz da nova economia das instituições. **Revista Planejamento e Políticas Públicas** do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) n.º 50, jan./jun.2019. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/download/864/468>

DOSI, Giovanni; ORSENIGO, L. Coordination and transformation: an overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments. *In: DOSI, G. et al., eds. Technical change and economic theory.* London : Pinter, 1988. Disponível em : http://www.lem.sssup.it/WPLem/files/dosietal_1988_outline.pdf

DUTRA, Ricardo Marques. **Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do PROINFA.** 415 f. 2007. Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppp/production/tesis/ddutrarm.pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2017 - Ano base 2016:** Relatório Síntese. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-81/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf Acesso em: 10 mar.2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2018 - Ano base 2017:** Relatório Síntese. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balço Energético Nacional 2019 - Ano base 2018:** Relatório Síntese. Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balço Energético Nacional 2020 - Ano base 2020:** Relatório Síntese. Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2020_PT.pdf

FREEMAN, Christopher **La teoria econômica de la innovaclón industrial.** Madrid: Alianza, 1975

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Inovação, 2005.** Rio de Janeiro: 2005. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv35636.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Inovação, 2013.** Rio de Janeiro: 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Inovação, 2011.** Rio de Janeiro: 2011. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>. Acesso em 13 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Inovação, 2014.** Rio de Janeiro: 2016. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/PUBLICAÇÃO%20PINTEC%202014.pdf>. Acesso em 13 out 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa de Inovação, 2015.** Rio de Janeiro: 2015.

LEMOS, Cristina. Inovação na Era do Conhecimento. *In*: LASTRES, Helena M.M.; ALBAGLI, Sarita. **Informação e Globalização, na Era do Conhecimento,** Rio de Janeiro, Ed. Campus Ltda, p.12-144, 1999. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewfile/104/97

LIMA, Clóvis Ricardo Montenegro de; CARVALHO, Lidiane dos Santos. Informação, comunicação e inovação: gestão da informação para inovação em uma organização complexa. **Informação & Informação,**

v. 14, n.º 2, p. 1-20, dez. 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/download/3116/4144>

NAGAOKA, Sadao; MOTOHASHI, Kazuyuki; GOTO, Akira. Estatísticas de patentes como indicador de inovação *In*: HALL, Bronwyn H.; ROSENBERG, Nathan (ed.), **Manual da economia da inovação**, ed. 1, v. 2, capítulo 0, páginas 1083-1127, Elsevier, 2010

NASCIMENTO, Thiago Cavalcante; DE MENDONÇA, Andréa Torres Barros Batinga; DA CUNHA, Sieglinde Kindl. Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. **Cadernos EBAPE BR**, v. 10, n.º 3, p. 630-651, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307673575_Inovacao_e_sustentabilidade_na_producao_de_energia_O_caso_do_sistema_setorial_de_energia_eolica_no_Brasil/fulltext/57ced08708ae057987abfdee/Inovacao-e-sustentabilidade-na-producao-de-energia-O-caso-do-sistema-setorial-de-energia-eolica-no-Brasil.pdf

NIOSI, J. *et al.* National systems of innovation: in search of a workable concept. **Technology in Society**, v.15, p.207-227, 1993. Disponível em: https://www.academia.edu/15252332/National_systems_of_innovation_in_search_of_a_workable_concept

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Frascati Manual 2015**: Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development, the measurement of scientific, technological and innovation activities, OECD Publishing, Paris, 2015. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/detalhe/Manuais/Manual-Frascati-2015.pdf>

OLIVEIRA, Carlos Eduardo Cruz Lopes de. **Avaliação do impacto da alteração das condições de financiamento sobre a energia eólica no Brasil**: evolução e perspectivas. 192 f. 2019. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, 2019. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Carlos_Eduardo_Cruz_Lopes_de_Oliveira-_MESTRADO_2019.pdf

PAULSEN, Sandra. Agenda 2030 e objetivos de desenvolvimento sustentável: pode a pesquisa transdisciplinar apoiar a transformação social requerida? **Boletim regional, urbano e ambiental**, v. 21, jul.-dez. 2019. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9692> Acesso em: 13 ago. 2021.

SILVA, Roberto da; CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A. **Metodologia Científica**. 6. ed. 2007. 176 p.

SIMAS, Moana Silva. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada.** 219 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidades de São Paulo, 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10092012-095724/publico/MoanaSimasoriginal.pdf>

SOARES, Paula; MUCURY, Danylo. **Energia eólica no Ceará: seus parques e sua contribuição para a matriz energética do estado.** Brasília: 2018.

VEIGA, Cecília Pereira Nunes. **Análise de incentivos ao desenvolvimento de energia renovável no Brasil.** 59 f. 2017. Monografia de Final de Curso. Pontifícia Católica do Rio de Janeiro, PUC RJ. 2017. Disponível em: http://www.econ.puc-rio.br/uploads/adm/trabalhos/files/Cecilia_Pereira_Nunes_Veiga.pdf

VELOSO FILHO, Francisco de Assis e NOGUEIRA Joaquim. Sistemas de inovação e promoção tecnológica regional e local no Brasil. **Interações (Campo Grande)**. v.8, n.º 13, p.107-117. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/inter/v8n13/a12v8n13.pdf>

SEÇÃO 5

PANORAMA SOBRE A CIÊNCIA BRASILEIRA

Mapeamento da Ciência e a produção científica brasileira:
uma metodologia do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação

A aplicação de timelines e diagramas estratégicos no panorama
da produção científica brasileira na Web of Science

Mapeamento da Ciência e a produção científica brasileira: uma metodologia do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação

Adriana Badaró de Carvalho¹, Cesar Augusto Costa², Marcelo Augusto de Paiva dos Santos³, Ivone Alves de Oliveira Lopes⁴, Antônio da Silveira Brasil Junior⁵, Lucas Correia Carvalho⁶, Matheus Figueiredo Pimenta⁷, João Vitor Rodrigues Martins⁸

Resumo

Este artigo tem como objetivo descrever a abordagem metodológica utilizada pelo Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) para mapear a produção científica com participação nacional. Por meio de diferentes métodos, em especial aplicando o referencial de análise de redes, o OCTI tem investido na compreensão dos fluxos e dos novos padrões da produção científica no Brasil e no mundo. A partir da formação de *supernós* e da aplicação de

Abstract

This article aims to describe the methodological approach used by the Observatory of Science, Technology and Innovation (OCTI) of the Center for Management and Strategic Studies (CGEE) to map the national scientific production. Through different methods, in particular applying the network analysis framework, OCTI has invested in understanding the flows and new patterns of scientific production in Brazil and worldwide. From the formation of supernodes and the application

1 Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (UnB). Líder do OCTI/CGEE.

2 Doutor em Astrofísica pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e pós-doutor pela Universidade de São Paulo (USP) e pela Louisiana State University (LSU). Assessor técnico do CGEE e membro da equipe do OCTI.

3 Doutorando em Sociologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Assessor técnico do CGEE e membro da equipe do OCTI.

4 Pós-graduada em Gestão Pública pela Universidade Cândido Mendes e bacharel em Relações Internacionais pelo Centro Universitário IESB. É assessora técnica do CGEE e membro da equipe do OCTI.

5 Professor adjunto do Departamento de Sociologia e do Programa de Pós-graduação em Sociologia e Antropologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGSA/UFRJ). Editor de Sociologia & Antropologia.

6 Doutor em Sociologia pela UFRJ e professor do Departamento de Sociologia e Metodologia das Ciências Sociais da Universidade Federal Fluminense (GSO/UFF).

7 Engenheiro de Software pela UnB. Assistente técnico do CGEE e membro da equipe do OCTI.

8 Bacharel em Ciência Política pela UnB. Assistente técnico CGEE e membro da equipe do OCTI.

métricas cientométricas, foi possível compreender a confluência entre mais de 150 áreas de pesquisa e as conexões semânticas entre as mais de 320 mil publicações disponíveis na *Web of Science*, no período de 2015 a 2020. Estas técnicas mostraram-se significativas para identificar os principais domínios temáticos, as tendências e as forças na participação brasileira ali mapeada.

of scientific metrics, it was possible to understand the confluence between more than 150 research areas and how semantics are included among the more than 320,000 publications on the Web of Science, in the period from 2015 to 2020. This technique is significant in identifying the main thematic domains, trends and strengths in Brazilian production.

Palavras-chave: Ciência. Produção científica brasileira. Análise de redes. Domínios temáticos. Mapeamento científico.

Keywords: Science. Brazilian scientific production. Network analysis. Thematic domains. Science maps.

1. Introdução

O Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI), desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), tem como objetivo monitorar o estado da arte, as tendências e os sinais emergentes relacionados ao ambiente de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), no Brasil e no mundo. O OCTI trabalha com a meta de identificar desafios e oportunidades para subsidiar tomadas de decisão nos âmbitos público e privado, na formulação e avaliação de programas e políticas na área de CT&I, fornecendo informações de qualidade, de maneira sistemática e contínua, para o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), por meio de serviços de inteligência estratégica e antecipatória.

Além dos boletins temáticos e anuais contendo os resultados dos trabalhos, publicados com a intenção de levar ao público-alvo uma amostra dos produtos e serviços oferecidos, o OCTI está investindo em uma *solução web* que, em breve, será lançada. O intuito é possibilitar ao usuário a navegação em redes e gráficos ilustrativos que trazem informações sobre a produção científica brasileira e mundial. Esse mapeamento busca identificar os principais domínios temáticos e as tendências da produção do conhecimento no Brasil e no mundo. Com os objetivos de propiciar um olhar mais amplo sobre a CT&I e a compreensão e difusão das pesquisas no SNCTI, esse ambiente eletrônico também disponibilizará representações e análises sobre Indicadores de CT&I que permitam orientar e monitorar políticas públicas no Brasil, além de avaliá-las em relação ao contexto internacional. Assim, o OCTI torna acessível um conjunto de indicadores que visam a avaliar o potencial e os gargalos das diferentes Regiões brasileiras e unidades da Federação, no que se refere aos desafios para o desenvolvimento regional e local, bem como

oferece informações a partir de várias bases de dados nacionais e internacionais de Indicadores de CT&I.

Nesse contexto, os objetivos deste artigo são apresentar e discutir as metodologias utilizadas, aprimoradas e desenvolvidas pelo OCTI para a realização dos estudos sobre o mapeamento da ciência. São abordadas as ferramentas metodológicas de análise de redes e suas aplicações para a identificação e caracterização da produção científica feita com colaboração brasileira, assim como justificativas teóricas e metodológicas que apoiam a escolha das técnicas de análise de dados utilizadas. Por fim, o OCTI exemplifica o conteúdo das discussões com a apresentação de alguns resultados de observação da ciência brasileira no período de 2015 a 2020.

2. Mapear a ciência: desafios teóricos e metodológicos

Os mapeamentos sobre a ciência estão cada vez mais presentes nos espaços destinados à comunicação nessa área. Com a ampliação das grandes bases indexadoras (como *Web of Science*, *Google Scholar* e *Scopus*) e do sistema científico em diferentes contextos nacionais, o desafio de acompanhar os esforços em CT&I tornou-se ainda mais central para a gestão pública. Esse monitoramento, muitas vezes, depende da extensão e dos recursos de obtenção de dados oferecidos pelas grandes corporações de bases científicas, desenhando, assim, importantes limitações para esse tipo de investimento.

Contudo, os aparatos da ciência – tais como a estruturação e o aperfeiçoamento de universidades; o fornecimento de canais para a divulgação e a comunicação entre pares; a possibilidade de revisão editorial; e o próprio financiamento essencial para o rumo de diferentes pesquisas – não são construídos à luz de uma única régua de desenvolvimento. Conforme expresso pelo *Manifesto de Leiden*, quase nunca os números frios expressam a dinâmica das áreas de conhecimento e de pesquisa, tampouco ajudam a compreender a diversidade de atuações e divulgações (HICKS *et al.*, 2015).

Diferentes agendas científicas encontram dificuldades para alcançar a visibilidade competitiva das grandes plataformas, considerando seus vieses de objetivos, missões e capacidade de coleta e disponibilização de dados. Além disso, os esforços sistêmicos a fim de contabilizar e, eventualmente, avaliar as contribuições da ciência também geram consequências no contexto acadêmico-científico. São os seus *efeitos sistêmicos*, para citar o próprio *Manifesto de Leiden*. Em outras palavras, os indicadores cientométricos – que buscam medir a produção, difusão

e aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos - não passam incólumes dentro dos sistemas científicos. Pelo contrário: produzem desigualdades, endossam diagnósticos precipitados e influenciam estratégias, tanto políticas quanto científicas (HICKS *et al.*, 2015).

Nessa direção, torna-se imprescindível construir novas rotas para a análise do conhecimento produzido, capazes de abrir mão de pretensões rápidas e prematuras e de assumir a transparência como critério central para desenvolvimento dos indicadores cientométricos. Mediante o extraordinário volume de dados já disponíveis para análise, tal tarefa deve ser vista como um desafio necessário para conhecer melhor as diferentes ciências feitas com participação brasileira, sem taxá-las como ciências puramente nacionais. Nem sempre os desenhos territoriais são capazes de compreender os arranjos promovidos pelo contexto científico, ainda mais quando a cooperação tem o potencial de gerar benefícios a todas as partes envolvidas.

3. Metodologia de redes: um breve histórico

Em termos de construções metodológicas, é possível sintetizar as discussões presentes em Kirschbaum (2019) sobre como os avanços de métodos recentes destacam o caráter dinâmico das relações em rede. Ao traçar o histórico da metodologia de redes, o autor apresenta termos e conceitos como “*betweenness*” e “papel estrutural” como aspectos associados à capacidade de ação individual e coletiva em diferentes organismos sociais.

Para o autor, a inserção de abordagens mais relacionais busca corrigir as tendências estruturalistas, introduzindo atributos de noção mais relativa e individual. Dessa forma, analistas buscam levar em consideração aspectos como a agência humana, a cognição social individual e os processos que levam a formações de relações diversas expostas nas redes vistas (KIRSCHBUAM, 2019).

Além disso, os analistas de redes passaram a incorporar a ideia da importância da diversidade de relações estabelecidas entre os mesmos atores. Exemplos de tal mudança metodológica, visando a incorporar a complexidade de atributos individuais, são as análises de redes «multiplex», aquelas com vários tipos de relações (KIRSCHBUAM, 2019).

O trabalho de Chen (2017) justifica o uso de conceitos e ferramentas metodológicas da análise de redes para caracterizar mapeamentos científicos. Nesse sentido, surgem ferramentas - como análise de *clusters*, centralidade de *betweenness*, análise de palavras-chave e explosão de citações - centrais para identificar pontos de potencial disruptivo na produção científica (CHEN, 2017, p.9).

Tais ferramentas são utilizadas pelo OCTI para realizar o mapeamento da ciência brasileira nos últimos seis anos, por meio de uma extensiva extração de dados sobre a produção científica com a participação de pesquisadores vinculados a instituições nacionais.

4. Rede Brasil: o mapeamento da ciência brasileira a partir da *Web of Science (WoS)*

A partir das justificativas e escolhas metodológicas apresentadas no bloco anterior, o OCTI expõe os resultados de sua incursão na base *Web of Science (WoS)*, para fornecer subsídios sobre as publicações científicas de instituições nacionais no período compreendido entre janeiro de 2015 e maio de 2020. Para a extração dos dados na WoS, foram utilizados os seguintes critérios de seleção:

- i. Publicações com pelo menos um(a) autor(a) vinculado(a) a instituições brasileiras. Foi utilizado o campo CU (*Country*), referente ao país das instituições vinculadas; e a estratégia de busca foi CU= (*brazil* OR *brasil*);
- ii. Trabalhos encaixados na categoria “*articles*” da WoS; e
- iii. Produções compreendidas no período descrito anteriormente.

Atendendo a esses critérios, foram coletados 320.861 artigos, nos dias 26 e 27 de maio de 2020.

Para a aplicação da metodologia escolhida para este estudo, foram utilizados os metadados dos artigos extraídos que contêm informações como: o código WoS, autores, título, resumo, ano de publicação, áreas de pesquisa a que a revista está associada (segundo classificação da base), entre outros.

O Gráfico 1 mostra a distribuição dos artigos dentro do período. O ano de 2020 é parcial (até maio) e os artigos que não determinam o ano, intitulados *None*, são, em geral, classificados na categoria “*article; early access*” ou inserções recentes na base.

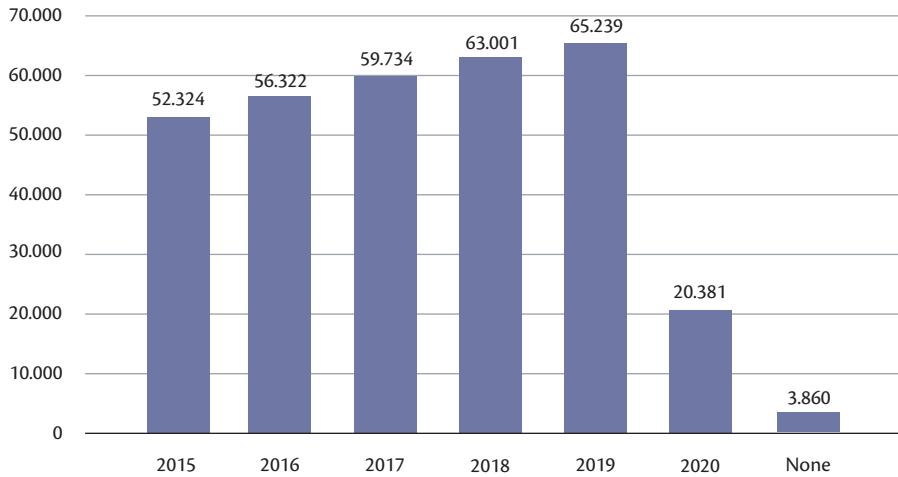


Gráfico 1. Distribuição anual da produção científica brasileira (2015 - 2020)

Fonte: Web of Science.

Observa-se, pelo Gráfico 1, o crescimento natural, ano a ano, do número de publicações com a participação de, pelo menos, um autor vinculado a uma instituição brasileira. Os artigos são distribuídos em cerca de 20 mil revistas. O Gráfico 2 mostra a distribuição de artigos nas dez revistas com maior número de publicações.

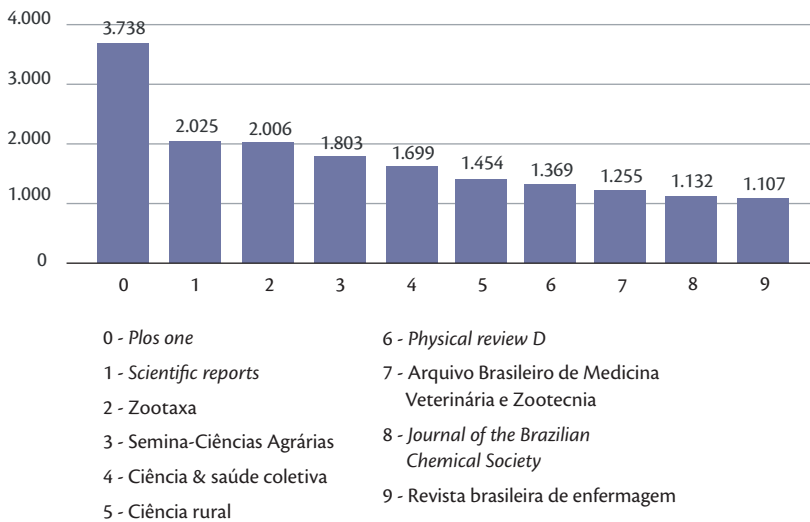


Gráfico 2. As dez revistas com maior número de publicações com participação brasileira

Fonte: Web of Science.

Foram extraídas informações textuais dos 320.861 artigos, a fim de agrupá-los de acordo com o contexto semântico dos seus resumos. Para reunir os artigos em *clusters*, isto é, agrupamentos temáticos, foram utilizadas técnicas de processamento de linguagem natural (PLN) [ou do Inglês, *natural language processing* (NLP)] no tratamento dos dados. A principal técnica envolve o cálculo do tf-idf [do Inglês, *term frequency – inverse document frequency*]. Tf-idf é uma medida estatística popular na maioria das ferramentas de busca na internet e permite determinar a similaridade entre documentos a partir da ocorrência de seus termos. O CGEE possui ferramentas customizadas para aplicar esta técnica a grandes volumes de documentos. Assim, para calcular a similaridade entre os artigos, foram utilizados os campos: título, *abstract* e palavras-chave fornecidas pelos autores.

Após aplicado o cálculo do tf-idf, um valor é atribuído a cada termo contido em cada artigo, gerando a chamada matriz termo-documento, com a qual é possível calcular o chamado cosseno de similaridade. Este cosseno quantifica quão semelhante um texto é de outro, criando, assim, uma rede de similaridade semântica. Os valores da semelhança entre dois artigos variam entre 0 e 1, sendo 0 para artigos totalmente distintos e 1 para artigos idênticos.

Esta rede de relações entre documentos (artigos) possibilita a utilização de metodologias de análise de redes⁹ para categorizar o conjunto de publicações. Os artigos são agrupados pelo algoritmo Louvain, que lhes atribui diferentes classes de modularidade, método este que tem “como objetivo separar os vértices de uma rede em módulos, com base nos tipos de relacionamentos existentes”. É uma medida que ressalta a relação dos nós (vértices) com seus vizinhos, considerando o quanto um nó tende a aparecer em determinado grupo (SAMPAIO, 2014, p.11). Os artigos (nós ou vértices) de uma mesma classe de modularidade reúnem-se para formar um agrupamento temático, dada a sua grande proximidade semântica.

No presente estudo, a quantidade de nós dentro de cada agrupamento temático da rede construída depende: das relações semânticas entre os artigos; e da aplicação do limiar inferior (ou corte) no valor da similaridade semântica a ser considerada. Para tanto, foi utilizado um algoritmo que considera o grau médio ponderado das relações de similaridade entre os artigos, obtendo-se, desta forma um limiar inferior de aproximadamente 0,3.

Por meio da aplicação deste limiar e, em seguida, do cálculo dos agrupamentos, foram obtidos cerca de 26 mil *clusters* temáticos, sendo que a grande maioria é representada por agrupamentos unitários, ou seja, por artigos isolados. Essa é uma característica comum em análises de redes semânticas com fontes científicas.

⁹ Uma rede é um grafo no qual há um conjunto de vértices (ou nós) e um conjunto de arestas (ou arcos) que conectam esses vértices. As arestas estabelecem algum tipo de relação entre dois vértices, de acordo com o problema modelado. Além disso, o grafo pode ser direcionado ou não (METZ et al., 2007).

A Figura 1 apresenta a rede de similaridade semântica formada a partir dos procedimentos metodológicos descritos anteriormente. Cada cor na rede representa um *cluster* temático e cada círculo, um artigo científico extraído. Outros artigos, em tonalidade cinza e no interior da rede, também possuem agrupamentos, mas, para facilitar a compreensão da imagem, foram coloridos apenas os maiores *clusters* e, em cinza, ficaram os menores. Outros artigos, mais periféricos, não agruparam com outras produções.

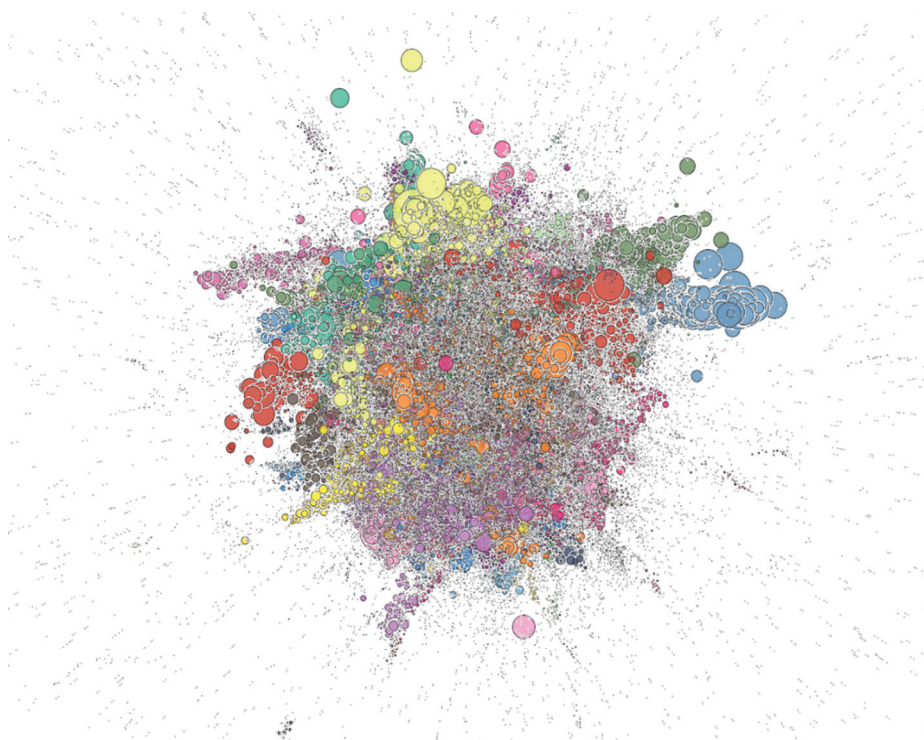


Figura 1. Rede de similaridade semântica da produção científica com participação brasileira

Fonte: *Web of Science*.

A aplicação da metodologia de redes permite verificar a fruição do conhecimento em torno de objetivos científicos compartilhados, em diferentes perspectivas. O aspecto relacional introduz a interação contextual dos vocabulários presentes nos resumos e nos títulos dos artigos extraídos. Esse efeito imprime uma interpretação mais circular da ciência com participação nacional, apontando também para os seus principais vetores. A vinculação da ciência brasileira, por exemplo, com participação de diferentes países, ressalta os objetos mais recorrentes nessas parcerias internacionais, sugerindo importantes *drivers* para a sua performance.

O benefício da **clusterização** (formação de agrupamentos) reside na capacidade de extrair informações antes não disponíveis em grandes volumes de dados não trabalhados. O reconhecimento de padrões é, assim, o objetivo final desse método, cuja execução conta com um conjunto extenso de técnicas. As contribuições da clusterização têm destaque na detecção de comunidades – *clusters* - com propriedades textuais compartilhadas e grande conexão interna. Tal estrutura reforça um grande papel na visualização de fenômenos de **formação de grupos**, isto é, de fenômenos que revelam afinidades relacionais antes não expressas por metadados individuais.

O conceito de *caminho médio* é estratégico nesse recurso metodológico: a partição da rede, com seus respectivos nós, em diferentes densidades de conexões permite identificar rotas de conexão que definem as principais comunidades. Dito de outra forma, o centro e a margem dessas comunidades dependem do caminho médio que seus nós desempenham para produzir a sua rede final de interações. Nós com grande conexão tendem a conectar-se bem em alguns agrupamentos e nós com baixa adesão imprimem buracos relacionais na teia de conexões analisada. A presença de buracos na estrutura de rede define o alcance dos grupos e a conformação da própria rede final.

Após o cálculo realizado para a geração dos agrupamentos temáticos na rede de similaridade semântica da produção brasileira (no período de janeiro de 2015 a maio de 2020), aqueles *clusters* com maiores quantidades de artigos receberam rótulos conforme seus principais termos em comum. Para isso, foi realizada uma interpretação complementar dos dados levantados de cada agrupamento, visando a detectar seus principais assuntos abordados. Esses agrupamentos, em conjunto ou isoladamente, revelam domínios temáticos com um vasto número de publicações interrelacionadas, por semelhança no uso compartilhado de termos.

Nesse sentido, foram identificados os primeiros 30 agrupamentos temáticos, em termos de quantidade de documentos, e mais cinco *clusters* considerados estratégicos¹⁰, cobrindo um total de 238.629 artigos, conforme a classificação da Tabela 1.

¹⁰ A escolha das áreas estratégicas a serem analisadas tomou como base, além dos critérios mencionados, a portaria nº 1.122, de 19 de março de 2020, que define as prioridades do então Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) – atual Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) - para projetos de pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e inovações no período 2020 a 2023 (BRASIL, 2020).

Tabela 1. Total de artigos científicos segundo os 35 agrupamentos temáticos selecionados

Agrupamentos temáticos	Total de artigos
Educação	16.672
Biodiversidade	14.418
Nanopartículas	12.469
Pecuária e aquicultura	10.991
Agricultura e irrigação	10.556
Saúde pública	10.336
Física teórica/gravitação	10.319
Fisiologia e esporte	9.157
Solos e lavouras	8.732
Inovação e sustentabilidade	8.594
Otimização e sistemas de energia	8.567
Compósitos, fibras e filmes	8.206
Atenção primária à saúde	8.133
Microbiologia farmacêutica	6.899
Implantes	6.540
Câncer	6.249
Geriatria	6.190
Doenças parasitárias	5.733
Física matemática	5.534
Tratamento de água e saneamento	5.489
Energias renováveis	5.133
Direitos e democracia	5.093
Internet das Coisas e cidades	4.675
Doenças neurológicas	4.422
Doenças autoimunes	4.398
Materiais metálicos	4.330
Cosmologia	4.200
Odontologia e materiais dentários	4.118
Doenças cardiovasculares e renais	4.070
Doenças infecciosas (HIV e tuberculose)	3.618
Transplantes	3.441
Germinação	3.415
Taxonomia e conservação	2.859
Violência de gênero	2.686
Arboviroses	2.387

Fonte: Elaboração própria.

A análise feita a partir do recorte descrito anteriormente possibilita, entre outros resultados, identificar os principais agrupamentos temáticos com a participação de pesquisadores em instituições nacionais, seus objetos de pesquisa mais recorrentes, suas redes de cooperação e alguns dos seus principais temas emergentes.

5. 35 agrupamentos temáticos: o perfil da ciência feita com participação brasileira

Os agrupamentos temáticos da rede de artigos revelam os principais focos científicos da produção feita com brasileiros. O conjunto vasto de domínios temáticos¹¹ presentes nesses agrupamentos aproxima diferentes áreas de pesquisa da categorização prévia da WoS e sinaliza esforços coletivos dos pesquisadores em instituições brasileiras. Para melhor compreendê-los, o OCTI aplicou uma medida que simplifica sua visualização, comprimindo todos os artigos em torno de **supernós**, isto é, de nós únicos que representam cada agrupamento identificado.

Os 35 agrupamentos temáticos selecionados (Figura 2) foram dispostos a partir de suas conexões, aproximando domínios com maior afinidade temática. Esse método permite compreender dinâmicas da produção, para além das categorizações prévias de suas áreas de pesquisa. Assim, é possível verificar sinergias das pesquisas selecionadas.

Os agrupamentos temáticos, expostos enquanto **supernós**, são definidos pela sua mutualidade de conexões internas e são limitados em sua vizinhança pela presença de buracos relacionais. Essa dinâmica sugere a presença de grupos semânticos com grande importância temática. É por essa técnica que são definidos os temas nos quais há maior dedicação de pesquisadores alocados em instituições brasileiras. Esse desenho metodológico, aplicado pelo OCTI, transforma os dados disponíveis pela WoS, apresentando grande poder de caracterização da ciência brasileira.

Na rede formada pelos 35 agrupamentos listados na Tabela 1, destaca-se o domínio temático de *Educação*, correspondente ao maior conjunto de trabalhos convergentes nos últimos cinco anos, que apresenta internamente pesquisas com diferentes objetivos e desafios no cenário educacional brasileiro. *Educação* também apresenta aproximações com outros agrupamentos temáticos, como *Direito e democracia*, *Inovação e sustentabilidade*; além de outros, como

¹¹ O termo “domínio temático” utilizado neste estudo significa o desenho de publicações inter-relacionadas por semelhança de termos que sugerem a definição de um campo de atuação conjunto em temas próximos ou convergentes. Um domínio temático pode compreender artigos que compartilham algo em comum, assim como um conjunto de relações que estes estabelecem.

Atenção primária em saúde; e *Violência de gênero*, que conectam fortemente a pesquisa em saúde com o campo mais geral das ciências humanas e sociais.



Figura 2. Rede dos 35 agrupamentos temáticos, formada a partir da rede de similaridade semântica da produção científica com participação brasileira

Fonte: *Web of Science*.

Outras comunidades de agrupamentos identificados podem ser descritas como:

- i. ligadas à pesquisa médica, biomédica, da saúde e das ciências da vida, como doenças infecciosas, transplantes, implantes, doenças parasitárias, saúde pública, câncer, doenças cardiovasculares e renais, arboviroses, doenças autoimunes, geriatria, fisiologia e esporte, assim como aqueles ligados a temas como farmácia e odontologia.
- ii. nucleadas por diferentes campos da física, como física teórica e gravitação, física matemática e cosmologia.
- iii. reunidas em torno das ciências ambientais, veterinária e ciências do solo, como biodiversidade, taxonomia e conservação, solos e lavouras. Esses agrupamentos encontram-se entrelaçados com as duas comunidades a seguir:

Os agrupamentos temáticos são justificados pelos esforços científicos das áreas de pesquisa próximas e correlatas. A Figura 3 revela, por exemplo, que há um grande conjunto de domínios temáticos em saúde, como aqueles dedicados a pesquisar doenças autoimunes, doenças infecciosas, microbiologia farmacêutica, saúde pública, doenças cardiovasculares e doenças neurológicas. Ao redor desses temas, com grande característica de especialização, diferentes áreas de pesquisa compartilham léxicos mútuos: toxicologia, dermatologia, oncologia, cirurgia, farmacêutica e radiologia, entre muitas outras.

Em análise de redes, há distintas formas de medir a importância de um determinado elemento, dependendo do cálculo e da pergunta de pesquisa em jogo (BORGATTI, 2005). Para tanto, são utilizadas algumas medidas estruturais de centralidade.

O agrupamento *Saúde pública*, além de ser o sexto em volume de artigos, também é o mais central, de acordo com a métrica de centralidade de autovetor, que calcula a importância dos nós conforme com a qualidade das conexões (o nó conectado com outros bem conectados possuirá pontuações mais altas).

Atenção primária em saúde é outro agrupamento com alta centralidade de autovetor. Pode-se inferir, preliminarmente, que isto deve-se à forte conexão tanto com o nó de maior volume (*Educação*) quanto com o mais central (*Saúde pública*).

Ao utilizar a medida de centralidade de intermediação ou *betweenness*, que calcula os nós que estão na maior quantidade de caminhos curtos entre todos da rede – ou seja, aqueles que operam como verdadeiros atalhos – identifica-se o lugar estratégico de *Biodiversidade* e, em menor medida, de *Pecuária e aquicultura*. Em síntese, são agrupamentos temáticos que possuem conexões próximas com todas as regiões da rede, sugerindo a existência de um vetor de multi ou interdisciplinaridade em seu interior.

O desenho de redes, portanto, permite a identificação dessas sinergias entre áreas e da presença de domínios temáticos, antes invisibilizada pelos dados simples da *WoS*. Esses resultados revelam as forças atuantes da produção aqui analisada, abrindo caminhos metodológicos para identificar outros fatores que expandem a pesquisa em instituições brasileiras.

6. Considerações finais

Este artigo teve como finalidades apresentar e descrever uma metodologia para mapeamento temático a partir de grandes volumes de dados de artigos científicos, com o objetivo, ainda, de aprimorar a observação sobre a ciência brasileira, a partir de um melhor entendimento a respeito da sua constituição, dinâmica e suas relações inter e multidisciplinares.

Apesar da aplicação prática deste estudo no âmbito do OCTI, com o propósito de fornecer evidências que apoiem a tomada de decisões na área de ciência, tecnologia e inovação, para este artigo, a premissa foi descrever os conceitos e métodos utilizados para a construção de uma visão panorâmica e sistêmica da produção científica brasileira nos últimos cinco anos.

Sobre a metodologia desenvolvida e aplicada, pode-se concluir que a utilização de métodos de análise de redes extrapola o caráter mais fechado da indexação das pesquisas por áreas, permitindo a utilização de uma pluralidade de métricas, tanto sincrônicas quanto em escalas longitudinais. Um dos próximos passos desse mapeamento é a construção de interpretações mais temporais, permitindo, dessa forma, compreender o desdobramento das pesquisas, em uma visão temática, ao longo de um determinado período. A evolução ou retração desses agrupamentos, bem como a maior intensidade de conexões semânticas entre diferentes comunidades, parecem servir como chave para entender o sentido da ciência para os próximos anos.

A respeito dos resultados obtidos, o mapeamento revelou o papel estrutural da biodiversidade para diferentes aplicações temáticas, visando a atender desafios mais heterogêneos no cenário social brasileiro e mundial. Este também parece ser o caso dos artigos indexados na área de pesquisa *Engenharias*, da WoS. Essas pesquisas foram absorvidas por diferentes domínios temáticos, revelando a importância dessa área para o fomento de diferentes missões científicas. Também salta aos olhos a importância das pesquisas em *saúde e educação*, que ocupam lugares estratégicos no mapeamento aqui proposto.

Por fim, esses são apenas os primeiros levantamentos realizados, ainda centrados somente na base WoS. Com a ampliação do escopo de estudo do OCTI, a expectativa é a de que novos arranjos científicos sejam revelados, tanto em um aprofundamento local, como se espera no mapeamento da Scielo, quanto em uma abordagem mais internacionalizada, que busca compreender como diferentes países se aproximam em diversos contextos de produção científica.

Referências

BORGATTI, Stephen P. Centrality and network flow. **Social Networks**, v. 27, n.º 1, p. 55–71, 1 Jan 2005. Disponível em: https://aaronclauset.github.io/courses/5352/readings/Borgatti_2005_CentralityAndNetworkFlow.pdf

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **PORTARIA Nº 1.122, de 19 de março de 2020**. Define as prioridades, no âmbito do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), no que se refere a projetos de pesquisa, de desenvolvimento de tecnologias e inovações, para o período 2020 a 2023. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1.122-de-19-de-marco-de-2020-249437397>

CHEN, Chaomei. Science mapping: a systematic review of the literature. **Journal of Data and Information Science - JDIS**, v. 2, n.º 2, p. 1–40, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Chaomei-Chen/publication/313991204_Science_Mapping_A_Systematic_Review_of_the_Literature/links/5d12527ea6fdcc2462a625b7/Science-Mapping-A-Systematic-Review-of-the-Literature.pdf. Acesso em: 17 jan. 2021.

HAAS, P. Introduction: epistemic communities and international policy coordination. **International, Organization**, v. 46, n.º 1, Knowledge, Power, and International Policy Coordination, winter 1992, p.1-35. 1992.

HICKS *et al.* The Leiden Manifesto for research metrics. **Nature**, v. 520, p. 429-431, 2015. Disponível em: https://www.nature.com/news/polopoly_fs/1.17351!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/520429a.pdf. Acesso em: 17 jan. 2021.

KIRSCHBAUM, Charles. Network analysis: emergence, criticism and recent trends. **RAUSP Manag. J.**, São Paulo, v. 54, n.º 4, p. 533-547, Dec, 2019. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2531-04882019000400533&lng=en&nrm=iso. Access on: 11 Feb. 2021.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das revoluções científicas**. 5. ed. São Paulo: Perspectivas, 1970. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4103727/mod_resource/content/1/Kuhn-Estrutura-das-revolucoes-cientificas%201989.pdf

MACIAS-CHAPULA, C. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 27, n.º 2, p. 134-140, maio/ago. 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/macias.pdf>

METZ, J.; CALVO, R.; SENO, E.R.; ROMERO, R.A.; LIANG, Z. **Redes complexas**: conceitos e aplicações. Relatórios Técnicos do ICMC-USP. São Carlos. 2007. Disponível em: https://web.icmc.usp.br/SCATUSU/RT/BIBLIOTECA_113_RT_290.pdf

MUSSO, P. A Filosofia da rede. In: PARENTE, A. (Org.) **Tramas da rede**: novas dimensões filosóficas, estéticas e políticas da comunicação. Porto Alegre: Sulina, p. 17-38, 2004.

NEWMAN, J. The structure of scientific collaboration networks, **PNAS**, v. 98, n.º 2, p. 404-409, jan. 16, 2001. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.404>

NEWMAN, M. The structure and function of complex networks. **Siam Review**, v. 45, n.º 2 p. 167–256. 2003. Disponível em: <https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/S003614450342480>

SAMPAIO, R.; Silva, L.; Esteves, E. Proposta de metodologia para análise de redes sociais aplicadas a sites de saúde. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 8, n.º 1, 2014. Disponível em: <https://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/download/463/1115>

A aplicação de *timelines* e diagramas estratégicos no panorama da produção científica brasileira na Web of Science

Marcelo Augusto de Paiva dos Santos¹, Matheus Figueiredo Pimenta², Antônio da Silveira Brasil Junior³,
Lucas Correia Carvalho⁴, Adriana Badaró de Carvalho⁵

Resumo

Este artigo tem como objetivos apresentar e discutir métodos cientométricos, com foco longitudinal, para melhor compreensão a respeito de algumas dinâmicas sobre a produção científica com participação brasileira na Web of Science (WoS). Dando continuidade à missão do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), o presente trabalho expõe diferentes técnicas para analisar as características sobre os principais domínios temáticos identificados, entre os anos de 2015 e maio de 2020, nas pesquisas com filiação institucional nacional. O Observatório exhibe o conceito de *timelines* e *supertimelines* para a representação do

Abstract

This article aims to present and discuss scientific methods with a longitudinal focus, to better understand some dynamics about scientific production with Brazilian participation in the Web of Science (WoS). Continuing the mission of the Observatory on Science, Technology, and Innovation (OCTI), this paper presents different techniques to analyze the characteristics of the main thematic domains identified in the research of national institutions. The Observatory presents the concepts of timelines and supertimelines for the representation of knowledge in a time chain and also introduces the concept of

1 Doutorando em Sociologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Assessor técnico do CGEE e membro da equipe do OCTI.

2 Engenheiro de *Software* pela Universidade de Brasília (UnB). Assistente técnico do CGEE e membro da equipe do OCTI.

3 Professor adjunto do Departamento de Sociologia e do Programa de Pós-graduação em Sociologia e Antropologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGSA/UFRJ). Editor de Sociologia & Antropologia.

4 Doutor em Sociologia pela UFRJ e professor do Departamento de Sociologia e Metodologia das Ciências Sociais da Universidade Federal Fluminense (GSO/UFF).

5 Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela UnB. Líder do OCTI/CGEE.

conhecimento em uma cadeia temporal e também introduz o conceito de diagrama estratégico, que tem como finalidade detectar temas motores e ascendentes na produção nacional.

strategic diagram, which can detect driving and ascending themes in national production.

Palavras-chave: Ciência. *Timelines*. Mapeamento científico. Diagramas estratégicos. Domínios temáticos

Keywords: Science. *Timelines*. Science maps. Strategic diagrams. Thematic domains.

1. Introdução

O avanço das técnicas do monitoramento da ciência tem aproximado, cada vez mais, os pesquisadores de métodos bibliométricos voltados a diferentes aplicações em estudos na área de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Entre as várias técnicas desse campo do conhecimento, ou seja, a bibliometria, é possível citar a importância da “*co-word analysis*”, da análise da cocitação de documentos, da análise de acoplamento bibliográfico e uma série de outras abordagens metodológicas.

Como parte de sua missão de monitorar a ciência brasileira, o Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) realizou um estudo sobre o panorama da produção científica feita com pesquisadores alocados em instituições nacionais. Para tanto, foram extraídos, da base *Web of Science* (WoS), mais de 320 mil artigos científicos publicados no período de janeiro de 2015 a maio de 2020.

Com vistas a ampliar a capacidade de analisar esse grande conjunto de dados, o OCTI investiu no desenvolvimento de um conjunto de técnicas bibliométricas de análise longitudinal (*timelines*, *supertimeline* e diagramas estratégicos). Como principal referência, podem ser citados os estudos de Manuel Jesus Cobo Martins *et al.*, na obra *An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field* (2011).

Nesse contexto, os objetivos deste artigo são apresentar e detalhar como essas metodologias são utilizadas pelo OCTI para extrair informações que possibilitem o mapeamento e a identificação, em escala temporal, na base *Web of Science*, dos objetos de pesquisa e de indícios sobre tendências e temas emergentes, a partir da produção científica feita com pesquisadores alocados em instituições brasileiras.

Além desta Introdução, este artigo conta com dois outros blocos. No próximo bloco, a primeira seção oferece uma breve explicação sobre as diferentes técnicas utilizadas em mapeamentos cientométricos. Na seção seguinte, é descrita a abordagem utilizada pela equipe do Observatório para realizar seus estudos, na WoS, sobre a produção brasileira. O terceiro bloco reúne informações sobre o funcionamento da metodologia da análise ao longo do tempo, chamada de *timelines* (linha do tempo); além de apresentar o conceito de *supertimeline*; e demonstrar como é utilizada a metodologia sobre diagramas estratégicos. Por fim, o artigo traz algumas conclusões depreendidas dessas aplicações metodológicas.

2. Breve revisão da literatura e metodologia do OCTI

2.1. Mapeamentos cientométricos: um quadro geral sobre o campo

Uma das formas de se calcular o esforço científico de um País diz respeito à utilização do mapeamento científico, ou bibliométrico, que busca representar espacialmente a maneira como áreas de pesquisa, autores, disciplinas ou, até mesmo, instituições estão se relacionando. Tal mapeamento é obtido por meio do estudo da evolução temática de um campo de pesquisa e, para isso, emprega a análise de desempenho daquele campo para detectar subdomínios conceituais (temas específicos ou áreas temáticas gerais). Citação, uso de referências bibliográficas, coautoria e acesso são alguns dos objetos mais estudados nessa abordagem.

Dentre as principais técnicas para criar um mapa da ciência estão a cocitação de documentos e a análise de *co-words*. Em ambas as técnicas, após a extração do conjunto de dados de uma base indexadora (WoS, Scielo, Lens), dados estes que serão trabalhados, os metadados devem ser limpos e processados e, em seguida, interpretados à luz da teoria dos grafos. Esses grafos, também conhecidos como redes, resultam na formação de *clusters* ou agrupamentos, que podem ser entendidos como conglomerados de produção científica que compartilham algum aspecto em comum, a depender da relação analisada.

As cocitações são usadas, principalmente, para delimitar áreas de pesquisa, descobrir frentes de pesquisa e comunidades do conhecimento, devido à conexão dos relacionamentos entre as publicações envolvidas. Os agrupamentos formados a partir das cocitações revelam grupos de referência que servem como base intelectual de diferentes subcampos. O estudo longitudinal (ao

longo do tempo) desses agrupamentos permite analisar a continuidade dessa base intelectual no direcionamento das áreas de pesquisa.

A análise de *co-words*, por sua vez, subsidia o mapeamento das forças de associação entre vocábulos nos dados científicos extraídos. Esse exame é realizado com o objetivo de revelar o compartilhamento de termos pelos documentos, formando agrupamentos temáticos (*clusters*), que evidenciam grupos textuais com grande mutualidade semântica. A análise desses *clusters*, em uma escala temporal, se apresenta como uma boa ferramenta para auxiliar na compreensão da dinâmica da ciência, de forma longitudinal. A comparação pode ser sumarizada da seguinte forma:

Tabela 1. Conceitos de técnicas cientométricas

	Cocitações	Co-words
Descrição	Descobrir áreas e frentes de pesquisa	Forças de associação entre elementos textuais
Tipo de <i>cluster</i> /agrupamento	Grupos de referência	Grupos semânticos
Estudo longitudinal	Continuidade da base intelectual	Evolução dos tópicos de pesquisa

Fonte: Elaborada pelos autores.

2.2. Abordagens utilizadas pelo OCTI para analisar a ciência brasileira

Tendo em conta os métodos bibliométricos descritos anteriormente, a equipe do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) deu início ao estudo sobre o panorama da ciência brasileira, a partir de publicações indexadas, de janeiro de 2015 a maio de 2020, na base da coleção principal da *Web of Science* (WoS). Por meio desse trabalho, foram extraídos 320.861 documentos, considerando os seguintes critérios: a) pelo menos um dos autores deveria ser vinculado a uma instituição brasileira; b) o documento deveria ter "*article*" como categoria; e c) o documento deveria corresponder ao período citado. A coleta foi realizada nos dias 26 e 27 de maio de 2020.

A utilização de *softwares* analíticos presentes no mercado foi essencial no início do desenvolvimento do estudo, contudo, a alta dependência e a falta de personalização incentivaram a equipe na criação de um conjunto de funcionalidades que permitisse a emancipação de estudos em produção pelo Observatório. Com isso, foram desenvolvidos *scripts* em Python

que atendessem a requisições internas como: a) armazenamento e leitura dos metadados; b) transformação de dados em dicionários (estrutura de programação que permite associar dois elementos rastreáveis); c) criação de bancos de dados; d) cálculo de matrizes termo-documentos; e) conversão de dados; f) aplicação de *cut-off* (corte para geração de grafo com significância informacional); e g) criação de planilhas de nós processados.

Tais processos permitiram a estruturação de uma grande rede de similaridade semântica, a partir dos artigos extraídos, e a identificação de alguns dos principais agrupamentos temáticos da ciência feita com participação brasileira (Figura 1). Esses agrupamentos serviram como base para a aplicação de métodos longitudinais, apresentados nas seções *sobre Timelines e Supertimelines*. Cabe pontuar que esses agrupamentos, conhecidos como *clusters*, revelam os domínios temáticos mais abordados pela produção aqui analisada.

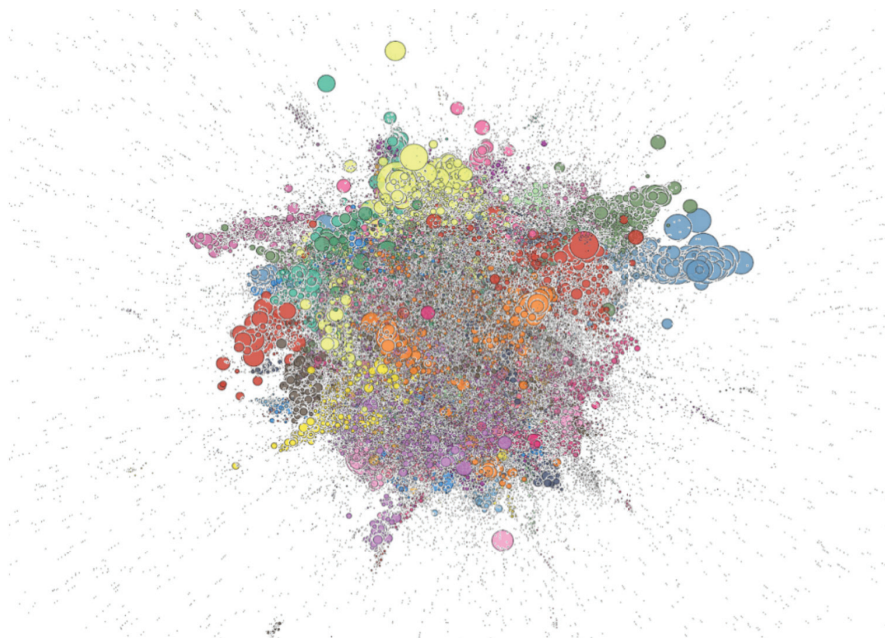


Figura 1. Rede de similaridade semântica da produção científica com participação brasileira

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Nota: Cada cor na rede representa um agrupamento temático, recortado pelos maiores clusters, e cada círculo simboliza um artigo científico extraído. Outros artigos, em tonalidade cinza e no interior da rede, também possuem clusters, mas, para facilitar a compreensão da imagem, foram pintados apenas os maiores agrupamentos. Outros artigos, mais periféricos, não formaram agrupamento temático com outras produções.

3. O conceito e a aplicação das timelines e supertimelines

3.1. Timeline

Para a realização de análises mais longitudinais, a grande rede, contendo os 320.861 artigos, foi dividida por seus principais agrupamentos temáticos. Essa divisão permitiu tomar cada *cluster* como unidade de observação, facilitando a identificação de padrões temporais para cada domínio temático analisado.

Tendo como meta, portanto, compreender padrões temporais de cada domínio temático, o OCTI desenvolveu uma forma de dispor as principais palavras-chave de cada *cluster* em uma cadeia sequencial, ano a ano, gerando, assim, uma linha do tempo de cada domínio, nomeada como *timeline*.

A rede de coocorrência de palavras, utilizada para a produção das *timeline*, é obtida pela formação de uma rede entre as palavras-chave mais recorrentes dos autores, a partir da produção científica analisada no Panorama da Ciência Brasileira pelo OCTI. Essas palavras-chave ocorrem, no mínimo, em três artigos científicos selecionados, somando uma quantidade próxima de mil palavras para cada agrupamento temático. Tal quantidade pode ser inferior ou superior a mil, dependendo do número de artigos internos ao agrupamento⁶.

Cada rede de coocorrência gerada por agrupamento temático, com sua listagem conforme apresentado na Tabela 2, permite visualizar a associação entre as palavras mais indexadas pelos pesquisadores na produção analisada, em uma escala temporal. Para isso, foi utilizado o ano médio (com seu bimestre médio) para determinar a localização das palavras-chave no tempo.

Foram feitas, ainda, análises específicas dos 30 maiores agrupamentos temáticos e de mais 5 agrupamentos considerados estratégicos, como visto na Tabela 2.

⁶ Em alguns casos, o corte mínimo de recorrência foi de dois artigos, dada a quantidade menor de artigos presentes em alguns agrupamentos.

Tabela 2. Agrupamentos dos domínios temáticos da ciência brasileira WoS

Energia Renovável	Saúde	Educação	Energia (geral)	Pesca
Nanopartículas	Física Teórica	Transplantes	Pecuária	IOT (internet das coisas) e Cidades
Física e Matemática	Microbiologia	Implantes	Agricultura	Germinação
Tratamento (tipos de)	Arbovirose	Biodiversidade	Inovação	Solos
Compósitos	Neurociência	Metalurgia	Cardiologia	Atenção Primária
Geriatria	Sistema Dentário	Parasitas	Direito	Infecções
Doenças Autoimunes	Câncer	Cosmologia	Fisiologia	Violência de gênero

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para exemplificar a técnica, foi utilizado o agrupamento temático de *Nanopartículas*. A Figura 2 retrata como estão disponíveis as linhas do tempo no ambiente virtual de análise do Observatório. Os elementos presentes na imagem são: 1) rede *timeline* do agrupamento temático de *Nanopartículas*. Cada ponto ou círculo representa um nó (palavra-chave) pré-selecionado; 2) subagrupamentos de palavras-chave que apontam para os conjuntos de palavras aproximadas pelo algoritmo de agrupamento Louvain. Cada subagrupamento representa uma possível linha de pesquisa no domínio de *Nanopartículas*, uma vez que a indexação dessas palavras coocorre significativamente entre si. Para dar título aos rótulos de cada subagrupamento, foram selecionados, sempre que possível, os termos com maior centralidade de autovetor⁷ para cada linha, ou seja, os termos com maior importância de conexões internamente ao subagrupamento, dada a sua ligação com palavras populares em cada subconjunto analisado; e, 3) filtro que permite ao usuário escolher algum ano específico de análise.

7 A centralidade de autovetor pode ser compreendida, nas palavras de Borgatti (2005), como uma métrica de rede que mede o quanto “um nó está adjacente aos nós que também são pontuadores altos” no score de grau. Ainda de acordo com o autor: “a ideia é que mesmo que um nó influencia apenas um outro nó, que posteriormente influencia muitos outros nós (que influenciam ainda mais os outros), então o primeiro nó dessa cadeia é altamente influente. Na análise semântica, uma palavra-chave com grande centralidade de autovetor possui grande influência na coocorrência de palavras no domínio temático estudado, uma vez que está conectada com palavras que são bem populares por indexação, de forma geral.



Figura 2. Ambiente virtual e *timeline*

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Ainda no ambiente virtual de análise do Observatório, a partir do clique em algum nó (palavra-chave) presente na rede, este ficará fixo e serão reveladas informações como: ocorrências, a qual subagrupamento pertence, ano médio e citações médias dos artigos que o indexam. O ambiente virtual também permite deixar visível (fixar) na *timeline* apenas os nós com os quais o nó selecionado coocorre, como mostra a Figura 3.



Figura 3. Ambiente virtual e seleção de nós

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Como representando na Figura 4, ao se passar o mouse sobre algum subagrupamento à direita, ficarão visíveis, no referido ambiente virtual do OCTI, somente os nós pertencentes àquela temática. E, a partir do clique no rótulo de algum desses subagrupamentos, será mostrada uma nuvem de palavras-chave daquele grupo (Figura 5).

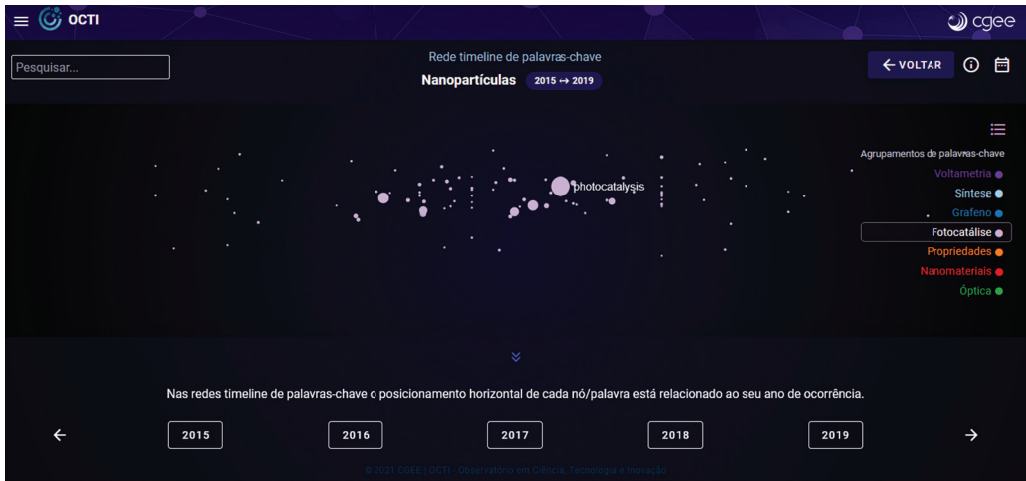


Figura 4. Ambiente virtual e subagrupamentos

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

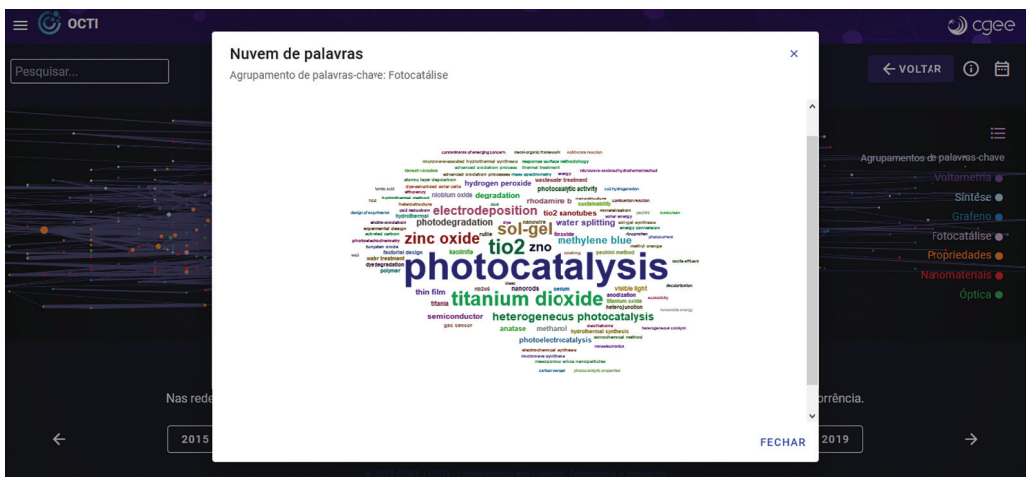


Figura 5. Ambiente virtual e nuvens

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

É possível, ainda, selecionar um ano (como 2017, no exemplo da Figura 6) e visualizar apenas os nós daquele ano.



Figura 6. Ambiente virtual e anos

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Com o objetivo de mapear tendências e temas emergentes, é possível identificar, a partir dos subagrupamentos disponíveis em redes de coocorrência por domínio temático, os “termos quentes” ou palavras-chave mais recorrentes em faixas temporais mais recentes. Na Figura 7, há um recorte do ano médio 2018 a 2020 e as palavras que mais chamam atenção são “energy storage”, “sol-gel synthesis” e “wound dressing”, dos subagrupamentos grafeno, fotocatalise e nanomateriais, respectivamente.

Essa técnica longitudinal permite identificar possíveis fenômenos temporais no domínio temático em foco, apontando, também, para possíveis objetos de pesquisa em tendência de crescimento nos últimos anos. É importante enfatizar que o ano médio não representa a moda⁸ das palavras-chaves selecionadas, identificando, portanto, apenas o ponto intermediário de sua espacialização temporal total.

8 De acordo com Muniz (2016), a moda é uma medida que revela o elemento que ocorre com maior frequência, sendo, o elemento mais comum. No caso descrito, a moda representaria o ano de maior recorrência de uso da palavra-chave.

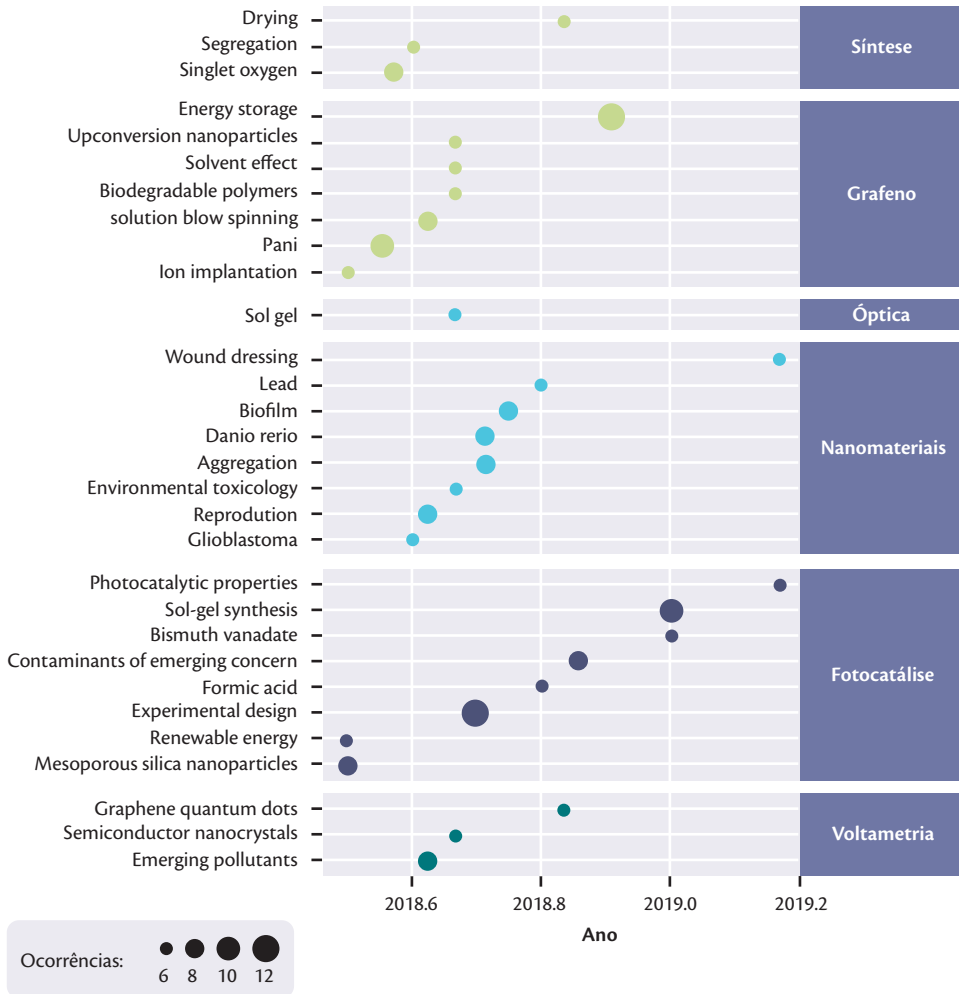


Figura 7. Principais palavras-chaves em Nanopartículas (2018-20)

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

3.2. Supertimeline

Outro conceito abordado pelo OCTI é o de *supertimeline*, que objetiva encontrar tendências mais gerais em todos os domínios temáticos analisados. As palavras-chave selecionadas para esse método possuem em comum a característica de relevância, por centralidade de rede, para cada ano analisado na extração realizada.

A *supertimeline* resulta de um processo de filtragem de palavras-chaves de todas as *timelines* dos agrupamentos temáticos listados na Tabela 2. Foram selecionadas as palavras-chave de cada agrupamento, atendendo, em um primeiro passo, aos seguintes critérios longitudinais: três palavras que tinham seu ano médio em 2016, duas palavras em 2017, outras duas para 2018 e três para os anos 2019 e 2020, pois havia poucos termos no último ano, em razão da extração ter sido realizada no primeiro semestre.

Para essa filtragem do ano, foi necessário verificar quais tinham a maior centralidade de autovetor e se todas as palavras daquele ano eram de subagrupamentos temáticos distintos, pois, assim, a rede se manteria plural em todos os aspectos. Se o nó, ou seja, a palavra-chave, cumprisse todos esses critérios, esse nó era selecionado para compor a *supertimeline*⁹.

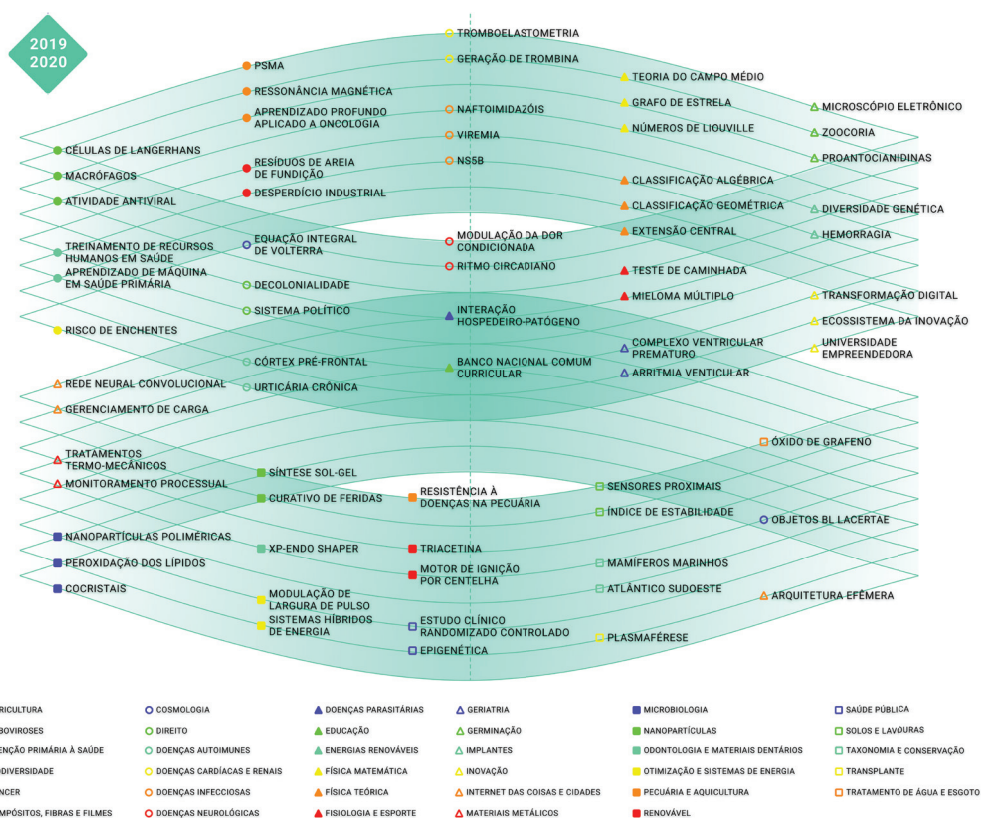


Figura 8. Trecho de *supertimeline* 2019-2020

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

9 Em caso de empate por centralidade de autovetor, para a cota anual, de diferentes subagrupamentos, foi selecionada a palavra que estivesse em um subagrupamento mais volumoso de palavras.

Na Figura 8, observa-se uma fração da *supertimeline*, centrada nos anos de 2019 e 2020, com as palavras-chave de cada agrupamento temático identificadas por um símbolo e cor listados na legenda.

Ainda utilizando o exemplo do agrupamento de *Nanopartículas*, os dois nós que o representam na Figura 8 são “*Síntese sol-gel*”¹⁰ e “*Curativo de feridas*”. Estes termos, por conterem a maior *centralidade de autovetor* de cada subagrupamento, dentro de um domínio temático da ciência brasileira, possuem a capacidade de representar uma palavra com grande importância de coocorrência com outros termos correlatos. Dito de outra forma, os termos selecionados indicam objetos de pesquisa indexados, com grande valor estratégico para a formação de coocorrência em cada subagrupamento observado.

São, portanto, palavras-chave que possuem boa possibilidade de informar sobre o direcionamento da ciência em seus diferentes domínios temáticos. Ao serem dispostas por diferentes anos, essas palavras passam a representar, em uma escala temporal, sentidos importantes para a produção científica com participação brasileira na WoS. A palavra-chave “*Curativos de feridas*”, por exemplo, tem um grande valor estratégico para facilitar a compreensão a respeito das coocorrências de termos no domínio temático de *Nanopartículas*, para os anos mais recentes da análise, isto é, 2019 e 2020.

3.3. Diagramas estratégicos

Outro conceito abordado pelo OCTI é o de diagrama estratégico. Esse conceito permite compreender a força de alguns subagrupamentos temáticos para cada *cluster* identificado, entre janeiro de 2015 e maio de 2020, na rede de produção com participação brasileira na WoS. Propostos por Cobo *et al.* (2011), os diagramas estratégicos utilizam as métricas de centralidade e densidade de cada subagrupamento, ou seja, de cada linha de pesquisa identificada nos domínios temáticos, para definir seus principais temas motores, de nicho, transversais e ascendentes.

Os subagrupamentos temáticos, identificados em redes de coocorrência de palavras-chave por cada domínio temático (ver Tabela 2), representam *clusters* de maior compartilhamento de palavras-chaves indexadas nas publicações analisadas, apontando para possíveis subtemas de cada agrupamento da rede, a partir da produção científica brasileira mapeada pelo OCTI.

¹⁰ Processo sol-gel é qualquer parte da rota de síntese de materiais em um processo químico, em meio aquoso, onde, em um determinado momento, ocorre a transição do estado sol (sólido) para uma fase líquida contínua (gel), de modo a formar uma estrutura de rede tridimensional. É uma técnica amplamente usada para a obtenção de materiais inorgânicos.

O diagrama estratégico é definido por dois eixos: um vertical (métrica de densidade dos subagrupamentos) e outro horizontal (métrica de centralidade dos subagrupamentos). A métrica de densidade calcula a força dos laços internos entre todas as palavras-chave que descrevem determinado subagrupamento em um domínio temático. Por sua vez, a métrica de centralidade fornece um indicador de como o subagrupamento é posicionado em relação aos demais, isto é, se diz respeito a um conjunto mais central, que se liga a outros conjuntos, ou mais periférico. O diagrama estratégico é uma forma de visualização que une frequência (o tamanho dos círculos revela a quantidade de termos associado a cada subagrupamento de palavras-chave) e posição relacional em um campo semântico (a localização de acordo com os eixos densidade e centralidade).

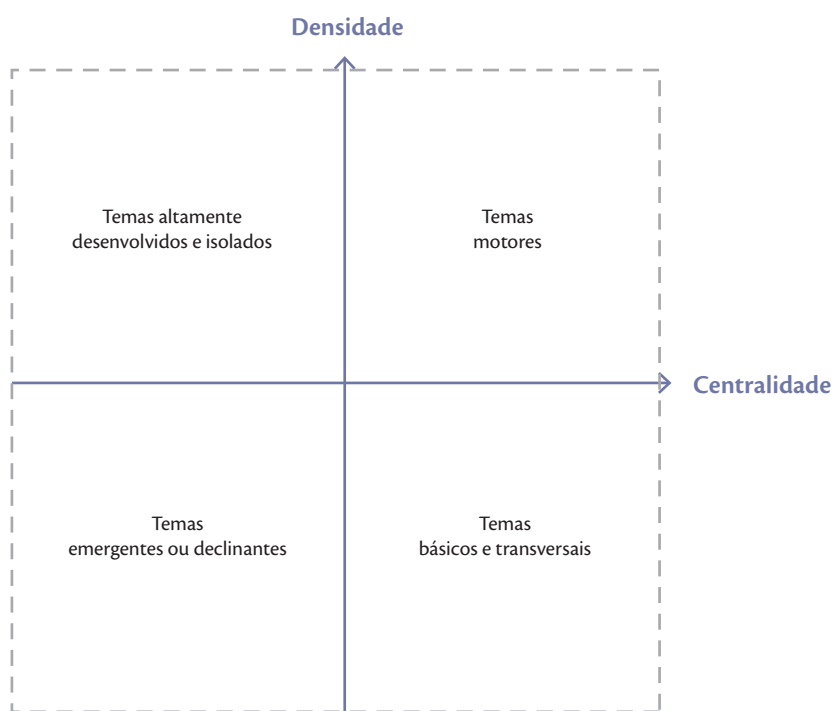


Figura 9. Diagramas estratégicos

Fonte: Cobo et al, 2011.

O quadrante superior à direita é o que reúne os subagrupamentos que apresentam as temáticas com as maiores métricas de centralidade e densidade e, portanto, com alto grau de laços internos entre as palavras-chave e de laços externos com outros temas. Os subagrupamentos que se encontram no quadrante superior à esquerda têm laços internos fortes, mas, quanto

mais distantes do centro do mapa, menor a conexão com o restante das outras comunidades temáticas. São, portanto, termos que estão muito associados e tendem a refletir temas altamente centrados, denotando quase especializações dentro de uma especialidade.

No quadrante inferior à esquerda se localizam os subagrupamentos temáticos com baixa centralidade e densidade. Assim, podem indicar tanto a marginalidade quanto a incipiente ascensão de temas na área. Por fim, no quadrante inferior direito, encontram-se aqueles termos que configuram subagrupamentos temáticos com baixa densidade e alta centralidade. No limite, são temáticas que, embora possam ser agrupados em comunidades, sua principal característica reside na transversalidade de seus termos por todo o *corpus* da amostra.

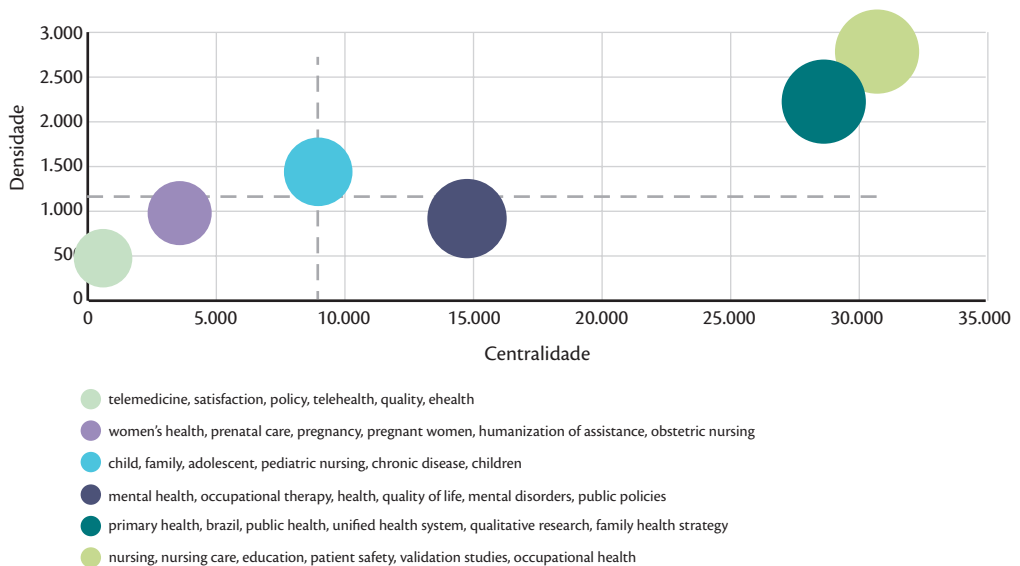


Figura 10. Diagramas estratégicos do domínio temático “Atenção primária à saúde”

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Conforme representado na Figura 10, os diagramas estratégicos auxiliam na identificação de forças temáticas dentro de diferentes domínios da produção brasileira na WoS. Como temas motores, é possível identificar, na área de “Atenção primária à saúde”, os subagrupamentos de *enfermagem*, *segurança do paciente* e sobre o *Sistema Único de Saúde (SUS)*. Enquanto temas transversais, é possível verificar a presença do subagrupamento mais voltado para *saúde mental*, *desordens mentais* e *qualidade da vida*. No centro do diagrama, enquanto um tema com grande potencial de se tornar motor nesse domínio, é possível identificar

o subagrupamento que lida com as temáticas de *saúde da família, criança e adolescente e doenças crônicas*.

No quadrante de temas ascendentes ou descendentes, por sua vez, dois subagrupamentos se destacam: um primeiro com foco em *saúde da mulher, cuidado pré-natal e gravidez* e um outro com foco em *telemedicina, telessaúde e satisfação na prestação de serviços médicos*.

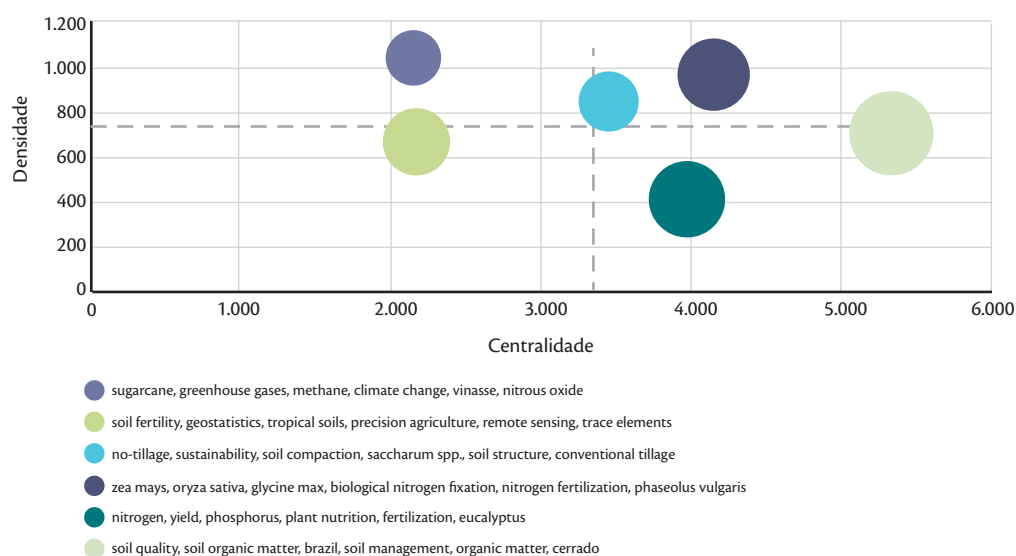


Figura 11. Diagramas estratégicos do domínio de “Solos e Lavouras”

Fonte: Elaborada pela equipe do OCTI por meio das ferramentas do CGEE.

Nos diagramas referentes ao domínio temático de “Solos e Lavouras”, outros subagrupamentos ganham importante destaque. Enquanto temas motores, é possível citar as temáticas orientadas às diferentes culturas de plantio no País, como *milho, arroz e soja* e, também, as temáticas concernentes à *estrutura e compactação do solo* e à importância da *sustentabilidade*.

Enquanto temas transversais, é possível destacar o subagrupamento orientado à *qualidade do solo e sua gestão no Brasil* e outro subagrupamento mais focado em *métodos de fertilização, fixação de nitrogênio e nutrição das plantas*. Entre os temas mais especializados, no quadrante superior da esquerda, ganha importância o subagrupamento focado na produção de *cana-de-açúcar*, na *emissão de gases com efeito estufa* e em suas implicações nas *mudanças climáticas*.

Cabe ressaltar também que, ocupando o quadrante inferior da esquerda, o subagrupamento sobre *agricultura de precisão, sensoriamento remoto e geoestatística* parece compreender temáticas ascendentes no domínio temático sobre a pesquisa referente a solos e lavouras com participação brasileira.

4. Considerações finais

As técnicas apresentadas neste artigo, desenvolvidas pela equipe multidisciplinar do Observatório de Ciência, Tecnologia e Inovação (OCTI) do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), buscam aprimorar a capacidade de monitoramento da ciência brasileira representada em diferentes bases internacionais de artigos. Além de gerar informações qualificadas sobre os principais domínios de atuação dos pesquisadores alocados em instituições nacionais, a aplicação desses métodos longitudinais permite investigar o desdobramento das missões científicas brasileiras, ao longo dos últimos anos.

As *timelines* e a *supertimeline* têm como meta organizar, em uma cadeia temporal, os principais objetos indexados pela produção analisada, sugerindo recorrências importantes sobre a atuação das instituições de pesquisa do País. Nesse sentido, a compreensão a respeito do conteúdo dessas informações pode subsidiar importantes decisões na agenda pública, a depender dos desafios eleitos pela sociedade e pelo governo.

Os diagramas estratégicos permitem apreender diferentes mudanças nas pesquisas com atuação nacional e indicar sinais fortes sobre a direção da ciência para os anos vindouros. A *agricultura de precisão*, conforme exibido no domínio sobre “Solos e Lavouras”, tem introduzido paradigmas decisivos para a cena agrícola do País, assim como o *sensoriamento remoto* tem tido papel determinante na modernização das relações produtivas agropecuaristas. No campo da saúde, diferentes modelos de *telemedicina* têm se mostrado cada vez mais relevantes para o combate de epidemias e pandemias, como a enfrentada pelo Covid-19. A *saúde da mulher*, outra temática importante no domínio sobre “Atenção primária à saúde” no Brasil, tem se mostrado cada vez mais fundamental para a garantia do bem-estar da população, de forma geral e equânime.

Nesse sentido, a aplicação de diferentes métodos cientométricos tem se mostrado relevante para o avanço do estado da arte sobre o monitoramento em CT&I no mundo e no Brasil. A adesão a diferentes modelagens, como a de redes semânticas, com objetivos longitudinais, conforme apresentado por este artigo, pode sugerir aspectos estratégicos sobre o desdobramento

científico do País. A expectativa dos autores é a de que novos avanços possam ajudar ainda mais na descoberta de fenômenos sobre o sistema de CT&I, de modo a estimular, cada vez mais, decisões orientadas à evidência na agenda pública nacional dos próximos anos.

Referências

BORGATTI, S.P. Centrality and network flow. **Social Networks** v. 27, n.º 1, p. 55–71. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378873304000693>

COBO, M.J.; LOPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIEDMA, F. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the fuzzy sets theory field. **Journal of Informetrics**, v. 5, n.º 1, p. 146–166. 2011. Disponível em: https://scizs.ugr.es/sites/default/files/ficherosPublicaciones/1321_mjcobo-joi-2010.pdf

MACIAS-CHAPULA, C. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 27, n.º 2, p. 134-140, maio/ago. 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/macias.pdf>

METZ, J.; CALVO, R.; SENO, E.R.; ROMERO, R.A.; LIANG, Z. **Redes complexas: conceitos e aplicações**. São Carlos. 2007. (Relatórios Técnicos do ICMC-USP, 290). Disponível em: http://repositorio.icmc.usp.br/bitstream/handle/RIICMC/6720/Relat%3%b3rio%20T%3%a9cnico_290_2007.pdf?sequence=3

MUNIZ, S.R. **Introdução à análise estatística de medidas**. 2. ed., São Paulo: USP/UNIVESP, 2016. p. 276-294. (Fundamentos da matemática II). Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4394902/mod_resource/content/0/plc0016_14.pdf

MUSSO, P. A Filosofia da rede. In: PARENTE, A. (Org.) **Tramas da rede: novas dimensões filosóficas, estéticas e políticas da cognição**. Porto Alegre: Ed. Sulina, p. 17, 2004.

NEWMAN, M.E.J. The structure of scientific collaboration networks, **PNAS**, v. 98, n.º 2, p. 404-409, Jan. 2001. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/pnas/98/2/404.full.pdf>

NEWMAN, M. The structure and function of complex networks. **Siam Review**, v. 45, n.º 2, p. 167–256. 2003. Disponível em: <https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/S003614450342480>

SAMPAIO, R.; SILVA, L.; ESTEVES, E. Proposta de metodologia para análise de redes sociais aplicadas a sites de saúde. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 8, n.º 1, 2014. Disponível em: <https://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/download/463/1115>

SMALL, H. Tracking and predicting growth areas in science. **Scientometrics**, v. 68, n.º 3, p. 595–610. 2006. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11192-006-0132-y.pdf>



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



Acesse www.cgee.org.br e
siga-nos no Twitter @CGEE_oficial

ISSN 1413-9375