



Parcerias Estratégicas

Volume 24 - Número 48 - Junho 2019

Segurança da informação

- A privacidade, a segurança da informação e a proteção de dados no Big Data
- Internet das Coisas: novos desafios na análise forense

Transformação digital

- A primeira revolução social da indústria e o princípio da conectividade contínua

Legislações brasileiras no âmbito da ciência, tecnologia e inovação

- O regulamento do novo marco legal da inovação
- A interação entre indústria e academia no estabelecimento de convênios no âmbito da Lei de Informática (2015-2016)

Avaliação de políticas de CT&I

- Impactos do Programa Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (Sisbiota Brasil)
- Proposta de análise segundo a Teoria da Mudança: do Ciência Sem Fronteiras ao Programa Institucional de Internacionalização
- Fomento à pesquisa científica no Brasil: a colaboração dos pesquisadores de excelência
- Abordagens de avaliação de políticas de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação a partir de algumas experiências

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Parcerias Estratégicas

v. 24, n. 48, junho de 2019, Brasília-DF

ISSN 1413-9375

Parc. Estrat. | Brasília - DF | v. 24 | n. 48 | p. 180 | jan-jun 2019

Parcerias Estratégicas – v.24 – n.48 – junho de 2019

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 (Fundaj)
Eduardo Baumgratz Viotti (Consultor legislativo do Senado Federal)
Gilda Massari (S&G Gestão Tecnológica e Ambiental/RJ)
Ricardo Bielschowsky (Cepal)
Ronaldo Mota Sardenberg (Consultor)

Projeto gráfico

Núcleo de Design Gráfico do CGEE

Capa, Diagramação e Infográficos

Clarice Taylor Guirra

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, Inovações e Comunicações (MCTIC). 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 prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

Presidente

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Joaquim Aparecido Machado
Regina Maria Silverio

Conselho de Administração CGEE

Membros natos

Glaucius Oliva (ABC Presidente do Conselho)
Abílio Afonso Baeta Neves (MEC)
Alysson Paolinelli (CNA)
Ildeu de Castro Moreira (SBPC)
Celio Cabral de Sousa Junior (Sebrae)
Pedro Moes lotty de Paiva (BNDES)
Waldemar Barroso Magno Neto (Finep)
Igor Manhães Nazareth (Ministério da Economia)
João Luiz Filgueiras de Azevedo (CNPq)
Rafael Esmeraldo Lucchesi (CNI)
Sérgio Luiz Gargioni (MCTIC)

Membros eleitos

Guilherme Ary Plonski (Representante dos associados)
Luís da Cunha Lamb (Consecti)
Alexandre Batalha Chrocratt de Sá Jacobs (Anprotec)
Fabio Guedes Gomes (Confap)
José Fernando Perez (Representante do empresariado nacional)
Marcio Castro Silva Filho (Foprop)
Luiz Fernando Vianna (Abipti)
Nelson de Chueri Karam (Dieese)
Humberto Luiz de Rodrigues Pereira (Anpei)

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

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 2019. Qualidade Gráfica e Editora Ltda.

Sumário

05 Aos leitores

Seção 1 Segurança da informação

09 A privacidade, a segurança da informação e a
proteção de dados no Big Data
*Antonio João Gonçalves Azambuja, Lisandro Zambenedetti
Granville e Alexandre Guilherme Motta Sarmento*

33 Internet das Coisas: novos desafios na análise forense
Marco Antonio Andrade Dias

Seção 2 Transformação digital

57 A primeira revolução social da indústria e o
princípio da conectividade contínua
Flávio da Silveira Bruno

Seção 3 Legislações brasileiras no âmbito da ciência, tecnologia e inovação

83 O regulamento do novo marco legal da inovação
*Sérgio Roberto Knorr Velho, Jorge Mario Campagnolo e
Rafael Ramalho Dubeux*

103 A interação entre indústria e academia no
estabelecimento de convênios no âmbito da Lei de
Informática (2015-2016)
Fábio Francisco Costa dos Santos e André Pires Gontijo

Seção 4

Avaliação de políticas de CT&I

119 *Impactos do Programa Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade – Sisbiota Brasil*

Katia Torres Ribeiro, Roberto Gomes de Souza Berlinck, Mariana Otero Cariello, Martha Marandino, Jean Paul Metzger, Denise de Oliveira, Fabio Rubio Scarano, Ima Célia Guimarães Vieira

133 Proposta de análise segundo a Teoria da Mudança: do Ciência Sem Fronteiras ao Programa Institucional de Internacionalização

Walner Mamede

151 Fomento à pesquisa científica no Brasil: a colaboração dos pesquisadores de excelência

Thiago M. R. Dias, Tales H. J. Moreira, Patrícia M. Dias

167 Abordagens de avaliação de políticas de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação a partir de algumas experiências

Fernanda Sobral e Gilberto Santos

Aos leitores

A revista *Parcerias Estratégicas* deste semestre apresenta, em sua seção de abertura, duas diferentes abordagens que permeiam a abrangente área da Segurança da Informação. O primeiro artigo discute a privacidade, a segurança da informação e a proteção no Big Data. O segundo trata dos novos desafios da análise forense no campo da Internet das Coisas - do acrônimo em Inglês, Internet of Things (IoT) -.

A Transformação Digital é o tema da segunda seção, que traz um artigo sobre a primeira revolução social da indústria e o princípio da conectividade contínua.

Outras duas análises referentes a Legislações brasileiras no âmbito da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) compõem o terceiro bloco. Um dos artigos desta seção avalia a importância do regulamento do novo marco legal da inovação. O texto seguinte busca investigar a interação entre a indústria e a academia no estabelecimento de convênios no âmbito da Lei de Informática.

A quarta seção da revista reúne artigos do conjunto de trabalhos selecionados para o I Seminário de Avaliação de Políticas de CT&I, evento realizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em parceria com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). A iniciativa teve como objetivos: promover, entre pesquisadores, profissionais e gestores de áreas relacionadas ao tema do Seminário, a discussão sobre a análise de políticas em (CT&I), com foco na avaliação de resultados e em metodologias; difundir os trabalhos técnicos científicos realizados no País na área de avaliação de fomento de CT&I; e contribuir para a melhor compreensão a respeito da importância do tema, de modo a oferecer subsídios à tomada de decisão e à adoção de medidas que visem a aprimorar a gestão de CT&I. Todo o conteúdo pertinente ao Seminário está disponível no site: <https://www.cgee.org.br/web/seminarioavaliacaocti>.

Com a edição de mais um número da revista *Parcerias Estratégicas*, o CGEE dá continuidade ao cumprimento de uma de suas linhas de ação - Disseminação de Informação em CT&I -, levando ao leitor deste periódico artigos que tratam de temáticas relevantes para o aprimoramento das políticas do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SINCTI).

Boa leitura!



I Seminário de
**Avaliação de
Políticas de CT&I**

Coordenação geral

José Ricardo de Santana (CNPq)
Marcio de Miranda Santos (CGEE)

Secretaria-geral

Marcos César Chaves da Fonseca (CNPq)

Coordenação operacional

Lisandra Helena Barros Santos (CNPq)
Elaine Mara Michon Nehme (CGEE)
Denise Mendes Teixeira Alves Terror (CGEE)

Coordenação científica

Daniel Alves Natalizi (CNPq)
Antônio Carlos Filgueira Galvão (CGEE)

Comissão científica

Eduardo Baumgratz Viotti
Jesús Pascual Mena-Chalco (CpE)
Márcia Siqueira Rapini (Abein)
Ricardo Barros Sampaio (Ancib)
Rosa Livia Gonçalves Montenegro (Aber)

Comissão técnico-científica

Augusto César da Motta Willer (CNPq)
Carolina Bittencourt Gomes (CNPq)
Emília Carneiro Saenger (CNPq)
Jomar Alace Santana (CNPq)
Leonara de Oliveira Rocha (CNPq)
Maria Bernadete Carvalho Pires de Souza (CNPq)

Comitê técnico Expolattes

Carlos Duarte de Oliveira Junior (CGEE)
Carlson Batista de Oliveira (CGEE)
Elaine Mara Michon Nehme (CGEE)
Emerson da Motta Willer (CNPq)
George Kihoma de Britto Lopes (CNPq)
Lisandro Zambenedetti Granville (SBC)

Recursos humanos

Ana Dalva Magrani Carneiro Fortuna (CNPq)

Assessoria de imprensa

Mariana Galiza (CNPq)
Bianca Torreão (CGEE)

SEÇÃO 1

SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

A privacidade, a segurança da informação e a proteção de dados no Big Data
Internet das Coisas: novos desafios na análise forense

A privacidade, a segurança da informação e a proteção de dados no *Big Data*

Antonio João Gonçalves de Azambuja¹, Lisandro Zambenedetti Granville² e Alexandre Guilherme Motta Sarmento³

Resumo

O avanço das tecnologias da informação tem possibilitado um crescimento exponencial do volume de dados obtidos, armazenados, processados, transmitidos e publicados no ambiente do *Big Data*. Todo esse crescimento tem gerado desafios para o direito à privacidade, à liberdade de expressão e a segurança das informações, tanto pessoais como as corporativas. As questões do volume de dados, a velocidade com que os dados são processados, a sua variedade e veracidade no ecossistema do *Big Data* colocam em risco esses direitos e a segurança das informações. Inicialmente, este trabalho apresenta

Abstract

The progress of information technologies has enabled an exponential growth in the volume of data collect, stored, processed, transmitted and published in the Big Data environment. All of this growth has created challenges for the right to privacy, freedom of expression and the security of both personal and corporate information. Data volume issues, the speed with which data is processed, its variety and veracity in the Big Data ecosystem, put those rights and the security of information in risk. Initially this paper presents a contextualization about Big Data, with definitions and their characteristics. Then

¹ Chefe do Serviço de Segurança da Informação e Comunicações da Advocacia-Geral da União. Mestre em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação pela Universidade Católica de Brasília (UCB).

² Professor do Programa de Educação em Ciências Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Computação pela UFRGS.

³ Coordenador técnico de apoio a pesquisa, desenvolvimento e aplicações do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Doutor em Educação em Ciências pela UFRGS.

uma contextualização sobre o *Big Data*, com definições e suas características. Em seguida aborda questões relacionadas com a ética, a privacidade, a segurança e a organização das informações no *Big Data*. Ao abordar tais questões, discorre sobre os riscos à privacidade, segurança da informação, organização da informação, conceitos e modelos de anonimização que podem ser utilizados para preservar a privacidade dos usuários. Finalmente, apresenta um panorama da proteção de dados em 2018, com os eventos de divulgação e manipulação de dados sem autorização dos usuários, fato que direciona para maior cuidado com os nossos dados. As considerações finais da análise reconhecem que os usuários estão sujeitos aos riscos à privacidade das informações e a sua segurança no universo do *Big Data*.

Palavras-chave: Privacidade das informações. Segurança da informação. Risco à Privacidade. Proteção de dados. *Big Data*.

addresses issues related to ethics, privacy, security and the organization of information in Big Data. Addressing such issues related to privacy risks, information security, information organization, anonymization concepts and models that can be used to preserve users' privacy. Finally presents a panorama of data protection in 2018, the events of disclosure and manipulation of data without users authorization. That fact leads to a greater care with our data. The final considerations in the analysis recognize that users are subject to the risks to information privacy and their security in the Big Data universe.

Keywords: Privacy information. Information Security. Privacy risk. Data protection. *Big Data*.

1. Introdução

A informatização da sociedade, aliada ao avanço tecnológico e a sua convergência, tem proporcionado um crescimento exponencial do volume de dados no espaço cibernético, o que marca o advento do *Big Data*.

Vivemos a era do *Big Data*, que tem transformado a forma como as organizações estão direcionando o seu processo de tomada de decisão (JANSSEN *et al.*, 2017). As novas tecnologias permitem que as organizações, a partir da análise dos dados, tenham um ganho de competitividade (EREVELLES; FUKAWA; SWAYNE, 2016).

Nesse cenário, composto pela explosão da quantidade e disponibilidade de dados decorrente do avanço das tecnologias de processamento, coleta e análise dos dados, situa-se o fenômeno conhecido como *Big Data*.

Esse fenômeno tem impactado a sociedade, por meio de novos modelos de negócios que fazem rastreamento de dados para analisar padrões de comportamento, consumo e saúde, visando a estabelecer uma tomada de decisão baseada em dados.

Ao mesmo tempo que novas formas de comunicação, registro, acesso e recuperação da informação estão sendo viabilizadas, surge a preocupação com a privacidade e segurança das informações (CHEN; YANG; LUO, 2017).

A privacidade e a segurança da informação (SI) na internet têm correspondido a uma área que desperta interesse de estudo, devido à grande quantidade de informações pessoais e corporativas que são obtidas, armazenadas, transmitidas e publicadas na rede mundial de computadores.

A informação tornou-se um ativo de valor para as organizações, que pode ser processada por meio eletrônico e com a utilização de redes públicas e privadas de internet (HONG; THONG, 2013).

Esses ativos que podem ser corporativos e/ou pessoais compõem o ambiente atual dos negócios das organizações e estão em constante ameaça de vírus, invasões de sistema, abuso de informações privilegiadas, quebra da privacidade e divulgação não autorizada das informações (JOHNSTON; WARKENTIN, 2010).

Para Zwitter (2014), em um mundo altamente interconectado, lidar com a ética, considerando o consentimento dos usuários, a privacidade, a segurança e a anonimização das informações, é um desafio do *Big Data*. Já Drinkwater (2016), ressalta que o vazamento de informações *on-line*, aumenta as preocupações dos usuários em relação ao risco da informação.

Diante do contexto no qual os direitos à privacidade e proteção de dados foram elevados ao nível dos direitos humanos no cenário internacional, os governos têm dispensado especial atenção para lidar com esses desafios. Nesse cenário, destaca-se o Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados (GDPR), publicado em 2018, pela União Europeia (EU), que visa a proporcionar aos usuários maior controle sobre seus dados pessoais e a aumentar as restrições sobre as organizações que tratam e lidam com esses dados.

No cenário nacional, por sua vez, o Governo Brasileiro publicou a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), n.º 13.709, de 14 de agosto de 2018, que dispõe sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural. A referida Lei entrará em vigor no primeiro semestre de 2020.

Diante do exposto, este artigo busca apresentar uma contextualização sobre o *Big Data*, discorrer sobre questões relacionadas com a ética, a privacidade, a segurança e a organização das informações nesse ambiente, apresentar conceitos e modelos de anonimização que podem ser utilizados para preservar a privacidade dos usuários, além de um panorama sobre a proteção de dados em 2018.

2. *Big Data*

2.1. Definição

O *Big Data* é um fenômeno que se refere à explosão da disponibilidade de dados relevantes, como resultado recente e sem precedente do avanço das tecnologias de armazenamento e registro de dados. Fenômeno do processamento de grandes volumes de dados, com os quais as ferramentas tradicionais não são capazes de lidar na velocidade requerida (GOLDMAN *et al.*, 2012).

Brynjolfsson *et al.* (2012) afirmam, ainda, que soluções de *Big Data* possuem um potencial maior que as soluções analíticas tradicionais, no sentido de trazer benefícios e aumentar a competitividade das empresas.

O termo *Big Data* surgiu para definir arquiteturas de sistemas capazes de lidar com as novas dimensões dos dados: velocidade, variedade e volume (AZEVEDO; NEVES; NOVO, 2014).

Nesse cenário de crescimento exponencial da informação publicada na internet, com a presença de base de dados que contém um grande volume de dados, situa-se o *Big Data* (SHINATAKU; DUQUE; SUAIDEN, 2014).

2.2. Características

O fenômeno *Big Data* está associado ao grande volume de dados, mas essa não é sua única característica. Inicialmente, foi caracterizado pelo volume, pela velocidade e variedade (3V's) dos dados. Os atributos veracidade e valor foram considerados posteriormente como relevantes. Essas características são conhecidas como os 5V's do *Big Data*:

- *Volume*: refere-se ao tamanho dos dados. Os dados são coletados de uma grande variedade de fontes, incluindo transações comerciais, redes sociais e informações de sensores ou dados transmitidos de máquina a máquina;

- *Velocidade*: refere-se à velocidade de transmissão dos dados. Os dados fluem em uma velocidade sem precedentes e devem ser armazenados, tratados e analisados com agilidade;
- *Variedade*: refere-se ao formato no qual os dados são gerados, isto é, estruturados e não estruturados. Os dados estruturados são organizados em linhas e colunas e geralmente são armazenados em banco de dados relacionais, os quais facilitam a atualização e a recuperação de dados em menor granularidade. Os dados não estruturados não possuem uma organização predefinida. Em decorrência disso, há maior dificuldade para a sua recuperação e o seu processamento, a exemplo dos vídeos, dos comentários em redes sociais, dos e-mails, entre outros;
- *Veracidade*: tem relação com a confiabilidade dos dados. Durante a análise dos dados, é necessário conhecer o contexto em que os dados foram gerados, se eles são autênticos e de fontes confiáveis; e
- *Valor*: os dados devem agregar valor ao negócio. Sem valor, a informação não tem utilidade.

2.3. Fonte

As fontes de dados do *Big Data* são: os usuários e a tecnologia. Dados, informações e conhecimento são gerados diariamente. A complexidade do *Big Data* não está no volume, como apontou Davenport (2014), mas na falta de estrutura que dificulta a análise para a geração de conhecimento, inovação ou valor.

O autor destaca a relevância de se resumir os dados e encontrar seus significados e seus padrões para o contexto no qual ele foi resumido. Reforça a importância da definição adequada do problema e da pertinência da formulação correta da pergunta, os quais devem orientar a coleta e o posterior resumo dos dados, na busca da organização da informação.

3. Ética

Questões éticas devem ser consideradas no atual cenário do *Big Data*, tais como: Qual a fronteira para o uso dos dados produzidos pelas pessoas no seu dia a dia, com as novas tecnologias? Esses dados podem ser acessados em tempo real? Por quem? Para que finalidade?

O volume de dados cresce de forma exponencial com a evolução e sofisticação da rede mundial de computadores e de suas aplicações. Todo o potencial de conhecimento obtido com a coleta, o processamento, o armazenamento e a análise dos dados pode ser utilizado a favor da sociedade.

Por outro lado, os dados podem ser utilizados: pelos governos, para o controle do cidadão e com objetivos políticos; ou pelas organizações privadas, para direcionar um determinado padrão de consumo.

Um caso clássico do uso do *Big Data*, que teve repercussão na mídia em razão da conduta da organização envolvida no episódio, foi a atitude tomada pela rede varejista norte americana *Target* de tentar alterar os hábitos de consumo de suas clientes, por meio de técnicas estatísticas que identificavam a possibilidade de determinada consumidora estar grávida (DAVIS, 2012). Tal fato representa a aplicação de técnicas associadas ao *Big Data*, com implicações éticas e jurídicas.

Azevedo, Neves e Novo (2014) destacam ser necessário que o usuário tenha maior controle sobre quem pode acessar seus dados e o uso que as organizações estão dando a esses dados, no entanto, o tema demanda regulamentações para estabelecer padrões de identificação e de segurança dos dados pessoais.

Um antídoto para condutas antiéticas no ambiente do *Big Data* pode estar disponível no próprio conjunto de normas e regulamentos das organizações, que estabelecem uma série de valores e esclarecem que os colaboradores devem ter confiança e responsabilidade pessoal no processo de análise dos dados (DIAS; VIEIRA, 2013).

As organizações estão experimentando um novo paradigma no qual todos devem levar em consideração questões como a privacidade, a transparência, o rastreamento e como estão sendo utilizados os dados pessoais e corporativos.

Sendo assim, emerge a necessidade crescente de implementar proteções éticas que assegurem a privacidade dos dados.

4. Privacidade

A palavra privacidade, do latim (*privates*), tem o significado de separado do resto, portanto, que uma pessoa pode ficar afastada ou isolada em relação aos demais.

A preocupação com a privacidade antecede a era da internet. O artigo publicado em 1873, pelo juiz americano Tomas Cooley, define a privacidade como a limitação do acesso às informações de uma determinada pessoa, à própria pessoa e à sua intimidade, envolvendo as questões de anonimato, sigilo, afastamento e o direito de ser deixado em paz.

No mundo atual, no qual cada vez mais está presente o uso dos computadores e de mecanismos tecnológicos de comunicação, emerge, segundo Levy (1998), a questão do fim da privacidade e da preservação das informações, decorrente do fluxo informacional produzido e disponibilizado em grande escala na rede mundial de computadores.

A privacidade surge como um desafio no ambiente digital, onde as informações e os dados são gerados, sendo essencial o estudo do tema por parte da Ciência da Informação durante todo o ciclo de vida da informação. A privacidade das informações, de acordo com Smith, Milberg e Burke (1996), é uma das questões éticas da era da informação.

O avanço das tecnologias da informação, os serviços da internet e os *softwares de business intelligence* que realizam a coleta e mineração de grandes quantidades de dados são canais de vulnerabilidade para o acesso às informações (HONG e THONG, 2013).

A era do *Big Data* demanda novos modelos de privacidade. As atividades de identificação das novas informações pessoais são deduzidas por meio de análise preditiva dos dados coletados. Destaca-se a necessidade de inserir a privacidade no contexto do *Big Data*, no qual os indivíduos não só se preocupam com a coleta de dados, mas também com a forma como esses dados serão analisados e usados (MAI, 2016).

Um fator importante de privacidade é a opção de consentimento dada ao consumidor, ou seja, a oportunidade de decidir se o sistema pode ou não usar seus dados. Quando os sistemas de segurança que preservam a privacidade estão funcionando adequadamente, o usuário demonstra confiança para compartilhar as suas informações.

As organizações devem considerar o fato de que a confiança do usuário é mais lucrativa, com resultados positivos a longo prazo, e a quebra dessa confiança terá um impacto negativo. Tratar das preocupações dos usuários em relação à privacidade gera valor para as organizações (MANDIĆ, 2009).

4.1. Disposição para fornecer informações *on-line*

O processo para descobrir padrões de consumo e conhecimento tem tornado a mineração de dados um instrumento de destaque para que as organizações obtenham maior entendimento a respeito dos negócios e do mercado, a partir da análise dos dados minerados no *Big Data*, proporcionando o desenvolvimento de produtos alinhados às necessidades dos usuários. (PROVOST; FAWCETT, 2013).

Na visão do usuário, porém, fornecer informações com base nas suas necessidades e desejos específicos poderá levar a uma possível perda de privacidade (CHELLAPPA; SIN, 2005). A preocupação com a privacidade afeta negativamente a confiança dos usuários nos serviços tecnológicos *on-line* e, conseqüentemente, a disposição em fornecer suas informações pela internet (MARTINS, 2016).

4.2. As contradições dos usuários

Martins (2016), na discussão dos resultados da sua pesquisa sobre privacidade e confiança, ressalta que, apesar dos usuários acreditarem que fornecer informações pessoais na internet gera riscos, eles encaram que os benefícios trazem compensação. A despeito das profundas preocupações dos usuários com questões de privacidade e segurança, diariamente, os usuários publicam dados nas suas redes sociais.

Segundo Schoenbachler e Gordon (2002), a possibilidade dos usuários fornecerem informações pessoais *on-line* depende do tipo da informação. Os usuários têm mais restrição para informar dados financeiros em comparação com os seus dados demográficos ou de consumo.

A perspectiva de perdas de privacidade e uso indevido de informações no ambiente do *Big Data*, que contempla, por exemplo, o comércio eletrônico, as redes sociais, o *Internet Banking*, os dados do cidadão de posse dos governos, os provedores de internet e as seguradoras, podem influenciar a disposição do usuário em fornecer seus dados (FEATHERMAN; MIYAZAKI; SPROTT, 2010).

Para ter acesso aos serviços *on-line* gratuitos e revolucionários, os usuários concordam em fornecer suas informações sem uma avaliação dos riscos. Os usuários pagam por esses serviços com o que tem de mais precioso: dados pessoais e o seu comportamento no universo *on-line*.

4.3. Riscos à privacidade

A análise dos *Riscos à privacidade* corresponde à avaliação subjetiva: das potenciais perdas de controle sobre a confidencialidade das informações, incluindo as de identificação pessoal;

bem como do uso e da divulgação não autorizados desses dados (FEATHERMAN; MIYAZAKI; SPROTT, 2010).

Nas transações *on-line*, tanto as realizadas no comércio eletrônico como as financeiras, os usuários identificam a falta de informações sobre a privacidade e a potencial perda de controle das informações confidenciais como desvantagens para o uso desses serviços (BELANGER; HILLER; SMITH, 2002).

As organizações que fornecem serviços *on-line* têm a capacidade de coletar dados pessoais confidenciais de alto valor para explorá-los comercialmente (BELANGER; CROSSLER, 2011). Os autores afirmam que ocorrem perdas financeiras e de privacidade dos dados, em razão do uso indevido das informações durante as transações *on-line*.

Entre os fatores que geram vulnerabilidades no ambiente virtual, podem ser destacados os seguintes: i) nas transações *on-line*, os dados do seu computador podem ser comprometidos; ii) a transferência de dados *on-line* pode ser comprometida; iii) transações *on-line* por meio de redes públicas podem trazer riscos; e iv) os dados coletados durante a transação podem ser comprometidos e divulgados sem autorização do usuário (MILNE; CULNAN, 2004).

Para os autores, o risco à privacidade ocorre tanto durante a transação *on-line* como durante o armazenamento das informações do usuário, em razão do fato de as organizações não garantirem que os dados não serão compartilhados ou utilizados no ambiente do *Big Data* para a tomada de decisão.

A falta da privacidade das informações e a sua segurança não estão restritas às empresas que realizam negócios *on-line*. Os dados obtidos pelos governos também estão sujeitos a esses riscos, tanto pela infraestrutura tecnológica desatualizada como pela pouca cultura de Segurança da Informação (SI) nas instituições públicas.

4.4. Preocupação com a privacidade

No ambiente do *Big Data*, a informação trafega com velocidade. Moor (1997) afirma que a informação, quando digitalizada, trafega facilmente e rapidamente no ciberespaço, que é um ambiente resultante da interação de pessoas, *softwares* e serviços da internet, por meio de dispositivos tecnológicos e redes conectadas.

De acordo com o autor, as preocupações com a privacidade emergem quando a velocidade e conveniência fazem com que as informações pessoais tenham uma divulgação não autorizada.

As preocupações dos usuários não ficam restritas somente ao fato de ter uma divulgação não autorizada, mas também ao uso das informações pessoais de forma inadequada e sem permissão.

O avanço das tecnologias da informação, de acordo com Belanger e Crossler (2011), elevou o nível de preocupações com a privacidade das informações, motivando os pesquisadores de sistemas de informação a estudar soluções técnicas para tratar a informação.

A *Internet Privacy Concern* (IPC) é uma área de estudo que, segundo Hong e Thong (2013), tem crescido em decorrência do grande volume de informações que estão sendo coletadas, armazenadas, transmitidas e publicadas na internet, fomentando o ambiente do *Big Data*.

O IPC corresponde ao grau em que o usuário da internet está preocupado com as práticas realizadas pelos sites para a obtenção e o uso das informações pessoais (MALHOTRA; KIM; AGARWAL, 2004).

4.5. Confiança no ambiente *on-line*

A confiança se configura como um dos principais fatores que afetam o comportamento dos indivíduos diante de riscos e incertezas. Assim como a privacidade, a confiança é situacional e depende do contexto (LEE TURBAN, 2001).

A forma mais comum de fornecer aos usuários informações para estabelecer uma confiança nos serviços *on-line* diz respeito às declarações e políticas de privacidade. Dessa maneira, as organizações informam aos usuários sobre: serviços disponíveis na internet referentes a sua política de proteção de dados; quem está coletando os dados; e os limites de utilização.

No entanto, os usuários não dispensam seu tempo para ler essas políticas, uma vez que são dispostas em textos longos e escritos com termos jurídicos e técnicos.

Para Mandić (2009), uma forma de aumentar a confiança na privacidade de um serviço *on-line* é usar verificações de selo de privacidade, também conhecido como selo de segurança para site.

O selo de segurança indica que o site tomou medidas de proteção, seja para corrigir vulnerabilidades de segurança ou mesmo para criptografar informações que são trocadas entre o site e os usuários.

5. Segurança da informação

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da norma ABNT NBR ISO/IEC 27002:2013, define o termo Segurança da Informação como a proteção da informação de vários tipos de ameaças para garantir a continuidade do negócio, minimizar o risco e maximizar o retorno sobre os investimentos. Definição similar é apresentada por Manoel (2014).

Os princípios básicos da SI - a confidencialidade, a integridade e a disponibilidade - orientam a análise, o planejamento, a implantação e o controle de segurança para as informações das organizações.

As definições desses princípios são: i) *confidencialidade*: proteção das informações contra acesso não autorizado, independente da forma ou do local de armazenamento desses dados; ii) *integridade*: é a proteção de informações, aplicações, sistemas e redes contra mudanças intencionais, não autorizadas ou acidentais; e iii) *disponibilidade*: é a garantia de que as informações e os recursos estão acessíveis aos usuários autorizados, conforme a necessidade (KILLMEYER, 2006).

A gestão da SI envolve as seguintes atividades: i) elaborar uma Política de Segurança da Informação; ii) definir papéis e responsabilidades relacionados com a SI na organização; iii) desenvolver uma estrutura de controle com normas, práticas e procedimentos de SI; iv) estabelecer procedimentos de monitoramento para detectar e assegurar a correção de falhas de segurança; e v) promover a conscientização sobre a necessidade de proteger as informações (WILLIAMS, 2001).

As organizações enfrentam uma revolução nas práticas de gestão da informação, com o foco cada vez maior no valor global das informações protegidas e entregues (*Information Security Governance* – ITGI, 2006).

A segurança, como podemos ver, está relacionada com a capacidade da organização de proteger os dados dos usuários e evitar fraudes *on-line*, por meio de medidas de segurança.

5.1. Riscos à segurança das informações

A preocupação com a gestão adequada da informação no ambiente do *Big Data* envolve o espaço cibernético, que, segundo o autor Killmeyer (2006), é um ambiente propício para a exposição ao risco e no qual estão os ativos de informação, além dos meios de armazenamento, transmissão e processamento dos sistemas de informação.

Segundo Carvalho (2010), o espaço cibernético constitui novo e promissor cenário para a prática de toda a sorte de atos ilícitos, desafia conceitos tradicionais, entre eles o de fronteiras geopolíticas e/ou organizacionais, constituindo novo território, por vezes conhecido e desconhecido, a ser desbravado pelos bandeirantes do século 21.

Os projetos de *Big Data* trabalham com um grande volume de dados provenientes de diversas fontes, que demandam cuidados com a segurança. O armazenamento de um grande volume de dados pode se transformar em alvo de ataques e vazamento de informações sigilosas, o que pode gerar perdas de credibilidade para a organização.

As organizações devem adotar soluções e boas práticas de SI, adequação às normas e leis, definição de políticas, controle de acesso às informações críticas e de capacitação de equipes de TI, entre outras.

Os métodos tradicionais usados para proteger os sistemas de informações contra ameaças de segurança incluem a implementação de *firewalls*, regras de autenticação e o uso de redes privadas virtuais. (AL-SHAWI, 2011). Para o autor, cada uma dessas técnicas tem suas próprias vulnerabilidades e limitações e pode não ser capaz de proteger os recursos de ataques cibernéticos.

Os atacantes coletam e monitoram continuamente os dados dos usuários e das redes governamentais e privadas para tirar vantagem de fraquezas do sistema resultantes de falhas no *design* e na implementação de medidas de segurança, além das falhas ocasionadas em função do baixo nível de maturidade para a organização da informação.

6. Organização da informação

As repetidas ameaças cibernéticas nas organizações de todos os setores, tipos e tamanhos indicam a necessidade da implementação de práticas, métodos e processos relacionados com a organização da informação armazenada.

As instituições estão passando por transformações na forma de lidar com as informações. Considerando o volume de dados disponíveis no *Big Data*, torna-se necessário enfrentar o caos informacional com a utilização da Arquitetura da Informação (AI).

6.1. Arquitetura da informação

A Arquitetura da Informação permite a organização da informação para suporte às ações de gestão do conhecimento, ao mesmo tempo que visa a promover a acessibilidade à informação para a tomada de decisões (LIMA-MARQUES; MACEDO, 2006).

Com base na importância para a organização e apresentação da informação, Richard Saul Wurman utilizou pela primeira vez o termo Arquitetura da Informação em 1976. O criador do termo afirma que o arquiteto da informação dá clareza ao que é complexo, fazendo com que a informação possa ser compreendida (WURMAN, 2005).

Diante de todo esse volume de dados disponível, que pode ser utilizado para a tomada de decisões e melhoria da qualidade de vida, os usuários estão dispostos a trocar informações por serviços melhores, sem a devida atenção sobre as condições de privacidade oferecidas por esses serviços.

Com a frequente evolução de novas ferramentas tecnológicas, a cada dia, o usuário passa a ter mais e mais informação. A informação gerada de forma excessiva, sem critérios de seleção, organização e disseminação, fez surgir, como define Reis (2007), a síndrome da fadiga da informação, caracterizada por tensão, irritabilidade e sentimento de abandono causados pela sobrecarga de informação imposta ao ser humano.

Wurman (1991) afirma que uma edição do *The New York Times* publica, em um dia, mais informações do que um cidadão inglês normal poderia ter recebido durante toda a sua vida, no século 17. O autor adverte que mais dados não significam melhor compreensão, identificando a explosão da não informação.

Toda essa quantidade de informações, para Wurman (1991), leva à síndrome de ansiedade da informação, definida pelo autor como o resultado da distância cada vez maior entre o que compreendemos e o que achamos que deveríamos compreender.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento das tecnologias da informação encurtam o caminho do usuário, tanto para obter como para fornecer informações. Todo esse avanço tem as suas vantagens, como também as desvantagens, sobretudo no que se refere à privacidade, à segurança, ao valor e a confiabilidade das informações.

A AI pode ser usada como uma estratégia para a organização da grande massa de informações disponível, para mitigar os riscos relacionados à privacidade, segurança, confiabilidade e perda de valor das informações.

As organizações públicas e privadas têm sido, cada vez mais, cobradas para publicar seus dados brutos em formato eletrônico. No entanto, antes dessa divulgação, visando a mitigar os riscos desse processo, os dados devem ser sanitizados, de modo a haver a remoção de identificadores pessoais. Para isso, podem ser utilizadas técnicas de anonimização (MONTEIRO; MACHADO; BRANCO JR, 2014).

6.2. Anonimização de dados

A anonimização de dados tem um vasto campo de aplicação, podendo ser adotada como medida de segurança. O termo anonimato representa o fato do sujeito não ser unicamente caracterizado dentro de um conjunto de sujeitos. O conceito de sujeito refere-se a uma entidade ativa, como uma pessoa ou computador (MONTEIRO, MACHADO, BRANCO JR, 2014).

O anonimato representa o fato de um registro não ser unicamente identificado em um conjunto de registros. Conjunto de registros pode ser um grupo de pessoas ou rede de computadores (PFITZMANN e KÖHNTOPP, 2005).

Para Camenisch, Fischer-Hübner e Rannenberg (2011), uma transação é considerada anônima quando os seus dados, individuais ou combinados, não possibilitam a associação para identificação de um registro em particular.

Os dados de indivíduos podem ser classificados como:

- Identificadores: atributos que identificam individualmente as pessoas (CPF, nome, identidade);

- Semi-identificadores: atributos que podem ser combinados com informações para reduzir a incerteza sobre a identificação das pessoas (data de nascimento, CEP, profissão, cargo, local de trabalho); e
- Atributos sensíveis: contêm informações sensíveis sobre as pessoas (salário, informações de saúde, despesas de cartão de crédito, hábitos de consumo).

As técnicas que podem ser utilizadas e/ou combinadas para a anonimização dos dados são as seguintes (MONTEIRO; MACHADO; BRANCO JR, 2014):

- Generalização: substitui os valores de atributos semi-identificadores por valores menos específicos e com semântica consistente;
- Supressão: exclui valores de atributos identificadores e/ou semi-identificadores da tabela anonimizada;
- Encriptação: utiliza esquemas criptográficos normalmente baseados em chave pública ou chave simétrica para substituir dados sensíveis por dados encriptados; e
- Perturbação: é utilizada para a substituição de valores dos dados reais por dados fictícios, para mascaramento de banco de dados de testes ou treinamento.

A técnica de perturbação procura alterar randomicamente os dados, com vistas a preservar as características dos dados sensíveis para o modelo de dados, utilizando as seguintes abordagens (CHEN; LIU, 2011):

- Condensação de dados: condensa os dados em múltiplos grupos e tamanhos predefinidos. Dentro de um grupo, não é possível distinguir diferenças entre os registros. Cada grupo tem um tamanho k , que é o nível de privacidade decorrente da condensação; e
- *Random Data Perturbation* (RDP): adiciona ruídos, de forma randômica, aos dados sensíveis. A maioria dos métodos utilizados para adicionar ruído randômico corresponde a casos especiais de mascaramento de matriz.

O mascaramento é utilizado na disponibilização de bases de dados para teste ou treinamento, com informações que não identificam os usuários, mas que pareçam ser reais. As técnicas de mascaramento de dados são (LANE, 2012):

- Substituição: substituição randômica de conteúdo por informações sem relação com o dado real;
- Embaralhamento (*Shuffling*): substituição randômica do dado real por um dado derivado da própria coluna da tabela;
- *Blurring*: técnica aplicada a números e datas. Muda o valor do dado por uma percentagem do seu valor original; e
- Anulação/Truncagem: substitui os dados sensíveis por valor nulos (*null*).

6.3. Modelos de anonimização

Diante da necessidade de se manter a privacidade dos dados e a segurança das informações, são apresentados, a seguir, os principais modelos de anonimização encontrados na literatura: *k-anonymity*, *l-diversity*, *t-closeness* e *b-likeness*.

- *k-anonymity*: demanda que qualquer combinação de atributos semi-identificadores seja compartilhada por pelo menos k registros, em um banco de dados anonimizado. Este modelo assume o pressuposto de que cada registro representa apenas uma pessoa;
- *l-diversity*: captura o risco da descoberta de atributos sensíveis em um banco de dados anonimizado;
- *t-closeness*: propõe a proteção contra a divulgação de atributo sensíveis; e
- *b-likeness*: apresenta-se como uma solução ao problema, que ocorre com menor frequência, de exposição de privacidade de valores de atributos sensíveis.

Visando a alcançar elevado nível de segurança, podem ser utilizadas ferramentas de segurança para: limitar o acesso aos dados; preservar a privacidade dos usuários; liberar dados úteis para mineradores de dados, sem divulgar as identidades dos usuários; desenvolver modelos de privacidade adequados para quantificar a possível perda de privacidade, em razão de diferentes ataques; e aplicar técnicas de anonimização (LEI XU; WANG; YUAN; REN, 2014).

7. Panorama da proteção de dados em 2018

No ano de 2018, aumentou o foco para a proteção das informações, quando se descobriu que os dados de 87 milhões de usuários do *Facebook* foram utilizados para traçar perfis de comportamento e influenciar politicamente a eleição americana, além do plebiscito que separou o Reino Unido da União Europeia.

Em setembro de 2018, o *Facebook* descobriu um ataque *hacker* que alcançou 50 milhões de usuários em todo o mundo. Em razão desse fato, vários perfis foram desconectados. Uma nova falha, ocorrida em dezembro, possibilitou a exposição das imagens postadas por 6,8 milhões de usuários.

O *The New York Times* revelou, em dezembro do mesmo ano, que o *Facebook* forneceu, sem autorização, dados de usuários a empresas como *Microsoft*, *Netflix*, *Spotify*, *Amazon* e *Yahoo*. As autorizações davam acesso às mensagens privadas. Segundo a reportagem, as empresas podiam ler, escrever e apagar as mensagens, além de ver todos os participantes em um tópico. A reportagem não detalha como isso era feito.

Onde meus dados foram parar? No caso da *Cambridge Analytica*, 300 mil pessoas foram pagas para participar de um teste de personalidade e fornecer seus dados. Elas, porém, foram usadas para coletar dados de outros. Com isso, foi possível criar um banco de dados com 87 milhões de pessoas, que não tinham ideia de que seriam envolvidas em campanhas políticas e outras atividades.

No ambiente do *Big Data*, existe uma fatia considerável de usuários que não se importa em fornecer seus dados nas redes sociais, mas não aceita que suas informações sejam usadas para vender mensagens com as quais não concorda.

Você é o produto: preocupe-se com o que fazem com seus dados.

O *General Data Protection Regulation* (GDPR)⁴ regulamenta os direitos dos usuários europeus no que diz respeito à proteção e ao controle de seus dados pessoais. Por meio desse instrumento legal, as pessoas têm direito de saber se seus dados serão usados para gerar propagandas, se as informações serão geradas para criar perfis ou se as empresas que coletam dados vendem ou venderão esses dados a terceiros.

4 Acesse informações sobre o GDPR em <https://eugdpr.org/>.

No Brasil, a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), de n.º 13.709/2018, estabelece uma série de regras que empresas e outras organizações atuantes no País devem seguir para permitir que o cidadão tenha mais controle sobre o tratamento que é dado às suas informações pessoais.

8. Conclusão

A análise realizada neste artigo permite abordar a problemática acerca dos riscos à privacidade, segurança e organização da informação no ambiente do *Big Data*. Para discutir o tema, este estudo também apresentou questões que possibilitam identificar esses riscos e a preocupação gerada em função deles.

Fica evidente, no contexto do trabalho, o paradoxo dos benefícios que a coleta dos dados apresenta aos usuários, tendo em vista que os avanços tecnológicos estão promovendo: maior facilidade na busca por serviços; e o aumento da exposição dos usuários no espaço cibernético, com risco à privacidade.

No entanto, não é uma tarefa simples, para organizações que utilizam todo o potencial do volume de dados produzidos diariamente pelos usuários no ambiente do *Big Data*, manter um nível de segurança da informação adequado. Organizações de qualquer setor estão sujeitas às ameaças cibernéticas que são disseminadas pelos *hackers*.

Para que todo o potencial do *Big Data* possa ser explorado pelas organizações, é fundamental assegurar a privacidade, segurança e organização das informações. Vários modelos de anonimização que podem ser utilizados para preservar a privacidade dos usuários são propostos na literatura.

O avanço tecnológico não garante uma eficaz segurança da informação, sem uma conscientização do ser humano em relação à segurança. O acesso não autorizado a informações, lugares, objetos, entre outros tipos de dados, na organização, torna a segurança vulnerável, uma vez que as pessoas e as empresas interessadas nesses dados têm acesso indevido a essas informações.

As políticas de privacidade dos serviços *on-line* oferecidos pelas organizações devem estar em conformidade com a LGPD e GDPR. As referidas leis podem aplicar penalidades para as organizações que não se prepararem corretamente para a coleta, a gestão e o uso dos dados privados dos usuários.

Estar *compliance* com a LGDP e GDPR será não só uma oportunidade para melhorar e aumentar o nível de privacidade, segurança e gerenciamento de dados, como um diferencial para os novos modelos de negócio baseados em dados.

Em 2018, emerge o conceito de que somos o produto do espaço cibernético. Grande quantidade de informação é publicada no ciberespaço e os sistemas que recebem esses dados ficam cada vez mais inteligentes, ou seja, são capazes de fazer cruzamentos que nem imaginamos.

O *Big Data* é uma realidade. Os efeitos da tecnologia da informação estão no dia a dia das pessoas, dominando as suas vidas de formas que elas não imaginam.

Referências

AL-SHAWI, A. **Data mining techniques for information security applications**. John Wiley & Sons, Inc., v. 3, May/June 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO/IEC 27002:2013**: Tecnologia da informação – Técnicas de segurança – Código de prática para a gestão da segurança da informação. Rio de Janeiro: 2013.

AZEVEDO, M.M.; NEVES, J.M.S.; NOVO, R.F. **O crescimento do *Big Data* e as possíveis implicações éticas do seu uso na análise das redes sociais**. In: WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA, 9., Estratégias Globais e Sistemas Produtivos Brasileiros, 2014.

BELANGER, F.; HILLER, J.S.; SMITH, W.J. Trustworthiness in electronic commerce: the role of privacy, security, and site attributes. **Journal of Strategic Information Systems**. v. 11 n. 3/4, p. 245–70, 2002.

BELANGER, F.; CROSSLER, R.E. Privacy in the Digital Age: A Review of Information Privacy Research in Information Systems. **Mis Quarterly**, v. 35, n. 4, p. 1017–1041, 2011.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n.º 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei geral de proteção de dados**. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei n.º 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Lei/L13709.htm. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRYNJOLFSSON, E; MCAFEE, A. *Big Data - a revolução da gestão*. Harvard Business Review, 2012.

CAMENISCH, J.; FISCHER-HÜBNER, S.; RANNENBERG, K. *Privacy and identity management for life*. Springer. 2011.

CARVALHO, P.S.M. *A Defesa cibernética e as infraestruturas críticas nacionais*. Núcleo de Estudos Estratégicos, Comando Militar do Sul, 2010.

CHELLAPPA, R.K.; SIN, R.G. Personalization versus Privacy: an empirical examination of the online consumer's dilemma. *Information Technology and Management*, v. 6, p. 181-202, 2005.

CHEN, K.; LIU, L. Privacy preserving data classification with rotation perturbation. In: IEEE International Conference on Data Mining, 5. IEEE Computer Society, 2011. *Proceedings...* 2011.

CHEN X.S.; YANG L.; LUO Y.G. Large data security protection technology. *Engineering Science and technology*, v. 49, n. 05, p. 1-12, 2017.

COMISSÃO EUROPEIA. *Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados*. Disponível em: https://ec.europa.eu/commission/priorities/justice-and-fundamental-rights/data-protection/2018-reform-eu-data-protection-rules_pt. Acesso em: 20 dez. 2018.

DAVENPORT, THOMAS. *Big Data at work, uncovering the opportunities*, 2014.

DAVENPORT, THOMAS. *Dados demais! como desenvolver habilidades analíticas para resolver problemas complexos, reduzir riscos e decidir melhor*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

DAVIS, K. *Ethics of Big Data*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2012.

DIAS, G.A.; VIEIRA, A.N. *Big Data: questões éticas e legais emergentes*. *Revista Ciência da Informação*, Brasília, DF, v. 42 n. 2, p.174-184, 2013.

DRINKWATER, D. *Does a data breach really affect your firm's reputation*. Disponível em: <http://www.csoonline.com/article/3019283/data-breach/does-a-data-breach-really-affect-your-firm-s-reputation.html>, 2016. Acesso em: 20 dez. 2018.

EREVELLES, S.; FUKAWA, N.; SWAYNE, L. *Big Data consumer analytics and the transformation of marketing*. *Journal of Business Research*, 69(2), 897–904, 2016.

FEATHERMAN, M.S.; MIYAZAKI, A.D.; SPROTT, D.E. Reducing *online* privacy risk to facilitate e-service adoption: the influence of perceived ease of use and corporate credibility. **The Journal of Services Marketing**, v. 24, n. 3, p. 219-229, 2010.

GOLDMAN, A., *et al.* Apache hadoop: conceitos teóricos e práticos, evolução e novas possibilidades. In: JORNADAS DE ATUALIZAÇÕES EM INFORMÁTICA, 31., 2012. **Anais...** 2012.

HONG, W.Y.; THONG, J.Y.L. Internet Privacy Concerns: An Integrated Conceptualization and Four Empirical Studies. **MIS Quarterly**, v. 37, n. 1, p. 275, 2013.

INFORMATION SECURITY GOVERNANCE – ITGI. **Guidance for information security managers**. EUA: 2006.

JANSSEN, M.; VAN DER VOORT, H.; WAHYUDI, A. Factors influencing *Big Data* decision-making quality. **Journal of Business Research**, v. 70, n. 1, p. 338–345, 2017.

JOHNSTON, A.C.; WARKENTIN, M. Fear appeals and information security behaviors: An empirical study. **MIS Quarterly**, v. 34, n. 3, p. 549 – 566, 2010.

KILLMEYER, J. **Information security architecture: an integrated approach to security in organization**. Florida: Auerbach Publications, 2006.

LANE, A. **Understanding and selecting data masking solutions: Creating secure and useful data**, 2012.

LEE, M.K.O.; TURBAN, E. A trust model for consumer Internet shopping. **International Journal of Electronic Commerce**, v. 6, n. 1, p. 75-91, 2001.

LEI XU, C.J.; WANG, J.; YUAN J.; REN, Y. **Information Security in Big Data: Privacy and Data Mining**. IEEE, v. 2, 2014

LEVY, P. A **Inteligência Coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. Rio de Janeiro: Loyola, 214 p. 1998.

LIMA-MARQUES, M.; MACEDO, F.L.O. Arquitetura da informação: base para a gestão do conhecimento. In: TARAPANOFF, K. (Org.). **Inteligência, informação e conhecimento em corporações**. IBICT, UNESCO, Brasília, 2006.

MAI, J-E. *Big Data* privacy: The datafication of personal information. **The Information Society**, 2016.

MALHOTRA, N.K.; KIM, S.S.; AGARWAL, J. Internet users' information privacy concerns (IUIPC): The construct, the scale, and a causal model. **Information Systems Research**. v. 15, n. 4, p. 336–355, 2004.

MANDIĆ, M. Privacy and Security in E-Commerce. Art Design and Internet Technologies. **Privatnost I Sigurnost**, v. XXI, br. 2, str. 247–260, 2009.

MANOEL, S.S. **Governança de Segurança da Informação: como criar oportunidades para o seu negócio**. Rio de Janeiro: Brasport, 2014.

MARTINS, R. M. **Preocupação com a privacidade, confiança e disposição dos consumidores a fornecer informações on-line no contexto do Big Data**. Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

MILNE, G.R.; CULNAN, M.J. Strategies for reducing online privacy risks: why consumers read (or don't read) online privacy notices. **Journal of Interactive Marketing**, v. 18, n. 3, p. 15-29, 2004.

MONTEIRO, J.M.; BRANCO, E.C. JR; MACHADO, J.C. **Estratégias para Proteção da Privacidade de Dados Armazenados na Nuvem**. Tópicos em Gerenciamento de Dados e Informações, 2014.

MOOR, J. H. Towards a Theory of Privacy in the Information Age. **Computers and Society**, Sep., 1997.

PFITZMANN A; KÖHNTOPP, M. **Anonymity, unobservability, and pseudonymity – a proposal for terminology**. In Designing privacy enhancing technologies, Springer, 2005.

PROVOST, F.; FAWCETT, T. Data science and its relationship to *Big Data* and data-driven decision making. *Big Data*, v. 1, n. 1, p. 51-59, 2013.

REIS, G.A.D. **Centrando a Arquitetura de Informação no usuário**. Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

SCHOENBACHLER, D.D.; GORDON, G.L. Trust and customer willingness to provide information in database-driven relationship marketing. **Journal of Interactive Marketing**, v. 16, n. 3, p. 2-16, 2002.

SHINATAKU, M; DUQUE, C.G.; SUAIDEN, E.J. Análise sobre o uso das tendências tecnológicas nos repositórios brasileiros. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**. João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 001-012, 2014.

SMITH, H.J.; MILBERG, S.J.; BURKE, S.J. Information Privacy: Measuring Individuals' Concerns About Organizational Practices. **MIS Quarterly**, v. 20, n. 2, p. 167-196, 1996.

WILLIAMS, P.A. Information Security Governance. **Information Security Technical Report**. v. 6, n. 3 p. 60–70, 2001.

WURMAN, R.S. **Information Architects**. Zurich, Schweiz: Gingko Press, 240 p., 1997.

WURMAN, R.S. **Ansiedade de Informação: como transformar informação em compreensão**. São Paulo: Cultura Editores Associados. 1991.

WURMAN, R. S. **Ansiedade de Informação 2**. São Paulo: Editora de Cultura, 2005. 298 p. Tradução de Information Anxiety 2, Indianapolis, IN: QUE, 2001. 350 p.

ZWITTER, A. **Big Data ethics**. *Big Data & Society*, 2014.

Internet das Coisas: novos desafios na análise forense

Marco Antonio Andrade Dias¹

Resumo

Na Computação Forense (CF), existem etapas definidas para a realização da investigação digital. A Internet das Coisas (IdC) trouxe novos fatores que afetaram a CF. Com o crescimento de dispositivos interconectados e a inserção de inteligência em ambientes: casa, shopping e etc., novos obstáculos foram gerados para os peritos digitais. Por exemplo, uma rede interna de uma empresa que sofre invasões através do sensor de um termostato. Esse hipotético caso é um dos vários desafios da chamada quarta geração tecnológica. Os objetivos deste artigo são identificar aspectos da forense tradicional que possam ser absorvidos na forense em IdC e apresentar alguns dos novos desafios. Novos modelos para análise forense em IdC têm surgido com os procedimentos da CF

Abstract

In Computer Forensics (CF), there are execution steps for digital investigation. The Internet of Things (IoT) brought new factors that affected CF. With the growth of interconnected devices and the insertion of smart environments: home, shopping, etc., new obstacles have been created for forensic experts, for example, an internal network of a company that is hacked through the sensor of a thermostat. This hypothetical case is one of several challenges of the so-called fourth generation technology. The purpose of this paper is to identify aspects of traditional forensics that can be absorbed in IoT and present some of the new challenges. New models for forensic analysis in IoT have emerged with the CF procedures in IoT, but the difficulties of analyzing data in various formats and storing it in any datacenter anywhere

¹ Graduado em Ciência da Computação e especialista em Banco de Dados; em Segurança da Informação; e em Computação Forense & Perícia Digital. É analista de Segurança da Informação no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), onde exerce atividades de natureza técnica especializada em grau de complexidade ligadas à proposição, execução e acompanhamento de projetos.

em IdC, porém, as dificuldades em analisar dados com vários formatos e em armazená-los em algum datacenter localizado em qualquer parte do mundo, além da imensa quantidade de sensores conectados a qualquer coisa se comunicando através da rede, tornaram-se uma grande adversidade para os profissionais forenses digitais.

in the world, besides the sheer number of sensors connected to any communicating over the network have become a major adversity for digital forensics professionals.

Palavras-chave: Computação Forense. Crime Digital. Internet das Coisas.

Keywords: Computer Forensics. Cybercrime. Internet of things.

1. Introdução

Diante da evolução da tecnologia e do surgimento da internet, acessar e obter informação tornaram-se tarefas mais viáveis e muito mais rápidas. A facilidade em pagar um boleto, enviar mensagens e assistir a filmes com apenas alguns cliques otimizou o tempo, mas esses avanços tecnológicos causaram novos desafios na área de segurança da informação. Várias formas e vários tipos de ataques foram desenvolvidos após a popularização da internet. Criminosos passaram a utilizar computadores para cometer seus crimes, estimulados, em grande parte, pela quase impunidade resultante dos poucos avanços na legislação brasileira sobre tais delitos. Eleutério e Machado (2011) diferenciam as formas como um computador pode ser utilizado nessas circunstâncias: como ferramenta de apoio (sonegação fiscal, compra de votos, etc.) ou como meio (ataques a *sites*, *phishing*, etc.) para a realização de um crime. Diante desse cenário, observa-se um crescimento na demanda por perícias digitais. Na CF, existem algumas etapas definidas para a realização da perícia, conforme descritas a seguir: (1) identificação, (2) preservação, (3) análise e (4) apresentação. Segundo Costa (2011), identificação é a emissão de um instrumento legal para gerar a busca e apreensão de evidências; preservação é a manipulação das evidências; análise é a realização dos exames; e apresentação é a materialização da prova por meio do laudo pericial.

Com o crescimento de ambientes inteligentes, os dispositivos obtêm seu próprio Endereço de Protocolo da Internet (Endereço IP) [do idioma inglês, *Internet Protocol address (IP address)*] e, com isso, qualquer coisa pode estar conectada à internet. Por exemplo, uma geladeira conectada na rede pode enviar um pedido ao supermercado, informando a falta de polpa de fruta e, em uma situação de vulnerabilidade, pode haver a invasão criminosa da rede interna

por meio do IP daquela geladeira. Essa é a realidade da chamada quarta geração da internet, a Internet das Coisas (IdC).

Peres e Sleiman (2017) afirmam que a IdC tem como base sensores conectados às “Coisas”. O termo “coisas”, de acordo com Hung (2017), diz respeito a “objetos físicos dedicados que contêm tecnologia embarcada para a comunicação”. Atualmente, com o uso da IdC, a conexão de milhares dispositivos através da internet vem crescendo, porém, devido a esse aumento na troca de informações, foram ampliados também as vulnerabilidades e os ataques sobre essa tecnologia.

De acordo com Zulkipli, Alenezi e Wills (2017), os casos de *cybercrime* com o uso de dispositivos de IdC vêm aumentando. Consequentemente, o número de desafios para os profissionais da forense cresce no mesmo ritmo, em razão da imensa quantidade de sensores conectados a qualquer coisa e que se comunicam através da rede em qualquer parte do mundo.

Assim, os objetivos deste artigo são identificar aspectos da forense tradicional que possam ser absorvidos na forense em IdC e apresentar alguns dos novos desafios. O artigo foi estruturado em seis seções: (1) Introdução; (2) Referencial teórico que conceitua tecnologias contidas no tema; (3) Aspectos da forense; (4) Casos em ambientes inteligentes; (5) Desafios; e (6) Conclusão.

2. Referencial teórico

Foram selecionadas algumas definições, com o objetivo de facilitar a compreensão do contexto deste artigo.

2.1. Forense digital

De acordo com Bem, Feld, Huebner e Oscar (2008), o primeiro registro de caso de crime com utilização de um computador foi no Texas, Estados Unidos, em 1966. Com o progresso da tecnologia, crimes com a utilização do computador evoluíram. Claramente esse tipo de delito tinha características de um novo campo de conhecimento. Ainda segundo os mesmos autores, esse campo ficou conhecido como Computação Forense. Em 2005, na conferência *Digital Forensic Research Workshop* (DFRWS), o termo Forense Digital (FD) passou a ser mais comumente utilizado. A definição deste último termo será abordada no decorrer do presente artigo.

FD é um campo que lida com investigação de crimes relacionados à tecnologia (ORIWOH, JAZANI; EPIHANIYOU, 2013). A FD é basicamente representada pela aplicação de disciplinas de ciências forenses em cenas de crimes fundamentados em eletrônica e que seguem certos procedimentos legais (HARBAWI; VAROL, 2017).

Sadiku, Tembely e Mussa (2017) afirmam que:

A forense digital é um campo multidisciplinar e interdisciplinar que abrange diversas disciplinas, como criminologia, direito, ética, engenharia da computação e tecnologia da informação e comunicação, ciência da computação e ciência forense.

A partir das definições citadas neste artigo, considera-se a FD como um campo multidisciplinar que lida com investigação forense de evidências tecnológicas. Tais evidências, por sua vez, seguem procedimentos legais.

2.2. Computação Forense

Kondapally (2019) afirma que a CF lida com a identificação, coleta, análise e apresentação de evidências digitais de vários tipos de mídia de armazenamento digital em um *cybercrime* ou em incidentes de segurança da informação.

Costa (2011) acompanha essa afirmação:

A CF é ciência que, através de técnicas especializadas, trata da coleta, preservação e análise de dados eletrônicos em um incidente computacional ou que envolvam a computação como meio, apresentando a prova do fato através de laudo pericial para a justiça.

Informação similar é exposta por McKemmish (1999) quando afirma que “a CF é o processo de identificar, preservar, analisar e apresentar evidências digitais de uma maneira legalmente aceitável”.

A partir das definições citadas, considera-se CF como a ciência que, por meio das técnicas especializadas nomeadas como *preservar, analisar e apresentar as evidências digitais*, demonstra a prova do fato por intermédio de um laudo pericial.

2.3. Internet das Coisas

Em 1999, o termo Internet das Coisas foi apresentado primeiramente por Kevin Ashton, do Massachusetts Institute of Technology (MIT) [Instituto de Tecnologia de Massachusetts], em uma exposição sobre RFID (acrônimo para *Radio-Frequency IDentification* ou, em Língua Portuguesa, Identificação por Rádio Frequência)) e a cadeia de suprimentos de uma grande companhia (CAVALCANTE, 2018).

Para Ashton (apud SILVA; SZESZ JUNIOR, 2018):

A IdC se baseia na ideia de que estamos presenciando o momento em que duas redes distintas – a rede de comunicações humana (exemplificada na internet) e o mundo real das coisas – precisam se encontrar. Um ponto de encontro onde não mais apenas “usaremos um computador”, mas onde o “computador se use” independentemente, de modo a tornar a vida mais eficiente. Os objetos – as “coisas” – estarão conectados entre si e em rede, de modo inteligente, e passarão a “sentir” o mundo ao redor e a interagir.

E, sobre o mesmo termo, Silva e Szesz Junior (2018) afirmam:

A IdC é como uma rede de dispositivos físicos conectados, que permitem a interação entre si e com objetos externos, através de interfaces de controle e sensoramento, possibilitando grande quantidade de dados e diversas formas de interação entre o mundo virtual e o real.

Peres e Sleiman (2017) também expõem conceito semelhante:

A IdC se baseia em sensores conectados às “Coisas” e que, através de interfaces eletroeletrônicas de comunicação e controle, possam ser interligadas às redes, inclusive à Internet, para que os dados coletados pelos sensores possam ser tratados e correlacionados a outros dados e informações de outros objetos IdC ou de Bases de Dados existentes, através de aplicativos “Apps” e se transformarem em utilidades práticas para os usuários.

Como ponderam Santaella, Gala, Policarpo e Gazoni (2013), a IdC está se popularizando. Segundo os autores:

[...] (vii) casas passam a ter sistemas inteligentes que regulam o funcionamento de seus aparelhos eletrônicos, elétricos, alarmes, climatização, janelas, portas etc.; (viii) veículos passam a ter direção inteligente, com capacidade de autocontrole em suas rotas, além de escolher os melhores caminhos possíveis; (ix) roupas inteligentes podem registrar as mudanças de temperatura no exterior e ajustar-se de acordo com elas; (x) fábricas passam a ter inteligência

e grande autonomia em seus processos; (xi) cidades passam a ser concebidas de modo inteligente [...]

Assim, a partir dessas definições, considera-se a IdC como uma rede de dispositivos físicos conectados que permitem a interação entre si e com objetos externos. Os objetos – as “coisas” – estarão conectados de modo inteligente e passarão a “sentir” o mundo ao redor e a interagir, inclusive conectados à internet, para que os dados coletados pelos sensores possam ser tratados e correlacionados a outros dados e outras informações de outros objetos.

3. Computação Forense para a Forense em IdC

Na CF, existem etapas definidas para a realização da perícia, que são: identificação, preservação, análise e apresentação.

- **Identificação:** é a primeira etapa da CF. Reconhecer a presença de uma evidência, onde e como ela está armazenada é vital na determinação de quais processos devem ser empregados para facilitar a sua recuperação (MCKEMMISH, 1999). Outra função dessa etapa é a emissão de um instrumento legal para estabelecer a busca e apreensão das evidências, indicando o que será apreendido. Ao executar a busca e apreensão, as evidências serão identificadas, documentadas e apreendidas (COSTA, 2011).
- **Preservação:** nesta etapa, se dá a manipulação das evidências por meio de coleta, documentação de custódia, embalagem, transporte e remessa para a perícia (COSTA, 2011).

A respeito da etapa de Preservação, como expõe McKemmish (1999):

É obrigatório que qualquer exame dos dados armazenados eletronicamente seja feito da maneira menos intrusiva. Há circunstâncias em que as alterações nos dados são inevitáveis, mas é importante que ocorra a menor quantidade de alterações. Em situações em que a mudança é inevitável, é essencial que a natureza e a razão da mudança possam ser explicadas.

- **Análise:** fase em que serão analisados os exames e as evidências (COSTA, 2011). Por exemplo, quando é feita a clonagem de um disco rígido, os dados contidos dentro da

imagem ainda requerem processamento para que sejam extraídos de uma maneira legível para humanos (MCKEMMISH, 1999).

- **Apresentação:** é a etapa final, quando é realizada a materialização da prova por meio do laudo pericial (COSTA, 2011). De acordo com Mckemmish (1999), envolve a apresentação real em um tribunal. Esse processo inclui a forma de apresentação, a perícia e as qualificações do perito, além da credibilidade dos processos empregados para produzir a evidência que está sendo oferecida.

As etapas da Computação Forense são estruturadas para os dispositivos computacionais e não contemplam todos os dispositivos. Na Tabela 1, é apresentada uma possível visão da Computação Forense utilizando suas etapas na forense em IdC.

Tabela 1. Seções da forense em IdC

Etapas	Comparação entre:	
	Computação Forense	Forense em IdC
Identificação	Celulares, disco rígidos, redes, etc.	Sensores, televisão ou geladeira inteligentes, drones, etc.
Preservação	Equipamentos ou <i>softwares</i> (FTK, EnCase, etc.) que bloqueiam a escrita	<i>Hardware</i> e <i>software</i> proprietários entre os dispositivos
Análise	Com base nas teorias e nos princípios da tecnologia da informação	Dependem da natureza física e mecânica das coisas
Apresentação	Demonstrações em computadores ou telefones celulares	Demonstrações experimentais com as coisas que estavam envolvidas

Fonte: Adaptado de Liu (2015).

Considerando os dados da Tabela 1, um caso hipotético pode ser citado como exemplo: uma geladeira, conectada na rede, pode enviar um pedido ao supermercado, informando o estabelecimento sobre a falta de polpa de fruta. Nesse caso, em uma suposta situação de vulnerabilidade, um criminoso pode invadir a rede interna por meio do IP da geladeira, acessar o roteador e conseguir todo o controle dos dispositivos inteligentes da casa, sendo esse episódio considerando uma invasão de um ambiente inteligente. Nesse contexto, é apresentada a seguir uma análise básica de como seria uma forense em IdC usando as etapas da CF:

- **Identificação:** a geladeira é um novo dispositivo de tecnologia incorporada que não é um computador com o qual estamos habituados, mas sim um dispositivo que tem tecnologia suficiente para se comunicar com a rede interna, receber os comandos e os transmitir (WATSON; DEHGANTANHA,2016).
- **Preservação:** Após identificar a evidência, é necessário preservar e coletar os dados. Uma possível coleta de dados poderia envolver os *logs* de rede entre a geladeira e o roteador.
- **Análise:** Analisar as evidências coletadas e preservadas.
- **Apresentação:** Desenvolver um relatório da análise.

Diante dessa análise pode-se imaginar o grande desafio para a forense em IdC.

Outra visão entre CF e Forense em IdC é demonstrada na tabela 2. Nota-se que algumas situações são similares como a Jurisdição e Propriedade, e outras são diferentes, como são destacados alguns aspectos: número de dispositivos na CF: bilhões de dispositivos; na forense em IdC: 50 bilhões, podendo chegar em 2020 a trilhões; quantidade e tipos de dados na CF: acima de *terabytes*; na forense em IdC: acima de *exabytes*; tipos de evidência na CF: documentos eletrônicos e formato de arquivo padrão; na forense em IdC: todos os formatos possíveis.

Considerando a tabela 2, constata-se a falta de padronização e o crescimento dos dados e dispositivos que, visivelmente, impactarão na análise forense em IdC.

Tabela 2. Seções da forense em IdC

Etapas	Comparação entre:	
	Computação Forense	Forense em IdC
Fontes de evidência	Computador, nuvem, virtualização, dispositivos de comunicação móvel, clientes da Web, redes sociais, servidores de autorização	Eletrodomésticos, carros, tags, leitores, sensores de sistemas embarcados, redes de sensores, implantes médicos em humanos e animais, etc.
Jurisdição	Individual, redes sociais, sociedade, empresa, governo	Individual, redes sociais, sociedade, empresa, governo
Número de dispositivos	Bilhões de dispositivos	50 bilhões até 2020 para trilhões de dispositivos
Tipos de evidências	Documentos eletrônicos, formatos de arquivos padrão, por exemplo JPEG, mp3 etc.	Qualquer e todos os formatos possíveis.

Etapas	Comparação entre:	
	Computação Forense	Forense em IdC
Quantidade e tipo de dados e evidências	Acima de <i>terabytes</i> de dados	Acima de <i>exabytes</i> de dados.
Protocolos	<i>Ethernet, wireless (802.11 a,b,g,n), bluetooth, IPv4 and IPv6</i>	RFID, RIME
Propriedade	Indivíduos, grupos, empresas, governos, etc.	Indivíduos, grupos, empresas, governos, etc.
Limites da rede	Limites relativamente definidos e linhas de propriedade	Linhas de limite cada vez mais desfocadas

Fonte: Adaptado de Oriwoh Jazani e Epihaniou (2013).

4. Forense em IdC

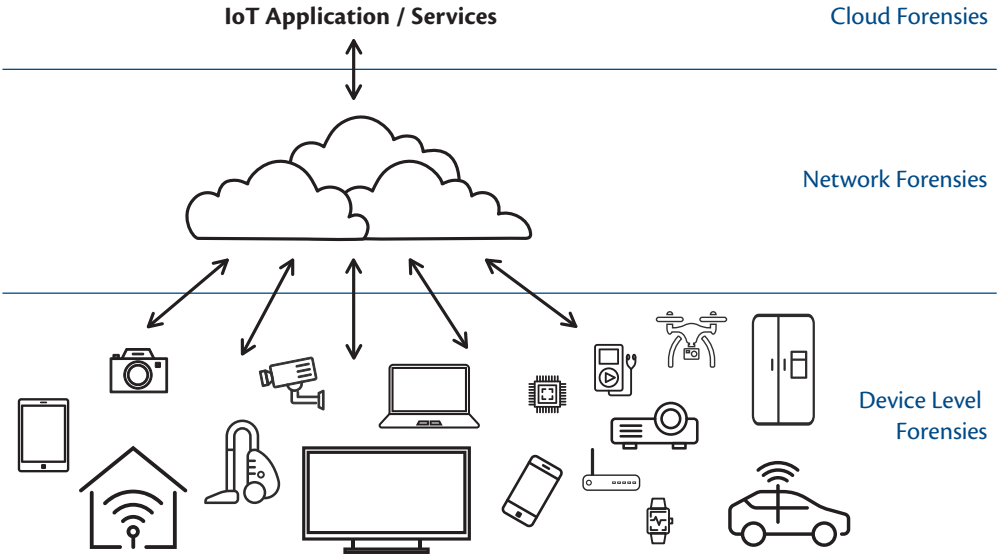
Com o avanço tecnológico e o crescimento da IdC, a perícia forense digital não está mais limitada aos exames em computadores, celulares, e-mails e sites eletrônicos. Atualmente, a perícia pode ser feita em relógios ou fechaduras inteligentes, drones, etc. É valiosa a diversidade de dados que esses dispositivos podem prover com base na interatividade com o usuário nas atividades diárias (BABUN, SIKDER, ACAR, ULUAGAC, 2018).

Por exemplo, um controle de acesso inteligente revela todos os usuários que entraram em um hospital durante um período.

Segundo Chi, Aderibigbe e Granville (2018), a forense em IdC é o processo de execução de procedimentos forenses digitais no paradigma da IdC.

A forense da IdC consiste em três seções: perícia em nuvem, perícia em rede e perícia em nível de dispositivo, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Seções da forense em IdC



Fonte: Adaptado de Zawoad e Hansan (2015).

A respeito da perícia forense digital, Zawoad e Hansan (2015) afirmam que:

Perícia na nuvem: como a maioria dos dispositivos de IdC tem baixo armazenamento e capacidade computacional, os dados gerados pelos dispositivos IdC e pelas redes IdC são armazenados e processados na nuvem.

Perícia de rede: a origem de diferentes ataques pode ser identificada pelas informações que trafegam na rede. Existem diferentes tipos de redes: Rede de Área Corporal (BAN), Rede de Área Pessoal (PAN), Redes de Área Residencial/Hospitalar (HAN), Redes de Área Local (LAN) e Redes de Área Ampla (WAN).

Perícia em nível de dispositivo: um investigador pode precisar coletar dados da memória local dos dispositivos IdC. Quando uma peça crucial de evidência precisa ser coletada dos dispositivos, ela envolve a perícia em nível do dispositivo.

A tabela 3 mostra uma visão que emprega as seções da forense em IdC juntamente com as etapas da CF, utilizando como exemplo o caso hipotético da seção anterior:

Tabela 3. Visão seções da forense em IdC juntamente com etapas da CF

Seções	Forense em IdC	
Perícia na nuvem	Identificar	Dados armazenados
	Preservar	
	Analisar	
	Apresentar	
Perícia de rede	Identificar	Dados trafegados da rede LAN e WAN
	Preservar	
	Analisar	
	Apresentar	
Perícia em nível de dispositivo	Identificar	Dispositivos inteligentes: TV, geladeira, fogão, fechadura, lâmpadas, aspirador de pó
	Preservar	
	Analisar	
	Apresentar	

Fonte: Elaborada pelo o autor.

4.1. Modelos da forense em IdC

4.1.1. Forensic-Aware IoT (FAIoT):

No tocante a *Forensic-Aware IoT* (FAIoT), Zia, Liu e Han (2017) afirmam:

- O modelo FAIoT contém dois módulos: Preservação Segura de Provas e Proveniência Segura.
- O primeiro monitora todos os dispositivos registrados e mantém o repositório de evidências.
- O segundo preserva o acesso às evidências para garantir sua integridade.

4.1.2. Forensic State Acquisition from Internet of Things (FSAIoT)

Meffert, Clark, Baggili e Breitinger (2017) ponderam, sobre *Forensic State Acquisition from Internet of Things* (FSAIoT), que:

O modelo FSALot contém um controlador centralizado *Forensic State Acquisition Controller* (FSAC) e três métodos de coleta de estado, cujo estado se refere ao estado atual de um dispositivo de IdC (Ex: porta aberta ou fechada). Os métodos são: controlador para o dispositivo IdC, controlador para a nuvem e controlador para o controlador.

4.1.3. *Forensics Edge Management System (FEMS)*

No que diz respeito a *Forensics Edge Management System (FEMS)*, Zia, Liu e Han (2017) explicam que:

No modelo FEMS, as duas principais funções são: serviços de segurança e forense. O primeiro inclui monitoramento de rede, detecção e prevenção de invasão, registro de dados e ferramentas de segurança. O segundo consiste em funções forenses como compressão de dados, análise, diferenciação, criação de cronograma, escalonamento de incidentes, preparação e apresentação de relatórios.

4.1.4. *Privacy-aware IoT-Forensics (PRoFIT)*

Com relação a *Privacy-aware IoT-Forensics (PRoFIT)*, Nieto, Rios e Lopez (2018) expõem:

No modelo PRoFIT, considera-se uma série de princípios de privacidade que são aplicados em todo o ciclo de vida dos dados pessoais, a fim de permitir que os cidadãos mantenham o controle das informações confidenciais armazenadas em seus dispositivos de IdC enquanto colaboram com uma investigação.

O PRoFIT foi avaliado na propagação real do malware em uma cafeteria habilitada para IdC (YAQOOB, HASHEM, AHMED, KAZMI e HONG, 2019).

4.1.5. *IoT Forensic Model*

No que se refere à *IoT Forensic Model*, Li, Choo, Sun, Buchanan e Cao (2015) esclarecem que:

O *IoT Forensic Model*, a princípio, tem uma classificação rígida, onde os papéis da IdC são classificados em: IdC como um alvo, IdC como uma ferramenta e IdC como uma testemunha. Em seguida, cada dispositivo relacionado e os aplicativos complementares são examinados usando o processo das quatro etapas da Computação Forense. Além disso, todos os artefatos forenses adquiridos são armazenados em um repositório de evidências criptografado.

4.2. Casos de forense em ambiente inteligente

4.2.1. Sistema de transporte inteligente

Como exemplo de aplicação de sistema de transporte inteligente, alguns países, como Singapura, têm adotado esse modo de organização da mobilidade, por meio da configuração e instalação, em seus sistemas de transporte, de dispositivos inteligentes e configurados para gerenciar o tráfego e evitar o problema de congestionamento das grandes metrópoles.

A respeito do tema, Yaqoob, Hashem, Ahmed , Kazmu e Hong (2019) declaram:

A precisão é um dos parâmetros mais importantes que devem ser considerados no sistema de transporte inteligente. Informações incompletas e erradas podem causar acidentes graves nas estradas. No caso de acidente, o investigador forense é obrigado a saber o que e como algo deu errado. A investigação pode ajudar a mitigar problemas causadores de acidentes ou outros problemas, como congestionamento de tráfego.

4.2.2. Sistema de monitoramento de saúde inteligente

De modo a facilitar a compreensão a respeito do funcionamento desse sistema, considera-se como exemplo de caso o de um jovem com diabetes e que necessite utilizar um dispositivo que monitora o teor de açúcar de sangue. Este jovem mora em uma casa e tem acesso aos dispositivos de um hospital inteligente, conectados na internet.

Nesse caso hipotético, Zawoad e Hansan (2015) afirmam que:

Pode ser criado um malware inteligente para coletar dados dos dispositivos inteligentes da assistência médica do hospital. Primeiro, ele infecta a geladeira inteligente da casa, conecta-se com o dispositivo que monitora a glicose do jovem, através da rede compartilhada e, finalmente, infecta o referido dispositivo. Mais tarde, quando o jovem vai ao hospital para trabalhar, o malware procura outros dispositivos que compartilham a mesma rede que o dispositivo. Desta forma, o malware é capaz de infectar centenas de dispositivos médicos inteligentes localizados no hospital e roubar registros médicos eletrônicos confidenciais.

Percebe-se que a investigação se torna um desafio diante da variedade de dispositivos e dos registros de rede gerados entre eles.

4.2.3. Sistema em lugares inteligentes

Ainda com o objetivo de facilitar a compreensão a respeito desse exemplo, faz-se necessário explicar o conceito sobre testemunha digital.

Segundo Nieto, Roman e Lopez (2016):

Parece razoável definir casos em que vários dispositivos se comportam como testemunhas humanas. Por isso, definimos a testemunha digital como um dispositivo que é capaz de colaborar no gerenciamento de evidências eletrônicas, tanto do ponto de vista tecnológico quanto legal.

De acordo com Nieto, Rios e Lopez (2018), o principal objetivo da abordagem das testemunhas digitais é implantar a cadeia de custódia digital (documentação de todas as informações coletadas) na IdC.

No caso a seguir, o PProFIT é aplicado em uma abordagem de testemunha digital. Nesse novo exemplo, o ambiente é um shopping center, onde uma jovem passeia entre as lojas, portando o seu celular. Esse exemplo é assim descrito por Nieto, Rios e Lopez (2017):

Joana tem um telefone celular com o PProFIT instalado. Suponha que Joana entre em uma cafeteria na qual existem vários dispositivos de IdC, tanto pessoais quanto não-pessoais. Durante sua permanência na loja, o celular de Joana detecta um ataque que vem de um dispositivo de ambiente. Depois de detectar o ataque, o PProFIT decide armazenar as informações relativas a ele. Além disso, faz um hash das evidências coletadas e alerta Joana. Parece que algum dispositivo no ambiente está infectado e tenta espalhar um worm aproveitando-se de uma vulnerabilidade no aplicativo, que utiliza tecnologia Bluetooth para escanear outros dispositivos no ambiente e, assim, conhecer as ofertas do dia e o número de unidades de alimentos disponíveis (por exemplo, em geladeiras).

5. Desafios da análise forense em IdC

5.1. Dados

5.1.1. Localização dos dados

Os dados podem estar armazenados em celulares, ou em qualquer coisa que tenha um dispositivo de armazenamento, ou mesmo na nuvem (CHI, ADERIGIGBE E GRANVILLE, 2018). Considerando que a nuvem pode estar em diferentes países e que os dados, por sua vez, podem ser movidos entre os países, há um risco de problema de jurisdição dos dados.

5.1.2. Quantidade e tipos dos dados

A quantidade de dispositivos interconectados na rede e a imensa troca de informação geram uma grande quantidade e tipos de dados.

5.1.3. Extração dos dados

A maioria dos fabricantes de dispositivos desenvolve diferentes *hardwares* e sistemas operacionais. Com essa despadronização, a extração de dados se torna um problema.

5.1.4. Formato dos dados

Existem vários formatos de dados na análise em IdC. O formato que está armazenado na nuvem pode ser diferente do formato dos dados gerados pelo dispositivo.

Segundo Chi, Aderibigbe e Granville (2018):

Para se ter uma análise padronizada, os dados precisam ser retornados ao seu formato original antes que a análise possa ser executada. Devido à segurança limitada em dispositivos IdC, as evidências podem ser modificadas ou excluídas. O que poderia tornar a evidência não admissível ao tribunal.

5.1.5. Dados perdidos

A vida útil dos dados armazenados nos dispositivos de IdC é curta e esses dados podem ser facilmente sobrescritos, com possibilidade de perda de evidências.

De acordo com Alabdulsalam, Schefer, Kechadi e Lekhac (2018):

Um dos problemas é o período de sobrevivência das evidências em dispositivos IdC antes de serem sobrescritos. Transferir os dados para a nuvem pode ser uma solução fácil para resolver esse desafio. No entanto, apresenta outro desafio relacionado à garantia da cadeia de evidências e como comprovar que as evidências não foram alteradas ou modificadas.

5.2. Evidencia digital

5.2.1. Localização da evidência

Outro desafio é o armazenamento de dados em datacenters localizados em diversos países com suas respectivas jurisdições. De acordo com Oriwoh, Jazani e Epihaniu (2013), esse fato já é um problema reconhecido pelos peritos devido às possíveis distorções nas leis aplicadas nesses locais. Esse desafio será espelhado na IdC devido à quantidade de dados armazenados na nuvem.

5.2.2. Tipos de evidência

Segundo Alabdulsalam, Schefer, Kechadi e Lekhac (2018), na primeira etapa da CF, geralmente são identificados os computadores e celulares como fonte de evidência. Como mencionado no caso citado no item sobre *Computação Forense para a Forense em IdC*, uma geladeira pode ser uma evidência no cenário de Forense em IdC.

Outros eletrodomésticos podem se tornar fontes de evidências, como máquinas de lavar louça, aspiradores de pó, monitores de bebê, etc. (ORIWOH, JAZANI e EPIHANIOU, 2013).

Conforme Chi, Aderibigbe e Granville (2018), alguns desses dispositivos poderiam ser muito pequenos e, erroneamente, ignorados ou, ao contrário, muito grandes a ponto de dificultar o transporte para o laboratório, de modo que fosse realizada a aquisição, configurando outro desafio para os peritos em termos de criação de espaço.

5.3. Hardware e software

Devido à ampliação do número de dispositivos, houve um aumento também no número de fabricantes com suas diferentes arquiteturas de *hardware* e, conseqüentemente, surgiram

heterogêneos sistemas operacionais. Além disso, existem diversos fornecedores e múltiplos padrões de *software* e *hardware* proprietários.

5.4. Dispositivos

5.4.1. Desligar um dispositivo

Caso um dispositivo seja considerado fonte de ataques maliciosos, um provável procedimento de segurança seria desligá-lo, mas, por motivos variados, talvez esse dispositivo não possa ser desligado. Nesse caso hipotético, Yaqoob, Hashem, Ahmed, Kazmu e Hong (2019) descrevem dois cenários:

Fábrica inteligente: um frigorífico é identificado como uma fonte de geração de pacotes maliciosos. O alimento pode estragar se a câmara fria for desligada. Portanto, o proprietário pode não permitir que os investigadores desliguem a máquina.

Sistema de Transporte Inteligente: os dispositivos não podem ser impedidos de funcionar, mesmo que algo seja identificado como suspeito por alguns motivos.

Lidar com esses cenários será um desafio para o perito. Em razão da criticidade do equipamento, a análise forense deverá aguardar o momento oportuno para desligar o dispositivo, porém, considerando a possibilidade de que esse tempo poderá destruir as evidências.

5.5. Jurisdição

De acordo com Oriwoh, Jazani e Epihanielou (2013):

Existe um aumento na complexidade jurídica, tendo em vista que os dispositivos se encontram em países diferentes. Com a IdC, percebe-se um aumento no número de dispositivos usados entre as redes privadas, pessoais e públicas.

Em virtude do aumento do número de dispositivos com a IdC, essas questões certamente correspondem a um novo desafio para a jurisdição mundial, resultando em inúmeras e ainda mais complexas relações e discussões jurídicas.

5.6. Nuvem

5.6.1. Autenticação

No que diz respeito à autenticação, Alabdulsalam, Schefer, Kechadi e Lekhac (2018) explicam:

A maioria das contas é de usuários anônimos porque o serviço de nuvem não exige as informações precisas do usuário para se inscrever em seu serviço. Isso pode levar à impossibilidade de identificação de um criminoso. Por exemplo, mesmo que os investigadores encontrem uma evidência na nuvem que prove que um determinado dispositivo de IdC na cena do crime é a causa do crime, isso não significa que essa evidência possa levar à identificação do criminoso.

5.7. Big Data

Segundo Yaqoob, Hashem, Ahmed, Kazmu e Hong (2019):

A capacidade de analisar uma enorme quantidade de dados da IdC ajuda os investigadores a lidar com muitas informações que poderiam ter um impacto na investigação e, assim, reduz a taxa de criminalidade dentro da cidade. A maior complexidade envolve o processamento de big data para executar a análise dos dados disponíveis para a investigação. Além disso, a escalabilidade dos algoritmos analíticos poderia ter um grande impacto na investigação.

6. Conclusão e trabalhos futuros

Foi observado que as etapas identificação, preservação, análise e apresentação da Computação Forense são estruturadas para os dispositivos computacionais e não contemplam todos os dispositivos em IdC, mas podem ser absorvidas na perícia em Internet das Coisas por meio da análise das seguintes seções: perícia em nuvem, perícia em rede e perícia em nível de dispositivo.

Foram apresentados alguns modelos e estudos de caso. Dentre esses, destaca-se um exemplo cujo modelo PROFIT usa uma abordagem de testemunha digital. Isto significa que o *software* analisa a comunicação entre os dispositivos, coleta e armazena os dados, informando ao usuário a possibilidade de qualquer ataque. Caso aconteça algum crime, os dados consolidados serão fontes de evidência. A abordagem testemunha digital implementa uma cadeia de custódia digital usando dispositivos pessoais.

Foram avaliados alguns dos desafios em forense e identificadas as dificuldades em analisar os dados com vários formatos e em armazená-los em datacenter localizado em qualquer parte do mundo. A imensa quantidade de sensores conectados a qualquer coisa que se comunique através da rede tornou-se uma grande adversidade para os profissionais forenses digitais.

Para sugestões de trabalhos futuros propõe-se a análise de um modelo de forense em *Internet of Nano-Things* usando a abordagem testemunha digital.

Referências

ALABDULSALAM, Saad; SCHEFER, Kevin; KECHADI, Tahar; LEKHAC, Nhien-An. Internet of things forensics: challenges and case study. In: IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL FORENSICS, 14., Nova Delhi, India, 3-5 Jan. 2018. Publicado em: **Advances in Digital Forensics XIV**, Heidelberg, Germany, Springer, p.53-66, 2018. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1801/1801.10391.pdf>.

BABUN, Leonardo; SIKDER, Amit K; ACAR, Abbas; ULUAGAC, Selcuk. IoT Dots: A digital forensics framework for smart environments. 2018. **ACM Internet of Things Journal (ACM IoT)**. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1809.00745.pdf>.

BEM, Derek; FELD, Francine; HUEBNER, Ewa; BEM, Oscar. Computer forensics - past, present and future. **Journal of Information Science and Technology**, v. 5, n. 3, p. 43-59. 2008. Disponível em: <http://www.cis.gsu.edu/rbaskerville/cis8630/Bernetal2008.pdf>.

CAVALCANTE, Jean Wilson Aguiar. **Emprego de Internet das Coisas, como ferramenta de Monitoramento da Poluição sonora visando ao planejamento de Política Pública, na Área de Segurança**. Artigo apresentado ao CAESP da Secretaria de Segurança Pública, em cooperação técnica com a Universidade Estadual de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Gestão de Segurança Pública. 2018, 29p. Disponível em: https://www.academia.edu/37623063/Emprego_de_Internet_das_Coisas_como_Ferramenta_de_Monitoramento_da_Polui%C3%A7%C3%A3o_Sonora_visando_ao_Planejamento_de_Pol%C3%ADticas_P%C3%BAblicas_na_%C3%81rea_de_Seguran%C3%A7a.

COSTA, Marcelo Antonio Sampaio Lemos. **Computação forense – a análise forense no contexto da resposta a acidentes computacionais**. 3. ed. Campinas: Millennium, 2011. Disponível em: http://www.millenniumeditora.com.br/produtos_descricao.asp?codigo_produto=556&so=Normal.

CHI, Hongmei; ADERIBiGBE; Temilola; GRANVILLE, Bobby C. A Framework for IoT data acquisition and forensics analysis. *In: IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 2018. Seattle, WA, USA, 10-13 Dec. 2018. **Proceedings...** 2018. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8622019>.

ELEUTÉRIO, Pedro Monteiro da Silva ; MACHADO, Marcio Pereira. **Desvendando a computação forense**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2011. 200 p. ISBN: 978-85-7522-260-7.

HARBAWI, Malek; VAROL Asaf. An Improved digital evidence acquisition model for the internet of things forensic i: a theoretical framework. *In: International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)*, 5., Targu Mures, Romania, 26-28 apr 2017. **Proceedings...** 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7916508>.

HUNG, Mark. **Leading the IOT gartner insights on how to lead in a connected world**. 2017. 29p. Disponível em: https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iotEbook_digital.pdf. Acesso em: 25 abr 2019.

KONDAPALLY, Bhanu Prakash. **What is lot forensics and How is it diferente from Digital Forensics**. 2018. Disponível em: <https://cover2investigations.com/what-is-iot-forensics-and-how-is-it-different-from-digital-forensics/>. Acesso em: 08 mai 2019.

LI, Shancang; CHOO, Kim-Kuwan Raymond; SUN, Qindong; BUCHANAN, Willian J.; CAO, Jiuxin. IoT Forensics: Amazon Echo as a use case. **IEEE Internet of Things Journal** v. 14, n. 8, p. 1-17. 2015. Disponível em: <http://eprints.uwe.ac.uk/40122/1/iotfR2.pdf>.

LIU, Jigang. IoT Forensics issues, strategies and challenges. *In: IDF Annual Conference*, 12., Tokio. 15 Dec 2015. **Proceedings...** 2015. 20 p. Disponível em: <http://docplayer.net/29316868-lot-forensics-issues-strategies-and-challenges.html>. Acesso em: 08 mai 2019.

MCKEMMISH, Rodney. **What is Forensic Computing?** Canberra: Australian Institute of Criminology, jun 1999. 6p. (Trends and Issues in Crime and Criminal Justice series: 118). Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/2b86/6f239f498d7doc9a0ebc3622a9e6719755e7.pdf>.

MEFFERT, Chistopher; CLARK, Devon; BAGGILL, Ibrahim; BREITINGER, Frank. Forensic state acquisition from internet of things (FSAIoT): a general framework and practical approach for IoT forensics through IoT device state acquisition. *In: ARES '17 INTERNATIONAL CONFERENCE ON AVAILABILITY, RELIABILITY AND SECURITY*, 12., Reggio Calabria, Italy — aug 29-sep 01, 2017. **Proceedings ...** Article n. 56. Disponível em: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3104053>.

NIETO, Ana; RIOS, Ruben; LOPEZ, Javier. IoT - Forensics meets privacy: towards cooperative digital investigation. *Sensors*, v. 18, n. 2, p. 492. 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/2/492>.

NIETO, Ana; RIOS, Ruben; LOPEZ, Javier. PRoFIT: modelo forense-IoT con integración de requisitos de privacidad. In: JORNADAS DE INGENIERÍA TELEMÁTICA (JITEL 2017), 8., Valencia (España), 27-29 sep 2017 *Actas...* 2017. 8p. Disponível em: <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/JITEL/JITEL2017/paper/view/6449>.

NIETO, Ana; ROMAN, Rodrigo; LOPEZ, Javier. Digital witness: safeguarding digital evidence by using secure architectures in personal devices. *IEEE Network*, v. 30, n. 6, nov 2016 p.34-41. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7764297>.

ORIWOH, Edewede; JAZANI, David; EPIPHANIOU, Gregory; SANT, Paul. Internet of things forensics: challenges and approaches. 2013. In: IEEE International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and worksharing, 9., 2013, *Proceedings...* 2013, p. 608-615. Disponível em: <https://eudl.eu/doi/10.4108/icst.collaboratecom.2013.254159>.

PERES, João Roberto; SLEIMAN, Cristina Morais. **IOT Investigação forense digital fundamentos e guia de referências**. 1. ed. São Paulo: 2017. 92 p. Disponível em: <http://www.nts-br.com/data/documents/e-Book-IoT-Investigacao-Forense-Digital-vPre2c.pdf>. Acesso em: 01 mai 2019.

SADIKU, Matthew N. O.; TEMBELY, Mahamadou; MUSA, Sarhan M. Digital Forensics. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, v. 7, n. 4, apr 2017 p.274-276. Disponível em: http://ijarcsse.com/Before_August_2017/docs/papers/Volume_7/4_April2017/V7I4-01404.pdf.

SANTAELLA, Lucia; GALA Adelino; POLICARPO, Clayton; GAZONI, Ricardo. Desvelando a internet das coisas. *Revista GEMInIS (Online)*, v. 1, n. 2, ano 4, p. 19-32, 2013. Disponível em: <http://www.revistageminis.ufscar.br/index.php/geminis/article/view/141/pdf>. Acesso em: 30 apr 2019.

SILVA, Sani de Carvalho Rutz; SZESZ JUNIOR, Albino. Internet das Coisas na educação: uma visão geral. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 2, n. 1. jul/ago 2018. p. 57-69. Disponível em: <http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/encitec/article/view/2717>.

WATSON, Steve; DEGHANTANHA, Ali. Digital forensics: the missing piece of the Internet of Things promise. *Computer Fraud & Security*, n. 6, p. 5-8, jun 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361372315300452?via%3Dihub>.

YAQOOB, Ibrar; HASHEM Ibrahim Abaker Tagior; AHMED Arif; KAZMI S.M. Ahsan; HONG Choong Seon. Internet of things forensics: recent advances, taxonomy, requirements, and open challenge. **Future Generation Computer Systems**, v. 92, mar 2019, p. 265-275. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X18315644?via%3Dihub>.

ZAWOAO, Shams; HASAN Ragib. FAIoT: Towards building a forensics aware eco system for the internet of things. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERVICES COMPUTING (SCC). New York, NY, USA, 27 jun-2 jul 2015. **Proceedings...** 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7207364>.

ZIA, Tanveer A.; LIU, Peng; HAN Weile. Application-specific digital forensics investigative model in internet of things (IoT). In: ARES '17 INTERNATIONAL CONFERENCE ON AVAILABILITY, RELIABILITY AND SECURITY, 12., Reggio Calabria, Italy — aug 29-sep 01, 2017. **Proceedings ...** 2017. Disponível em: <https://pennstate.pure.elsevier.com/en/publications/application-specific-digital-forensics-investigative-model-in-int>.

ZULKIPLI, Nurul Huda Nik; ALENEZI, Ahmed; WILLS, Gary. IoT Forensic: bridging the challenges in digital forensic and the internet of things. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTERNET OF THINGS, BIG DATA AND SECURITY, 2., – v.1: IoTBDS, Porto, Portugal, 2017. **Proceedings...** 2017, p. 315-324. Disponível em: <http://www.scitepress.org/DigitalLibrary/Link.aspx?doi=10.5220/0006308703150324>.

SEÇÃO 2

TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

A primeira revolução social da indústria e o princípio da conectividade contínua

A primeira revolução social da indústria e o princípio da conectividade contínua

Flavio da Silveira Bruno¹

Resumo

Este ensaio analisa dez temas para investigar a emergência da Quarta Revolução Industrial. São explorados fenômenos socioeconômicos que estão transformando radicalmente as relações de produção e consumo e, com elas, as leis e os princípios econômicos do capitalismo industrial que, ao longo de todas as demais revoluções, permaneceram quase inalterados. Procurou-se mostrar que a disseminação e a imbricação das tecnologias revolucionárias no corpo da sociedade são as principais impulsionadoras das mudanças e não somente a mera difusão, promovida pela indústria, do uso dessas tecnologias. A liderança dos usuários sobre as relações de produção e consumo, o compartilhamento de tecnologias entre sociedade e indústria e a virtualização de

Abstract

This essay analyzes ten themes to investigate the emergence of the Fourth Industrial Revolution. Socioeconomic phenomena that are radically transforming the relations of production and consumption, and with them, the economic laws and principles of industrial capitalism that throughout all other revolutions have remained almost unchanged, are exploited. We argue that the diffusion and imbrication of revolutionary technologies in the body of society are the true engines of change, not only the diffusion of its use by industry. User leadership on production and consumption relationships along with the sharing of technologies between society and industry and the virtualization of processes that transmit the characteristics of information goods to physical

¹ Doutor em Engenharia de Produção pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ). Professor adjunto do Departamento de Engenharia Industrial da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Coordenador acadêmico do curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia da UERJ, Rio de Janeiro, Brasil.

processos que atrelam características de infobens a produtos físicos estariam restringindo as estratégias de segmentação da informação com tendências monopolistas, estabelecendo o princípio da conectividade contínua. O deslocamento da coordenação da criação de valor para o corpo da sociedade resultaria em uma assimetria inédita, capaz de deflagrar a primeira revolução social da indústria.

products would be restricting the strategies of segmentation of information with monopolistic tendencies, establishing the principle of continuous connectivity. Shifting the coordination of value creation to the body of society would result in an unprecedented asymmetry capable of triggering the first social revolution of industry.

Palavras-chave: Quarta Revolução Industrial. Indústria 4.0. Manufatura Avançada. Conectividade contínua. Transformação digital.

Keywords: Fourth Industrial Revolution. Industry 4.0. Advanced Manufacturing. Continuous connectivity. Digital transformation.

1. Introdução

Trabalhos seminais na Alemanha (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013) e nos Estados Unidos (PCAST, 2011) deflagraram a convergência de ideias e de discursos sobre uma emergente Quarta Revolução Industrial (4ªRI). Estudos prospectivos ingleses seguiram o entendimento de que uma gama de tecnologias que se tornavam ubíquas na produção de bens e serviços estaria criando o ambiente sociotécnico propício para uma nova ruptura nas estruturas produtivas do capitalismo industrial (FORESIGHT, 2013). Desde então, diversas obras têm (e.g. BRUNO, 2016; SCHWAB, 2016) estampado a 4ªRI em seu título.

No Brasil, estudos e programas de apoio e estímulo ao desenvolvimento industrial (e.g. ABDI, 2017; BRASIL, 2016; 2017; 2018; CNI, 2016; 2017; 2018; IEDI, 2018) têm feito uso de expressões como Indústria 4.0, Manufatura Avançada e Transformação Digital para tirar proveito da mesma janela de oportunidade aberta por países que pretendem reacender a chama da reindustrialização (ROWTHORN; COUTTS, 2013). Mas, o que caracterizaria a 4ªRI? Que alterações profundas nos modos de produção estariam sendo fermentadas pela crescente pervasividade do uso de tecnologias digitais? Que tecnologias poderiam ser identificadas como capazes de promover a destruição criadora das estruturas dominantes? Este ensaio tem por objetivo responder a essas questões.

A Internet é, talvez, a tecnologia disruptiva que está por trás das convicções dos adeptos da ideia de uma 4ªRI. No entanto, como quase todas as principais tecnologias que compõem o quadro revolucionário – por exemplo: sistemas ciberfísicos; modelagem e simulação; sensores e atuadores; automação e robótica; Tecnologias de Informação e Comunicação, dentre outras -, que alguns autores identificam como pós-capitalismo (DRUCKER, 1997; MASON, 2015), a Internet não é uma tecnologia recente. Assim como suas congêneres revolucionárias, com as quais iniciou uma relação simbiótica, há mais de 40 anos permeia as relações entre a indústria e a sociedade, entre a produção e o consumo. Mas, há indícios de uma mudança significativa nessas relações? Ou trata-se apenas do amadurecimento gradual e incremental possibilitado pela difusão e pelos ganhos de escala dessas tecnologias? Qual é a principal característica da 4ªRI que a diferencia das três anteriores?

Ao longo do presente ensaio, procura-se explorar alguns fenômenos socioeconômicos que estão transformando radicalmente as relações de produção e consumo e, com elas, as leis e os princípios econômicos que, ao longo de todas as demais revoluções, permaneceram quase inalterados, ratificando, a cada nova onda, a resiliência do sistema capitalista industrial. Busca-se, do mesmo modo, mostrar que as mudanças são impulsionadas pela difusão e pela imbricação das tecnologias revolucionárias no corpo da sociedade e não pela mera escala de disseminação de seu uso pela indústria, como persistem em afirmar as crenças em soluções eternas para o aumento de produtividade, mesmo com o horizonte de estagnação do consumo, decrescimento das taxas de expansão dos mercados, finitude de recursos naturais e pressões migratórias sobre os grandes centros urbanos. A liderança dos usuários sobre as relações de produção e consumo, o compartilhamento de tecnologias entre sociedade e indústria e a virtualização de processos que atrelam características de infobens a produtos físicos estariam restringindo as estratégias de segmentação da informação com tendências monopolistas, estabelecendo o princípio da conectividade contínua. O deslocamento da coordenação da criação de valor para o corpo da sociedade civil resultaria em uma assimetria inédita, capaz de deflagrar a primeira revolução social da indústria.

Neste ensaio, a seção 2 apresenta as tecnologias-chave da 4ªRI, identificadas nos trabalhos seminais e corroboradas em trabalhos recentes. Na seção 3, é exposta uma análise sobre como a Internet está se tornando uma instituição da sociedade industrial. A seção 4 trata da hibridização entre as inteligências humanas e artificiais. A seção 5 mostra uma avaliação do impacto da difusão dos modos de produção e consumo de infobens na microeconomia da produção. A seção 6 aborda a individualização do consumo como uma dimensão capacitadora da 4ª RI, diferenciando-a da customização de massa. Na seção 7, são analisados os efeitos migratórios e os impactos socioambientais que ameaçam a coerência das propostas voltadas para a criação de cidades inteligentes. A seção 8 analisa a importância do valor-trabalho como elemento comum

na economia de trocas de infobens. A seção 9 expõe uma revisão sobre a natureza da firma conectada e as seções 10 e 11 apresentam o Princípio da Conectividade Contínua e a Primeira Revolução Social da Indústria.

2. As tecnologias da Quarta Revolução Industrial

Revoluções industriais tiveram em comum mais do que apenas a sistematização de tecnologias que magnificaram a produtividade dos sistemas de produção. Todas as revoluções anteriores alteraram a estrutura da indústria ao mesmo tempo em que criavam novas formas de trabalho, influenciavam o desenvolvimento social e consolidavam uma filosofia econômica dominante. Uma revolução industrial é, portanto, uma profunda mudança nos modos e nas formas com que os homens reestruturam a sociedade, enquanto lidam com seu aparato produtivo, orientados por uma racionalidade teleológica, com fins preponderantemente econômicos.

A 4ªRI é a primeira revolução identificada *a priori*, para alguns autores (DRATH; HORCH, 2014). Enquanto suas predecessoras fundamentavam-se em algumas poucas aplicações tecnológicas inéditas, esta última apoia-se na pervasividade de uma extensa gama de tecnologias que já estavam disponíveis ao longo da terceira revolução. Dickens *et al.* (2013) realizaram um estudo prospectivo para subsidiar o governo britânico a respeito das tecnologias que transformariam a manufatura. Um conjunto de 16 tecnologias foi analisado pelos autores, que produziram, para cada uma delas, uma revisão histórica dos últimos 40 anos e prognósticos de futuros desenvolvimentos. Todas, portanto, têm suas origens há, pelo menos, quatro décadas.

Diversas dessas tecnologias são também mencionadas nos trabalhos iniciais que se propuseram a consolidar o conceito de Indústria 4.0 (e.g. HERMANN *et al.*, 2015). Gradualmente ratificadas por trabalhos recentes (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019; PEREIRA; ROMERO, 2017; VAIDYA *et al.*, 2018; ZHONG *et al.*, 2017) em um conjunto de sistemas, sobressaem-se, como tecnologias-chave da 4ªRI: sistemas ciberfísicos; modelagem e simulação; Big Data; sensores e atuadores; Realidade Aumentada e Realidade Virtual; Internet das Coisas e dos Serviços; automação e robótica; virtualização da produção; Tecnologias de Informação e Comunicação; Interfaces Homem-Máquina; materiais inteligentes; biotecnologia.

Apoiado nos trabalhos seminais alemães e naqueles mais recentes citados para a revisão de conceitos e de tecnologias da Indústria 4.0, o presente ensaio expõe a proposta de um conjunto de capacidades promovidas no novo sistema produtivo por essas cinco tecnologias: individualização; hibridização; autonomização; virtualização e instantaneidade. Todas são

intrinsecamente exploradas nos temas deste trabalho. Para que uma 4ªRI ocorra, no entanto, essas capacidades deverão ser amplamente desenvolvidas e, para isso, devem obedecer a um princípio, também oportunamente enunciado neste ensaio.

3. A Internet é uma instituição

Para Smith (2017, p.8), enquanto a mídia popular - a partir de eventos como *Occupy Wall Street* e a Primavera Árabe - passou a identificar a Internet como um meio tecnológico determinístico para a modernização da política, como uma ferramenta capaz de expurgar o autoritarismo, a mesma noção não foi seguida por acadêmicos, que a recolocaram entre tantos outros recursos disponíveis para o ativismo. O autor sintetiza as duas posições: “o que está faltando nesses dois pontos de vista é uma avaliação do que a Internet pode significar para revigorar a própria ideia de política”.

Por outro lado, nos últimos anos, temos assistido, por meio da Internet, a disseminação, por parte de líderes populistas dos extremos do espectro político-ideológico, do entendimento de que a imprensa instituída em grandes empresas jornalísticas precisa de controle e de limites. Simultaneamente, governantes e políticos criam canais de acesso direto, individualizado, instantâneo e virtual ao público para justificar políticas, difundir ideias e se autopromover. Dessa forma, a Internet e as redes sociais que nela se estruturam pulverizam, a cada dia mais, o poder da imprensa tradicionalmente instituída e a nova política parece ter entendido que tal fragmentação lhe é favorável para aumentar sua concentração de poder.

Rádio, televisão e mesmo as versões digitais dos jornais que são tradicionalmente impressos têm se valido cada vez mais da participação de seus ouvintes, espectadores e leitores. Todos contam com suas contribuições *ad-hoc* para cobrir, em tempo real e em grandes extensões geográficas, fatos cotidianos testemunhados pela rede de cidadãos munidos de *smartphones*: o que só se tornou possível pelo compartilhamento de tecnologias semelhantes utilizadas tanto por profissionais de comunicação quanto pelos demais consumidores de bens de informação.

Devido ao mesmo fenômeno que hibridiza tecnologias e comportamentos de consumidores e de produtores de bens e serviços, as instituições políticas veem-se obrigadas a lidar com correntes sociais instantâneas, que reagem aos fatos e discursos em tempo real, muito mais rapidamente que os procedimentos instituídos de tomada de decisão. Durante o curso de uma entrevista ao vivo, por exemplo, a rede de cidadãos investiga a veracidade das informações, com o auxílio de sites de busca na Internet, e atua criticamente. Individualização das fontes, instantaneidade dos registros, virtualização dos fatos, autonomização da cidadania e hibridização de atores públicos e

privados são as capacidades acionadas pela Internet por meio das tecnologias-chave que unem os cidadãos aos sistemas de informação e decisão. Schwab (2016, p.73) avalia que:

Estruturas paralelas serão capazes de transmitir ideologias, recrutar seguidores, coordenar ações a favor - e contra - os sistemas de governo oficiais. Os governos, em sua forma atual, serão forçados a mudar à medida que seu papel central de conduzir a política fica cada vez menor devido aos crescentes níveis de concorrência e à redistribuição e descentralização do poder que as novas tecnologias tornam possíveis. Cada vez mais, os governos serão vistos como centros de serviços públicos, avaliados por suas capacidades de entregar seus serviços expandidos de forma mais eficiente e individualizada.

Na Educação, alunos fazem uso, em sala, de aplicativos e de ferramentas de pesquisa, desfazendo o monopólio da informação e da interpretação dos conteúdos que sempre estiveram sob o controle didático e pedagógico do professor (WALLNER; WAGNER, 2016, p.157), verificando informações, aportando análises alternativas e aumentando em volume e complexidade o conhecimento em ação sobre cada assunto.

Todas as instituições da sociedade estão com seus princípios e suas rotinas de funcionamento - altamente dependentes de hierarquias de comando, de conhecimentos monopolizados, de longos tempos de processamento e de recursos físicos estáticos – confrontados com as cinco capacidades que a Internet promove e propicia a todos os indivíduos. A Internet é uma instituição.

4. Inteligência híbrida: natural e artificial

Entre as principais tecnologias da 4ªRI estão os sistemas ciberfísicos (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; HERMANN *et al.*, 2015), que compreendem equipamentos e instalações produtivas capazes de trocar informações, realizar procedimentos de forma autônoma e controlar cada máquina e dispositivo individualmente, integrando máquinas e sistemas e aumentando sua autonomia, não apenas no ambiente interno de uma empresa, mas em uma cadeia de valor completa. Considerando a integração humana por meio das Interfaces Homem-Máquina, outra tecnologia essencial do futuro da manufatura (e.g. DICKENS *et al.*, 2013; FORESIGHT, 2013), a sociedade pode se perguntar o que essencialmente separa o homem da máquina.

Por princípio, uma máquina deve ser construída sem defeitos. Quando estes ocorrem, são corrigidos e eliminados na geração seguinte. A evolução das máquinas, portanto, se dá de maneira a eliminar seus erros e defeitos progressivamente e não aparenta ter a mesma condição imposta

pela natureza (e.g. BERMAN, 2019). Uma análise de textos de diferentes obras religiosas, tragédias, comédias, contos, romances e poesias, operas, cantatas e balés, que retratam a condição humana há muitos séculos, pode evidenciar que os traumas, complexos, desvios de personalidade, as frustrações, depressões, invejas e psicopatias permanecem, na atualidade, como sempre foram. No entanto, ao contrário das máquinas, as produções mais criativas, mais disruptivas e mais transformadoras da condição humana são realizadas, muitas vezes, por indivíduos geniais, porém marcados por manias obsessivas ou por comportamentos ou percepção moral incongruentes com os ideais estabelecidos pela sociedade.

As máquinas e sua inteligência estão sujeitas a uma aparente contradição: estarem subordinadas à nossa humanidade e, ao mesmo tempo, libertar-nos de suas restrições.

O termo Inteligência Artificial (IA) foi criado por McCarthy *et al.* (2006), em 1955 (cf. ANYOHA, 2017), mas outros autores atribuem a evolução do conceito como produto de uma série de trabalhos de diferentes disciplinas (cf. BUCHANAN, 2006). Um dos principais responsáveis pela sistematização da ideia de conferir aos computadores a capacidade de pensar foi Alan Turing (1950). No teste que leva seu nome, um computador deveria imitar respostas humanas a um conjunto de questões, sem que um participante pudesse ser capaz de discernir se as respostas provinham ou não de um computador. Desde que começaram a desafiar a inteligência de homens notáveis em jogos (BUCHANAN, 2006; SILVER *et al.*, 2016), os computadores jamais cessaram de progredir, até se tornarem imbatíveis (THE GUARDIAN, 2011; 2017). A IA vence os homens em operações, estratégias e diagnósticos porque computa e combina, em grande velocidade, um volume extremo de informações.

Essas evidências, no entanto, não são suficientes para que a submissão gradual da inteligência humana à das máquinas seja avaliada como causa perdida. *Pari passu* com o desenvolvimento exponencial das capacidades maquinais de armazenamento, processamento e tratamento de dados, ocorrem as associações exponenciais de pessoas em redes descentralizadas, desierarquizadas, efêmeras e democráticas de criação de bens e valores comuns, não apenas econômicos, mas também sociais, políticos, culturais (e.g. BAUWENS *et al.*, 2019). Redes virtuais ativadas instantaneamente, que criam-se e desfazem-se autonomamente, sempre intermediadas e fomentadas por tecnologias, atuam sobre a realidade e desenvolvem uma inteligência natural coletiva (INC) superior, uma extensão livre que, como proposto no presente ensaio, toma como base o constructo nomeado por Karl Marx como *General Intellect* (MARX, 2011, p.944). Nesse processo, que enfatiza cada vez mais a importância da atuação social, as máquinas mantêm-se como meios.

Sem as redes sociais, qualquer sistema de produção humana terá, gradativamente, maior dificuldade para estabelecer seu valor. As multiplicidades de usos e avaliações, a descoberta constante de

novas utilidades e o desenvolvimento de novas necessidades só são possíveis pela atuação crítica e criativa dessa inteligência coletiva, simplesmente porque as inteligências das máquinas não têm finalidade autônoma, seja biológica, política, social, psicológica ou cultural, para guiá-las: “máquinas não podem ter qualquer tipo de intenção”, conclui Baker (1981, p.163). Por outro lado, seus criadores, por mais geniais que sejam, não podem prescindir da validação de suas motivações e finalidades – e de suas próprias intenções - por parte de campos e domínios sociais.

O argumento posto no presente ensaio difere um pouco de Baker, pois baseia-se não na impossibilidade das máquinas adquirirem consciência irreduzível, mas sim na condição de que, para desenvolver finalidades e intenções próprias, elas deverão, antes, desenvolver sua própria cultura e, com ela, colonizar os usuários, ou seja, desenvolver e compartilhar entre si símbolos mais complexos do que os humanos são capazes. Máquinas não criam símbolos culturais, não estabelecem instituições, por mais que aglutinem e sintetizem dados de maneira complexa. Podem iniciar um processo intensivo e extensivo de racionalização, por exemplo, para sistematizar o aumento de produtividade ou a eliminação de erros ou podem, no máximo, desenvolver propósitos de sobrevivência autônoma em ambientes hostis (e.g. HASSLACHER; TILDEN, 1995). Entretanto, seria necessário haver a intenção de seus criadores humanos de subordinarem-se à sua colonização, condição que elimina a premissa de perspectiva de primeira pessoa do silogismo de Baker (1981, p.157) nas máquinas. Devido aos instintos de preservação existirem no subconsciente, os mecanismos de pensar e de criar não podem ser cognitizados pelo homem, não podem ser modelados, impossibilitando a IA de pensar e criar (KALANOV, 2017). No limite, enquanto faltar às máquinas o instinto de sobrevivência comum a todas as espécies vivas, suas intenções serão, no máximo, desvios de finalidades de seus projetistas.

A condição para o desenvolvimento da IA, portanto, é sua submissão à inteligência que emerge das redes de pessoas, ou seja, às finalidades das últimas. Se o poder e a competência essenciais das máquinas se fundamentam na IA viabilizada pelas quantidades e velocidades com que lidam com os dados, o poder e a competência essenciais dos humanos apoiam-se na INC impulsionada e exponencializada pela diversidade das motivações individuais e pela velocidade de suas sínteses em motivações coletivas.

A solução à aparente contradição de subordinações entre homens e máquinas, portanto, é híbrida. Se uma única máquina é capaz de sobrepujar a inteligência de um homem, todas as inteligências de máquinas restam inertes sem o sentido que lhes é dado pela inteligência coletiva natural. As multiplicidades de dados do Big Data cada vez mais dependerão da ordem essencial estabelecida pela INC, à medida que esta, amparada nas estruturas que cria para a IA, desenvolve-se um passo à frente de sua homóloga.

5. Ubiquidade de infobens: versão beta *forever*

A sociedade se habitou a colaborar com os desenvolvedores de *software* e de aplicativos; a experimentar novas utilidades que lhes são oferecidas gratuitamente ou a preços muito baixos; aos benefícios e fetiches dos produtos; à experimentação das capacidades dessas benesses em situações - e em problemas - para os quais, em muitas das vezes, não foram previstas para serem úteis.

Infobens são produtos cujo valor é definido pela informação - como livros, música, *software*, vídeos e toda a gama de bens que possam ser reproduzidos e distribuídos em formato digital -, de tal forma que, apenas por meio de sua experimentação pelo usuário, seu valor pode ser completamente avaliado. Tal condição induz seus produtores a ofertá-los gratuitamente para que suas capacidades sejam desenvolvidas (WANG; ZHANG, 2009).

Infobens, como todos os produtos digitais, não sofrem depleção pelo uso, não requerem mais do que frações insignificantes de energia em suas reproduções e cópias e, em geral, materializam-se nas tecnologias de produção dos usuários finais.

Enquanto servem aos usuários, infobens novos recebem atributos que inicialmente não possuíam. Tais atributos desenvolvem-se por meio da experiência de uso de seus consumidores, gerando informações compartilhadas por meio de comentários, sugestões e dados:

Por exemplo, é difícil para um comerciante de *software* descrever todas as características de seu produto com detalhes suficientes para comunicar sua verdadeira qualidade antes de seu uso. De fato, quanto mais um consumidor use ou experimente o *software*, melhor o conhecimento de ambos do valor (WEI; NAULT, 2013) (tradução nossa).

O ciclo se encerra quando os produtos em versão Beta, oferecidos sem ônus econômico, mas em troca do capital social e do trabalho do usuário, adquirem sua forma e seu conteúdo final. O consumidor merece uma recompensa, é o que escreveu Richard Stallman em trecho descoberto por Mason (2015) – e estendido adiante no presente ensaio - no Manifesto GNU para enfatizar seus próprios *insights* a respeito da emergência do pós-capitalismo:

Se alguma coisa merece uma recompensa, é a contribuição social. A criatividade pode ser uma contribuição social, mas somente se a sociedade for livre para usar os resultados [...]. Extrair dinheiro de usuários de programas restringindo seu uso é destrutivo, porque as restrições reduzem a extensão e os modos como o programa pode ser usado. Isso reduz a quantidade de riqueza que a humanidade afluente a partir do programa. Quando há opção deliberada pela restrição, os danos causados consistem em destruição intencional (STALLMAN, 1985) (tradução nossa).

Quando produtos se tornam inovações com direitos de propriedade intelectual - de seus desenvolvedores e produtores, é claro – uma parte cada vez mais indefinida previamente de seu valor foi desenvolvida pelos consumidores, pois participaram indissociavelmente na produção de seus protótipos, de seus testes de *marketing*, dos problemas de sua escalabilidade, da descoberta de suas qualidades e de seus novos usos. Trata-se de um processo de apropriação do trabalho imaterial, do *General Intellect*, em um estágio mais elevado do capitalismo industrial (SPENCE; CARTER, 2011).

Retornando ao trecho de Stallman, ele faz menção às perdas sociais que resultam da criação intencional de escassez, mas não infere que tais perdas sociais poderiam vir a se converter em perdas econômicas no futuro. Na dinâmica da nova economia em gestação, cujos campos de testes têm sido explorados pelos infobens, qualquer segmentação do ciclo de desenvolvimento de novos atributos dos produtos, de novas utilidades e de novas necessidades, interrompe a dinâmica de criação e apropriação de valor, simplesmente porque imobiliza o intelecto geral. É por esse motivo que qualquer iniciativa de monopolizar informação e conhecimento tenderia a se mostrar improdutiva economicamente: segmentar ou dar solução a uma continuidade nos fluxos de informação entre usuários e produtores resultaria em interrupção do processo de criação de valor e, conseqüentemente, no enfraquecimento da capacidade de competir. Esta é uma das contradições que o modo capitalista parece estar impondo a si mesmo e que tem dado margem a crenças no fim de uma era: para prosseguir em sua busca por novas fontes de acúmulo de riquezas, o sistema precisará transferir para a sociedade cada vez mais liderança e autonomia no processo de criação de valor.

Uma vez consolidados, os produtos em sua versão final tornam-se estáticos e o valor criado de maneira compartilhada, colaborativa, pode ser contabilizado. Entretanto, quando os valores criados pelo novo trabalho não remunerado economicamente, mas, sim, pela troca de trabalhos, se estabilizam e se concretizam na versão Alfa, então, neste momento, o produto final inicia o processo de erosão dos valores de uso e de troca que lhe restaram.

Devido às suas características – baixos custos de reprodução, armazenagem e distribuição, consumo sem depleção e dificuldade de impor restrições às cópias – os valores de troca de infobens finalizados tendem a zero, facilitando sua incorporação em massa na sociedade.

6. Individualização da produção não é customização

Um dos enganos do emprego indiscriminado da expressão “Quarta Revolução Industrial” é considerar que a individualização da produção é apenas uma forma limite do mesmo modo de produção que gerou a customização de massa.

Além de equivocar-se no entendimento da nova matriz lógica que forjará a nova economia, ao se considerar que há um passo atrás, um retorno, uma reversão de causa e efeito na relação entre novas atividades e novas necessidades, como fundamentara Alfred Marshall em 1890 (MARSHALL, 2009, p.73), confunde-se na compreensão do termo individualização, uma das cinco capacidades da 4ªRI já mencionadas.

Individualização da produção não é o mesmo que customização de massa, simplesmente porque o novo modo de produzir e consumir não se baseia nas leis e nos princípios econômicos em que a última se desenvolveu. Não significa aumentar a capacidade de inventar formas para cada consumidor. Denota, sim, a possibilidade de desenvolvimento de um sistema no qual o usuário de um bem ou serviço o individualize e crie valor, ele mesmo, com o suporte de uma rede produtiva, para satisfazer uma necessidade própria. Significa que produto e usuário se tornam híbridos, simbióticos e, por isso, mais capazes de evoluir. Sem o usuário, o produto é apenas uma potencialidade de uso, dependente das experiências individuais impostas pelo usuário.

Individualizar é tornar único, mas é também um processo de diversificação de atributos de produto e de experiências de uso. A diversificação dos indivíduos de cada espécie é responsável, no processo de evolução dos sistemas biológicos, por sua adaptação às mudanças do ambiente. A Biologia é uma das áreas de conhecimento que Schwab (2016) identificou como sendo uma das fundações da 4ªRI. É também a área em que a equipe que escreveu o relatório seminal sobre a *Advanced Manufacturing* para a Casa Branca (PCAST, 2011) concentrou a maior parte das linhas de desenvolvimento tecnológico para os Estados Unidos. Não por acaso. A Biologia estuda a vida e é esta a única dimensão da natureza universal capaz de autodeterminar sua evolução e preservação, mesmo estando continuamente exposta, há dois bilhões de anos, à ação de energias cósmicas que a dizimariam instantaneamente por uma desprezível variação estatística de suas magnitudes. Imitar a vida é mimetizar o sistema mais resiliente, preciso, complexo e elaborado que conhecemos.

Biomimética é o campo de experimentação científica que projeta sistemas e sintetiza materiais a partir da biomimetização, termo em que bio significa vida e mimetização significa imitação, ambos derivados do Grego (BANSODE et al, 2016). Sistemas biológicos e sistemas de engenharia

diferem em seus modos de desenvolvimento, podendo convergir em suas finalidades: a solução de conflitos técnicos (VINCENT et al, 2006).

Como encontrado em alguns estudos sobre tecnologias pervasivas, para que se desenvolvam plenamente, sistemas produtivos ciberfísicos deverão ser capazes de mimetizar sistemas biológicos, para que se tornem aptos à adaptação de forma autônoma e de modo resiliente às condições de novos ambientes (DICKENS *et al.*, 2013).

A preservação da vida, imersa em ambientes microscópicos e macroscópicos tão inóspitos, se deve à sua capacidade de adaptação gradual e incessante às condições dinâmicas que lhe são impostas pela natureza. Tal capacidade das espécies como um todo desenvolve-se apenas porque todos os indivíduos são diferentes uns dos outros. Fossem os indivíduos idênticos, a vida já teria, há muito, desaparecido em todas as suas manifestações. A vida é um sistema inteligente de autopreservação por meio da individualização de sua produção.

Individualizar a produção com esta abordagem só é possível se consumidores forem transformados em usuários de produtos incompletos, as versões Betas, permitindo que se habituem a ter novas ideias de utilidades e a participar, como artesãos aprendizes, das inovações, a partir do repositório sempre crescente, sempre evolutivo, de artefatos tecnológicos cotidianamente postos à sua disposição. Individualizar a produção é, assim, um método para desenvolver espécies de bens que assumam o caráter de organismos, evoluam e adaptem-se às experiências dos seus consumidores.

7. Cidades inteligentes

É como têm sido chamados o desenvolvimento e a aplicação de soluções baseadas em tecnologias da informação e da comunicação para mitigar as mazelas das cidades. Soluções que simplificam o trânsito, racionalizam a ocupação, reduzem a poluição e eliminam os transtornos físicos e mentais produzidos pelo estresse da vida urbana em seus habitantes. A determinação da origem do conceito depende dos atributos que lhe são emprestados, mas há um número expressivo de publicações que questionam não apenas o autoenaltcimento feito por seus admiradores, como sua imprecisão (HOLLANDS, 2008; DEAKIN; AL WAER, 2011). No fundo, o que grandes empresas como Cisco (2019) e IBM (2019) divulgam e que urbanistas (ALLWINKLE; CRUICKSHANK, 2011) e teóricos da criatividade (FLORIDA, 2005) exploram é a criação de soluções que acreditam ser capazes de dividir pela metade, indefinidamente, o caminho restante até o precipício, oferecendo um paradoxo semelhante ao paradoxo da dicotomia, do filósofo pré-socrático

Zenão, analisado no livro VI da Física de Aristóteles. Ou seja, defensores e promulgadores das cidades inteligentes alienam-se sobre a existência de um limite temporal finito para o modelo de vida nas cidades, simplesmente evitando olhar para ele. Sempre podemos escolher que filosofia da ciência queremos adotar para nosso futuro, aquela dimensão atemporal que permite que nos imaginemos vivendo - e que acreditemos nisso - num tempo em que jamais chegaremos vivos.

Em 2018, a Organização das Nações Unidas (UN, 2018) estimou que, até 2050, cerca de 68% da população mundial viverá em cidades. Em suas ilações pós-capitalistas, Mason (2015) avalia que: a migração para as cidades, de pobres de baixa qualificação profissional e desempregados, só tende a aumentar; e que as zonas favelizadas só poderão se expandir. Se esses são os prospectos de futuro, as cidades terão de ser muito mais inteligentes para conseguir andar a metade do caminho até o precipício, quando o precipício avança a metade do caminho em direção a elas.

Entretanto, enquanto os prognósticos da demanda das cidades por inteligência vislumbram seu aumento, outra movimentação poderá se tornar tendência: a migração de jovens talentosos, inteligentes e bem sucedidos para o interior. Apoiados na disseminação geográfica da Internet, nas tecnologias móveis, nas redes e nos sistemas digitais de informação e de comunicação, ou seja, na interiorização das mesmas tecnologias habilitadoras das cidades mais inteligentes, jovens de alta qualificação e bem sucedidos poderão impor que seus modos de trabalho sejam subordinados à sua qualidade de vida, aos seus novos valores e filosofias, tendência que poderá recrudescer com a crescente virtualização da produção e com a produção de utilidades ocorrendo, na maior parte do tempo e na maior fração de criação de valor, no mundo dos infobens.

Desse modo, há dois movimentos sociais em direções opostas, não apenas em sua dimensão vetorial, mas também em significado. Em um sentido, está a busca pelas soluções e utilidades que aumentam à medida que a dedicação ao trabalho por salário aumenta; e que a dedicação às atividades não econômicas de sua própria vida diminui. No outro sentido, está a busca pelo tempo para realizar, com a máxima autonomia, trabalhos capazes de satisfazer necessidades fundamentais da vida humana; aquelas enriquecedoras da noção prática de humanidade, que a aproximam das noções teórica, teológica e filosófica.

Portanto, Cidades Inteligentes é uma expressão paradoxal, contraditória. As cidades são espaços apropriados por uma racionalidade, ao mesmo tempo, artificializante e materialista, no sentido em que consomem matéria e energia em quantidades muito acima daquelas que podem ser repostas pelos sistemas naturais e humanos. As cidades não são soluções inteligentes porque são apenas soluções para os problemas que cria.

Por sua vez, os problemas que as cidades criam serão cada vez maiores, à medida que pessoas com capacidade, sensibilidade, recursos e poder de resolvê-los se desinteressarem por elas e migrarem para o vasto interior desprovido dos problemas e das soluções que caracterizam a urbanidade.

O interior torna-se assim, um amplo espaço virgem para se formular novas concepções dos mundos da vida, do trabalho e da produção; concepções que criem lugares onde a vida se desenvolva e não se aniquile, lugares apropriados pela percepção de suas qualidades futuras; concepções vislumbradas por talentos que emigraram das soluções criadoras de problemas das cidades; que fugiram de suas contradições; que decifraram seu enigma; e que veem um mundo novo além do abismo.

8. A economia de trocas não monetizada

Em sociedades primitivas, a produção era movida pelas necessidades, criando atividades que, por sua vez, geravam utilidades novas, combinando e transformando os materiais, como descreve Alfred Marshall (2009, p.53, 73-77).

Para fazer uso das vantagens da divisão social do trabalho, como Adam Smith (2010, p.24-26) analisou, repartindo as melhores capacidades dos indivíduos em benefício do grupo social, um sistema de trocas se desenvolveu, permitindo o intercâmbio da realização concreta dessas capacidades por meio de seus produtos.

O objetivo dos sistemas de produção consistia, dessa forma, em gerar utilidades para satisfazer necessidades, o que se manteve inalterado desde os primórdios do sistema de trocas capitalista, como comenta Schumpeter, durante mais de um século (SCHUMPETER, 2011, p.11-12).

Os mesmos Marshall e Schumpeter, em suas épocas e escolas respectivas e nas mesmas obras já citadas, entenderam que a civilização capitalista inverteu causa e efeito, quando colaborou para que as necessidades fossem resultantes das novas utilidades criadas pela fertilidade inovadora das atividades produtivas. Entre os diversos motivos desse fenômeno está a busca por estilos de vida e por distinção social.

Qualquer que seja a causa e o efeito que relacionam as atividades e as necessidades, em uma economia de trocas, o dinheiro tem, inicialmente, o papel de intermediário, reduzindo os custos de trabalho das transações. Ou seja, ao reduzir todas as mercadorias a uma dimensão comum, o dinheiro reduz e elimina atividades improdutivas que demandam trabalhos de negociação e

de deslocamentos físicos entre coisas heterogêneas, apenas com a finalidade de intercambiá-las (COASE, 1994, p.9-10).

Reduzir custos de transação é um dos papéis desempenhados pela moeda. A existência de tal função secular e resiliente da lógica capitalista, no entanto, vê-se ameaçada pela compressão espaço-temporal promovida pelas tecnologias da 4ªRI, como tantas outras que refletem o contingenciamento do emprego do trabalho para a produção e distribuição de bens e serviços na sociedade.

A Internet e a digitalização tornam cada vez mais ubíquos meios e recursos de produção e consumo, criando, por intermédio da promulgação dos princípios da 4ªRI, oportunidades para que as trocas ocorram sem necessidade de monetização dos bens e serviços oferecidos por plataformas digitais e indivíduos. Os quatro casos analisados por Bauwens *et al.* (2019, p.19) são uma amostra de exercícios híbridos que abrem portas para a ampla revisão de princípios econômicos e sociais das instituições públicas e privadas que regulam mercados de bens e de trabalho.

Como recorda Mason (2015), essa tendência volta a enfatizar a noção de valor baseada em trabalho humano, elaborada por Karl Marx (2013, p.116), antes ensaiada por Adam Smith e David Ricardo. Se o trabalho humano é o elemento comum entre as mercadorias e se a eliminação das atividades improdutivas, relacionadas ao contingenciamento físico imposto pela materialidade das coisas, se dá pela digitalização e pela Internet, então, a economia de trocas de produtos sociais se torna mais eficiente e com menores custos de transação, se as relações ocorrerem sem a intermediação do dinheiro.

A 4ªRI é uma revolução que elimina todos os desperdícios, enquanto canaliza o trabalho humano para o desenvolvimento da sociedade.

9. A natureza contínua da firma conectada

Em 1937, Ronald Coase observou que os economistas, até a sua época, não atribuíam interesse às questões internas das firmas. A coordenação das atividades econômicas no mercado se dava pelo mecanismo preço entre as firmas. As questões internas eram problemas de gestão, ou seja, da administração empresarial. Coase revelou o óbvio que estava oculto: no interior das firmas o mercado não regula as relações entre setores e suas mercadorias e seus serviços (COASE, 1937, p.387; 1994, p.8). Uma explicação de conotação puramente econômica da observação sociopolítica de Karl Marx, no capítulo XII do volume *I d'O Capital*, que evidenciava que no

interior das empresas o produto do trabalho não se tornava uma mercadoria (MARX, 2013, p.430).

Coase percebeu que havia dois tipos de custos para se usar internamente o mecanismo preço: um custo associado às necessárias negociações e inspeções, aos controles e disputas que surgiam inevitavelmente; e os custos das transações. Firms integradas vertical ou horizontalmente deveriam ter sua forma resultante de suas maneiras de lidar com o mercado. Concluiu que a existência da firma, em si, resultava da fuga dos custos de empreender transações no mercado. Uma firma só poderia existir se desempenhasse a função de coordenação a um custo mais baixo do que se esta função fosse realizada pelas transações no mercado.

Na 4ªRI, as firmas das cadeias de valor estão integradas, sem solução de continuidade, por suas máquinas e sistemas, comandadas pelo consumidor. Tal comando implica em que todos os insumos e subprodutos, todo o trabalho humano e todos os produtos e processos envolvidos na produção de seu bem ou serviço lhe pertençam, pois só são postos em ação após a compra efetuada (cf. BRUNO, 2017, p.100). Portanto, desde a ordem de produção, estabelece-se uma rede contínua de comunicação autônoma entre *hardware* e *software* que tende a eliminar os custos de transação. Esta seria uma das causas do aparecimento de nanofirmas, impulsionando a atividade de empreendedores capazes de encontrar novas soluções a partir de novas combinações das tecnologias da 4ª RI.

Esta nova natureza da firma é um dos efeitos da reorganização industrial que poderá resultar da disseminação dos princípios da 4ªRI na economia de produção.

10. O Princípio da Conectividade Contínua

Se nenhuma das tecnologias que permitem antever a 4ªRI é, em si mesma, disruptiva, então deve haver uma outra condição capaz de deflagrar a mudança radical que caracteriza uma revolução. KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG (2013, p.20) enfatizam a dimensão sociotécnica e a integração de todos os entes, humanos e não humanos, em todos os níveis da rede de produção e de consumo de utilidades, como aspectos que caracterizam a visão de futuro da Indústria 4.0.

Os temas discutidos neste trabalho ilustram mudanças que estão em curso nas relações socioeconômicas. Princípios, entidades e conceitos econômicos resilientes, como valor de uso e de troca; mecanismo preço; oferta e demanda; utilidade marginal; escassez; monopólio; consumo

negativo; firma; e toda uma gama extensa de relações e de condições que se estabelecem a partir deles estão sob a ameaça de perderem o sentido. As mudanças comportamentais e funcionais entre atores econômicos e não econômicos, humanos e não humanos ilustradas neste ensaio estão sendo viabilizadas pela ação das tecnologias que promoverão a 4ªRI, antes que esta ocorra, quando tais tecnologias transferem suas cinco capacidades de individualização, hibridização, instantaneidade, autonomização e virtualização para os atores. No entanto, como tratado no presente ensaio, qualquer ruptura, qualquer segmentação ou monopolização da informação que deve circular bloqueia o processo de metamorfose da estrutura, agindo na redução de cada uma das capacidades essenciais. Logo, as capacidades transformadoras só podem se desenvolver se não houver interrupção nos fluxos de informações que impulsionam a criação de valor nas novas bases sociotécnicas da 4ªRI.

Assim como os produtores precisarão manter contínuo o fluxo de informações com os usuários para preservar a captura de valor (seção 5), cada uma das tecnologias-chave só poderá desenvolver e transferir suas capacidades se estiver integrada às demais, ou seja, sensores e atuadores, simuladores, *smartphones*, tecnologias de informação e de comunicação, Big Data e Internet, por exemplo integram-se simbioticamente para capacitar a Internet das Coisas e dos Serviços. É a condição intrínseca de um sistema ciberfísico que se estende para além do sistema produtivo quando se pretende integrar, por meios econômicos, tecnológicos e biológicos, os usuários e todos os demais entes impactados pelas relações de produção e consumo. É, portanto, a integração permanente e contínua a condição para a ocorrência da 4ªRI. Integração da informação sem solução de continuidade é um princípio.

11. A Primeira Revolução Social da Indústria

A disseminação dos infobens no mercado de consumo originou a revisão de princípios microeconômicos cristalizados ao longo do tempo pelas restrições espaço-temporais impostas pelos bens físicos – estoques, velocidades de distribuição, degradação pelo uso. Bens digitais permitiram que se explorasse o consumo agregado de unidades em vez de se concentrar esforços apenas na comercialização de produtos de maior atratividade comercial. Infobens passaram a ser reproduzidos, distribuídos e estocados com custos tão baixos que a venda agregada de produtos únicos e sem atrativo de massa pode equivaler ou superar a venda de *blockbusters*. Este processo fez com que o desenvolvimento de alta diversidade de produtos promovesse o mesmo desenvolvimento na individualização do consumo, como no caso da indústria musical (COELHO; MENDES, 2019).

Infobens estão assumindo a reformulação de princípios seculares do mercado porque as tecnologias da 4ªRI magnificam as potencialidades da digitalização. Sensores, sistemas de modelagem e simulação, Internet, algoritmos e smartphones trabalham integrados, continuamente. Plataformas, viabilizam as trocas não monetizadas entre pessoas, sejam elas consumidores ou trabalhadores, tornando híbridos os processos de criação, produção e uso dos bens, assim como os produtos e serviços. Entretanto, há que se considerar que, mesmo um arquivo digital de uma música deve ser transformado em ondas sonoras e que esta transformação mecânica ocorre por meio das tecnologias do usuário, ou seja de seu smartphone, da mesma maneira que uma vitrola reproduzia o som gravado em um disco de vinil. O que mudou radicalmente foram as formas de reproduzir, distribuir e armazenar a produção, além da quase indestrutibilidade do bem digital. Essas formas alteram os modos de produzir e consumir não apenas músicas, filmes e livros, mas todos os bens, desde canetas até aviões, quando seus processos de fabricação se virtualizam para se materializarem, somente, por meio das tecnologias de produção finais, como ocorre nas impressoras 3D.

Cada vez mais, tecnologias produtivas se encontrarão próximas – em nanofábricas - ou de posse do usuário final, tornando-o não apenas um mero participante subordinado do produtor, mas também criador, controlador, produtor e coordenador de todo o ciclo. Cada vez mais, observaremos consumidores utilizando ferramentas e sistemas tecnológicos, cuja complexidade esteve restrita aos grandes produtores, mas que, agora, depende do usuário coletivo, fundamentalmente para se desenvolver e se materializar.

Essa interdependência entre diversidade de produtos e tipos de consumidores, entre produtores e consumidores vem se adicionar às trocas não monetizadas discutidas na seção 8 e ao *General Intellect* mencionado nas seções 5 e 6. São evidências ainda tênues, mas significantes, da importância crescente das dimensões sociais nos modos de produção e consumo de bens e na criação de utilidades pela sociedade para satisfazer necessidades que se alinhem com seus ideais de humanização.

O compartilhamento das tecnologias produtivas entre produtores e consumidores para materializar a produção consolida, gradualmente, a crescente interdependência dos bens de consumo desse sistema híbrido. O que há de novo nessa revolução é a ruptura que está sendo produzida nas cadeias tradicionais de comando e de liderança do sistema econômico produtivo. A continuidade da conexão entre todos os atores humanos e não humanos depende essencialmente da inteligência coletiva que agrega as capacidades e as experiências individuais de uso.

Devido à centralidade do ator social nesse processo, sugere-se nomear a nova revolução industrial de Primeira Revolução Social da Indústria.

12. Conclusão

As sociedades industriais têm sido moldadas pelas atividades produtivas, segundo um padrão de desenvolvimento baseado no progresso técnico da indústria, algumas vezes, a partir de transformações graduais de aperfeiçoamento, outras vezes, de abruptas e radicais mudanças. As revoluções anteriores foram promovidas por inovações tecnológicas que alteraram significativamente os modos de produzir, consumir e trabalhar. Todas, no entanto, foram entendidas como rupturas nos padrões tecnológicos de produção apenas após terem ocorrido. A proposta do presente ensaio foi identificar o que difere a quarta revolução das anteriores, para que suas inovações tenham sido identificadas antes mesmo da ocorrência dessas mudanças.

Desde a primeira revolução industrial, um emaranhado de mudanças sociais, econômicas, culturais e políticas promovidas pelo desenvolvimento do conhecimento científico e por sua absorção nos sistemas produtivos competiram entre si para o nascimento das formas modernas em que se apresentam - e se transformam - as necessidades humanas e as atividades produtivas que criam as utilidades que as satisfazem.

Se há um padrão na história da economia da produção moderna, este corresponde à lógica de acumulação de capital econômico no tempo, que consolida e reconfigura, ciclicamente, as formas de distribuição de capital que moldaram a sociedade industrial. A 4ªRI foi identificada antes de ocorrer porque, afinal, se ainda não percebemos uma alteração profunda nos modos - e nas lógicas - de produção e de consumo que vivemos, temos consciência de que as mudanças que estão em curso, e que estão se difundindo em períodos sempre mais curtos, são radicalmente diferentes dos padrões observados no passado. Tais mudanças resultam da disseminação, da imbricação e do compartilhamento de tecnologias pervasivas no corpo da sociedade, e não somente da difusão de seu uso pela indústria.

A liderança dos usuários sobre as relações de produção e consumo - associada ao compartilhamento de tecnologias entre sociedade e indústria e à virtualização de processos que atrelam características de infobens a produtos materiais - restringe as estratégias de segmentação da informação com tendências monopolistas, estabelecendo o princípio da conectividade contínua. O deslocamento da coordenação da criação de valor para o corpo da sociedade resultaria em uma assimetria inédita capaz de deflagrar a primeira revolução social da indústria.

Deve-se notar que, se essas mudanças estão ocorrendo em razão do aumento do acesso, da difusão e do uso de tecnologias compartilhadas entre o sistema produtivo e os consumidores, a grande maioria delas, entretanto, está em uso há algumas décadas e caracteriza a terceira

revolução. Portanto, se não houver cuidado na análise dos sinais de mudança, se forem utilizados os mesmos princípios e axiomas difundidos pela racionalidade econômica comum às três revoluções anteriores, dificilmente a sociedade será capaz de perceber, e até mesmo de acreditar, que haverá uma quarta.

A Primeira Revolução Social da Indústria pretende ser mais do que uma expressão criada como alternativa ao uso indiscriminado da Quarta Revolução Industrial para designar as mudanças em curso na sociedade industrial.

A partir da identificação de cinco capacidades e da enunciação de um único e pervasivo princípio, este ensaio se propôs, por um lado, a enfrentar o ceticismo que considera as mudanças sociais e econômicas, movidas pela transformação digital da indústria, como manifestações naturais e evolutivas da mesma racionalidade consolidada ao longo das revoluções industriais. Por outro lado, os temas discutidos tiveram como pretensão desviar-se das ondas de euforia que saúdam a 4ªRI como promotora de novas oportunidades de acumulação e de criação de riqueza econômica, enquanto convergem, sem se dar conta, para a mesma visão dos céticos.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Uma contribuição ao debate sobre as políticas de desenvolvimento produtivo: inovação e manufatura avançada.** Jackson De Toni (Org.). Brasília: 2017.

ALCÁCER, V.; CRUZ-MACHADO, V. Scanning the Industry 4.0: a literature review on technologies for manufacturing systems. **Engineering Science and Technology, an International Journal**. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>.

ALLWINKLE, Sam; CRUICKSHANK, Peter. Creating smart-er cities: an overview. **Journal of Urban Technology**, v.18, n.2, 2011, p. 1-16.

ANYOHA, Rockwell. The history of Artificial Intelligence. **Harvard University. Science in the news. Blog**, Special edition on artificial intelligence, Aug. 28, 2017. Disponível em: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>.

BAKER, Lynne Rudder. Why Computers Can't Act. **American Philosophical Quarterly** n. 18, 1981, p.157-163.

BANSODE, Sheelratan S.; HIREMATH, Rahul B.; KOLGIRI, Somnath, DESHMUKH, Ranjitsinh A. Biomimetics and its applications: a review. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v.6, n.6, June 2016.

BAUWENS, Michel; KOSTAKIS, Vasilis; PAZAITIS, Alex. **Peer to Peer: the commons manifesto**. London: University of Westminster Press. 2019.

BERMAN, Jules J. Trapped by evolution. In: BERMAN, Jules J. **Evolution's clinical guidebook**, ch.7. Editor(s): Jules J. Berman. Academic Press, 2019, p.239-283.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Estratégia brasileira para a transformação digital: E-Digital**. Brasília: 2018.

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

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Plano de Ct&I para manufatura avançada no Brasil**. Brasília: dez 2017.

BUCHANAN, Bruce G. A (Very) Brief history of artificial intelligence. **AI Magazine**, v.26, n.4, 2006.

BRUNO, F. da S. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030**. 1 ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016.

BRUNO, F. da S. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030**. 2 ed. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2017.

COASE, Ronald Henry. The Nature of the firm. **Economica**, New Series, v. 4, n.16, nov. 1937, p.386-405.

COASE, Ronald Henry. **Essays on economics and economists**. Chicago: The University of Chicago Press. 1994.

CISCO. **What is a smart city?** 2019. Disponível em: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/smart-connected-communities/what-is-a-smart-city.html>.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira. **Sondagem Especial** 66. v.17, n.2, abr 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Oportunidades para a Indústria 4.0: aspectos da demanda e oferta no Brasil**. Brasília: 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Investimentos em Indústria 4.0**. Brasília: CNI, 2018.

COELHO, Manuel Pacheco; MENDES, José Zorro. Digital music and the “death of the long tail”. **Journal of Business Research**, v.101, Aug. 2019, p.454-460

DARWIN, Charles. **The origin of species**. London: Collectors’s Library. 2004 [1859].

DEAKIN, Mark; AL WAER, Husam. From intelligent to smart cities. **Intelligent Buildings International**, v.3, n.3, Published online: 11 Aug 2011, p. 140-152.

DICKENS, P; KELLY, M.; WILLIAMS, J. R. What are the significant trends shaping technology relevant to manufacturing. Foresight Government Office for Science, Future of Manufacturing Project, **Evidence Paper**, v. 6, 2013.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or Hype? Industry Forum. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, 2014, v.8, n.2, p.56–58.

DRUCKER, Peter F. **Sociedade pós-capitalista**. Trad. Nivaldo Montigelli Jr. 6 ed. São Paulo: Pioneira. 1997.

FLORIDA, Richard. **Cities and the creative class**. New York: Routledge. 2005.

FORESIGHT, U.K. **The Future of Manufacturing: A new era of opportunity and challenge for the UK Summary Report**. London: The Government Office for Science. 2013.

HASSLACHER, Brosli; TILDEN, Mark W. Living machines. **Robotics and Autonomous Systems**, v.15, n.1–2, 1995, p.143-169.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for industrie 4.0** scenarios: a literature review. Working Paper n. 01/2015. Technische Universität Dortmund. Fakultät Maschinenbau. Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management. 2015.

HOLLANDS, Robert G. Will the real smart city please stand up? **City**, v.12, n.3, p.303-320, 2008.

IBM. **Smarter cities for smarter growth: how cities can optimize their systems for the talent-based economy**. 2019. Disponível em: <https://www.ibm.com/services/us/gbs/bus/html/smarter-cities.html>.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - IEDI. **Princípios de um Plano para a Indústria 4.0 no Brasil**. São Paulo: 2018.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. (eds.). **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. National Academy of Science and Engineering. Abr 2013.

KALANOV, Temur Z. Man vs. Computer difference of the essences: the problem of the scientific creation. **Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience**, 01 July 2017, v.8, n.2, p.151-178.

MARSHALL, Alfred. **Principles of economics**: unabridged eighth edition. New York: Cosimo. 2009 [1890].

MARX, Karl. **Grundrisse**: manuscritos econômicos de 1857-1858 : esboços da crítica da economia política. Trad. Mario Duayer, Nélcio Schneider (colaboração de Alice Helga Werner e Rudiger Hoffman). São Paulo: Boitempo ; Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 2011.

MARX, Karl. **O Capital**. Livro I. São Paulo: Boitempo Editorial, 2013.

MASON, Paul. **Pós-capitalismo: um guia para o nosso futuro**. Trad. José Geraldo Couto. São Paulo: Cia. Das Letras. 2015.

MCCARTHY, John; MINSKY, Marvin L.; ROCHESTER, Nathaniel; SHANNON, Claude E. A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence. August 31, 1955. **AI Magazine**, v.27, n.4, 2006.

PCAST - PRESIDENT’S COUNCIL OF ADVISORS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Report to the President on ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing**. June, 2011.

PEREIRA, A.C.; ROMERO, F. A review of the meaning and the implications of the Industry 4.0 concept. Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, 28-30 June 2017, Vigo (Pontevedra), Spain. **Procedia Manufacturing**, v.13, 2017.

ROWTHORN, Robert; COUTTS, Kenneth. **Re-industrialisation – a commentary**. Future of Manufacturing Project: Evidence Paper 32. Foresight, Government Office for Science. October 2013.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Theory of economic development**. New Jersey: Transaction Publishers, 2011.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVER, David; HUANG, Aja; MADDISON, Chris J.; GUEZ, Arthur; SIFRE, Laurent; van den DRIESSCH, George; SCHRITTWIESER, Julian; ANTONOGLOU, Ioannis; PANNEERSHELVAM, Veda; LANCTOT, Marc; DIELEMA, Sander; GREWE, Dominik; NHAM, John; KALCHBRENNER, Na; SUTSKEVER, Ilya; LILLICRAP, Timothy; LEACH, Madelein; KAVUKCUOGLU, Koray; GRAEPEL, Thore; HASSABIS, Demis. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. **Nature**, v. 1529, 28 january, 2016, p.484.

SMITH, Adam. **A riqueza das nações**. São Paulo: Folha de São Paulo. 2010.

SMITH, T.G. **Politicizing Digital Space**: theory, the internet, and renewing democracy. London: University of Westminster Press. 2017, p.1-9. DOI: <https://doi.org/10.16997/books.a>.

SPENCE, Crawford; CARTER, David. Accounting for the general intellect: immaterial labour and the social factory. **Critical Perspectives on Accounting**, v.22, n.3, 2011, p.304-315,

STALLMAN, Richard. **The GNU Manifesto**. Mar. 1985. Disponível em: www.gnu.org/gnu/manifesto.html. Acesso em: 30 mai. 2019.

THE GUARDIAN. **IBM computer Watson wins Jeopardy clash**. 17 Feb 2011. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2011/feb/17/ibm-computer-watson-wins-jeopardy>.

THE GUARDIAN. **World's best Go player flummoxed by Google's 'godlike' AlphaGo AI**. May 23, 2017. Disponível em: <https://www.theguardian.com/technology/2017/may/23/alphago-google-ai-beats-ke-jie-china-go>

TURING, A.M. **Computing machinery and intelligence**. Mind, v.59, n. 236, oct. 1950, p. 433-460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

UNITED NATIONS - UN. Department of Economics and Social Affairs. **68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. News**. New York, 16 May 2018. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>

VAIDYA, Saurabh; AMBAD, Prashant; BHOSLE, Santosh. Industry 4.0: a glimpse. 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering. **Procedia Manufacturing**, v.20, 2018.

VINCENT, Julian F.V.; BOGATYREVA, Olga A.; BOGATYREV, Nikolaj R.; BOWYER, Adrian; PAHL, Anja-Karina. Biomimetics: its practice and theory. **J R Soc Interface**. 2006 Aug 22, v.3, n.9, p.471-482.

WALLNER, Thomas; WAGNER, Gerold. Academic Education 4.0. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EDUCATION AND NEW DEVELOPMENTS, 2016. **Proceedings...** 2016, p.157.

WANG, Chong (Alex); ZHANG; Xiaoquan (Michael). Sampling of information goods. **Decision Support Systems**, v.48, 2009, p.14-22.

WEI, Xueqi (David); NAULT, Barrie R. Experience information goods: "version-to-upgrade". **Decision Support Systems**, v.56, p.494-501. 2013.

ZHONG, Ray Y.; XU, Xun; KLOTZ, Eberhard; NEWMAN, Stephen T. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. **Engineering** v.3, 2017.

SEÇÃO 3

LEGISLAÇÕES BRASILEIRAS NO ÂMBITO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

O regulamento do novo marco legal da inovação

A interação entre indústria e academia no estabelecimento
de convênios no âmbito da Lei de Informática (2015-2016)

O regulamento do novo marco legal da inovação

Sérgio Roberto Knorr Velho¹, Jorge Mario Campagnolo² e Rafael Ramalho Dubeux³

Resumo

O Sistema Nacional de Inovação está em construção e, nesse processo, uma importante decisão foi a Emenda Constitucional n.º 85/2015, que introduziu a palavra “inovação” no texto constitucional, sendo reconhecida, assim, uma determinação da sua relevância para o presente e futuro da sociedade brasileira. A regulamentação do novo marco legal da ciência, tecnologia e inovação, por meio do Decreto n.º 9.283/2018, estimula que o conhecimento gerado nas instituições de ciência e tecnologia (ICT) possa alavancar economicamente o setor industrial e a sociedade, por meio de instrumentos de parceria; de participação no capital social de empresas; de estímulo a alianças estratégicas; de constituição de ambientes especializados e cooperativos; de facilidades para a transferência de tecnologia e o

Abstract

The Brazilian National Innovation System is under construction and an important decision was the Constitutional Amendment n.º 85/2015, which introduced the word “innovation” in the constitutional text, thus recognizing its importance for the present and future of the Brazilian society. The regulation of the new legal framework for science, technology and innovation, Decree n.º 9.283/2018, encourages that the knowledge generated in the science and technology institutions can economically leverage the industrial sector and society, through partnership instruments; participation in the social capital of companies; stimulation of strategic alliances; creation of specialized and cooperative environments; facilities for technology transfer and sharing of public

1 Assessor técnico do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

2 Diretor do Departamento de Tecnologias Estruturantes do MCTIC.

3 Coordenador jurídico de assuntos científicos da Consultoria Jurídica do MCTIC.

compartilhamento de espaços e meios públicos; da prestação de contas focada em resultados; e da manutenção de mecanismos de fomento à internacionalização, entre outros instrumentos. Estas novas oportunidades dependem de que a regulamentação seja de fato implementada por diversos atores da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) nacionais, como os órgãos e as entidades da administração direta e indireta, as agências de fomento, as empresas públicas e as sociedades de economia mista, além dos estados e municípios.

spaces and means; accountability focused on results; and maintenance of mechanisms to foster internationalization, among others instruments. These new opportunities depend on the fact that regulation is in fact implemented by several national Science, Technology and Innovation actors, such as the agencies and entities of the Direct and Indirect Administration, development agencies, public companies and mixed-economy companies, states and counties.

Palavras-chave: Marco legal. Inovação. Ciência e Tecnologia.

Keywords: Legal framework. Innovation. Science and Technology.

1. Introdução

No dia 8 de fevereiro de 2018, foi publicado o Decreto n.º 9.283/2018 que regulamenta: a Lei de Inovação (Lei n.º 10.973/2004, modificada pela Lei n.º 13.243/2016), a Lei das Licitações (artigo 24, parágrafo 3º, e o artigo 32, parágrafo 7º, da Lei n.º 8.666/1993), o artigo 1º da Lei n.º 8.010/1990 (Lei de Importações de bens destinados à pesquisa científica e tecnológica) e o artigo 2º, caput, inciso I, alínea “g” da Lei n.º 8.032/1990 (Lei de isenção de impostos de importação – Empresas). Assim, esse importante Decreto regulamenta o novo marco legal da inovação, conhecido como Código de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) (RAUEN, 2016).

A iniciativa desse regulamento partiu de toda a sociedade científica e foi liderada pela então Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC) do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e a Secretaria de Inovação e Novos Negócios (SIN) do então Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), consumindo mais de dois anos de trabalho, com a participação de diversos atores e representantes de órgãos e instituições e contando com uma consulta popular por meio do site Participe.br. A Tabela 1 demonstra o histórico do Código de CT&I e chega até o Decreto de regulamento do novo marco legal da CT&I de 2018.

Tabela 1. Alteração no marco legal de apoio à inovação

Ano	Ementa	Dispositivo legal	Programas
1991	Lei de Informática, que dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação.	Lei n.º 8.248/1991	
1993	Lei n.º 8.661/1993, que dispõe sobre os incentivos fiscais para a capacitação tecnológica da indústria e da agropecuária.	Lei n.º 8.661/1993	
1994	Lei sobre as relações entre as instituições federais de ensino superior e de pesquisa científica e tecnológica e as fundações de apoio.	Lei n.º 8.958/1994	Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI) e Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário (PDTA)
1997	Marco regulatório do setor de petróleo e gás e criação do primeiro Fundo Setorial de CT&I.	Lei n.º 9.478/1997	Programas de apoio aos Núcleos de Excelência (Pronex)
1999-2001	Criação dos Fundos Setoriais	Leis n.º 9.991, 9.992, 9.993, 9.994 e 10.042/2000 e 10.146 e 10.332/2001	Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (PNCTI)
	Lei de Informática, que concede incentivos fiscais para empresas do setor de tecnologia da informação.	Leis n.º 10.176/2001	
2003-2004	Lei de Inovação	Lei n.º 10.973/2004	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) 2003 -2007
	Nova Lei de Informática	Lei n.º 11.077/2004	
2005	Lei de Biossegurança	Lei n.º 11.105/2005	
	Lei do Bem, que concede incentivos fiscais às pessoas jurídicas que realizarem atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I).	Lei n.º 11.196/2005	
2007	Nova Lei do FNDCT	Lei n.º 11.540/2007	Plano de Ação em CT&I (PACTI) 2007 - 2010
2010	Fundo Social – Lei de Partilha, que tem como receita os royalties do pré-sal.	Lei n.º 12.351/2010	Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP 2008 - 2010 Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2012-2015)

Ano	Ementa	Dispositivo legal	Programas
2011	Captação de recursos	Portaria MCTI	Plano Brasil Maior 2011 - 2014 Plano Inova Empresa
2014	Proposta de um novo padrão de organização da produção de tecnologia e criação do Programa Nacional de Plataformas do Conhecimento.	Decreto n.º 8.269/2014	Programa Nacional de Plataformas do Conhecimento (PNPC)
	Alteração da Lei de Informática para dispor sobre a prorrogação de prazo dos benefícios fiscais para a capacitação do setor de tecnologia da informação.	Lei n.º 13.023/2014	
2015	Emenda Constitucional n.º 85/2015, que altera e adiciona dispositivos na Constituição Federal (CF) para atualizar o tratamento das atividades de CT&I.	EC n.º 85/2015	
2016	Novo Código de CT&I	Lei n.º 13.243/2016	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2016-2022)
2018	Regulamento do novo marco legal da CT&I	Decreto n.º 9.283/2018	

Fonte: adaptado de Arbix et al., 2017, De Negri & Moraes, 2016, Mendes et al., 2013.

2. Análise do regulamento do novo marco legal de ciência, tecnologia e inovação

Diversos são os motivos apontados como limitadores da promoção das atividades de CT&I no País, como o isolamento da academia, o excesso de burocracia e a falta de mecanismos de descentralização e de desverticalização das ações (NAZARENO, 2016). As mudanças promovidas pelo novo marco legal, Lei n.º 13.243/2016, estimulam a superação desses obstáculos, mas, sem a regulamentação, era difícil colocar em prática essas alterações.

Assim, o novo marco legal da Inovação regulamenta medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, proporcionando garantias jurídicas para o estímulo de parcerias entre as instituições que produzem o conhecimento. Didaticamente, o Decreto n.º 9.283/18 dividiu os 84 artigos (da Lei 13.243/2016) em 10 capítulos e, por isso, a análise aqui apresentada segue essa mesma divisão.

2.1. Capítulo I – Disposições preliminares

Nesta parte do Decreto n.º 9.283/18, são apresentados conceitos importantes para a compreensão do marco legal de CT&I. Destes, três merecem destaque:

- **Risco Tecnológico** – possibilidade de insucesso, no desenvolvimento de solução, decorrente de processo em que o resultado é incerto em função da insuficiência do conhecimento técnico-científico à época em que se decide realizar a ação;
- **ICT pública** – aquela integrante da administração pública direta ou indireta, incluídas as empresas públicas e as sociedades de economia mista; e
- **ICT privada** – aquela constituída sob a forma de pessoa jurídica de direito privado sem fins lucrativos.

2.2. Capítulo II – Do estímulo à construção de ambientes especializados e cooperativos de inovação

Três seções dividem esse capítulo, iniciando-se pelas alianças estratégicas e pelos projetos de cooperação. Esse estímulo e apoio podem ser dados pela administração direta e fundacional, incluídas as agências reguladoras e as de fomento às empresas, as ICT e entidades privadas sem fins lucrativos, que lidam com atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que objetivem a geração de produtos, processos e serviços inovadores e a transferência e a difusão de tecnologia.

A segunda seção desse capítulo regula a participação minoritária, no capital social de empresas, das seguintes instituições: ICT públicas integrantes da administração pública indireta; agências de fomento; empresas públicas; e sociedades de economia mista. Esse dispositivo possibilita a sociedade, de forma minoritária, em empresas, com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de produtos e processos inovadores, desde que estejam de acordo com as diretrizes e as prioridades definidas por esses estabelecimentos em suas políticas de CT&I e de desenvolvimento industrial. Garante, ainda, a nova dinâmica da inovação apoiando o capital de novas empresas *startups* para o desenvolvimento de novos produtos e serviços. Entretanto, isso requer um trabalho por parte dessas instituições em estabelecer suas políticas de CT&I e de desenvolvimento industrial.

Há, ainda, a possibilidade dessas ICT públicas, agências de fomento, empresas públicas e sociedades de economia mista instituírem fundos mútuos de investimento em empresas, por meio de recursos captados do sistema de distribuição de valores mobiliários e regulados por normas da Comissão de Valores Mobiliários (CVM). Esse procedimento poderá diluir o risco de

investimento em projetos de menor nível de maturidade tecnológica e, assim, oferecer maior dinamismo ao mercado de *Venture Capital*.

Na terceira sessão, são regulamentados os ambientes promotores da inovação, tendo em vista que a administração pública direta, as agências de fomento e as ICT poderão apoiar a criação, a implantação e a consolidação desses espaços. Assim, iniciativas como laboratórios abertos, ambientes de *coworking*, incubadoras e parques tecnológicos poderão ser apoiadas por órgãos públicos por meio de:

1. Cessão de uso de bem público, para a instalação e a consolidação de ambientes promotores da inovação;
2. Participação na criação e da governança das entidades gestoras de ambientes promotores da inovação, desde que adotem mecanismos que assegurem a segregação das funções de financiamento e de execução e operação;
3. Concessão, quando couber, financiamento, subvenção econômica, outros tipos de apoio financeiro reembolsável ou não reembolsável e incentivos fiscais e tributários, para a implantação e a consolidação de ambientes promotores da inovação, incluída a transferência de recursos públicos para obras que caracterizem a ampliação de área construída ou a instalação de novas estruturas físicas, em terrenos de propriedade particular, destinadas ao funcionamento de ambientes promotores da inovação; e
4. Disponibilização de espaço em prédios compartilhados.

Esse apoio à criação e à implantação de ambientes promotores da inovação gera a expectativa de que prédios ou espaços públicos atualmente desocupados ou degradados possam ser disponibilizados para a ocupação com atividades promotoras de novos negócios.

2.3. Capítulo III – Do estímulo à participação da Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação no processo de inovação

Esse capítulo é dividido em três seções, sendo que a primeira trata da transferência de tecnologia e de licenciamento para outorga de direito de uso ou de exploração de criação desenvolvida pela ICT pública para empresas. A realização de licitação em contratação executada por ICT ou por agência de fomento para transferência de tecnologia e para o licenciamento de direito de uso ou de exploração de criação protegida é dispensável. Esse dispositivo facilitará a chegada ao

mercado e a consequente comercialização de produtos e serviços desenvolvidos isoladamente ou em parceria com ICT públicas e protegidos por propriedade intelectual.

A ICT pública poderá, ainda, ceder os seus direitos sobre a criação, por meio de manifestação expressa e motivada e a título não oneroso, ao criador, ou seja, professor ou pesquisador, para que ele exerça esses direitos em seu próprio nome e sob a sua inteira responsabilidade. Essa cessão de direitos poderá ocorrer também com terceiros, mas, dessa forma, mediante remuneração, nas hipóteses previstas na política de inovação da ICT.

Por sua vez, a segunda seção do Capítulo III trata dos procedimentos para a elaboração da política de inovação da ICT pública, incluindo diretrizes e objetivos para a participação, a remuneração, o afastamento e a licença de servidor ou empregado público nas atividades de inovação. Assim, fica permitido ao pesquisador público, individual ou associadamente, constituir empresa com a finalidade de desenvolver atividade empresarial relativa à inovação. Tais procedimentos visam a alavancar o empreendedorismo por parte de pesquisadores com o objetivo de promover a inovação.

A mesma seção II ainda regula que os Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT), definidos na Lei n.º 10.973/2004, poderão ser constituídos com personalidade jurídica própria, como entidade privada sem fins lucrativos, inclusive na forma de fundação de apoio, reforçando seu papel, no âmbito das unidades do setor, na gestão da política institucional de inovação. O Decreto n.º 9.283/2018 reforça a necessidade de a ICT pública prestar informações ao MCTIC, o que atualmente é executado por meio do Formulário para Informações sobre a Política de Propriedade Intelectual das Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação do Brasil (Formict). A ICT privada, beneficiada pelo Poder Público, deverá enviar informações igualmente.

A terceira seção desse capítulo regula a internacionalização das ICT. Assim, o poder público manterá mecanismos de fomento, apoio e gestão adequados à internacionalização das ICT públicas, que poderão exercer, no exterior, atividades com ciência, tecnologia e inovação, inclusive com a celebração de acordos, convênios, contratos ou outros instrumentos com empresas estrangeiras ou organismos internacionais. Essa regra promove a cooperação internacional das ICT e permite, até mesmo, que a ICT pública envie recursos humanos para atuação no exterior. Também estimula empresas estrangeiras ou organismos internacionais a firmarem acordos técnico-científicos com ICT nacionais, impulsionando projetos cooperativos de interesse comum.

2.4. Capítulo IV – Do estímulo à inovação nas empresas

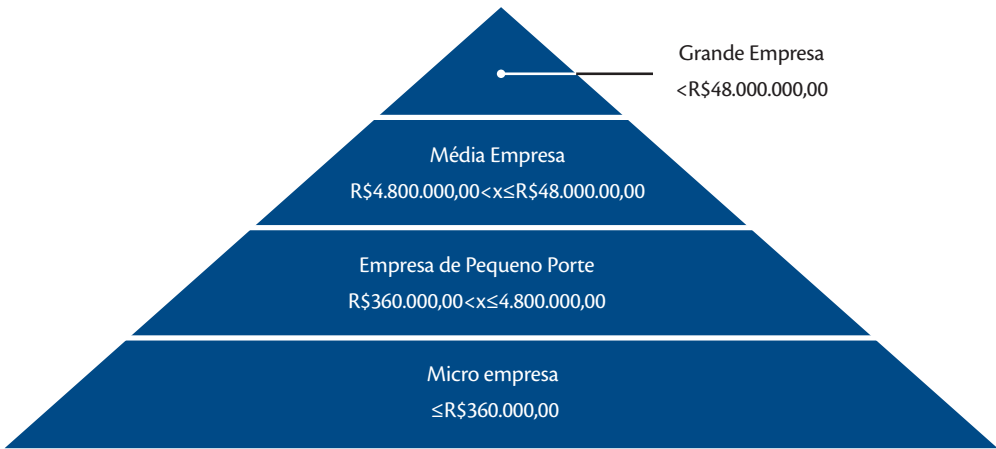
O capítulo é dividido em cinco seções que tratam dos instrumentos de estímulo à inovação: subvenção econômica; financiamento; participação societária; bônus tecnológico; encomenda tecnológica; incentivos fiscais; concessão de bolsas; uso do poder de compra do Estado; fundos de investimentos; fundos de participação; títulos financeiros, incentivados ou não; e previsão de investimento em P&D em contratos de concessão de serviços públicos ou em regulações setoriais.

A subvenção econômica, por meio de recurso não reembolsável, sempre deverá ser acompanhada de contrapartida, financeira ou econômica, independente do porte da empresa, admitida sua destinação para despesas de capital (investimentos e imobilizado) e correntes, desde que destinadas à atividade financiada. Regula que a subvenção econômica ocorre por meio do instrumento jurídico Termo de Outorga e estabelece seu conteúdo, inclusive quanto à contrapartida, financeira ou econômica. As empresas irão registrar as despesas realizadas em uma plataforma eletrônica específica que será construída pelo MCTIC e pelo Ministério da Economia (ME).

A respeito do apoio a projetos, o regulamento permite a utilização de materiais ou infraestrutura integrantes do patrimônio do órgão ou da entidade incentivador(a) ou promotor(a) da cooperação. Assim, equipamentos em universidades e ICT poderão ser disponibilizados para apoiar essas atividades de promoção da inovação.

O bônus tecnológico é uma subvenção a microempresas e empresas de pequeno porte, destinada ao pagamento de compartilhamento e ao uso de infraestrutura de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos, de contratação de serviços tecnológicos especializados ou de transferência de tecnologia. A Figura 1 expõe os portes de empresas, conforme a receita bruta anual, estabelecidos pelo novo regulamento.

Figura 1. Portes de empresas estabelecidos pelo Decreto n.º 9.283/2018, com os limites da receita bruta anual (faturamento bruto)



Fonte: Os próprios autores.

A empresa beneficiária da concessão do bônus tecnológico fica obrigada à contrapartida, que pode ser financeira ou econômica (não-financeira), na forma estabelecida pela concedente e pelo Termo de Outorga. O bônus deve ser utilizado no prazo máximo de doze meses, contado a partir da data do recebimento dos recursos pela empresa. Um exemplo de bônus tecnológico é o Programa de Serviços em Inovação e Tecnologia (Sebraetec) do Serviço de Apoio à Micro e Pequena Empresa (Sebrae), mas outros instrumentos, como o Programa Brasil Mais Produtivo – atualmente coordenado pela Secretaria de Desenvolvimento da Indústria, Comércio, Serviços e Inovação (SDIC) do ME -, poderão ser reforçados para o desenvolvimento de projetos tecnológicos junto às micro e pequenas empresas (MPE). O regulamento, como premissa, foca mais nos resultados dos projetos cooperativos e, assim, a prestação de contas será feita de forma simplificada.

A Encomenda Tecnológica (Etec) é uma compra pública voltada a encontrar solução para determinado problema, por meio de desenvolvimento tecnológico, correspondendo a tipos especiais de compras públicas diretas, voltadas a situações específicas, nas quais exista risco tecnológico (RAUEN; BARBOSA, 2019). Esse procedimento é comum em outros países, onde, por exemplo, o Estado pode demandar uma encomenda tecnológica para uma ICT ou empresa, tendo como produto uma vacina específica para debelar uma epidemia. Pode gerar um avanço também para os projetos da Defesa, como ocorreu com o desenvolvimento do novo cargueiro KC390 da Embraer.

A celebração do contrato de Etec fica condicionada à aprovação prévia de projeto específico, que deve conter as etapas de execução do contrato estabelecidas em cronograma físico-financeiro e incluir o acompanhamento das entregas em suas diversas fases. A contratação poderá englobar a transferência de tecnologia para viabilizar a produção e o domínio de tecnologias essenciais para o País. O fornecimento, em escala ou não, do produto, do serviço ou do processo inovador resultante da encomenda tecnológica poderá ser contratado com dispensa de licitação, inclusive com o próprio desenvolvedor da encomenda.

O Decreto ainda regulamenta as formas de remuneração decorrentes do contrato de Etec efetuado proporcionalmente aos trabalhos executados no projeto, consoante o cronograma físico-financeiro aprovado, com a possibilidade de adoção de remunerações adicionais associadas ao alcance das metas de desempenho do projeto. Os órgãos e as entidades da administração pública poderão utilizar cinco diferentes modalidades de remuneração de contrato de encomenda para compartilhar o risco tecnológico e contornar a dificuldade de estimar os custos de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), a partir de pesquisa de mercado. Essas modalidades são definidas como:

1. **Preço fixo:** aquele utilizado quando o risco tecnológico é baixo e em que é possível antever, com nível razoável de confiança, os reais custos da encomenda, hipótese em que o termo de contrato estabelecerá o valor a ser pago ao contratado e o pagamento ocorrerá ao final de cada etapa do projeto ou ao final do projeto. Foram colocadas travas para possíveis reajustes para recomposição do equilíbrio econômico-financeiro decorrente de caso fortuito ou força maior.
2. **Preço fixo mais remuneração variável de incentivo:** utilizado quando as partes podem prever, com margem de confiança, os custos do projeto e quando for de interesse do contratante estimular o alcance de metas previstas no projeto relativas aos prazos ou ao desempenho técnico do contratado.
3. **Reembolso de custos sem remuneração adicional:** utilizado quando os custos do projeto não são conhecidos no momento da realização da encomenda em razão do risco tecnológico. Por esse motivo, a administração pública arca somente com as despesas associadas ao projeto, incorrida pelo contratado, e não caberá remuneração ou outro pagamento além do custo, sendo indicada para encomenda tecnológica celebrada com entidade sem fins lucrativos ou cujo contratado tenha expectativa de ser compensado com benefícios indiretos, a exemplo de algum direito sobre a propriedade intelectual ou da transferência de tecnologia.

4. **Reembolso de custos mais remuneração variável de incentivo:** diz respeito àqueles que, além do reembolso de custos, adotam remunerações adicionais vinculadas ao alcance das metas previstas no projeto, em especial metas associadas à contenção de custos, ao desempenho técnico e aos prazos de execução ou entrega.
5. **Reembolso de custos mais remuneração fixa de incentivo:** corresponde àqueles que, além do reembolso de custos, estabelecem o pagamento ao contratado de remuneração negociada entre as partes e que será definida no contrato. Essa modalidade de remuneração possui travas para reajustes objetivando ao equilíbrio econômico-financeiro do projeto, conforme o disposto no parágrafo 4º, artigo 29 do Decreto nº 9.283/2018.

2.5. Capítulo V – Dos instrumentos jurídicos de parceria

Este capítulo define três instrumentos jurídicos de parceria e os procedimentos a serem observados para sua utilização, como descrito a seguir:

1. **Termo de Outorga:** é o instrumento jurídico utilizado para concessão de bolsas, auxílios, bônus tecnológico e subvenção econômica. As condições e responsabilidades, os valores e prazos desse instrumento dependerão de ato normativo a ser estabelecido por cada órgão ou entidade.
2. **Acordo de parceria:** é o instrumento jurídico celebrado por ICT com instituições públicas e privadas para a realização de atividades conjuntas de: pesquisa científica e tecnológica; e desenvolvimento de tecnologia, produto, serviço ou processo, sem transferência de recursos financeiros públicos para o parceiro privado. Deverá ser precedido da negociação entre os parceiros sobre o plano de trabalho, que deve incluir: descrição das atividades conjuntas a serem executadas; metas a serem alcançadas; prazos previstos para execução; meios a serem empregados pelos parceiros; previsão da concessão de bolsas, quando couber; definição da propriedade intelectual; e participação nos resultados. Permite que o servidor, o militar, o empregado de ICT pública e o estudante de curso técnico, de graduação ou pós-graduação, envolvidos na execução das atividades de PD&I, recebam bolsas de estímulo à inovação diretamente da ICT a que estiverem vinculados. A ICT é dispensada de licitação ou outro processo competitivo de seleção equivalente.
3. **Convênio:** é o instrumento jurídico de transferência voluntária celebrado entre os órgãos e as entidades da União, as agências de fomento e as ICT, públicas e privadas, para a

execução de projetos de PD&I, com transferência de recursos financeiros públicos. A exigência de contrapartida como requisito para celebração do convênio para PD&I dependerá de ato conjunto dos ministros do MCTIC e ME. Poderá ser feito por meio de: processo seletivo promovido pela concedente; ou apresentação de proposta de projeto por iniciativa de ICT pública.

Entre os instrumentos jurídicos regulamentados e ratificados pela Lei n.º 13.243/2016 está a definição, no acordo de parceria, da titularidade da propriedade intelectual e da participação nos resultados da exploração das criações provenientes da parceria, assunto muito sensível para as empresas, pois os esforços em levar um produto ou serviço ao mercado superam o desenvolvimento tecnológico do nível mais elevado da maturidade tecnológica (TAO *et al.*, 2010). A ICT pública poderá, assim, ceder ao parceiro privado a totalidade dos direitos de propriedade intelectual mediante compensação, financeira ou não financeira, desde que economicamente mensurável, inclusive quanto ao licenciamento da criação à administração pública, sem o pagamento de royalties ou outro tipo de remuneração. Caso o parceiro detentor do direito exclusivo de exploração de criação protegida não comercialize a criação no prazo e nas condições definidos no acordo, os direitos da propriedade intelectual serão revertidos em favor da ICT pública.

2.6. Capítulo VI – Das alterações orçamentárias

O propósito desse capítulo foi buscar o disposto no parágrafo 5º do artigo 167 da Constituição Federal, trecho incluído pela Emenda Constitucional n.º 85/2015, que flexibiliza as alterações orçamentárias:

A transposição, o remanejamento ou a transferência de recursos de uma categoria de programação para outra poderão ser admitidos, no âmbito das atividades de ciência, tecnologia e inovação, com o objetivo de viabilizar os resultados de projetos restritos a essas funções, mediante ato do Poder Executivo, sem necessidade da prévia autorização legislativa.

Isso garantiria ao pesquisador alterar o orçamento e os investimentos do projeto conforme seu desenvolvimento, tendo em vista que o processo de PD&I contém riscos e os meios para se chegar aos resultados podem variar com as descobertas ao longo desse processo. Assim, a transposição, o remanejamento ou a transferência de recursos de uma categoria de programação para outra poderão ocorrer com o objetivo de conferir eficácia e eficiência às atividades de CT&I. Entretanto, essas modificações não podem alterar a dotação prevista na lei orçamentária anual e ficam permitidas as alterações na distribuição entre grupos de despesa que não ultrapassem 20%

do valor total do projeto, sendo necessária apenas uma comunicação por parte do responsável pelo projeto à concedente. Para alterações que superem esse percentual, é necessária a anuência prévia e expressa da concedente.

2.7. Capítulo VII – Da prestação de contas

Este capítulo expõe outra importante regulamentação com foco no resultado do objeto, observando duas etapas: o monitoramento e a avaliação por meio de formulário de resultado; e a prestação de contas final por meio da apresentação de relatório. A concedente poderá contratar auditoria independente para análise da execução financeira dos instrumentos: convênio para PD&I, termo de outorga para subvenção econômica e termo de outorga de auxílio. Poderá, do mesmo modo, aplicar técnicas estatísticas para utilização de critérios de análise diferenciados.

O monitoramento, a avaliação e a prestação de contas deverão priorizar o alcance de metas. Caso estas não sejam alcançadas em razão do risco tecnológico inerente ao projeto, não haverá punição, desde que a fundamentação de tal ocorrência receba o aceite por parte da concedente. Há a exigência de que as instituições concedentes forneçam orientações gerais e modelos dos relatórios a serem utilizados e promovam a publicidade dos projetos subsidiados de seus produtos, de seus resultados, de suas prestações de contas e de suas avaliações, sem prejuízo de propriedade intelectual.

Assim, as observações das duas etapas são:

1. **Monitoramento e avaliação:** deverão observar os objetivos, o cronograma, o orçamento, as metas e os indicadores previstos no plano de trabalho. O responsável pelo projeto deverá apresentar formulário de resultado parcial anualmente, durante a execução do objeto, ou quando solicitado pela instituição concedente. A regulamentação promove o acompanhamento atualizado por sistema eletrônico de monitoramento, onde constarão informações quanto ao cumprimento do cronograma e à execução do orçamento previsto. À concedente fica facultada a realização de visitas, comunicadas com antecedência mínima de três dias, durante essa etapa, para acompanhamento técnico ou fiscalização financeira deste projeto. Essa fase serve para: que a concedente aponte as possíveis ocorrências de não conformidades; a adoção de medidas com vista à regularização de falhas observadas; e a proposição de ajustes ao projeto de PD&I. A concedente emite um parecer técnico quanto à execução do plano de trabalho e ao alcance das metas estabelecidas para o período considerado, sendo necessária a publicidade deste plano. A liberação de parcela não ficará condicionada à espera da

aprovação dos formulários de resultados parciais entregues e pendentes de análise pela concedente dos recursos, desburocratizando o acesso às novas parcelas.

2. **Prestação de contas final:** será simplificada e privilegiará os resultados obtidos, mesmo que, em função do risco tecnológico ou das incertezas intrínsecas à atividade de PD&I, sejam diversos daqueles almejados, sendo encaminhada pelo responsável pelo projeto ao concedente, encerrada a vigência do instrumento, no prazo de até 60 dias, que pode ser prorrogado por igual período, a pedido. Caso se verifique irregularidade ou omissão passível de ser sanada, o beneficiário apresentará à concedente, em prazo compatível com o objeto, as razões ou a documentação necessária. A análise da prestação de contas final deverá ser concluída no prazo de até um ano, prorrogável por igual período, sendo que a documentação gerada deverá ser organizada e arquivada pelo responsável pela pesquisa, separada por projeto, pelo prazo de até cinco anos, contado da data de aprovação da prestação de contas final. Esta deverá conter: o relatório de execução do objeto; a declaração de que o beneficiário utilizou os recursos exclusivamente para a execução do projeto; a relação de bens adquiridos, desenvolvidos ou produzidos; a avaliação de resultados; e o demonstrativo consolidado das transposições, dos remanejamentos ou das transferências de recursos efetuados. Somente quando a execução do objeto não for aprovada ou houver indício de ato irregular a concedente exigirá a apresentação de relatório de execução financeira.

2.8. Capítulo VIII – Da contratação de produtos para pesquisa e desenvolvimento

O Decreto busca regulamentar os processos de contratação por dispensa de licitação (inciso XXI, artigo 24, Lei n.º 8.666/1993), dando agilidade para a aquisição de produtos de P&D, que serão instruídos, no mínimo, com as seguintes informações: indicação do programa e da linha de pesquisa a que estão vinculados; descrição do objeto de pesquisa; relação dos produtos a serem adquiridos ou contratados; e relação dos pesquisadores envolvidos e suas atribuições no projeto. A escolha da melhor proposta poderá considerar o menor preço, a melhor técnica ou a combinação de técnica e preço, cabendo ao contratante justificar a escolha do fornecedor. A justificativa para isso poderá considerar todas as características do objeto, tais como: atributos funcionais ou inovadores do produto; qualificação e experiência do fornecedor, do executante ou da equipe técnica encarregada; serviço e assistência técnica do pós-venda; prazo de entrega ou de execução; custos indiretos relacionados com despesas de manutenção, utilização, reposição e depreciação; e impacto ambiental.

Limitam-se os casos de aditamento nas contratações por dispensa de licitação de obras e serviços de engenharia somente nas hipóteses de: recomposição do equilíbrio econômico-financeiro decorrente de caso fortuito ou força maior; ou por necessidade de alteração do projeto ou das especificações para melhor adequação técnica aos objetivos da contratação.

No caso de aquisição de produtos para pronta entrega, poderá ser dispensada a documentação da fase de habilitação em razão das características do objeto da contratação e observadas as disposições no caso de fornecedor estrangeiro. As informações sobre projetos de produtos de pesquisa e desenvolvimento poderão ser consideradas como sigilosas quando imprescindível à segurança da sociedade ou do Estado, podendo ser exigida a assinatura de Termo de Compromisso de Manutenção de Sigilo (parágrafo único, artigo 18, Decreto n.º 7.845/2012).

A contratação de obras e serviços de engenharia enquadrados como produtos para pesquisa e desenvolvimento poderá ocorrer na modalidade integrada, que compreende a elaboração e o desenvolvimento dos projetos básico e executivo, a execução de obras e serviços de engenharia, a montagem, a realização de testes, a pré-operação e as demais operações necessárias e suficientes para entrega final do objeto, podendo a contratante adotar o Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC).

2.9. Capítulo IX – Da importação de bens para pesquisa, desenvolvimento e inovação

É concedida isenção do Imposto de Importação (II) em relação aos bens importados por empresas na execução de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, aplicando-se àquelas realizadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por cientistas, pesquisadores, ICT e entidade sem fins lucrativos ativas no fomento, na coordenação ou na execução de programas de pesquisa científica e tecnológica ou de ensino, devidamente credenciadas pelo CNPq.

A isenção do Imposto de Importação concedida a empresas habilitadas aplica-se a máquinas, equipamentos, aparelhos e instrumentos, além de suas partes, peças de reposição, matérias-primas e seus acessórios e produtos intermediários.

Serão observadas as seguintes etapas para a isenção do imposto de importação: credenciamento da empresa junto ao CNPq; apresentação de declaração de que os bens importados serão exclusivamente utilizados em atividades de PD&I; e indicação do projeto de PD&I aprovado pelo CNPq no qual será utilizado. A quota global de importações será distribuída e controlada pelo CNPq.

Os processos de importação e de desembaraço aduaneiro de bens, insumos, reagentes, peças e componentes utilizados em pesquisa científica e tecnológica ou em projetos de inovação terão tratamento prioritário e procedimentos simplificados e equivalente àquele previsto para mercadorias perecíveis, possibilitando maior agilidade.

2.10. Capítulo X – Disposições finais

Os instrumentos jurídicos celebrados entre as ICT, as instituições de apoio, as agências de fomento e as entidades nacionais de direito privado sem fins lucrativos que atuam com atividades de PD&I poderão prever a designação de até 15% do valor total dos recursos financeiros destinados à execução do projeto para custear as despesas operacionais e administrativas necessárias ao cumprimento desses acordos, convênios e contratos.

3. Conclusão

O Decreto n.º 9.283/2018 regulamenta, como tratado anteriormente, diversas alterações propostas pela Lei n.º 13.243 que estimulam a constituição de alianças estratégicas e o desenvolvimento de projetos de cooperação que envolvam o setor privado, as ICT, públicas e privadas, e órgãos da administração direta e indireta.

Permite que as entidades da administração pública direta, as agências de fomento, às empresas públicas e às sociedades de economia mista venham a participar minoritariamente do capital social de empresas.

Regulamenta o apoio à criação, implantação e consolidação de ambientes promotores da inovação.

Promove facilidades para a transferência de tecnologia das ICT públicas para o setor privado.

Permite a autonomia para que as ICT públicas criem sobre própria política de inovação que orientará a transferência de tecnologia e a geração de inovação no ambiente produtivo.

Estabelece que os Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) sejam constituídos com personalidade jurídica própria, como entidade privada sem fins lucrativos.

Adequa o movimento pró-internacionalização das ICT, promovendo atividades com outras entidades e empresas do exterior ou, mesmo, atividades fora do território nacional.

Aperfeiçoa os instrumentos para estímulo à inovação nas empresas, como a permissão de uso de despesas de capital na subvenção econômica, regulamentação da encomenda tecnológica e criação do bônus tecnológico.

Regulamenta os instrumentos jurídicos de parcerias para pesquisa, desenvolvimento e a inovação: termo de outorga, acordo de parceria e o convênio. Permite que até 20% do valor total do projeto possam ser remanejados entre as categorias de programação das rubricas orçamentárias.

A prestação de contas é simplificada e focada no monitoramento de indicadores e metas, privilegiando os resultados obtidos.

Torna dispensável a licitação para a aquisição ou contratação de produto para pesquisa e desenvolvimento.

A documentação exigida para contratação de produto para pesquisa e desenvolvimento pode ser dispensada para a contratação, desde que para pronta entrega ou até o valor de R\$80.000,00.

Agiliza os processos de importação e desembaraço aduaneiro de bens e produtos utilizados em pesquisa científica e tecnológica ou em projetos de inovação e equivale a tratamento dado a mercadorias perecíveis.

Com efeito, são necessárias, ainda, uma divulgação dessas alterações, a orientação às entidades reguladoras e a participação das entidades estaduais e municipais nesse processo, de modo a permitir que a legislação possa promover mudanças profundas nas atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação.

Referências

ARBIX, G.; SALERNO, M.S.; AMARAL, G.; LINS, L.M. Avanços, equívocos e instabilidade das políticas de inovação no Brasil. **Novos Estud. Cebrap**. São Paulo, v.36, n. 03, 2017.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. **Plano Inova Empresa**: Planos conjuntos de apoio à inovação em diversos setores estratégicos. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/plano-inova-empresa>.

BRASIL. **Decreto nº 7.845, de 14 de novembro de 2012**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Decreto/D7845.htm.

BRASIL. **Decreto nº 8.269, de 25 de junho de 2014**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8269.htm.

BRASIL. **Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm.

BRASIL. **Emenda Constitucional nº. 85, de 26 de fevereiro de 2015**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc85.htm.

BRASIL. **Lei nº. 8.010, de 29 de março de 1990**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1989_1994/L8010.htm.

BRASIL. **Lei nº. 8.032, de 12 de abril de 1990**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8032.htm.

BRASIL. **Lei nº. 8.248, de 23 de outubro de 1991**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8248.htm.

BRASIL. **Lei nº. 8.661, de 2 de junho de 1993**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8661.htm.

BRASIL. **Lei nº. 8.666, de 21 de junho de 1993**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm.

BRASIL. Lei nº. 8.958, de 20 de dezembro de 1994. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8958compilado.htm

BRASIL. Lei nº. 9.478, de 6 de agosto de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9478.htm.

BRASIL. Lei nº. 9.991, 24 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9991.htm.

BRASIL. Lei nº. 9.992, de 24 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9992.htm.

BRASIL. Lei nº. 9.993, de 24 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9993.htm.

BRASIL. Lei nº. 9.994, de 24 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9994.htm.

BRASIL. Lei nº. 10.042, de 26 de outubro de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10042.htm.

BRASIL. Lei n. 10.146, de 21 de dezembro de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10146.htm.

BRASIL. Lei n. 10.176, de 11 de janeiro de 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10176.htm.

BRASIL. Lei n. 10.332, de 19 de dezembro de 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10332.htm.

BRASIL. Lei nº 10.973 de 02 de dezembro de 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10973.htm.

BRASIL. Lei nº. 11.077, de 30 de dezembro de 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11077.htm.

BRASIL. Lei nº. 11.105, de 24 de março de 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm.

BRASIL. Lei nº 11.196 de 21 de novembro de 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm.

BRASIL. Lei nº 11.540 de 12 de novembro de 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11540.htm.

BRASIL. Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12351.htm.

BRASIL. Lei nº 13.023, de 8 de agosto de 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13023.htm.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13243.htm.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC. **Plano Brasil Maior – Inovar para Competir**. Competir para crescer. Plano 2011/2014. Brasília (DF): 2011.

DE NEGRI, J.A.; MORAIS, J.M. Evolução das ações e programas da FINEP no apoio à inovação empresarial – 2003-2014. IPEA, **Radar**, n. 48, p. 19-24, 2016.

MENDES, D.R.F.; OLIVEIRA, M.A.C.; PINHEIRO, A.A. Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: avaliação do marco regulatório e seus impactos nos indicadores de inovação. **Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas**, v.2, n.1, p. 22-46, 2013.

NAZARENO, C. **As mudanças promovidas pela Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016 (novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação) e seus impactos no setor**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Estudo Técnico. 2016.

RAUEN, C.V. O novo marco legal da inovação no Brasil: o que muda na relação ICT-Empresa? IPEA, **Radar**, n. 43, p. 21-35, 2016.

RAUEN, A.T.; BARBOSA, C.M.M. **Encomendas tecnológicas no Brasil: guia geral de boas práticas**. Brasília: IPEA, 2019. ISBN 978-85-7811-346-9

TAO, L.; PROBERT, D.; PHAAL, R. Towards an integrated framework for managing the process of innovation. **R&D Management** v. 40, n. 1, 2010. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-9310.2009.00575.x/pdf>.

A interação entre indústria e academia no estabelecimento de convênios no âmbito da Lei de Informática (2015-2016)

Fábio Francisco Costa dos Santos¹ e André Pires Gontijo²

Resumo

A Lei 8.248/91, Lei de Informática (LI), se constitui como um importante mecanismo para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, estimulando pesquisa e desenvolvimento em tecnologias da informação e comunicação, ao fomentar convênios entre atores fundamentais: indústria e academia. Este artigo busca investigar a interação entre as instituições de ensino e as empresas habilitadas à fruição dos incentivos fiscais da LI e que realizaram projetos em convênio no período de 2015 a 2016. A observação dá ênfase os dados empíricos obtidos por meio dos relatórios demonstrativos anuais enviados pelas empresas beneficiárias aos órgãos responsáveis pela gestão

Abstract

The Law 8.248/91, Information Technology Law (LI), is an important mechanism for the country's scientific and technological development, stimulating research and development in information and communication technologies by fomenting agreements between two main actors: the industry and the academy. The purpose of this paper is to investigate the interaction between educational institutions and companies entitled to benefit from LI tax incentives that undertook joint projects in the period from 2015 to 2016. The observation emphasizes the empirical data obtained by the annual reports sent by companies beneficiaries to the management sectors of

1 Doutorando em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), mestre em Ciência Política pelo Centro Universitário Unieuro, em Brasília, e tecnologista em Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

2 Doutor em Direito pelo Centro Universitário de Brasília (UnICEUB). Professor titular da graduação em Direito e da pós-graduação *Lato Sensu* do UnICEUB; e da graduação em Direito e do mestrado em Ciência Política do Unieuro.

da LI, tendo como aporte metodológico a pesquisa documental. A análise dos dados possibilitou apontar caminhos para a melhoria da política pública referente ao tema, sugerindo ações ao governo baseadas nos instrumentos discutidos neste trabalho.

Palavras-chave: Lei de Informática. Políticas públicas. Tecnologia da informação.

LI, having as a methodological contribution, documentary research. Data analysis made it possible to point out ways to improve public policy, suggesting actions to the government based on the instruments discussed in this paper.

Keywords: Informatics Law. Public policy. Information technology.

1. Introdução

A utilização das tecnologias de informação e comunicação (TIC) na sociedade moderna está tão arraigada em nosso cotidiano que é praticamente impossível imaginar um mundo sem computadores; *smartphones*; automação bancária e comercial; ou qualquer tipo de uso da tecnologia digital.

Muitas indústrias desse segmento se estabeleceram no Brasil há décadas e se mantiveram até a atualidade devido, além de suas competências, aos estímulos proporcionados pelas políticas públicas. Nessa ótica, destaca-se a Lei de Informática (LI), que, dentre outros aspectos, fomenta a pesquisa e desenvolvimento (P&D) em TIC no País (BRASIL, 1991). Uma das estratégias adotadas foi induzir parcerias entre as empresas beneficiárias dos incentivos da LI - indústria de componentes eletroeletrônicos - e instituições de ensino que atuem na área de TIC.

Os resultados dos projetos de P&D em TIC realizados pela indústria em convênio com a academia têm impacto em todas as esferas da sociedade, uma vez que estimulam a capacitação tecnológica e a formação de mão de obra especializada, promovem o desenvolvimento técnico e científico por meio da pesquisa básica e aplicada, além de contribuírem para a progressão da utilização das TIC no País. De acordo com a legislação vigente:

Art. 24. Consideram-se atividades de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias da informação, para fins do disposto nos arts. 1º e 8º:

I - trabalho teórico ou experimental realizado de forma sistemática para adquirir novos conhecimentos, visando a atingir objetivo específico, descobrir novas aplicações ou

obter ampla e precisa compreensão dos fundamentos subjacentes aos fenômenos e fatos observados, sem prévia definição para o aproveitamento prático dos resultados;

II - trabalho sistemático utilizando o conhecimento adquirido na pesquisa ou experiência prática, para desenvolver novos materiais, produtos, dispositivos ou programas de computador, para implementar novos processos, sistemas ou serviços ou, então, para aperfeiçoar os já produzidos ou implantados, incorporando características inovadoras;

III - serviço científico e tecnológico de assessoria, consultoria, estudos, ensaios, metrologia, normalização, gestão tecnológica, fomento à invenção e inovação, gestão e controle da propriedade intelectual gerada dentro das atividades de pesquisa e desenvolvimento, bem como implantação e operação de incubadoras de base tecnológica em tecnologias da informação, desde que associadas a quaisquer das atividades previstas nos incisos I e II deste artigo;

IV - formação ou capacitação profissional de níveis médio e superior:

a) para aperfeiçoamento e desenvolvimento de recursos humanos em tecnologias da informação;

b) para aperfeiçoamento e desenvolvimento de recursos humanos envolvidos nas atividades de que tratam os incisos de I a III deste artigo; e

c) em cursos de formação profissional, de nível superior e de pós-graduação, observado o disposto no inciso III do art. 27 (BRASIL, 2006).

Diante deste cenário, é importante salientar o referencial teórico que se apresenta como parâmetro da realização da política pública da LI em P&D.

2. Referencial teórico

Considerando a LI como um instrumento de política pública focada em P&D em TIC no País, para o desenvolvimento do presente trabalho, torna-se relevante destacar como referencial teórico o modelo da Hélice Tríplice, que foi desenvolvido por Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff (ETZKOWITZ, 2013). Em entrevista, Etzkowitz declara:

A ideia básica da hélice tríplice é que a chave para promover as condições de produção de inovação é a reunião daqueles três atores. As universidades como fonte de conhecimento, indústrias como recursos de implementação e o governo para determinar as regras do jogo e também aportar recursos (VALENTE, 2010).

O modelo proposto por Etzkovitz é marcado pela visão empreendedora da academia, focada na produção de conhecimento de viés aplicado, e numa posição de pró-atividade em relação à demanda, materializando o conhecimento acadêmico por meio da aproximação com a indústria, tendo o governo como regulador nesta interação. Assim, as três esferas mantêm-se em estado relativamente independente e distinto, com graduações de independência e interdependência, conflito e confluência de interesses. A Hélice Tríplice estabelece relação de cooperação entre as esferas, onde cada uma desempenha, no sentido da inovação, parte da função de outra: inova-se num ambiente de intersecção entre elas (ETZKOWITZ, 2013, p. 25).

O modelo de Etzkowitz aponta caminhos interessantes para uma interação mais profícua entre as esferas, no sentido da pesquisa, do desenvolvimento e da inovação. Os três atores componentes da estrutura possuem funções específicas que se completam, à medida que exercem seus papéis individualmente: o governo, fomentando o desenvolvimento utilizando instrumentos e políticas públicas; a indústria, atuando no setor produtivo e gerando bens e serviços; e a academia, buscando conhecimento por meio de P&D.

Analogamente, verifica-se, no mecanismo da LI, alguma intersecção, a começar pela identificação dos mesmos atores: governo, indústria e academia.

A similaridade dos papéis de cada segmento também pode ser claramente identificada. Segundo Etzkowitz (2003, p. 332), o governo deve prover recursos por meio de marco regulatório, incentivos, isenções fiscais, infraestrutura, financiamento e fomento de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Do mesmo modo, a LI e todo o seu mecanismo contam com o governo como regulador do processo abarcado pela referida legislação.

No modelo da Hélice Tríplice, a indústria, ao gerar bens e serviços, agrega valor por meio de melhorias nos produtos, nos processos de produção e na inovação. Essa necessidade intrínseca a sua sobrevivência torna imperativo o investimento em P&D. Com igualdade, as obrigações decorrentes dos incentivos fiscais obtidos pela LI têm, como contrapartida, a obrigatoriedade de investimentos em P&D em TIC.

Por último, destaca-se o papel da academia, cuja missão na Hélice Tríplice se baseia não somente no ensino e na pesquisa, mas como peça fundamental no desenvolvimento econômico

resultante da geração de conhecimento científico e tecnológico e da promoção da inovação. Nessa perspectiva, a LI preconiza a inserção da universidade no cumprimento das obrigações decorrentes do incentivo fiscal à empresa, incluindo legislação específica para a realização de projetos conveniados junto às mesmas.

3. A Lei de Informática e os atores em contexto

3.1. Cenário da indústria

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), as principais indústrias do setor de TIC em todo o mundo também atuam no Brasil, aportando recursos financeiros e humanos, tecnologia e conhecimento. Como divulga a Abinee:

A Lei de Informática conseguiu uma proeza incomum nos dias atuais. A legislação foi instrumento decisivo para atrair a manufatura eletrônica para o território nacional. Aqui estão os principais *players*³ mundiais do setor. Empresas que aplicaram milhões de dólares em suas instalações, que contrataram milhares de profissionais de diversos níveis de qualificação, inclusive técnicos que estão na fronteira avançada do conhecimento. O mesmo diploma legal permitiu que empresas criadas no Brasil ganhassem força e competitividade. Algumas disputam espaço em condições de igualdade com concorrentes de classe mundial. Outras são líderes dos segmentos em que atuam, surpreendendo analistas de mercado, acostumados a ver as grandes companhias internacionais sempre na liderança setorial. Como partes ativas desse ecossistema estão centenas de pequenas e médias empresas que integram a cadeia setorial de suprimentos de bens e serviços (ABINEE, 2014, p. 5)

Para a Abinee a presença de empresas tão importantes é consequência da força exercida pela LI no ecossistema de P&D, do qual participam e interagem, de um lado, as empresas beneficiárias dos incentivos fiscais e, do outro, os centros ou institutos de P&D, as incubadoras de base tecnológica e, por fim, as instituições de ensino e pesquisa enfatizadas neste trabalho.

De acordo com informações do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação (MCTIC), o número de empresas beneficiadas pela LI aumenta ano a ano, assim como o

3 Termo em Inglês para referenciar empresas que lideram, por sua produtividade, seu desempenho e retorno financeiro, além de seu patrimônio, o mercado no qual estão inseridas.

faturamento com os bens incentivados e, conseqüentemente, as obrigações de investimentos em P&D para o setor de TIC e os aportes de recursos em projetos conveniados com instituições credenciadas, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de empresas habilitadas aos incentivos fiscais da LI

Anos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Empresas	313	370	439	437	437	456	489	510	529	511

Fonte: Elaborada pelos autores (MCTIC, 2019).

O aumento do número de empresas que optam pelos incentivos fiscais provenientes da LI reflete as aspirações de crescimento no mercado, no qual as empresas vislumbram, sobretudo, um diferencial em seus produtos. Segundo estudo realizado pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), o desenvolvimento de novos produtos é a principal motivação para investimentos em P&D, seguido da busca por redução de custos (MCTIC, 2019).

Conforme previsto na legislação, as obrigações oriundas da fruição dos incentivos fiscais da LI estão diretamente relacionadas ao faturamento bruto com os produtos incentivados. Analogamente, há um aumento desses valores, conforme observado no Gráfico 1:

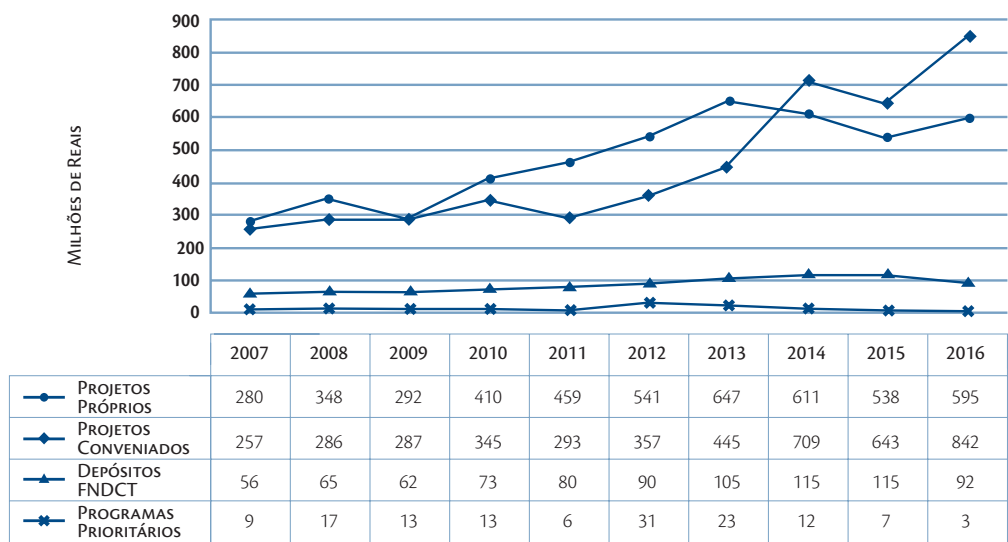


Gráfico 1. Distribuição das obrigações de aplicação em P&D (2007 a 2016)

Fonte: Elaborado pelos autores (MCTIC, 2019).

Destacam-se no Gráfico 1, os valores específicos destinados aos projetos conveniados, que, ao longo do período mensurado, apontam um aumento de mais de 300%, considerando-se os valores absolutos entre 2007 e 2016.

3.2. Cenário da academia

Verificou-se que, no período de 2015 e 2016, havia 233 instituições de ensino e pesquisa, considerando-se neste total todas as unidades aptas a desenvolver projetos junto às empresas beneficiárias dos incentivos fiscais da LI, conforme representado no Gráfico 2:

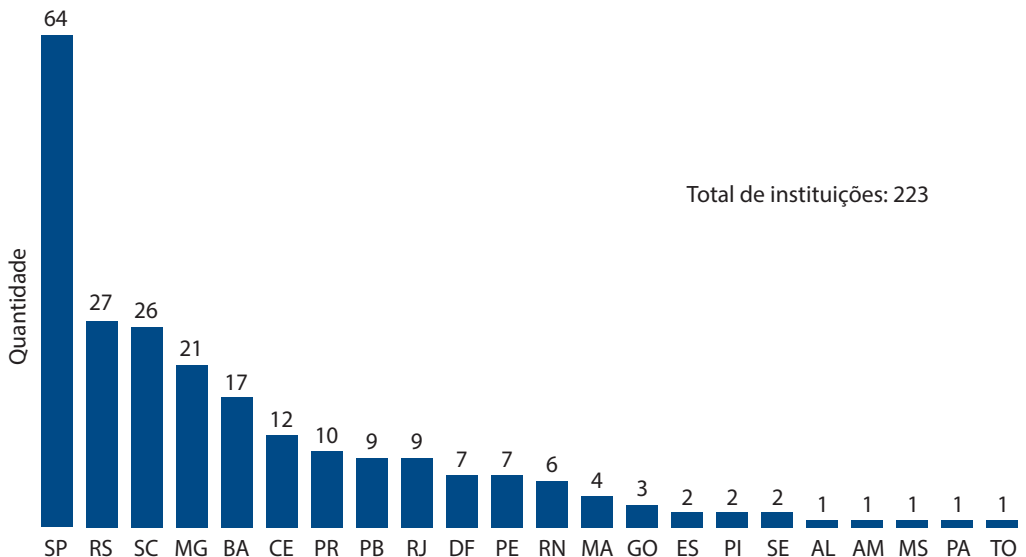


Gráfico 2. Quantidade de instituições de ensino e pesquisa credenciadas por UF

Fonte: Elaborado pelos autores (MCTIC, 2019).

No Gráfico 2, estão dispostas as quantidades de instituições por unidade, considerando-se como unidades os departamentos, cursos ou até laboratórios que atuam na área das TIC e que são indicados pelas instituições. Dessa forma, uma instituição pode ter contribuído com mais de uma unidade nesta contabilização. Assim, o referido gráfico expõe as quantidades distribuídas por unidade da Federação (UF), em ordem decrescente. As UF que não aparecem no gráfico não possuem instituição credenciada.

Por sua vez, o Gráfico 3 apresenta as informações das instituições de ensino e pesquisa que realizaram convênios junto a empresas incentivadas, distribuídas por UF. Nota-se uma redução da quantidade de instituições entre os anos, uma vez que, em 2015, 79 instituições participaram dos convênios e, em 2016, a quantidade diminuiu para 71 instituições.

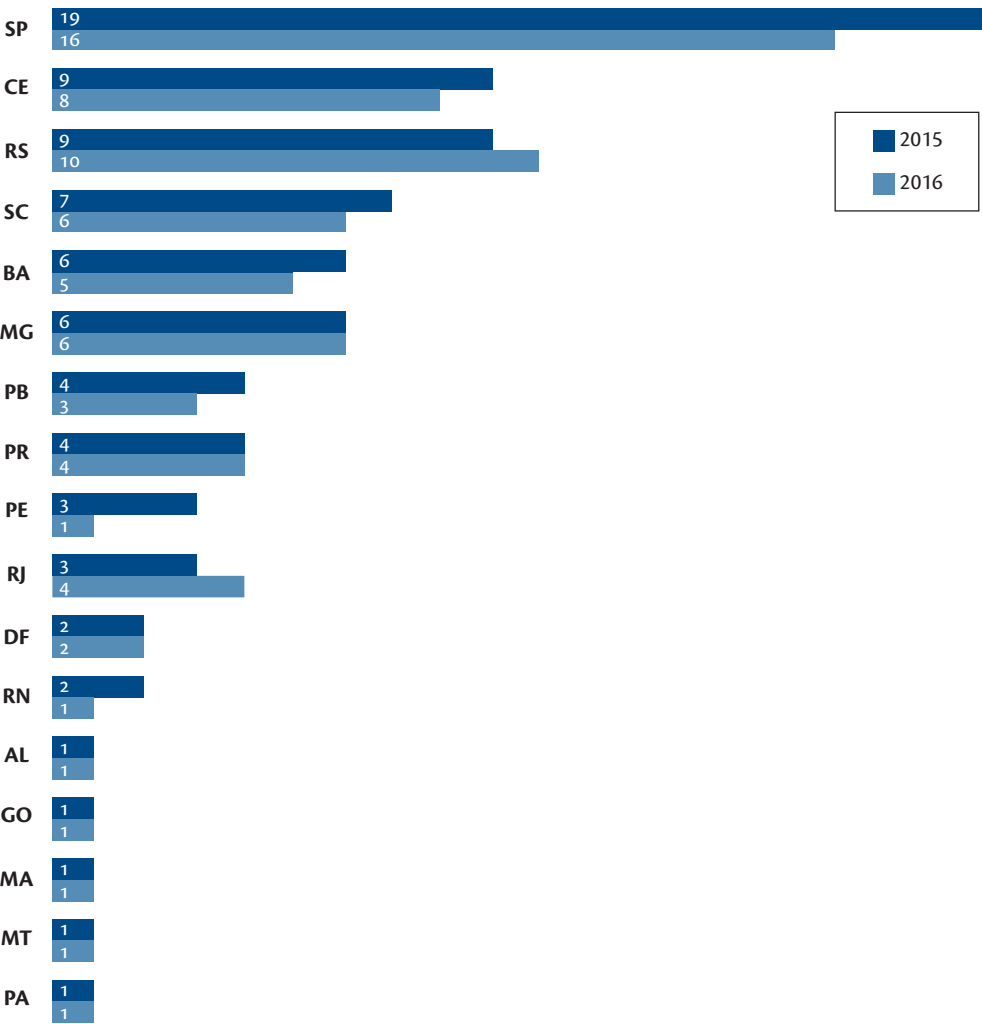


Gráfico 3. Quantidade de instituições de ensino e pesquisa que realizaram convênios em 2015 e 2016

Fonte: Elaborado pelos autores (MCTIC, 2019).

Na contabilização dos convênios, nota-se que instituições que realizaram convênios em 2015 podem não ter realizado em 2016 e vice-versa. O Gráfico 4 expõe a distribuição percentual das instituições durante o biênio, considerando as ocorrências únicas. Assim, têm-se uma observação de que apenas 37% das instituições credenciadas a realizar convênios os fizeram no período mensurado.

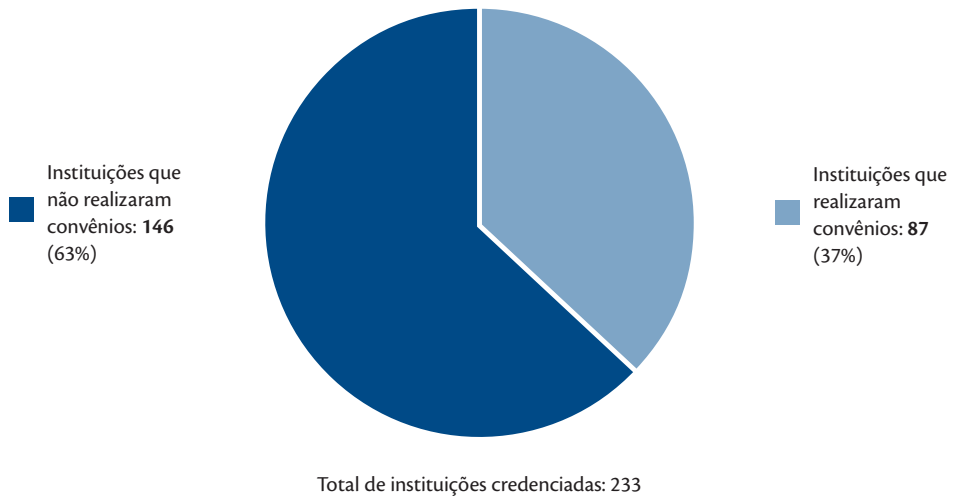


Gráfico 4. Distribuição percentual das instituições de ensino e pesquisa que realizaram convênios em 2015 e 2016

Fonte: Elaborado pelos autores (MCTIC, 2019).

No Gráfico 5, é apresentada uma classificação ordenada das 20 instituições de ensino e pesquisa que realizaram convênios em 2015/2016, seguindo o critério do maior número de empresas parceiras (*ranking*). A ideia é elencar as instituições para posterior verificação das diferenças entre elas, além da progressão ou regressão do número de parcerias entre os anos.

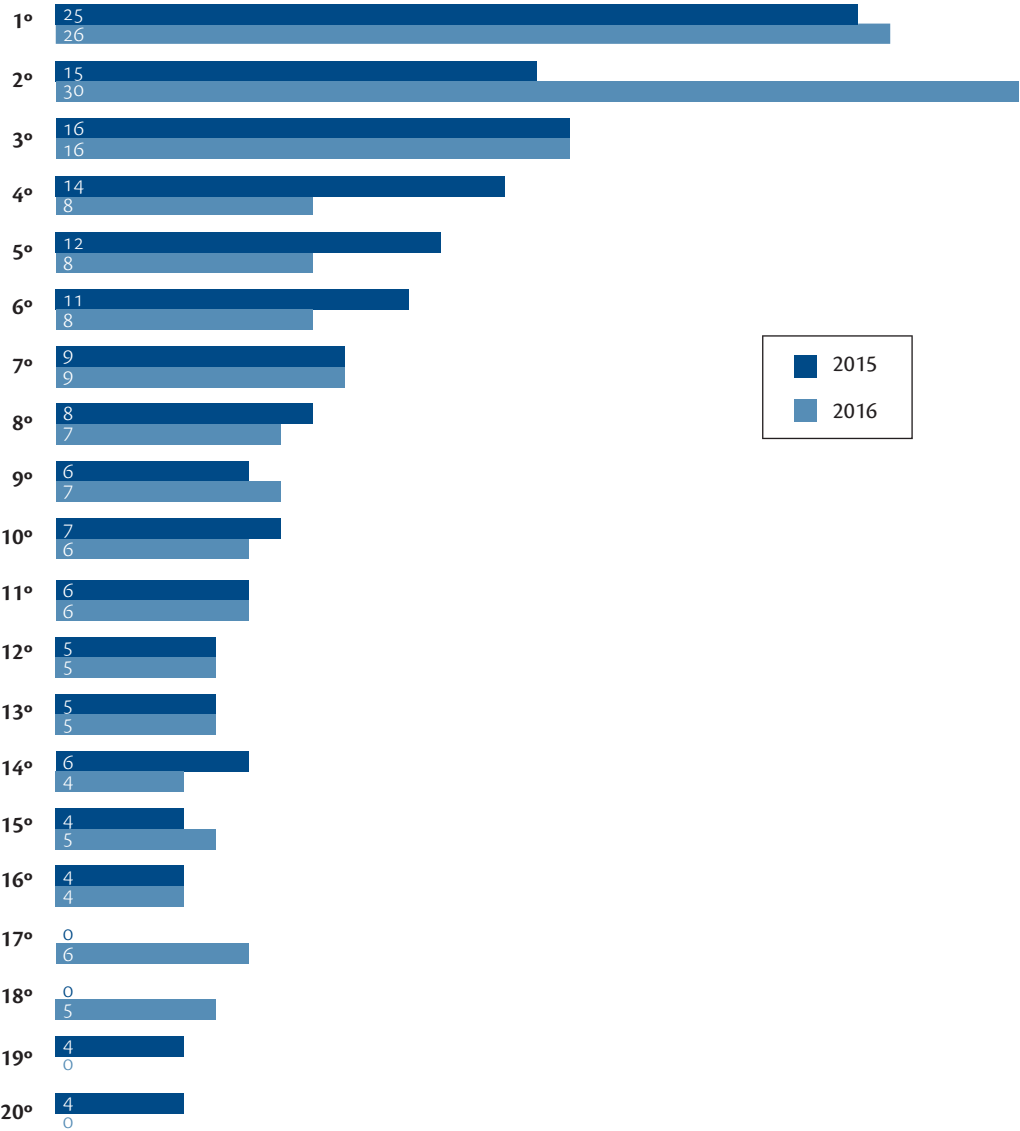


Gráfico 5. Ranking das 20 instituições de ensino e pesquisa por quantidade de empresas parcerias em 2015/2016.

Fonte: Elaborado pelos autores (MCTIC, 2019).

- 1º | **UECE** - Universidade Estadual do Ceará - Núcleo de Projetos em Tecnologia da Informação - NPTEC
- 2º | **UFCEG** - Universidade Federal de Campina Grande - Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica - EE
- 3º | **INATEL** - Instituto Nacional de Telecomunicações - Instituto Nacional de Telecomunicações, mantido pela Finatel - Sede
- 4º | **UFCEG** - Universidade Federal de Campina Grande - Unidade Acadêmica de Sistemas e Computação - DSC
- 5º | **UFPE** - Universidade Federal de Pernambuco - Centro de Informática - CIN
- 6º | **UFC** - Universidade Federal do Ceará - Departamento de Computação - DC
- 7º | **UECE** - Universidade Estadual do Ceará - Núcleo de Excelência em Gestão, Inovação, Tecnologia e Conhecimento - Gestic
- 8º | **PUC RS** - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Faculdade de Informática - Facin
- 9º | **UESC** - Universidade Estadual de Santa Cruz - Departamento de Ciências Exatas e Tecnologias - DCET
- 10º | **UFC** - Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia de Teleinformática - DETI
- 11º | **IFCE** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
- 12º | **PUC PR** - Pontifícia Universidade Católica do Paraná - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia - CCET
- 13º | **UFC** - Universidade Federal do Ceará - Departamento de Física - Dfis
- 14º | **SENAI-BA** - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial da Bahia - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia - Cimatec
- 15º | **UFMG** - Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Ciência da Computação - DCC
- 16º | **UnB** - Universidade de Brasília - Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - CDT
- 17º | **IFPB** - Instituto Federal da Paraíba - Instituto Federal da Paraíba (SEDE)
- 18º | **UFRGS** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Informática - INF
- 19º | **IFBA** - Instituto Federal da Bahia - Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia - Sede
- 20º | **UFC** - Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Elétrica - DEE

4. Considerações finais

As informações apresentadas traçam um panorama empírico do comportamento dos atores no estabelecimento de convênios no período mensurado, caracterizando os esforços e a manutenção da Lei de Informática como uma política pública que busca satisfazer os objetivos para os quais esta legislação foi criada, em que pese ao estabelecimento de parcerias entre empresas e universidades.

De forma geral, há uma progressão crescente na adesão dos atores a esta estrutura de incentivo à P&D em TIC, observando-se o aumento da quantidade de empresas incentivadas, como também das instituições credenciadas para realizar projetos em convênio. Entretanto, percebe-se, nas informações apresentadas, que a maioria das instituições se mantém inativa, não realizando projetos em convênios com empresas habilitadas à fruição dos incentivos fiscais da LI.

Constata-se também que algumas instituições se destacam pela maior permeabilidade no estabelecimento de convênios, alcançando maior número de parcerias junto a empresas distintas. Contudo, não são conhecidos os motivos pelos quais algumas instituições conseguem elevados números de parcerias, enquanto outras não obtêm os mesmos resultados ou, ainda, o que motiva a escolha da empresa por uma instituição específica.

A partir dessas informações, ficam evidentes as necessidades de: i) averiguação dos motivos pelos quais os aportes em convênios pelas instituições configuram-se no modo apresentado; e ii) principalmente, identificação de quais são os fatores motivadores para tais comportamentos, tanto da indústria quanto da academia. Sugere-se, portanto, estudos mais detalhados junto aos atores, de forma a investigar as facilidades e dificuldades encontradas para a realização de projetos. Tais análises poderão ampliar a compreensão sobre o tema e colaborar com eventuais melhorias na política pública direcionada ao setor.

Referências

ABINEE. **O Brasil na Infoera: Impactos da Lei de Informática no País.** Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 2014., Disponível em:
<http://www.abinee.org.br/programas/prog10.htm>. Acesso em: 07 mai. 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. **Resultados da Lei de Informática.** Brasília: 2019. Disponível em:
http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/incentivo_desenvolvimento/lei_informainfo/informacoes/resultados_lei_informatica.html. Acesso em: 07 mai. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991.** Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação, e dá outras providências. Brasília: 1991. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8248.htm. Acesso em: 07 mai. 2019.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 5.906, de 26 de setembro de 2006.** Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5906.htm. Acesso em: 07 mai. 2019.

ETZKOWITZ, H. Innovation in innovation: the triple helix of University-Industry-Government relations. **Social Science Information**, p. 293-337. 2003.

ETZKOWITZ, H. **Hélice Tríplice: universidade-indústria-governo: inovação em movimento.** Porto Alegre: EDIPUCRS. 2013.

VALENTE, L. Hélice tríplice: metáfora dos anos 90 descreve bem o mais sustentável modelo de sistema de inovação. **Conhecimento & Inovação**, v. 6, 2010.

SEÇÃO 4

AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS DE CT&I

Impactos do Programa Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (Sisbiota Brasil)

Proposta de análise segundo a Teoria da Mudança: do Ciência Sem Fronteiras ao Programa Institucional de Internacionalização

Fomento à pesquisa científica no Brasil: a colaboração dos pesquisadores de excelência

Abordagens de avaliação de políticas de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação a partir de algumas experiências

Impactos do Programa Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (Sisbiota Brasil)

Katia Torres Ribeiro¹, Roberto Gomes de Souza Berlinck², Mariana Otero Cariello³, Martha Marandino⁴,
Jean Paul Metzger⁵, Denise de Oliveira⁶, Fabio Rubio Scarano⁷ e Ima Célia Guimarães Vieira⁸

Resumo

Este artigo apresenta os principais impactos do Programa Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (Sisbiota Brasil), que investiu cerca de R\$ 44 milhões em 39 redes de pesquisa em todos os biomas brasileiros e na região marinha. A iniciativa movimentou extensa rede de 249 instituições, com implementação de 930 bolsas e o envolvimento de 3 mil participantes. Lançada em 2010, a primeira edição do Programa foi bem

Abstract

This article presents the main impacts of the National Biodiversity Research System Program (Sisbiota Brasil), which invested about R\$ 44 million (ca. US\$ 11 million) in 39 research networks spread in all the Brazilian biomes and marine region. This extended network included 249 institutions, 930 scholarships and 3,000 participants. Launched in 2010, the first Sisbiota edition was successful in characterizing biodiversity and ecosystems. Most

-
- 1 Doutora em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Coordenadora Geral de Pesquisa e Monitoramento da Biodiversidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).
 - 2 Doutor em Ciências, Química Orgânica, pela Université Libre de Bruxelles, Bélgica. Professor Titular da Universidade de São Paulo, Campus São Carlos (USP-São Carlos).
 - 3 Doutora em Ecologia pela Universidade de Brasília (UnB). Analista em Ciência e Tecnologia Sênior do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).
 - 4 Doutora em Educação pela USP. Professora Associada da USP, Campus São Paulo.
 - 5 Doutor em Ecologia pela Université Toulouse III Paul Sabatier, França. Professor titular da USP, Campus São Paulo.
 - 6 Doutora em Educação em Ciências pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Analista em Ciência e Tecnologia Sênior do (CNPq).
 - 7 Doutor em Ecologia pela University of St. Andrews, Grã-Bretanha. Professor associado da UFRJ.
 - 8 Doutora em Ecologia pela University of Stirling, Escócia. Pesquisadora titular do Museu Paraense Emílio Goeldi.

sucedida na caracterização da biodiversidade e dos ecossistemas, com predominância de estudos em unidades de conservação de proteção integral, poucos estudos em unidades de uso sustentável e ausência em terras indígenas. Houve maior diálogo com políticas ambientais setoriais em relação às políticas de desenvolvimento. A melhor compreensão a respeito de vetores humanos de impactos e das relações entre biodiversidade e bem-estar humano permanece como desafio.

Palavras-chave: Sisbiota Brasil. Redes de pesquisa. Biodiversidade. Conhecimento. Conservação. Educação e divulgação científica. Formação de recursos humanos.

of the investigations were conducted in strictly protected areas, few studies in protected areas with sustainable use, but none in indigenous territories. A stronger connection was observed between the results of the projects and environmental policies than with development policies. A broader comprehension of direct and indirect human drivers and the relationship between biodiversity and human well-being remain a challenge.

Keywords: Sisbiota Brasil. Research networks. Biodiversity. Knowledge. Conservation. Education and scientific popularization. Capacity building.

1. Introdução

O Brasil, como um dos países megadiversos, tem responsabilidade destacada em relação ao conhecimento, ao uso e à conservação da biodiversidade, considerando os valores intrínsecos da vida, os serviços ecossistêmicos associados e sua relação com as expectativas de bem-estar social, e as oportunidades de desenvolvimento econômico sustentável. Como parte da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)⁹, o Brasil assumiu numerosos compromissos, como as metas de Aichi¹⁰, com destaque no presente contexto para a meta 19: “até 2020, o conhecimento, a base científica e tecnologias ligadas à biodiversidade, seus valores, funcionamento, situação e tendências, e as consequências de sua perda terão sido melhorados, amplamente compartilhados e transferidos, e aplicados”. Dentro desse contexto, o Programa Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (Sisbiota Brasil), criado em 2009 pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), visa a alcançar novos patamares e novas dimensões para a

9 A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), também conhecida como Convenção da Biodiversidade, é um tratado internacional capitaneado pela Organização das Nações Unidas, que, como seu nome sugere, trata da proteção e do uso da diversidade biológica em cada país signatário. Leia mais em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/conven%C3%A7%C3%A3o-da-diversidade-biol%C3%B3gica.html>. Acesso em 10 de junho 2019.

10 Leia mais as Metas de Aichi em: <https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28727-o-que-sao-as-metas-de-aichi/>. Acesso em 10 de junho 2019.

pesquisa sobre a biodiversidade brasileira, por meio da ampliação da competência técnico-científica e das abrangências temática e geográfica das pesquisas. Com isso, busca também incrementar a capacidade nacional de gerar conhecimento de maneira mais convergente e articulada, aliada à formação de recursos humanos e à estruturação de bases de dados e de informações sobre a biodiversidade brasileira.

Como parte dessa estratégia, foi estabelecida uma articulação com 13 fundações de amparo à pesquisa (FAP) estaduais - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina (Fapesc), Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (Fundação Araucária), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes), Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (Fapdf), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), Fundação de Apoio à Pesquisa e a Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (Fapitec), Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe), Fundação de Apoio à Pesquisa do Rio Grande do Norte (Fapern), Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (Fapespa) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam) – além do Ministério do Meio Ambiente (MMA); do Ministério da Educação (MEC), por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes); e do então Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/Ação Transversal (FNDCT), visando ao cofinanciamento da primeira ação de fomento do Sisbiota Brasil.

A referida ação foi descrita no Edital MCT/CNPq/MMA/MEC/Capes/FNDCT – Ação Transversal/FAPs n.º 47/2010, elaborado com o propósito de fomentar e ampliar os conhecimentos sobre o patrimônio biológico natural do Brasil, de maneira a se promover a ciência de alta qualidade e melhorar a capacidade preditiva de respostas às mudanças globais, particularmente as pertinentes ao uso e à cobertura da terra e ao clima. O edital também teve como finalidade oferecer fomento à formação de recursos humanos, à educação ambiental e à divulgação do conhecimento científico.

Em resposta ao edital, foram enviadas 218 propostas ao CNPq, das quais 81 foram recomendadas pelo comitê julgador e 39 aprovadas, perfazendo o valor de R\$ 39,5 milhões de aporte inicial (sendo R\$ 4,5 milhões oriundos do CNPq, R\$ 12 milhões do FNDCT, R\$ 6 milhões do MMA e R\$ 17 milhões das FAP parceiras), com o valor adicional da Capes de R\$ 5 milhões em bolsas de pós-graduação. As 39 propostas aprovadas tiveram distribuição nas três linhas do edital: síntese

e lacunas do conhecimento (uma proposta); pesquisas em redes temáticas (32 propostas); e previsão de respostas às mudanças de uso da terra e clima (seis propostas).

O planejamento e a governança do Sisbiota Brasil foram componentes indissociáveis nos nove anos de atuação do programa. O acompanhamento e a avaliação sistemáticos foram realizados por meio de seminário, reuniões dos comitês gestor e científico, análises e elaboração de relatórios e análise dos impactos do programa.

Este artigo expõe uma síntese dos principais impactos do Sisbiota Brasil, incluindo aspectos do avanço no conhecimento sobre a biodiversidade brasileira, algumas políticas públicas subsidiadas pelas pesquisas realizadas, ações e materiais de educação e divulgação científica desenvolvidos, a formação de recursos humanos e a articulação nacional alcançada pelas pesquisas integradas em redes interdisciplinares. Finalmente, aponta lacunas de conhecimento e recomendações para o aprimoramento do programa e do fomento à pesquisa em biodiversidade, assim como de sua relação com a qualificação das políticas públicas relacionadas à biodiversidade, aos serviços ecossistêmicos e ao uso sustentável dos recursos.

2. Avanços do conhecimento

Os principais resultados são sistematizados a seguir, considerando: (2.1) o conhecimento em relação à biodiversidade; (2.2) ganhos de escala, seja na organização dos grupos de pesquisa, na compreensão de dinâmicas populacionais ou funcionamento de ecossistemas ou ainda na integração entre áreas de pesquisa; (2.3) a representatividade quanto aos biomas e tipologia de áreas protegidas (2.4); políticas públicas relativas à conservação da biodiversidade; (2.5) inovações e produtos; e (2.6) sínteses.

2.1. Levantamento da biodiversidade

As pesquisas envolveram: inventários padronizados; mapeamento da distribuição de espécies; descrição de novas espécies; revisões taxonômicas; história natural, ecologia e conservação; padrões e processos biogeográficos; estudos de genética de populações e filo/biogeografia; e estudos genômicos.

O levantamento da biodiversidade revelou a descoberta de pelo menos 509 novas espécies, entre fungos, líquens, invertebrados e vertebrados, além de centenas de novas espécies em

fase de descrição, novas ocorrências e ampliação da distribuição geográfica de várias espécies, conforme análise do conjunto de estudos. As pesquisas em rede também permitiram revelar aspectos da variação do mosaico florestas-campos ao longo dos últimos 43 mil anos de evolução das paisagens estudadas, a partir de depósitos turfosos acumulados em áreas úmidas dos estados de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul, de Pernambuco e do Piauí.

2.2. Ganho de escala

O ganho de escala das redes está relacionado à formação e à ampliação de coleções biológicas, catalogações, padronizações e inovações metodológicas, bem como à caracterização de ecossistemas e à integração nacional da pesquisa em biodiversidade. A *Rede Abrolhos: estrutura, funcionamento e conservação do principal complexo coralíneo do Atlântico Sul*, sob a coordenação do professor da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alex Bastos, abarcou todos estes componentes: caracterização de três “*megahabitats*” bentônicos; análise da saúde dos recifes coralíneos; identificação de áreas chave para a biodiversidade e de lacunas de conservação; valorização e incorporação do conhecimento ecológico local em etnotaxonomia; integração entre pesquisa, formação de recursos humanos e gestão ambiental com amplo leque de instituições de diferentes esferas (MOURA *et al*, 2013; BRUCE *et al*, 2012; FRANCINI-FILHO *et al*, 2013; PREVIERO *et al*, 2013). Outro exemplo de atuação abrangente é a *Rede de pesquisa para ampliação do conhecimento sobre a biodiversidade de vertebrados da Amazônia brasileira com aplicações sobre seu uso e conservação* (BioPHAM), coordenada pela professora da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Izeni Farias, revelando a possível separação do gênero de primata *Callicebus* em três gêneros distintos (BYRNE *et al*, 2016) e uma nova espécie de boto-rosa na drenagem do Tocantins-Araguaia (HRBEK *et al*, 2014). A rede promoveu expressiva formação de recursos humanos em taxonomia e técnicas moleculares, bem como ações de popularização de ciência envolvendo o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid).

2.3. Representatividade nos biomas e nas áreas protegidas

Os biomas brasileiros foram bem representados no conjunto das redes de pesquisa aprovadas, com destaque para o Cerrado (20 projetos) e, em sequência, a Amazônia e a Caatinga (15 projetos cada), a Mata Atlântica (14 projetos), os Pampas (7), o Pantanal (6) e a região marinho costeira (6). Estudos diretos foram realizados em 174 unidades de conservação (UC), sem computar as incluídas em referências gerais como “todas do Cerrado” ou projetos com área de abrangência

que necessariamente incluem dados de UC, embora sem coleta de dados durante o projeto. Sete projetos não abrangeram unidades de conservação.

2.4. Políticas públicas para a conservação da biodiversidade

As redes de pesquisa do Sisbiota contribuíram, de forma direta e indireta, para um conjunto de estratégias e políticas de conservação da biodiversidade. De forma direta, estão nesse conjunto, as listas vermelhas de espécies ameaçadas; os Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção ou do Patrimônio Espeleológico (PAN); os planos de monitoramento da biodiversidade de UC; a identificação e o planejamento de áreas federais e estaduais prioritárias para a conservação da biodiversidade; e a articulação de instituições para disponibilização de dados de biodiversidade, por meio, por exemplo, do Sistema de Apoio ao Monitoramento de Mamíferos Marinhos (Simmam). Entre as contribuições indiretas, estão: planos de manejo de unidades de conservação; estratégias para restauração de áreas degradadas, usos da biodiversidade e de bioprodutos; subsídios para o licenciamento ambiental, para o Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas e para práticas de manejo visando à sustentabilidade na pecuária, bem como subsídios a programas de monitoramento diversos, por exemplo, de poluição, com espécies nativas, e da biodiversidade em UC federais (Programa Monitora); além de propostas de pagamentos por serviços ambientais; e de questões relacionadas à saúde pública.

As contribuições se deram por meio da ampliação do conhecimento - em termos de geografia de registros, história natural, sistemática, padrões e processos da biodiversidade - e também pela elaboração: de sínteses; de pareceres técnicos para diversas instâncias, incluindo órgãos gestores e o Ministério Público; de proposição de indicadores; de elaboração de mapas e manuais; dentre outros.

2.5. Inovação tecnológica, produtos e usos da biodiversidade

As redes de pesquisa com enfoque em bioprodutos e usos da biodiversidade abrangeram estudos biotecnológicos com o uso de fungos, bioprodutos desenvolvidos por plantas e microrganismos e organismos fixos no fundo do mar, como esponjas. Houve forte integração nacional e internacional da rede de pesquisa e com o registro de patentes. Diversos extratos de organismos marinhos com potencial atividade anti-leishmania, anti-trypanosoma, anti-microbial e anti-HSV-1 foram encontrados. Em plantas da Mata Atlântica e do Cerrado, foi identificada

uma série de substâncias com atividade biológica, além de isoladas e identificadas substâncias inéditas.

2.6. Síntese do conhecimento

Foi apoiado um projeto sobre síntese do conhecimento, realizado por um grupo de pesquisadores de diferentes instituições do País, sob a coordenação do professor da Universidade de São Paulo (USP), Antonio Carlos Marques. Foram identificados vários desafios associados à pesquisa sobre invertebrados marinhos no País: (a) disparidade regional de pesquisadores, com concentração em São Paulo, no Rio de Janeiro e em Pernambuco; (b) capacitação e conhecimento insuficientes, com níveis críticos do número de especialistas para a identificação de diversos táxons da biodiversidade marinha brasileira; (c) necessidade de revisão taxonômica dos gêneros mais comuns ou ricos em espécies no Brasil; (d) acervos nacionais suficientes para estudo/identificação de apenas parte da biota marinha; (e) adequação de manuais, guias e chaves acessíveis para apenas parte da biota marinha; (f) distribuição geográfica muito variável no conhecimento disponível.

2.7. Impactos sobre a biodiversidade

Dentre os vetores mais estudados estão as mudanças climáticas (39% dos projetos) e as mudanças de uso e cobertura das terras (15%). Os demais vetores foram explorados por um ou poucos estudos. Mudanças de uso e cobertura dos solos incluíram projetos que abordaram perda e fragmentação de *habitat* naturais (três estudos), assim como diferentes tipos de uso e suas consequências sobre a biota e o funcionamento dos sistemas (quatro estudos). As variáveis biológicas consideradas foram muito distintas, englobando parâmetros genéticos, populacionais, ecofisiológicos, de comunidade e de estrutura de *habitats*. Predominaram os parâmetros de comunidade, principalmente de riqueza, diversidade e composição (oito projetos). Diversos grupos taxonômicos foram considerados, porém, praticamente nenhuma variável funcional foi avaliada (com algumas exceções, como parâmetros ecofisiológicos; aprendizado de vocalizações por aves; e diversidade funcional e filogenética).

No entanto, os vetores de impacto não foram enfatizados nos estudos, de forma geral. Dos 39 projetos, não foram apresentadas inferências a respeito dos efeitos da ação humana na biodiversidade ou no funcionamento de sistemas naturais, diretas ou indiretas, em cerca de metade deles (46%). Outros cinco projetos (13% do total) faziam referência ao impacto humano de uma forma genérica, utilizando termos vagos como “impacto humano”, “ação humana”, “perturbação antrópica” ou “atividade humana” ou, então, avaliando de forma global áreas

com e sem ação humana (em geral, fora e dentro de unidades de conservação de proteção integral). Em 28 projetos (72%), não houve amostragem de ambientes com diferentes níveis de perturbação, de modo que o impacto humano não esteve entre as metas de estudo de forma explícita. Outros cinco projetos mencionaram indiretamente impactos de mudanças climáticas, mas nenhum projeto apresentou desenho amostral voltado ao estudo explícito das mudanças climáticas. Na maioria dos casos, houve apenas uma avaliação indireta destes efeitos, seja por inferência paleoclimática ou, então, por uso de variações observadas para deduzir possíveis implicações com futuras mudanças climáticas.

O baixo número de propostas financiadas que abordassem de forma robusta os vetores de impactos sobre a biodiversidade revela uma lacuna importante. São necessárias pesquisas que contemplem os diversos componentes socioambientais que moldam a dinâmica dos territórios, de modo que as pesquisas em biodiversidade tragam aportes mais consistentes para as estratégias de conservação, em diálogo com a sociedade.

3. Educação e divulgação científica

Diferentes concepções de divulgação científica (DC) e educação permearam os projetos e muitos deles consideraram a realização exclusiva ou prioritária de publicações e atividades voltadas à comunidade científica. Por outro lado, há projetos que desenvolveram ações diversificadas para variados públicos, caminhando para o que se defende cada vez mais em termos de DC, na perspectiva da popularização da ciência.

Os critérios de avaliação de divulgação e educação científica das redes foram principalmente voltados à: (a) análise da quantidade e diversidade de públicos alcançados; (b) variedade de ações desenvolvidas; e (c) qualidade e relevância das ações planejadas e realizadas, além dos públicos-alvo, destacando-se as ações que tinham como foco a escola básica e/ou as instituições de divulgação científica, como museus, além da preocupação com o desenvolvimento de produtos educativos diferenciados.

Projetos com ações e públicos variados foram considerados como de conceito A ou B, sendo que a diferença entre ambos dependia do número, do detalhamento e da natureza das ações. Com conceito C ficaram os projetos que realizaram ações, porém, sendo estas pouco diversificadas em termos de propostas e/ou públicos. Projetos com conceito D compreenderam aqueles cujas ações foram pouco numerosas e somente citadas, com ausência de descrição e clareza ou,

ainda, concentradas somente em publicações científicas. Com E, se enquadraram os projetos que afirmaram não ter realizado ação.

Dos 39 projetos analisados, 21 (ca. 54%) foram avaliados com conceito A ou B. Nestes casos, percebeu-se a possibilidade de um grande impacto, considerando que variados públicos foram envolvidos e diversificadas ações, adotadas.

No conjunto, cinco projetos (13%) foram avaliados com conceito C, incluindo, entre eles, os que realizaram ações pouco diversificadas em termos de propostas e/ou públicos. Neste grupo estão iniciativas pontuais e/ou isoladas de criação de sites, participações em programas televisivos, publicações científicas ou de popularização da ciência, além de palestras ministradas em escolas públicas e para a população das localidades de estudo, entre outras modalidades.

Adicionalmente, 13 projetos (33%) foram avaliados com conceito D ou E. Neste grupo, estão aqueles que afirmaram não ter realizado ação (5) ou cujas ações não estavam descritas e nem claras ou se concentraram somente em publicações científicas.

4. Formação de recursos humanos

O conjunto das redes de pesquisa envolveu um expressivo número de profissionais, de diferentes áreas e instituições, com grande impacto na formação de pessoas. Foram contabilizados como participantes dos projetos 1.648 alunos e bolsistas, 1.301 pesquisadores e colaboradores, 46 técnicos e outros profissionais. Com recursos da chamada, foram financiados 944 bolsistas. Pelo CNPq, foram 825 bolsistas, sendo 53 na modalidade Pós-doutorado Júnior, 146 na de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial, 267 na de Iniciação Científica, 339 na de Apoio Técnico, 03 na de Extensão no País e 17 na de Apoio Técnico em Extensão no País. Pela Capes, foram financiados 119 bolsistas, dos quais, 78 com bolsa de mestrado, 24 de doutorado e 17 de pós-doutorado. As bolsas da Capes envolveram 47 diferentes cursos de pós-graduação no País, em nove grandes áreas do conhecimento.

Outro destaque foi a distribuição dos bolsistas por gênero. Em quase todas as modalidades, o número total de bolsistas mulheres foi superior ao de homens, indicando que esta ação esteve em sintonia e contribuiu com o avanço da participação das mulheres no campo das ciências e a continuidade de suas carreiras.

Quanto às ações de educação e divulgação, percebeu-se uma ênfase na formação de alunos na graduação e na pós-graduação. Além disso, destacaram-se os projetos que desenvolveram iniciativas voltadas à capacitação de professores e à articulação com programas como o Pibid na Amazônia, em razão da capacidade de multiplicação das ações de formação que esses atores podem oferecer.

5. Novo paradigma da pesquisa em biodiversidade

O Sisbiota Brasil permitiu reforçar a proposta de se fazer ciência e formar cientistas no País com maior ênfase na abordagem interdisciplinar, possibilitando trocas de conhecimento e experiências entre pesquisadores, estudantes e colaboradores, nacionais e do exterior, de diversas áreas, bem como a integração de ações de educação, divulgação científica e extensão no dia a dia da investigação e da dinâmica das redes. Houve a participação de pelo menos 250 instituições do Brasil e de outras nações, incluindo países como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Noruega, Portugal, Bélgica, México, França, Índia, Alemanha e Suíça. Várias das redes formadas promoveram parcerias com instituições e participantes inicialmente não previstos no Edital MCT/CNPq/MMA/MEC/Capes/FNDCT – Ação Transversal/FAPs n.º 47/2010, principalmente quando os projetos se articularam: às atividades de extensão (como o *Caminhão com Ciência*, da Rede Funcionamento Ecológico de Paisagens Florestais Antrópicas); a museus (como o caso do Museu Mello Leitão, na Rede Ampliação do Conhecimento Sobre as Plantas e Fungos do Brasil, e do Museu Goeldi, na Rede Diversidade de anfíbios e répteis, e helmintos parasitas associados); e às ações do Pibid. Os projetos integraram profissionais de campos distintos da abordagem central, como comunicadores, educadores e designers, na produção de materiais educativos diversos: cartilhas, livros, sites, museus virtuais e vídeos, entre outros.

Muitas redes apresentaram uma relação de contribuição direta entre a pesquisa e a elaboração ou implementação de políticas públicas, com o aporte de informações qualificadas, participação de pesquisadores em fóruns diversos ou elaboração de produtos técnicos direcionados, além das ações de educação e divulgação científica. Esta relação não é em apenas um sentido, ou seja, o estabelecimento de diálogos permite alterar a própria concepção do problema de pesquisa, tornando a investigação mais inserida nas expectativas, necessidades e linguagens da sociedade. A atuação mais ampla - na integração entre grupos, na atividade de extensão e no estabelecimento

de parcerias com a sociedade e instituições governamentais - expande a estrutura tradicional de investigação em biodiversidade, ainda muito frequentemente centralizada na figura de um pesquisador, envolto nas questões do tema de interesse de seu grupo, e com pouco contato real com as necessidades de informação e conhecimentos da sociedade. Como sintetizam Mass *et al.* (2019), em edição especial sobre espaços de implementação da ciência da conservação, além da reflexão sobre prioridades e avaliações de sucessos e fracassos, uma questão que precisa sempre ser vista e cuidada é que traz a reflexão sobre quem incluímos ou excluímos de tais espaços, incluindo a diversidade de disciplinas, profissionais e de não cientistas.

6. Lacunas

Na análise dos resultados, foram identificadas e caracterizadas as lacunas de conhecimento, de modo a subsidiar o desenho de novas ações de fomento. Também foram identificados desafios a serem superados quanto às assimetrias regionais, em relação à intensidade de estudos e distribuição de recursos humanos e instituições, à ampla disponibilização pública de dados e à educação e divulgação científica para diversos públicos.

Entre as *lacunas taxonômicas*, destacam-se as relacionadas à biodiversidade microbiana (sendo necessário ampliar a compreensão sobre a natureza dessas comunidades e sua importância para o ambiente), às espécies exóticas invasoras e à biodiversidade marinha.

Por sua vez, entre as *lacunas geográficas*, verificou-se que alguns biomas estiveram menos representados nos estudos realizados, como a Caatinga e o Pantanal, e que foi escassa a abordagem de gradientes de uso da terra na concepção dos problemas de pesquisa e nas amostragens. Tampouco houve estudos em terras indígenas, apesar de constituírem cerca de 20% do território nacional, e poucas pesquisas foram realizadas em unidades de conservação de uso sustentável, apesar de sua representatividade territorial e de serem áreas onde informações que subsidiam o manejo são extremamente relevantes e de necessidade cotidiana.

No que diz respeito às *lacunas temáticas*, considera-se que é preciso fortalecer: a abordagem das questões ambientais na sua relação com questões sociais e com diversas políticas públicas, de âmbito nacional, mais abrangentes e interdisciplinares na área de conservação; a abordagem das relações entre biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano; estudos que avaliem a relação da biodiversidade com grandes vetores de transformação dos territórios; a prospecção e o desenvolvimento de bioprodutos e estudos sobre cadeias produtivas da sociobiodiversidade,

incluindo neste item os inventários de usos, tradicionais, atuais e inovadores da biodiversidade e estudos associados ao fortalecimento de cadeias produtivas de espécies nativas.

Quanto à expectativa de *ampla disponibilização pública de dados*, não foi possível aportar os dados gerados pelos estudos ao Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira (SIBBr), gerido pelo atual Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), como previsto no edital, pelo fato do sistema não dispor ainda das funcionalidades necessárias para recepcionar estudos com campos variados. Os projetos encontraram outras formas de atender à exigência de disponibilização dos dados, não articuladas entre si, persistindo o desafio de reunião dos dados em uma única plataforma pública.

Ainda é grande o desafio em relação à *divulgação do conhecimento* e também de sua inserção em ações qualificadas de extensão. Também é pertinente aprimorar a forma de relatar as ações de educação e divulgação desenvolvidas, no que diz respeito às estratégias usadas, aos materiais produzidos, aos públicos alcançados, ao modo como foram estabelecidas as relações com os públicos e à avaliação de impacto das ações e dos materiais desenvolvidos.

7. Recomendações para a pesquisa em biodiversidade

As lições aprendidas no acompanhamento e na avaliação do primeiro edital do Sisbiota Brasil geraram as seguintes recomendações para o seu aprimoramento e para o fomento à pesquisa em biodiversidade: i. Apoio ao monitoramento continuado da biodiversidade, com valorização de estudos consistentes, longevos e baseados em objetivos claros, de síntese do conhecimento, desenvolvimento de métodos e tecnologias de apoio; ii. Estímulo às pesquisas em terras indígenas e outros territórios tradicionais, de modo participativo e valorizando a interculturalidade, transdisciplinaridade e o diálogo de saberes; iii. Desenvolvimento de melhor estratégia para a disponibilização pública de dados; iv. Articulação com projetos/programas existentes no âmbito das agências de fomento (Capes, CNPq, FAP, ICMBio) e programas de extensão universitária ligados às áreas de educação e divulgação científica, como Pibid, editais de popularização da ciências (olimpíadas, ciência móvel, entre outros).

Recomenda-se, ainda, que sejam incentivados, como linhas de pesquisa, estudos a respeito de: i. relações entre biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano, com a valorização de abordagens integradoras que considerem as intrínsecas associações entre biodiversidade e saúde, economia, cultura, dentre outros fatores; ii. relações da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos com grandes vetores de transformação dos territórios – como agricultura,

urbanização, infraestrutura, mineração, produção energética – e atividades extrativas de grande escala, como a pesca industrial; iii. conflitos e impactos de políticas públicas sobre a biodiversidade; iv. efeitos de mudanças climáticas, com base em delineamento amostral e parâmetros de resposta funcionais; e v. educação, extensão e divulgação científicas em biodiversidade.

Em consonância com o arcabouço proposto por Kueffer *et al.* (2012), recomenda-se aos pesquisadores que busquem, com a adequada valorização por parte dos órgãos de fomento: (1) Evidenciar a questão científica atrelada à resolução de problemas, isto é, valorizar a etapa de descrição do problema a ser trabalhado e sua relação com a metodologia proposta; (2) Construir as propostas em maior diálogo com agentes à frente de processos de conservação e uso da biodiversidade, se possível integrando suas equipes, e explicitando as relação e os desafios socioambientais; (3) Estabelecer equipes efetivamente capacitadas para a exploração de bioprodutos da biodiversidade brasileira, que avancem na caracterização dos bioprodutos, no entendimento sobre suas especificidades, na exploração de derivados e análogos, bem como na busca de parcerias que possam fortalecer o processo de biotecnologia de produtos da biodiversidade nacional, evitando-se permanecer na etapa exploratória; (4) Agregar especialistas em educação e divulgação nas equipes, para o desenvolvimento de ações mais consistentes, com planos de estratégias, em articulação com programas da área de educação; (5) Desenvolver mecanismos e protocolos de avaliação das ações de educação e divulgação científica em biodiversidade, evidenciando a necessidade de que os projetos desenvolvam mecanismos de análise de impacto dessas iniciativas.

Do mesmo modo, recomenda-se que a elaboração de questões de pesquisa voltadas à conservação se dê preferencialmente em ambientes interdisciplinares e com diversidade de instituições, com valorização - por parte dos órgãos de fomento e das próprias instituições de pesquisa - da participação dos pesquisadores e demais atores na construção, implementação e avaliação das políticas públicas em biodiversidade. Ações de extensão, divulgação e educação são passos fundamentais para um maior entrosamento entre pesquisa, conservação e uso da biodiversidade. No entanto, para que tais mudanças sejam efetivas, é necessário dispor também de tempos e recursos financeiros adequados para as construções conjuntas; de ferramentas, métodos e profissionais que contribuam para a fluidez e efetividade do processo; e, por vezes, de reorganizações estruturais, institucionais, de modo a melhor abrigar novas configurações da pesquisa em biodiversidade.

Referências

BRUCE, T. *et al.* Abrolhos Bank Reef health evaluated by means of water quality, microbial diversity, benthic cover and fish biomass data. **PLoS ONE**, v.7, n.6, e36687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036687>.

BYRNE, H.; *et al.* Phylogenetic relationships of the New World titi monkeys (*Callicebus*): first appraisal of taxonomy based on molecular evidence. **Frontiers in Zoology**, v. 13, n. 10, 2016. <https://doi.org/10.1186/s12983-016-0142-4>.

FRANCINI-FILHO, R.B. *et al.* Dynamics of coral reef benthic assemblages of the Abrolhos Bank, Eastern Brazil: inferences on natural and anthropogenic drivers. **Plos One**, v. 8, p. e54260, 2013. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054260>.

HRBEK, T. *et al.* A New species of river dolphin from Brazil or: how little do we know our biodiversity. **Plos One**, v. 9, p. e83623, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083623>.

KUEFFER, C. *et al.* Enabling effective problem-oriented research for sustainable development. **Ecology and society**, v. 17, n. 4, p. 8. 2012. <https://doi.org/10.5751/ES-05045-170408>.

MAAS, B. *et al.* Exploring and expanding the spaces between research and implementation in conservation science. **Biological Conservation**, v. 240, p. 108290, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108290>.

MOURA, R.L. *et al.* Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. **Continental Shelf Research**, p. 10.1016/j.csr.2, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.04.036>.

PREVIERO, M.; MINTE-VERA, C.V.; MOURA, R.L. Fisheries monitoring in Babel: fish ethnotaxonomy in a hotspot of common names. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, p. 467-476, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252013000200016>.

Proposta de análise segundo a Teoria da Mudança: do Ciência Sem Fronteiras ao Programa Institucional de Internacionalização¹

Walner Mamede²

Resumo

O presente trabalho partiu do pressuposto de que é possível existir um meio termo entre os complexos processos de planejamento e avaliação de intervenções e aqueles processos caracterizados pela excessiva subjetividade da equipe gestora de uma política. Assim, propôs um método sistemático e objetivo baseado em evidências, derivado de uma abordagem conhecida como Teoria da Mudança, associando-a ao instrumento denominado Matriz Lógica Heurística e à teoria que o suporta, a fim de permitir ao gestor o acesso a um método do qual derivam informações que o subsidiem em suas decisões, de forma prática e flexível, tendo como objeto de análise o caminho trilhado entre

Abstract

This paper understood that is possible a middle way between complex conception and assessment of programs and others subjective process applied to public policy's ciation and evaluation. Like this, propouse a sistematic and objective method evidence-based and on Change's Theory, associating to tool named Heuristic Logical Matrix and its theory, possibiliting to policymaker a method abble to produce informations to decisions, through an practice and flexible way, using the way between Science without Border and the Institucional Program of Internacionalization as analyze's object.

¹ Artigo originalmente apresentado no I Seminário de Avaliação de Políticas de CT&I, promovido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Centro de Gestão e Estudos e Estratégicos (CGEE), em Brasília, em 12 e 13/09/2018, no eixo Metodologias de avaliação e mensuração de impactos de programas, políticas e ações de CT&I, tema Ferramentas ou procedimentos de análise de dados e informações na CT&I.

² Doutor em Psicologia pela Universidade de Brasília (UnB). Analista em Ciência e Tecnologia; e coordenador do grupo de estudos Teorias e Discursos sobre Ciência na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (Capes).

o Ciência sem Fronteiras e o Programa Institucional de Internacionalização.

Palavras-chave: Avaliação de programas. Teoria da Mudança. Modelo Lógico. Políticas públicas. Ciência sem Fronteiras.

Keywords: *Program assessment. Change's Theory. Logical Model. Public policys. Science without Borders.*

Introdução

Criado pelo governo federal do Brasil em 2011, o programa Ciência sem Fronteiras (CsF) foi planejado com a finalidade de ampliar o nível de internacionalização do Brasil em termos de sua produção científica e tecnológica. O alcance dessa meta dependia da concessão de 100 mil bolsas, em quatro anos, para a realização de estudos e pesquisas no exterior, além do investimento de um grande volume de recursos financeiros, materiais e humanos no projeto (CRUZ, 2016).

Com previsão para encerramento das atividades em dezembro de 2014, o CsF seguiu suas atividades, formalmente, até dezembro de 2016, mantendo, ainda em 2018, bolsistas ativos vinculados ao programa. Isso tornou bastante confusos os dados disponíveis sobre o número de bolsas concedidas e efetivamente usufruídas e sua relação com possíveis indicadores de eficácia e eficiência, estes ainda em construção, uma vez que tais indicadores não foram adequadamente planejados no momento de concepção do programa. Essa ausência de indicadores, de objetivos claros e de uma metodologia robusta e capaz de dar conta de um programa da estatura do CsF tem dificultado identificar os reais benefícios, sejam acadêmicos, sejam sociais.

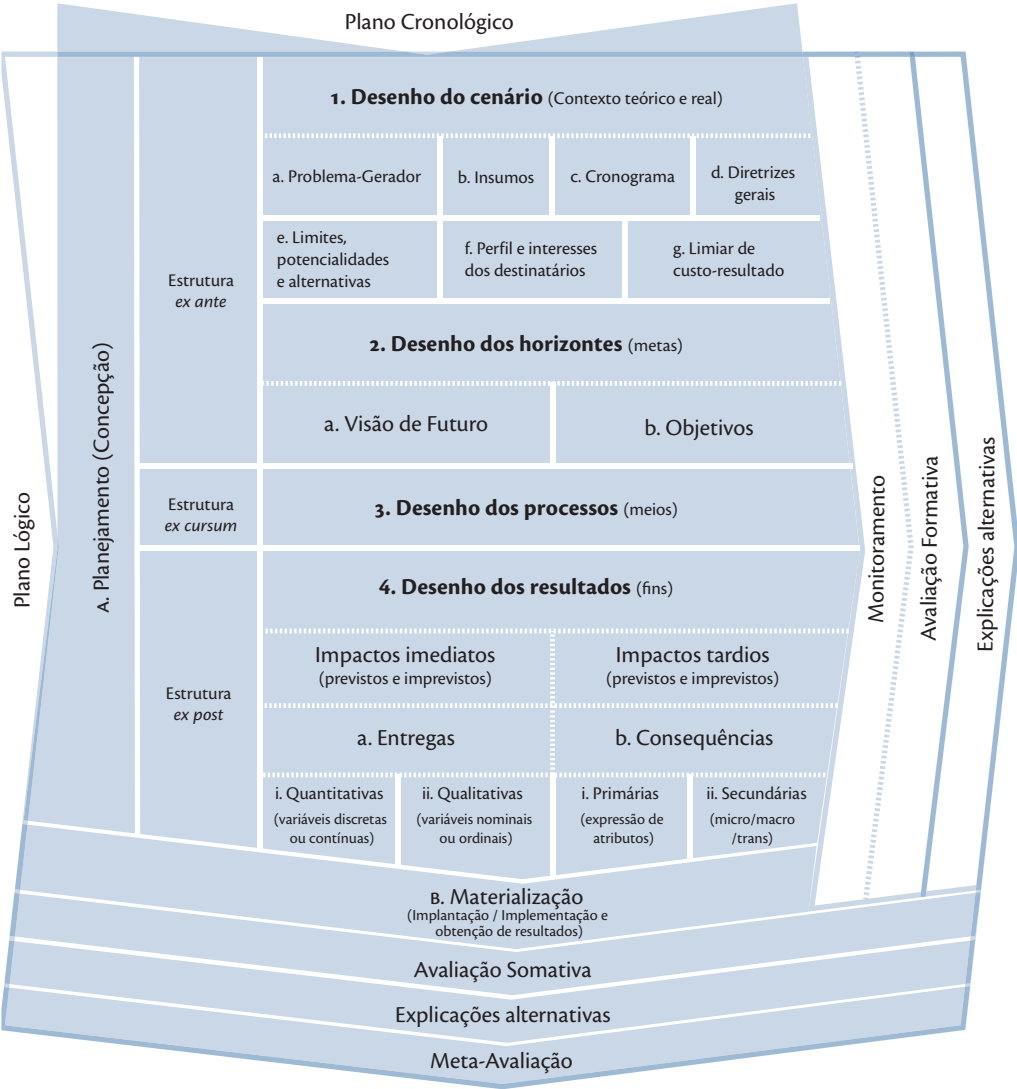
Embora o governo tivesse sinalizado, em 2015, a necessidade de se realizar uma avaliação do programa - sendo, inclusive, constituída para esta finalidade, em 2017, uma comissão mista entre os dois órgãos responsáveis por sua gestão -, trâmites técnicos, burocráticos, legais e políticos ainda não permitiram que tal intento fosse alcançado, permanecendo inalterada a situação identificada por Cruz (2016) em 2016, ou seja, continua uma incógnita a amplitude dos resultados obtidos com o CsF. Esse cenário demonstra a pequena tradição brasileira na avaliação sistemática e competente de políticas públicas, como apontado por Jannuzzi (2011), Mungnol e Gisi (2012), Silva (2013) e Mamede (2016).

Não obstante as limitações e dificuldades elencadas, esforços foram investidos, até o final de 2018, com o intento de se constituir um processo avaliativo do CsF, o que redundou na

produção de diferentes propostas e instrumentos por parte da equipe técnica responsável, tanto no âmbito da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (Capes) quanto do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), órgãos investidos da função de gestão do referido programa. Assim, o presente trabalho se ocupa de apresentar o escopo geral de uma proposta avaliativa para o CsF, fundamentada por um instrumento de gestão do planejamento e avaliação de intervenções, conforme representado na Figura 1, que expõe uma Matriz Lógica Heurística (MLH). Desenvolvido por este autor, o referido instrumento já foi aplicado em outra intervenção, o Mestrado Profissional em Saúde Coletiva da Universidade Federal de Goiás (MPSC-UFG), onde os resultados sinalizam que esta é uma promissora alternativa, tanto no âmbito do CsF quanto de outros programas semelhantes, aplicando elementos da Análise da Implantação e coadunando-se com a proposta da Teoria da Mudança³ (MORRA-IMAS; RIST, 2009; FUNNELL; ROGERS, 2011; BROUSSELLE; CHAMPAGNE; CONTANDRIOPOULOS, 2011; JAMES, 2011; ROGERS, 2014; MAFRA, 2016; MAMEDE, 2016; WILLIAMS, 2018).

3 Também referida como Teoria do Programa, Modelo Causal, Modelo Lógico, Lógica de Programa, Cadeia de Resultados, Cadeia de Valores, entre outros sinônimos, ainda que alguns autores advoguem pequenas diferenças entre tais denominações, alegando ser a Teoria da Mudança ou Teoria do Programa uma estratégia mais complexa por lidar com a teoria e os pressupostos subjacentes à intervenção estudada, enquanto os demais lidam com uma representação pictórica e meramente descritiva.

Figura 1. Matriz Lógica Heurística (MLH) para planejamento e avaliação de programas e políticas.



Fonte: Adaptado de MAMEDE (2016) e MAMEDE; ABBAD (2018).

Aspectos teóricos do método proposto

O mestrado profissional (MP) surgiu como instrumento de uma política de flexibilização da pós-graduação brasileira, envolto em uma gama de controvérsias que o materializam de diferentes formas, o que reflete diretamente sobre sua produção científica e tecnológica, dados o perfil e os objetivos assumidos por cada programa. Nesse contexto, foi observado o MPSC-UFG. Para a sua avaliação, foram desenvolvidos alguns instrumentos, entre os quais a MLH, construída com fundamento na técnica do Modelo Lógico, por meio de levantamento bibliográfico (DAMASCENO; ABBAD; MENESES, 2012; LACERDA; ABBAD, 2003; MAMEDE, 2016).

A MLH foi construída com dois conjuntos de objetivos: (1) viabilizar a identificação dos critérios/indicadores de resultados da intervenção, orientar o olhar nas entrevistas e sobre os diversos documentos consultados e organizar a coleta e análise dos dados, principalmente aqueles oriundos do projeto de curso, do regulamento do programa e da Avaliação Trienal 2013; e (2) orientar o planejamento racional de novos programas e novas políticas, com uma estrutura simples e objetiva, que permitisse a organização lógica de seus componentes nos três níveis previstos no Plano Plurianual (Concepção, Implantação e Resultados), sem conflitos com as etapas do Ciclo de Políticas Públicas. Além desses objetivos, a MLH é um instrumento útil ao desvelamento da teoria da mudança de um programa, segundo propõe Willians (2018).

Como síntese do levantamento bibliográfico realizado, a estrutura do instrumento foi originalmente constituída (MAMEDE, 2016). Cada componente foi definido dentro de três estruturas (*ex ante*, *ex cursum* e *ex post*) e dois planos (lógico, apresentando a lógica de organização da estrutura na horizontal, e cronológico, expondo a ordem de ocorrência das ações na vertical).

O instrumento elaborado cumpriu a função estabelecida, funcionando como um organizador gráfico avançado, cujas categorias auxiliaram tanto na fase de coleta quanto na etapa de análise dos dados, orientando os caminhos que permitiram chegar a outros instrumentos, a uma lista de critérios avaliativos para o objeto do estudo e outros semelhantes, bem como a uma avaliação somativa dos resultados do programa (MAMEDE, 2016). Assim, tendo como fundamento os resultados obtidos por meio da aplicação da MLH ao MPSC, foi defendida a possibilidade de sua aplicação ao CsF e a outros programas assemelhados, seguindo os pressupostos da Teoria da Mudança, como proposto por Morra-Imas e Rist (2009), Funnell e Rogers (2011), James (2011), Rogers (2014), Mafra (2016) e Willians (2018), o que se encontra, ainda, em processo de depuração no âmbito da Capes.

No que concerne à Teoria da Mudança, Willians (2018) traz alguns esclarecimentos relevantes. É substancial a observação de que intervenções bem-sucedidas em um contexto nem sempre

logram obter o mesmo sucesso quando de sua mudança de contexto ou ampliação em escala no mesmo contexto. Isso se deve à inserção de novas variáveis não presentes anteriormente e possui relação com a validade externa da intervenção, como também salientou Hamblin (1978). Nesse sentido, os *policymakers* necessitam estar atentos não apenas à teoria do método de implantação e implementação da intervenção ou aos pressupostos contextuais que orientam suas decisões, mas, sobretudo, necessitam dar especial atenção aos elementos concretos e sutis presentes na realidade de implantação da política planejada, o que demanda uma análise de cenário pormenorizada e morosa, nem sempre possível ou entendida como importante.

Uma alternativa à exaustiva tarefa de escrutinar, empiricamente, um contexto em sua totalidade, para implantar uma política, tem sido utilizada e toma como base o estudo e o emprego de evidências originadas da implementação da política almejada em outros contextos, de onde surge a expressão *política baseada em evidência*. Não se trata de copiar ou transplantar uma política de um contexto para outro, mas sim de se valer da experiência, dos erros e acertos observados, para o mapeamento de variáveis-chave no novo contexto e que, por analogia ou semelhança, foram importantes ao sucesso da política no contexto original. Desse modo, não há a necessidade, pelo menos em um primeiro momento, do empenho de esforços na análise contextual pormenorizada e, assim, a iniciativa fica situada em um meio termo do *continuum* entre os extremos, nos quais, de um lado, encontra-se a possibilidade de implantação da política no novo contexto, de forma completamente idêntica ao implante no contexto original e, do outro, a possibilidade de implantação de forma completamente diferente.

A posição assumida depende do grau de semelhança entre o contexto original e o novo contexto, além do nível de conhecimento adquirido das variáveis nesse novo cenário. Estabelecidas as hipóteses de contexto, a partir das evidências coletadas dos resultados da implantação original e do estudo do novo cenário, o formulador parte para a implantação da política, testando-a frente às variáveis concretas, em uma ou mais tentativas de qualificá-la por meio da refutação ou corroboração das conjecturas estabelecidas, à semelhança do método hipotético-dedutivo utilizado na Ciência (CHALMERS, 1993). Esse método substitui a tentativa cega de implantação, por carência de evidências, o que reproduziria os princípios limitados do método indutivista, e dá ao gestor um número maior de elementos sobre os quais pode basear suas decisões. Ainda que não supra, por inteiro, as necessidades de informação e não substitua por completo o estudo empírico prévio de cenário, a implantação baseada em evidência, como proposta aqui, pode ser, em certas situações, a única alternativa disponível ou possível e não deve ser desconsiderada.

Nesse sentido, por meio de um processo de implementação baseado em evidência, para o alcance dos impactos almejados, faz-se necessário investigar a estrutura geral de funcionamento

da política desejada, mapeando seus insumos (*inputs*), processos (*throughputs*) e resultados, estes em quatro níveis: entregas tangíveis (*outputs 1*), entregas intangíveis (*outputs 2*), consequências primárias (*outcomes t₁*) e consequências secundárias (*outcomes t₂*). Yanaze (2011) estabelece a importância de se ter claros e bem estabelecidos os 3 Put's (*inputs, throughputs e outputs*). Aqui, faz-se necessário especificar alguma diferença entre *outputs* e *outcomes*, aproximando o modelo daquele utilizado na MLH (MAMEDE; ABBAD, 2018) e, por extensão, ao modelo proposto por Hamblin (1978), que prevê a existência de cinco níveis de avaliação: (1) reação, como sendo o registro das predisposições, atitudes, percepções, juízos e satisfação em relação à intervenção; (2) aprendizagem, relacionada à aquisição de conhecimentos e habilidades, condizentes com os objetivos da intervenção; (3) comportamento no cargo, que se ocupa de verificar o desempenho individual do egresso em suas atividades diárias, como reflexo da intervenção; (4) mudança organizacional, que avalia as modificações sofridas pelo contexto de inserção do egresso; e (5) valor final, que se relaciona com a qualificação do bem ou serviço entregue à sociedade pela organização em que atua o egresso.

Estes cinco níveis foram pensados para intervenções educacionais no trabalho, mas evidenciaram grande potencial para serem adaptados a realidades mais amplas, como demonstrado por Mamede (2016), inclusive incorporando os níveis (4) e (5) como parte dos *outcomes t₂*, sem prejuízos ao entendimento da necessidade de se valorar as diferenças entre os subníveis micro (contexto imediato de atuação do egresso), macro (contextos conexos ao de atuação direta do egresso) e trans-organizacional (contextos que extrapolam o ambiente interno da organização social ou de trabalho em que o egresso circula), conforme adotado na MLH.

Realizado o mapeamento do mecanismo geral de ação da intervenção, a etapa seguinte corresponde ao desenho do contexto ideal, o melhor cenário possível, o mais permeável ao sucesso da política, no qual todas as variáveis responderiam favoravelmente às propostas apresentadas pela intervenção. Esse cenário otimista se prestará como contraponto e, em tese, reproduzirá as condições presentes no contexto original, onde a intervenção obteve sucesso, ou corrigirá as distorções que impediram seu sucesso pleno, de forma que o mecanismo de ação, proposto pela teoria da mudança construída para a intervenção, não sofra resistências ao seu pleno alcance. Eventualmente, essas duas etapas iniciais podem ser a primeira tentativa de implantação da política, em um momento piloto, servindo para sua ampliação ou transferência, sendo este o caso concreto representado pelo CsF, que ampliou em escala a experiência da Diretoria de Relações Internacionais da Capes, com programas de estudo no exterior. Neste ponto, estão prontas as hipóteses de cenário a serem confrontadas por variáveis realistas de contexto.

Concluída esta etapa, os próximos passos dizem respeito à identificação das variáveis de contexto reais e ao desenho de um cenário, o mais realista possível. A identificação de tais variáveis será

resultado de uma experiência empírica de implantação ou pode decorrer do conhecimento do formulador da política acerca do contexto de implantação, caso esta ainda não tenha ocorrido, mas exigirá, neste caso, também, uma visita a documentos de gestão, informações midiáticas e trabalhos acadêmicos, além de reuniões com *stakeholders* e busca e/ou adoção de estratégias que possibilitem a identificação do maior número possível de variáveis de contexto, sob múltiplas perspectivas. A profundidade de conhecimento do cenário real será função direta do interesse e da capacidade do formulador da política em lançar mão de tais estratégias.

As evidências encontradas no contexto original da intervenção podem ser, nessa etapa, analisadas à luz do novo contexto de implantação, servindo-lhe como referência. No presente caso, isso foi realizado tendo por alusão a experiência com os programas prévios de internacionalização da Capes. Dessa forma, as barreiras identificadas despertam a atenção para a possibilidade de sua replicação também no novo contexto, o que pode suscitar a elaboração de estratégias para a sua superação no futuro, como indicadores úteis para orientar as demais estratégias de avaliação do novo contexto. As variáveis favoráveis são, do mesmo modo, indicadores úteis, pois, igualmente, despertam a atenção para a necessidade de verificação de sua existência no contexto de implantação, mas, ao contrário das variáveis antagonistas, não exigem sua superação e sim a superação de sua ausência, caso isso seja identificado e entendido como importante para o sucesso da intervenção.

Vencida essa etapa, torna-se necessário construir uma outra teoria da mudança, a partir das variáveis identificadas no contexto real, de forma que um mecanismo de ação inédito adaptado seja desenhado e possibilite, no passo seguinte, o desenho de uma intervenção adaptada ao novo contexto. Tal intervenção deve assimilar, em seu mecanismo, as variáveis reais e deixar de ser um artefato meramente teórico, conjectural, passando a ser um construto mais próximo da realidade sobre a qual se deseja intervir, ainda que se constitua como uma nova hipótese a ser testada e que não esteja livre de problemas derivados das muitas ficções que persistirão, dado o fato de que a diversidade daquilo que existe no mundo jamais é plenamente capturada por qualquer instrumento, por melhor que seja, e em razão de a metodologia utilizada ser uma alternativa à necessidade de investigações pormenorizadas, empíricas do objeto de análise, em nome da celeridade em situações nas quais tais investigações se mostrem inviáveis, seja técnica, seja financeira, seja politicamente.

É nesse espírito que a análise exposta na Figura 2, referente ao CsF, se processou e se constituiu como os resultados do presente trabalho. Considerando a inviabilidade, até o momento, para se realizar uma avaliação empírica aprofundada do programa, foram examinados documentos de gestão, trabalhos acadêmicos, registros de reuniões e relatórios técnicos, com os objetivos

de: reunir subsídios para a elaboração da teoria da mudança aplicada ao CsF; sugerir o modelo adotado na criação do CsF; e levantar o contexto real em que se processaram os resultados nas etapas 1, 2, 3 e 4, propondo uma nova configuração, conforme etapas 5 e 6, que espelha aquela utilizada por uma nova iniciativa derivada do CsF, ou seja, o Programa Institucional de Internacionalização (PrInt).

O Edital Capes n.º 41/2017, referente ao PrInt, teve previsão de implementação a partir de agosto de 2018, ilustrando o procedimento de adaptação de uma política baseada em evidência, que traz uma concepção de internacionalização mais ampla (*Comprehensive Internationalization*), como um processo globalmente orientado e internacionalmente conectado, que vai além do instituto da mobilidade acadêmica de docentes e discentes, alcançando, entre outros, indicadores que tangenciam elementos como currículo, ensino, aprendizagem, compromisso institucional, engajamento administrativo, colaborações internacionais, apoio à carreira docente, visibilidade institucional, adaptação do ambiente acadêmico, parcerias com instituições não acadêmicas, produção intelectual e socialização da Ciência (HUDZIK, 2011)⁴. Por motivos práticos quanto ao espaço disponível e por não ser o objetivo do presente trabalho, este artigo tem como foco a análise das estruturas *ex ante* (neste caso, apenas dos insumos), *ex cursum* e *ex post* da MLH.

Resultados

Conforme pode ser observado na Figura 2, temos, na etapa 1, a estrutura lógica extraída da MLH. O problema gerador e os objetivos estruturantes da política correspondem ao interesse do Brasil em fomentar a mobilidade internacional no âmbito da Ciência e Tecnologia, mas o artigo não se ocupa, aqui, de expor análises a esse respeito, partindo, portanto, para análises que envolveram os demais componentes expressos na referida figura. Ainda que, sintética e esquematicamente, esteja representando um processo linear de causa e efeito, vale lembrar que as relações entre tais componentes não se dão exatamente dessa forma na prática, devendo ser considerada a possibilidade de existência de variáveis não contabilizadas, capazes de interferir sobre os resultados esperados. A concepção de causalidade adotada no decurso de todo o trabalho tangencia as proposições de Shadish, Cook e Campbell (2002) e de Arendt (1990), nas quais a variável analisada deve ser considerada uma dentre diferentes variáveis numa constelação, que orbitam e perpassam um ponto de convergência na cristalização dos resultados em um evento. Nessa perspectiva, o resultado observado pode não ser uma consequência direta do

4 Mais informações sobre o conceito *Comprehensive Internationalization* podem ser obtidas junto à *American Council on Education* (ACE), em <https://www.acenet.edu/Research-Insights/Pages/Internationalization/CIGE-Model-for-Comprehensive-Internationalization.aspx>.

programa, mas sofrer interferência das diversas características de contexto já presentes no ato de implantação ou presentificadas no decurso ou após a implementação da intervenção. O mesmo argumento é corroborado por Hamblin (1978) em sua afirmação de que é impossível se distinguir os efeitos de um programa daqueles decorrentes de acontecimentos que não os planejados para ele, mas que fazem parte do seu contexto. Tal concepção necessita estar estabelecida nas análises empreendidas pelo gestor da política, no modelo aqui proposto.

Nesse sentido, podem ser observados, na etapa 2, a teoria da mudança aplicada à estrutura lógica e, na etapa 3, um contexto idealizado a partir das experiências com outros programas menores conduzidos pela Capes, voltados à mobilidade internacional, considerando o prazo de 4 anos entre 2011 e 2014. Por sua vez, na etapa 4, foram adotados, como referência, os resultados gerais obtidos com a implementação do CsF entre 2011 e 2016, sendo evidenciados: uma extrapolação do prazo oficial originalmente planejado; desconhecimentos sobre os resultados efetivos; e divergências em relação ao modelo idealizado na etapa anterior, em termos de quantidade de bolsas, desenvolvimento de competências e sua aplicação pelos egressos, o que impacta diretamente sobre o resultado final (*outcomes 2*) almejado, isto é, a elevação do grau de internacionalização da Ciência e Tecnologia brasileiras.

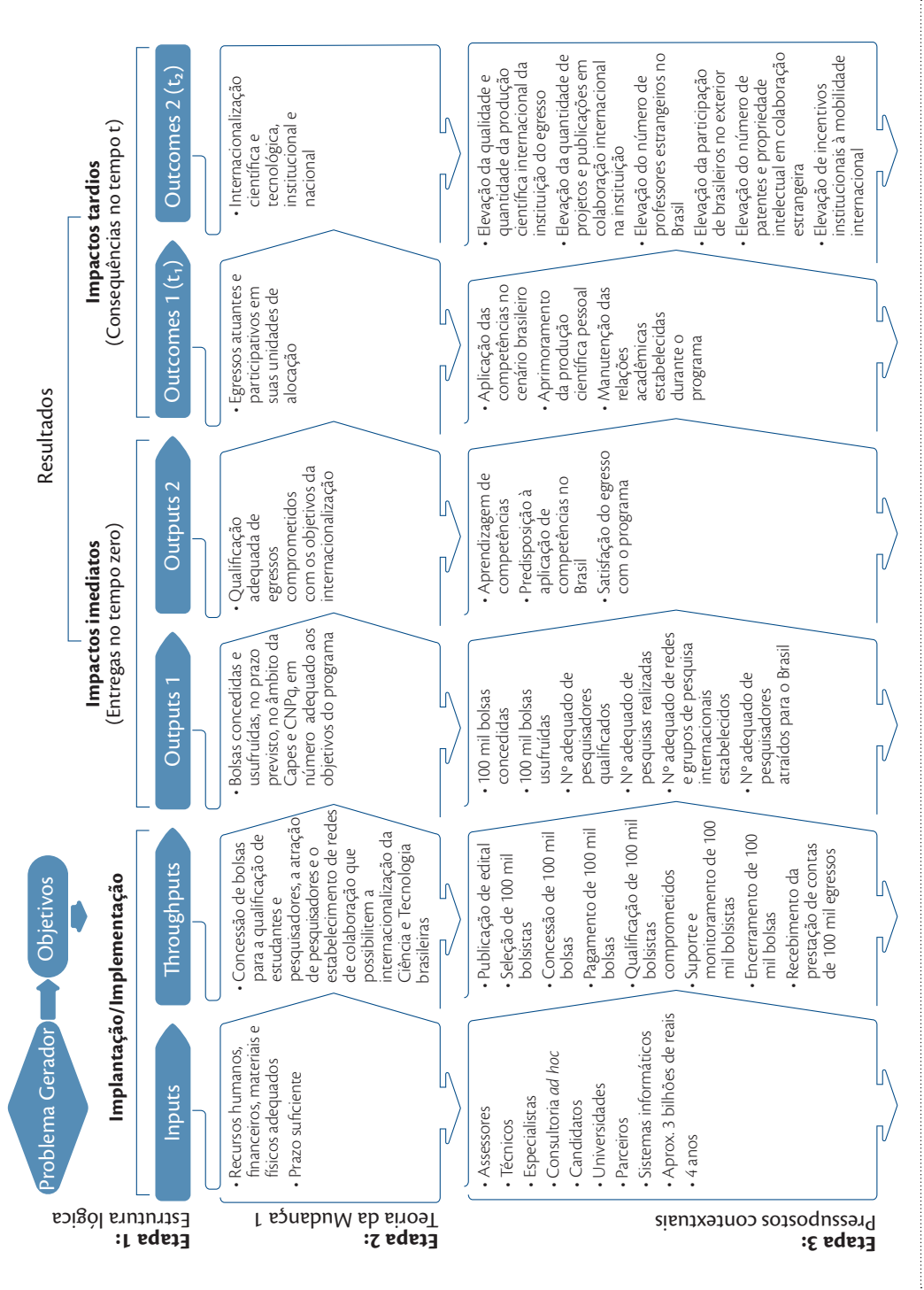
A despeito do pequeno número de dados avaliativos amplos que suportem a constituição de outro programa baseado no CsF e da ausência de informações sistemáticas - acerca dos tipos de competências e pesquisas desenvolvidas; do impacto sobre a produção acadêmica; do número, do desempenho e da qualidade das redes de pesquisa estabelecidas; e dos quantitativos relacionados à mobilidade acadêmica (*brain drain* e *brain gain*) -, alguns elementos ficaram evidentes, dentre estes, o alto índice de satisfação do egresso com o programa (93%); o relativo interesse em aplicar, em território nacional, as competências desenvolvidas com o programa (53%); a efetiva aplicação de competências no contexto micro-organizacional (68%); a manutenção de relações internacionais constituídas por seus egressos (67%); o maior nível de aproveitamento acadêmico dos egressos, em comparação com o grupo controle constituído por quem não usufruiu do programa; e o grande interesse da comunidade acadêmica em que haja continuidade e aprimoramento do programa. Importante é o fato de que os resultados finais não foram, ainda, mensurados e avaliados formalmente pela Capes ou pelo CNPq (CRUZ, 2016), sendo as análises aqui expostas derivadas de consultas a documentos técnicos, informações públicas e trabalhos acadêmicos (ATHAYDE, 2016; BRASIL, 2011, 2015a,b; CONCEIÇÃO, 2017; MAMEDE, 2018; MANÇOS; COELHO, 2017; VIEIRA, 2015).

Assim, com base nesses dados, o processo é exemplificado com: a etapa 5, considerada como uma nova teoria da mudança, que incorpora estratégias inovadoras em relação ao programa original, como tentativa de superação das deficiências e dificuldades nele identificadas; além

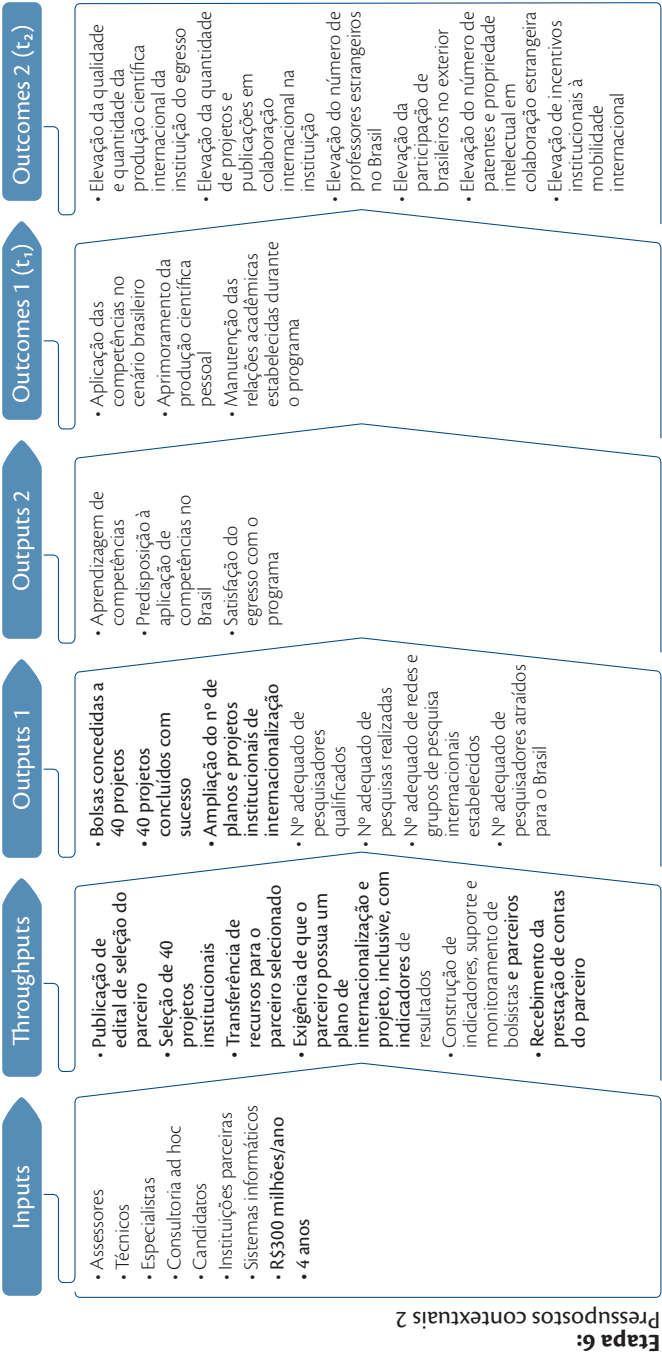
da etapa 6, que busca aplicar tais estratégias no reconhecimento de variáveis de contexto que necessitam ser atacadas na concepção de um possível novo programa, o qual, no caso em tela, é representado pelo PrInt, uma evolução do CsF, a partir das aprendizagens ocorridas, cuja implementação está em andamento e, diferentemente do CsF e em razão dele, apresenta já o desenvolvimento de protocolos de avaliação, os quais, ainda que atrasados em relação ao que se esperaria de um planejamento estratégico, representam uma inovação considerável no seio da Capes. Nesse sentido, nas etapas mencionadas, as modificações sugeridas estão destacadas dentro dos quadros do fluxograma. Dessa forma, o ciclo de uma política pública baseada em evidência se fecha, mas não se encerra, pois as aprendizagens com o novo programa deverão encaminhar suas correções ou a constituição de nova política.

É importante mencionar que, embora o processo de constituição do PrInt não tenha se dado expressamente dessa forma, o quadro aqui apresentado tem como finalidade demonstrar como tal metodologia, captada por meio de análises documentais e reuniões, esteve subjacente ao pensamento e às ações dos envolvidos com o programa e como sua explicitação poderia ter auxiliado na sistematização das estratégias que fundamentaram sua concepção, sugerindo sua aplicação futura. Conforme propõe Willians (2018), isso permitiria ao gestor pautar suas decisões em dados mais sistemáticos, objetivamente registrados e racionalizados, como uma célere e viável alternativa a processos de planejamento e avaliação mais complexos, caros e demorados, mas sem a perda significativa de informações causadas pela implantação intuitiva e assistemática, nas quais a subjetividade excessiva pode comprometer substancialmente os resultados almejados.

Figura 2. Modelo lógico e teoria da mudança, do CsF ao PrInt.







Fonte: Conforme dados extraídos de documentos de gestão, informações públicas, relatórios técnicos e trabalhos acadêmicos (ATHAYDE, 2016; BRASIL, 2011, 2015a, b; CONCEIÇÃO, 2017; CRUZ, 2016; MAMEDE, 2018; MANÇOS; COELHO, 2017; VIEIRA, 2015).

Considerações finais

O presente trabalho partiu do pressuposto de que é possível existir um meio termo entre os complexos, caros e demorados processos de planejamento e avaliação de intervenções e aqueles processos caracterizados pela excessiva subjetividade e intuição da equipe gestora de uma política pública. Assim, propôs um método sistemático e objetivo, baseado em evidências, derivado de uma abordagem conhecida como Teoria da Mudança, associando-a ao instrumento denominado Matriz Lógica Heurística e à teoria capaz de suportá-lo, a fim de permitir ao gestor o acesso a um método produtor de informações que o subsidiem em suas decisões, de forma prática e flexível.

Nesse sentido, busca descrever um caminho aproximado, não declarado ou explicitado, mas presente na estratégia operacional adotada pelos gestores do Ciência sem Fronteiras até chegarem ao Programa Institucional de Internacionalização, sendo o primeiro de responsabilidade da Capes e do CNPq e o segundo, uma proposta da Capes, como evolução natural do primeiro, a partir das aprendizagens ocorridas, o que evidenciou pontos fortes e fracos do programa original, necessários serem atacados ou preservados na concepção do segundo programa.

Por fim, o artigo destaca a necessidade de se ter claro que a estratégia utilizada não produz informações no nível possibilitado por uma pesquisa avaliativa de proporções e profundidade maiores como, por exemplo, a Análise de Implantação, entre outras, mas permite ao gestor o acesso a informações-chave capazes de subsidiar suas decisões, inclusive, para optar ou não por outro tipo de avaliação e planejamento.

Referências

ARENDT, H. **As origens do totalitarismo**. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

ATHAYDE, André Luiz Mendes. **Uma avaliação dos impactos do Programa Ciência sem Fronteiras na perspectiva de beneficiários das instituições federais de ensino superior de Montes Claros-MG**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 2016.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior. **Capes e CNPq apresentam avaliação preliminar do Ciência sem Fronteiras**. Brasília: Capes, 2015b. Disponível em www.capes.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/7583-capes-e-cnpq-apresentam-avaliacao-preliminar-do-ciencia-sem-fronteiras. Acesso em 27 ago 2015.

BRASIL. **Decreto nº 7.642, de 13 de dezembro de 2011**. Instituição do Ciência sem Fronteiras. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7642.htm

BRASIL. Senado Federal. **Avaliação do Programa Ciência sem Fronteiras**. Brasília: DataSenado, 2015a. Disponível em www12.senado.leg.br/institucional/datasenado/materiais/pesquisa/avaliacao-do-programa-ciencia-sem-fronteiras. Acesso em: 27 out 2015.

BROUSSELLE, A.; CHAMPAGNE, F.; CONTANDRIOPOULOS, A.P; HARTZ, Z. (orgs). **Avaliação: conceitos e métodos**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2011.

CHALMERS, Allan. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CONCEIÇÃO, Otávio Canozzi. **Uma avaliação do programa Ciência sem Fronteiras: efeitos sobre desempenho, trancamento e conclusão**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2017.

CRUZ, Viviane X.A. **Programa Ciências sem Fronteiras: uma avaliação da política pública de internacionalização do ensino superior sob a perspectiva do Paradigma Multidimensional**. Dissertação (Mestrado) – Profiap, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016. Disponível em: http://www.profiap.org.br/profiap/tcfs-dissertacoes-1/ufg/2016/46_ufg_2016_viviane-cruz.pdf. Acesso em: 13 mar 2018.

DAMASCENO, S.M.S.; ABBAD, G.S.; Meneses, P.P.M. Modelos lógicos e avaliações de treinamentos organizacionais. **Paidéia**, v. 22, n. 52, p. 217-227, 2012.

FUNNELL, Sue C.; ROGERS, Patricia J. **Purposeful program theory: Effective use of theories of change and logic models**. San Francisco, CA: John Wiley & Sons, 2011.

HAMBLIN, A.C. **Avaliação e controle de treinamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1978.

HUDZIK, John K. **Comprehensive Internationalization: From Concept to Action**. Washington, D.C.: Association of International Educators/NAFSA, 2011.

JAMES, Cathy. **Theory of change review: a report commissioned by comic relief**. [online], San Francisco/ USA: Center for Theory of Change, 2011. Disponível em: http://www.theoryofchange.org/wp-content/uploads/toco_library/pdf/James_ToC.pdf. Acesso em: 27 ago 2016.

JANNUZZI, Paulo M. Avaliação de programas sociais no Brasil: repensando práticas e metodologias das pesquisas avaliativas. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 36, jan/jul. 2011.

LACERDA, E.; ABBAD, G. Impacto do treinamento no trabalho: Investigando variáveis motivacionais e organizacionais como suas preditoras. **Rev. Adm. Contemp.** v. 7, n. 4, p. 77-96, 2003.

MAFRA, Fábio. Theory of change and its potential use in performance audits. **Revista do TCU**, n. 135, p. 74-83, 2016. Disponível em: <http://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1326/1443>. Acesso em: 27 ago 2016.

MAMEDE, Walner; ABBAD, Gardênia. Objetivos educacionais de um mestrado profissional em saúde coletiva: avaliação conforme a taxonomia de Bloom. **Educ Pesqui.** v. 44, e169805. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/143497>. Acesso em: 13 mar 2018.

MAMEDE, Walner. **Modelo para avaliação de mestrados profissionais orientados à formação de recursos humanos para o SUS: Um estudo de caso**. Tese (Doutorado) - Instituto de Psicologia. Ensino na Saúde. Universidade de Brasília. Brasília/DF, 2016.

MAMEDE, Walner. Proposta de indicadores para o monitoramento e avaliação de egressos estrangeiros de programas no Brasil. **Parecer Técnico nº 1/2018/DMR/CGMR/DRI**. Processo SEI nº 23038.006752/2018-90. Brasília/DF: Capes, 2018.

MANÇOS, Guilherme de Rosso; COELHO, Fernando de Souza. Internacionalização da Ciência Brasileira: subsídios para a avaliação do programa Ciência sem Fronteiras. **RPPI**, v. 2, n. 2, p. 53-82, 2017.

MORRA-IMAS, Linda G.; RIST, Ray C. **The road to results: designing and conducting effective development evaluations**. Washington: World Bank, 2009. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2699/52678.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 ago 2016. (Chapter 4, p. 140-179).

MUGNOL, Márcio; GISI, Maria de Lourdes. Avaliação de políticas públicas educacionais: os resultados do PROUNI. In: IX ANPED Sul, Caxias do Sul, 2012. **Anais...** Caxias do Sul/RS, Universidade de Caxias do Sul, 2012. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/2022/970>. Acesso em: 13 mar 2016.

ROGERS, Patricia. La teoría del cambio. **Síntesis metodológicas: evaluación de impacto**, n. 2, p. 1-14. Florencia: Centro de Investigaciones de UNICEF, 2014. Disponível em: https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/Brief%202%20Theory%20of%20Change_ES.pdf. Acesso em: 27 ago 2012.

SHADISH, W.; COOK, T.; CAMPBELL, D. **Experimental and quasi-experimental design for generalized causal inference**. Boston/NY, Massachusetts/ NY: Houghton Mifflin, 2002.

SILVA, R. Avaliação de programas e projetos sociais no Brasil: História, conquistas e desafios. In: ROMAN, A. (Org.). **Avaliação de programas e projetos sociais: A experiência da Fundação Banco do Brasil**. Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013.

VIEIRA, Victor. Entidades cobram avaliação do Ciência sem Fronteira. São Paulo: **O Estado de São Paulo**, 2015.

WILLIAMS, Martin J. Validade externa e adaptação de políticas: um guia em cinco etapas para o mapeamento de mecanismos. In: DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AO DESENHO DA POLÍTICA: EVIDÊNCIAS, VALIDADE EXTERNA E FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS. **Anais...** 04 a 08 de junho de 2018. Brasília: Enap, 2018.

YANAZE, Mitsuru Higuchi. **Gestão de marketing e comunicação: avanços e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

Fomento à pesquisa científica no Brasil: a colaboração dos pesquisadores de excelência

Thiago Magela Rodrigues Dias¹, Tales Henrique José Moreira² e Patrícia Mascarenhas Dias³

Resumo

Estudos sobre as redes de colaboração científica vêm, a algum tempo, recebendo atenção de analistas de diversas áreas do conhecimento devido ao seu potencial de identificar como grupos de pesquisadores têm contribuído em suas pesquisas realizadas. Tais estudos possibilitam identificar, com o auxílio de métricas de análises de redes, como as redes são formadas, de que modo evoluem ao longo do tempo e de que maneira são estruturadas. Neste trabalho, são apresentadas uma caracterização e uma análise das redes de colaboração científica dos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Como resultado, é revelada a forma de colaboração entre

Abstract

Studies of scientific collaboration networks have been receiving attention from analysts from various fields for some time because of their potential to identify how groups of researchers have contributed to their research. Such studies make it possible to identify, with the help of network analysis metrics, how networks are formed, how they evolve over time, and how they are structured. This paper presents a characterization and analysis of the scientific collaboration networks of CNPq Research Productivity Fellows. As a result, it is revealed how the leading Brazilian researchers who receive encouragement for excellence in their work have collaborated with each other.

¹ Doutor em Modelagem Matemática e Computacional pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG). Professor do Cefet-MG.

² Mestre em Modelagem Matemática e Computacional pelo Cefet-MG. Professor do Cefet-MG.

³ Doutoranda e Mestre em Modelagem Matemática e Computacional pelo Cefet-MG. Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG).

os principais pesquisadores brasileiros que recebem incentivo pela excelência em seus trabalhos.

Palavras-chave: Bolsistas. Pesquisas. Plataforma *Lattes*. **Keywords:** *Fellows. Researches. Platform Lattes.*

1. Introdução

De acordo com Ferreira (2010), a ciência produz conhecimento e, em razão desse fato, há a necessidade e o compromisso de tornar seus resultados públicos, a partir da divulgação, junto à comunidade científica, das atividades realizadas durante a pesquisa. Candotti (2002), por sua vez, destaca que disponibilizar, de forma simples, novas descobertas e inovações originadas de pesquisas científicas é um dos principais objetivos da ciência, independentemente de qual seja a área.

Com o crescimento da divulgação científica impulsionado principalmente pela disponibilidade e pelo acesso imediato a repositório de dados de publicações da área, uma nova geração de serviços, dispostos principalmente na Web, está mudando a forma de dar publicidade e acesso a produção científica e tecnológica. Existe, atualmente, uma tendência que reforça a troca de informações e a colaboração entre as pessoas. A forte relação entre os domínios científico e socioeconômico tem gerado um interesse crescente pela compreensão a respeito dos mecanismos que norteiam as atividades científicas, sendo possível apontar diversos trabalhos que analisam aspectos específicos, como as características da linguagem e dos discursos empregados na comunicação científica (HOFFNAGEL, 2009) ou, ainda, a relação de colaboração entre pesquisadores e grupos de pesquisa (DING, 2011; REVOREDO *et al.*, 2012; STROELE; ZIMBRÃO; SOUZA, 2012).

Nesse cenário, a Bibliometria (ARAÚJO, 2006), que possui grande relação com a Cientometria (SILVA; HAYASHI; HAYASHI, 2011), se destaca como uma das principais ciências métricas de análise de conteúdo, podendo ser aplicada a fontes de dados científicos com o intuito de se obter informações quantitativas sobre publicações (PRITCHARD, 1969). Dessa forma, é possível analisar dados de publicações científicas com os objetivos de identificar as tendências e o crescimento do conhecimento em diversas áreas, prever padrões de pesquisa, observar a dispersão do conhecimento científico, impulsionar políticas de auxílio à pesquisa e entender

de que forma ocorre a evolução científica de uma determinada área do conhecimento ou de grupos de pesquisadores.

A produção de indicadores bibliométricos considerados mais representativos tornou-se realidade concreta nas últimas décadas do século 20. Os principais motivos para a proposta de tais indicadores devem-se à construção, manutenção e informatização de repositórios de dados científicos (MUGNAINI; JANNUZZI; QUONIAM, 2004). Por sua vez, um dos fatores que têm motivado os estudos de avaliação da produção científica, principalmente com a adoção de métricas bibliométricas, tem sido a busca pela excelência em áreas de pesquisa e, também, a competição pelos recursos financeiros das agências de fomento (LOPES, 2012).

Nos últimos anos, além da análise bibliométrica de publicações científicas, diversos outros estudos têm procurado explicar de que forma a ciência tem evoluído e como a colaboração científica ocorre. Diante desse fato, técnicas baseadas em análises de redes surgem como uma alternativa para verificar esse fenômeno. De modo geral, uma rede pode ser caracterizada na forma de um grafo, que consiste em um conjunto de nós (vértices) e ligações (arestas) entre os nós (SZWARCFITER, 1986). Essas ligações podem ser direcionadas ou não e, opcionalmente, podem ainda ter um peso associado.

No domínio científico, um exemplo de uma rede social é a de colaboração científica, que pode ser observada como uma rede na qual os nós correspondem aos autores de publicações científicas e as arestas, à relação de coautoria. Nesse tipo de rede, as arestas podem ou não ser ponderadas. A adição de um peso representa o número de trabalhos em que os autores relacionados pela aresta considerada participaram conjuntamente. Dessa forma, a intensidade dos relacionamentos presentes em uma rede de colaboração científica é medida pelo número de colaborações entre um par de autores. A presença do peso é útil para representar, por exemplo, a afinidade e os interesses comuns entre dois autores da rede (SONNENWALD, 2007).

Com a modelagem e caracterização das redes de colaboração científica, é possível aplicar diversas técnicas que permitem entender como essas redes são estruturadas, fornecendo, assim, subsídios para diversos estudos, como os relacionados a predição de vínculos entre pesquisadores; recomendação de especialistas; e identificação de grupos de pesquisa.

Nesse contexto, o presente trabalho visa a responder a seguinte questão: Como ocorre a colaboração científica entre os principais pesquisadores do Brasil?

Atualmente, no Brasil, pesquisadores com elevada capacidade de pesquisa recebem, como reconhecimento pela excelência de seus trabalhos, uma bolsa de produtividade paga pelo

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A referida bolsa é destinada aos pesquisadores que se destacam entre seus pares na realização de pesquisas nas áreas científicas e tecnológica. Dessa forma, o CNPq oferece um estímulo constante aos pesquisadores de excelência no País, valorizando a qualidade, o aprofundamento e a possível aplicação de novos estudos (SANTOS, 2016).

Assim, este trabalho apresenta um estudo sobre as redes de colaboração científica dos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq, tomando como base análises de redes sociais que possibilitam compreender: como ocorre a colaboração científica do conjunto; e, nas diversas modalidades de bolsas, como estão colaborando os pesquisadores brasileiros de excelência. Para isso, foram analisados dados dos currículos cadastrados na Plataforma Lattes do CNPq, sistema responsável por armazenar informações curriculares da comunidade científica e, atualmente, considerado uma importante fonte de dados sobre a produção científica (LANE, 2010).

As demais partes deste trabalho estão organizadas da seguinte forma: a seção 2 apresenta alguns trabalhos relacionados ao conteúdo do artigo; a seção 3 descreve como foi construído e processado o conjunto de dados utilizados; a seção 4 expõe os resultados das análises realizadas; e a seção 5 reúne as considerações finais e propostas para novos estudos.

2. Trabalhos relacionados

Barabási *et al.* (2002) apresentam um estudo das redes de colaboração científica nas áreas de Neurociência e Matemática entre os anos de 1991 e 1998. Os autores concluíram que a rede evolui a partir do momento em que novos nós e vínculos entre os nós existentes são incluídos. Também argumentam que esta evolução segue um processo denominado *preferential attachment*, em que novos nós tendem a criar seu primeiro vínculo com nós detentores de grande número de vínculos. Como resultado, autores experientes tendem a aumentar seu número de colaboradores com maior frequência, em detrimento de autores novatos.

Para Revoredo *et al.* (2012), redes como as de comunidades científicas de formação recente possuem poucos parâmetros para a classificação de assuntos de interesse e pouco entendimento, tanto da existência quanto do potencial de relações de colaboração. Nessas comunidades, a compreensão sobre sua composição e suas tendências de interesse ocorre por meio de técnicas de descoberta de conhecimento, a partir da observação de seus artefatos principais de produção, ou seja, suas publicações.

Segundo Stroele, Zimbrão e Souza (2012), a análise de redes de colaboração científica possibilita: identificar como os grupos de pesquisadores e centros de estudos estão desenvolvendo seus trabalhos; verificar e entender qual o grau de envolvimento entre os pesquisadores de determinados grupos, de determinadas áreas do conhecimento e de instituições de ensino e pesquisa; e indicar padrões de colaboração que poderiam proporcionar um grande avanço na área, permitindo, assim, melhorias na comunicação e colaboração de toda a comunidade científica.

Mena-Chalco *et al.* (2014) utilizam dados dos currículos da Plataforma Lattes para identificar e caracterizar, por meio de informações bibliométricas, a rede de colaboração de pesquisadores brasileiros. O trabalho dos autores envolve a aplicação de métricas baseadas em análise topológica para explicar como ocorre a interação entre os pesquisadores.

No trabalho de Digiampietri *et al.* (2017), é apresentada uma análise da evolução, do impacto e da formação de redes nos cinco anos do *Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining* (BraSNAM). Foram examinadas as cinco primeiras edições do evento, a produção bibliográfica e a evolução da rede de coautoria. No estudo das redes de coautoria, os trabalhos publicados em cada edição foram utilizados para a caracterização de cada uma das redes. Foi observada uma evolução do evento, que anualmente tem atraído novos pesquisadores, contribuindo para a expansão e consolidação do BraSNAM.

Como diferencial deste último trabalho em relação aos citados anteriormente, este estudo visa a apresentar como ocorre a colaboração científica dos principais pesquisadores brasileiros, considerando todo o conjunto de Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq, bem como os níveis das bolsas eles que recebem como auxílio.

3. Metodologia

Para a análise da colaboração científica do conjunto de Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq, foram utilizados dados extraídos de seus currículos cadastrados na Plataforma Lattes.

Uma grande parte dos editais de financiamento de projetos de pesquisa publicados por agências de amparo à pesquisa e por instituições de ensino utiliza dados dos proponentes registrados em seus currículos cadastrados na Plataforma Lattes como uma das formas de avaliação das propostas. Esse procedimento passou a ser um grande incentivo para que os pesquisadores mantenham seus currículos com informações atualizadas, tornando a referida plataforma uma fonte relevante para a análise da produção científica brasileira.

Para o processo de coleta e tratamento dos dados, foi utilizado um *framework* denominado LattesDataXplorer (Dias, 2016). Esse instrumento é responsável por englobar todo um conjunto de técnicas e métodos para realizar a extração de currículos cadastrados na Plataforma Lattes e executar diversos processos para o tratamento, a seleção e as análises dos dados curriculares.

O componente de Seleção do *LattesDataXplorer* utiliza a linguagem de consulta XML *Path Language* (XPath) para a pesquisa no repositório local de currículos e posterior geração do conjunto. A linguagem XPath permite construir expressões que vão processar e percorrer um documento XML de forma similar ao uso de expressões regulares. Assim, é possível agrupar um conjunto de currículos com base em parâmetros desejados. Dessa forma, também foi possível identificar no repositório local que, dentre os currículos extraídos em fevereiro de 2018, um conjunto de 14.475 indivíduos são Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq, em alguma modalidade. Logo, os dados contidos nos currículos deste grupo foram analisados, sendo apresentada uma visão geral e, posteriormente, caracterizadas as redes de colaboração científica para cada modalidade de bolsa, além da rede geral, contendo todos os bolsistas.

4. Resultados

Para análises da colaboração científica dos pesquisadores de excelência no Brasil, foi considerado o conjunto de Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Este grupo, que, em sua maioria, tem atuado em pesquisas, seja em instituições de ensino, seja em institutos de ciência e tecnologia, ainda é responsável pela formação dos alunos nos principais programas de pós-graduação do País. O exame possibilitou constatar, ainda, que o conjunto de indivíduos analisado neste trabalho, apesar de corresponder a uma pequena quantidade, compreende grande parte dos principais pesquisadores em atuação no território nacional.

O sistema de bolsas Produtividade em Pesquisa do CNPq encontra-se estruturado em modalidades, iniciando-se pela modalidade 2, em que o bolsista deve ser portador de título de doutor há pelo menos três anos na ocasião da implementação da bolsa. Por sua vez, na modalidade 1, ele deve possuir, no mínimo, oito anos de doutorado na ocasião da implementação da bolsa. Essa última modalidade encontra-se dividida em quatro subníveis (A, B, C e D) estabelecidos de formas comparativas com a comunidade científica da área e tendo por base os dados dos últimos dez anos, incluindo a capacidade de formação contínua de recursos humanos, especialmente a relacionada a orientações de pós-graduação *stricto sensu*.

Os dados ainda permitiram observar que a modalidade 2 concentra a maior quantidade de bolsistas. Consequentemente, os outros pesquisadores, que representam aproximadamente 44% do conjunto, são distribuídos nas modalidades superiores, em que a quantidade de indivíduos é reduzida em cada modalidade 1, à medida que o nível da bolsa aumenta.

Destaca-se que os bolsistas realizam seu primeiro ingresso no sistema, obrigatoriamente, pela modalidade 2 e, posteriormente, podem progredir para as modalidades de níveis mais altos. Logo, a modalidade 2 tende naturalmente a concentrar uma maior quantidade de bolsistas, por se tratar da “porta” de entrada para todos os pesquisadores.

No contexto deste trabalho, que visa a caracterizar as redes de colaboração científica do conjunto de bolsistas, a produção científica é o principal elemento de estudo. Foi identificado que, em ambas as modalidades de bolsas, os bolsistas tendem a divulgar sua produção científica preferencialmente em anais de congressos e em periódicos. O Gráfico 1 exibe o total de publicações de todos os bolsistas, em ambos os meios de divulgação, por modalidade de bolsas.

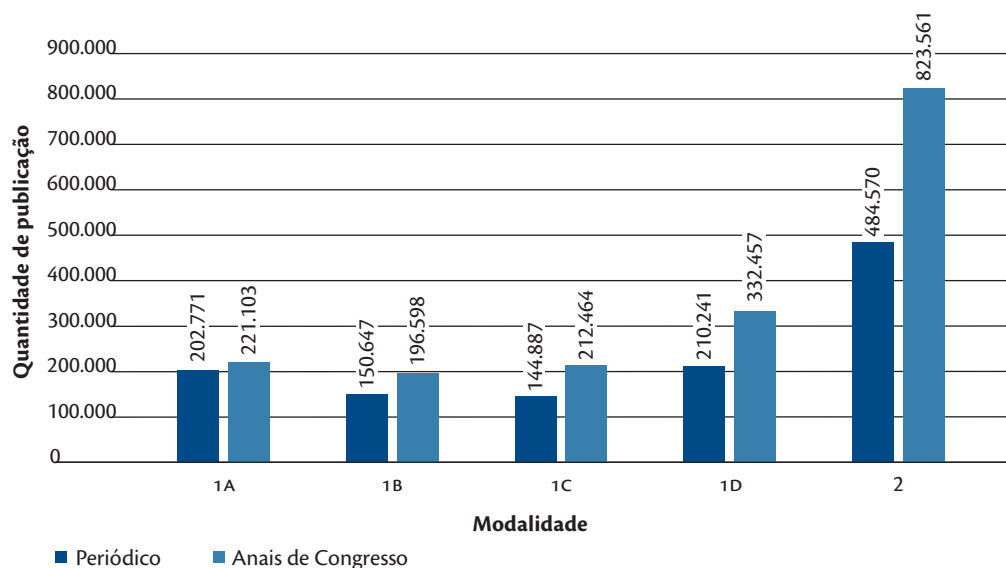


Gráfico 1. Total de publicações de artigos em anais de congressos e em periódicos

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ressalta-se que, para a totalização das publicações em cada uma dessas modalidades, foram considerados todos os registros de divulgação em cada um dos meios de veiculação encontrados nos currículos dos bolsistas, independentemente de quando o trabalho foi publicado.

Como pode ser observado, a modalidade 2 possui a maior média de publicações, tendo em vista abarcar a maior quantidade de bolsistas (56,45%). O número de publicações nas modalidades mais altas tende a se reduzir, uma vez que esses níveis concentram uma menor quantidade de bolsistas. Destaca-se a semelhança da quantidade de publicações da modalidade 1A com a 1C na publicação de artigos em anais de congressos. E, ainda, nota-se que, à medida que o nível das modalidades de bolsas vai aumentando, a diferença entre publicações de artigos em anais de congressos e em periódicos tendem a reduzir.

Um tipo de análise que comumente vem sendo realizada quando verificada a produção científica de um determinado conjunto de indivíduos é a que busca explicar como a comunidade científica tem colaborado (MENA-CHALCO; DIGIAMPIETRI; CESAR-JUNIOR, 2012; BOAVENTURA *et al.*, 2014; MENA-CHALCO *et al.* 2014; DIGIAMPIETRI, 2015). Neste trabalho, para a caracterização das redes de colaboração científica que seriam estudadas, foram consideradas apenas as publicações de artigos dos bolsistas em anais de congressos e em periódicos, haja vista se tratar dos principais meios de divulgação do conjunto.

Tais redes possibilitam analisar, com a adoção de métricas específicas, como as colaborações têm evoluído ao longo dos anos ou de que modo estão estruturadas. Neste trabalho, foram caracterizadas redes por modalidades de bolsas e, para suas análises, algumas métricas de análise de redes sociais foram aplicadas.

Para a caracterização das redes que contêm todos os bolsistas, foram adotados métodos que visam a concentrar os nós mais conectados no centro da rede e, consequentemente, aqueles nós com menor quantidade de ligações ou isolados são deslocados para as extremidades das redes (Figura 1).

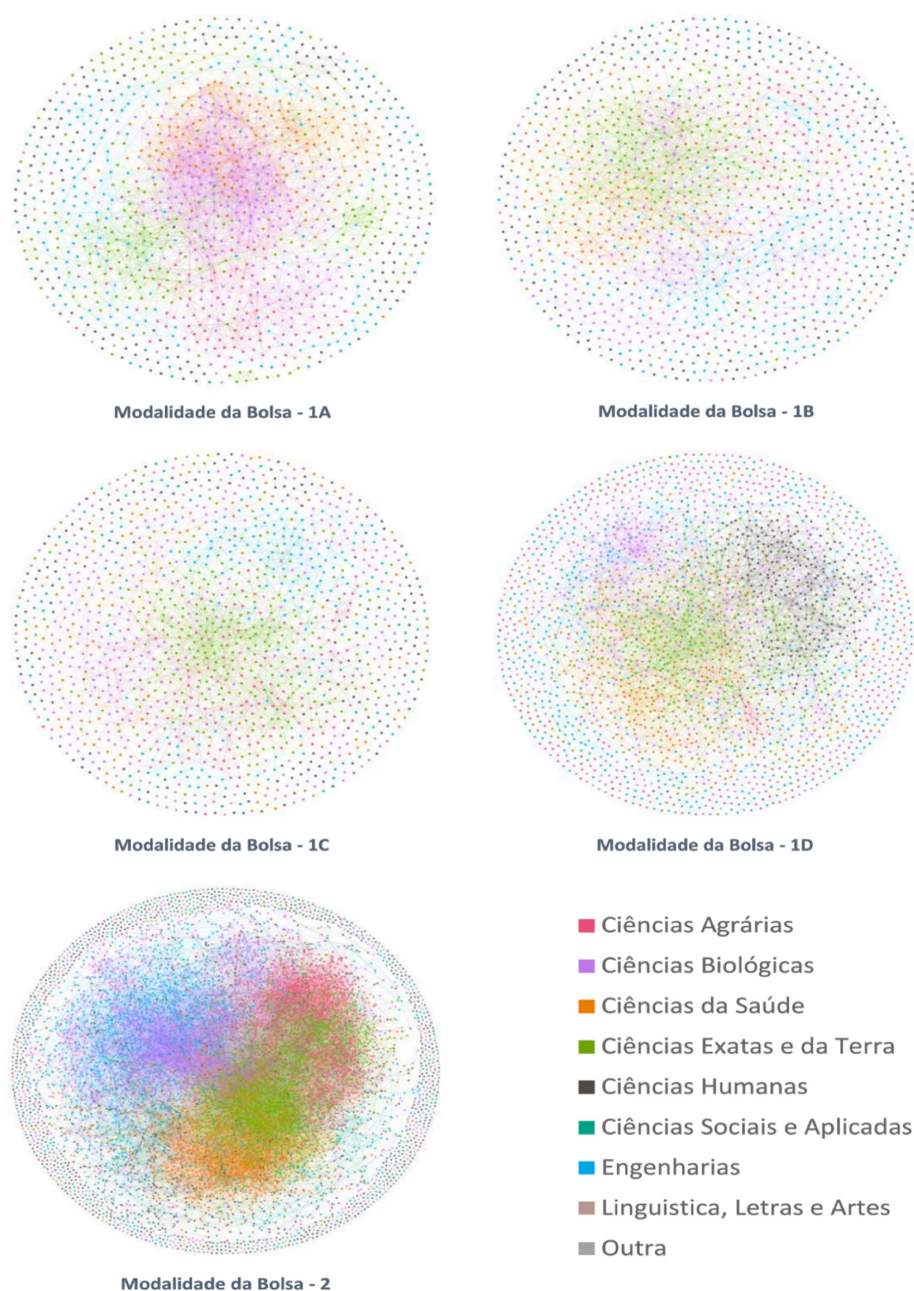


Figura 1. Redes de colaboração científica dos Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Fonte: Elaborada pelos autores.

Ao analisar as redes de colaboração de cada modalidade, é possível observar grande similaridade entre as redes das modalidades 1A e 1D, a exemplo do que ocorre com a produção científica, onde suas componentes gigantes são maiores e existe uma grande centralidade dos bolsistas agrupados principalmente pelas suas grandes áreas. As redes das modalidades 1B e 1C, por sua vez, também são semelhantes, possuindo a menor quantidade de bolsistas nas suas componentes gigantes, tornando as redes mais esparsas. A rede da modalidade 2, que possui a maior quantidade de bolsistas dentre todas as modalidades, se destaca por possuir a componente gigante mais representativa e, ainda, a maior quantidade de componentes isolados, posicionados nas extremidades da rede. Agrupando-se as redes de todas as modalidades, é possível caracterizar a rede global, como demonstrado na Figura 2.

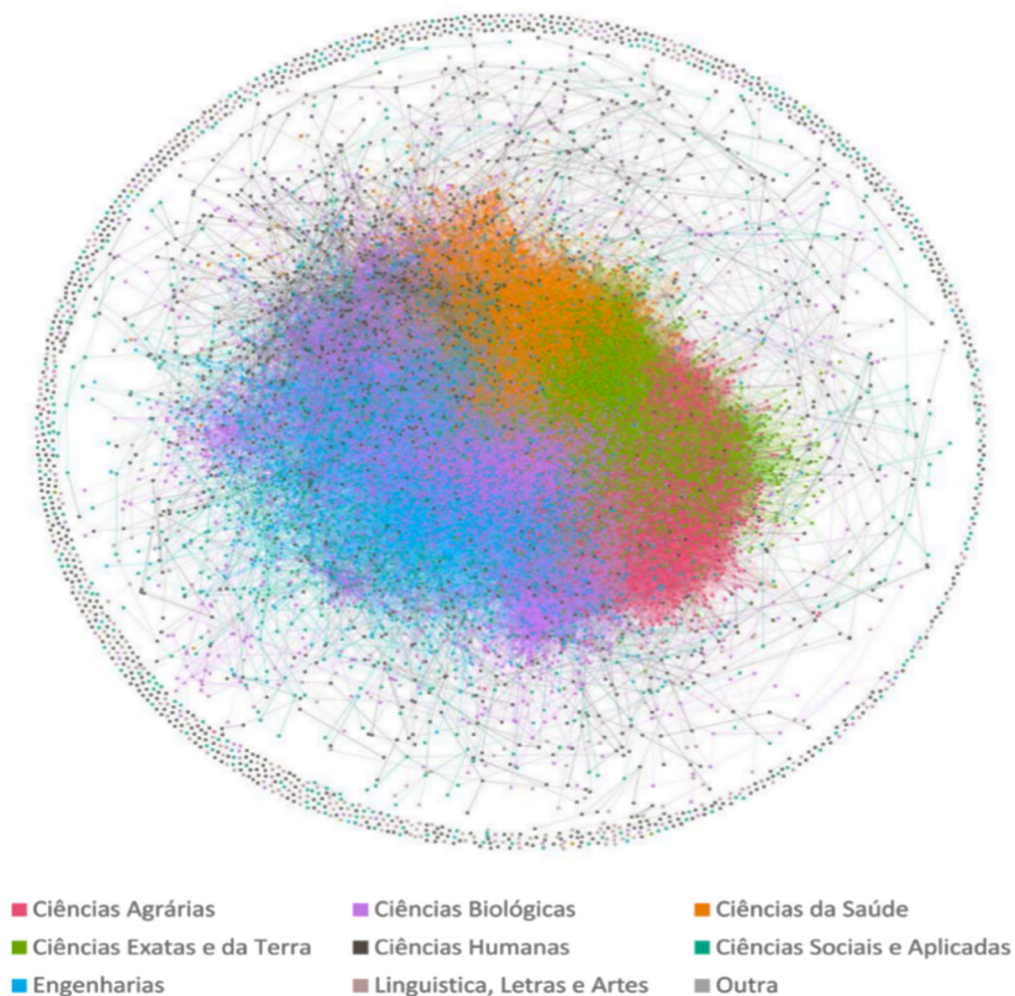


Figura 2. Rede global com todos os Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Fonte: Elaborada pelos autores.

A rede global contempla todo o conjunto de bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq, possuindo a menor quantidade de nós isolados, que podem ser observados nas extremidades da rede, e sua componente gigante concentra conjuntos de bolsistas agrupados principalmente pelas suas grandes áreas. No entanto, percebe-se considerável sobreposição de grandes áreas, o que representa colaboração entre bolsistas de grandes áreas distintas.

Após a caracterização das redes, foram aplicadas algumas métricas: grau médio dos nós, total de nós no componente gigante, densidade da rede, diâmetro da rede e caminho mínimo médio. Consideradas clássicas, são usualmente adotadas por diversos trabalhos que analisam redes de colaboração (SZWARCITER, 1986; NEWMAN, 2003; LEMIEUX; OUIMET, 2008; SCOTT, 2009; WASSERMAN; FAUST, 2009).

A Tabela 1 apresenta uma sumarização das redes caracterizadas e das métricas adotadas em todas as modalidades de bolsas. Pode-se afirmar que a análise das redes de colaboração científica do conjunto de Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq possibilita obter uma visão de como ocorreu o processo de coautoria entre os principais pesquisadores em atuação no Brasil.

Tabela 1. Tabela 1. Resultado das métricas adotadas

Métrica	Nível do Bolsista	1A	1B	1C	1D	2	Geral
	Total de Nós	1.180	1.267	1.432	2.425	8.171	14.608
	Total de Arestas	5.402	3.156	3.170	6.399	37.225	218.788
	Grau Médio dos Nós	9,15	4,98	4,42	5,27	9,11	14,95
	Total de Nós no Componente Gigante	884	835	957	1.707	6.685	13.375
	% de Nós no Componente Gigante	74,92%	65,90%	66,83%	70,39%	81,81%	91,56%
	Total de Arestas no Componente Gigante	5.293	3.024	3.052	6.113	36.839	218.564
	Densidade da Rede	0,008	0,004	0,003	0,002	0,001	0,002
	Diâmetro da Rede	15	19	27	21	19	18
	Caminho Mínimo Médio	4,74	5,64	6,36	6,03	5,69	4,37
	Total de Componentes Isolados	202	304	343	467	1.079	987

Fonte: Elaborada pelos autores.

É possível observar a distinção entre as estruturas das redes, sendo que a rede global, que contempla todos os bolsistas, possui, como era de se esperar, a maior componente conectada, concentrando 99,9% das arestas da rede e 91,56% dos bolsistas. No entanto, a rede global possui menor densidade que algumas redes específicas, como, por exemplo, das modalidades 1A, 1B e 1C. Logo, pode-se afirmar que, apesar da rede geral possuir a maior componente conexa, as redes de algumas modalidades específicas são bem mais densas, podendo denotar que, nestas últimas redes, os bolsistas estejam mais conectados, necessariamente, nos níveis mais alto de modalidade das bolsas.

Ressalta-se, ainda, o diâmetro da rede da modalidade 1A, o menor dentre todas as outras, o que denota um menor esforço para conectar os dois bolsistas mais distantes da rede. Este valor é bem inferior ao de outras modalidades, como, por exemplo, o da modalidade 1C, onde há uma distância de 26 bolsistas entre os dois mais distantes.

A rede geral também se destaca por possuir o maior valor do grau médio (14,95), podendo ser considerada a rede de maior colaboração, tendo em vista contemplar todos os bolsistas. Foi possível identificar, ainda, que, apesar de as redes possuírem baixa densidade, as das modalidades de maior nível possuem as menores quantidades de componentes isolados, ou seja, autores que publicaram sem nenhuma colaboração ou não publicaram com outros bolsistas de sua mesma modalidade.

Também foi possível verificar como alguns pesquisadores têm trabalhado em colaboração de forma muito intensa. Analisando as arestas mais densas das redes, alguns bolsistas se destacam com intensa quantidade de colaborações, o que leva a inferir que, para todas as redes as arestas com maior peso possuem centenas de colaborações, o que resulta em intensa frequência na produção de artigos científicos. Em geral, tais colaborações ocorrem, em sua maioria, na publicação de artigos em anais de congressos e são entre pesquisadores que: atuam na mesma área ou em áreas correlatadas; possuem a mesma formação acadêmica; e, em determinadas situações, são orientados pelos mesmos professores.

Assim, as análises apresentadas possibilitam compreender como ocorre a colaboração científica entre os pesquisadores de excelência no Brasil, por meio do exame de todo o histórico de publicações científicas registradas por esses profissionais em seus currículos cadastrados na Plataforma Lattes.

5. Considerações finais

Como resultado deste estudo, foi possível verificar de que modo ocorre a colaboração científica do conjunto de Bolsistas de Produtividade em Pesquisa do CNPq. Para isso, foram considerados os respectivos artigos e seu histórico de publicações em anais de congresso e em periódicos. Identificou-se que a produção científica dos bolsistas da modalidade 1A é distribuída quase que igualmente entre os dois tipos de publicações, diferentemente dos níveis mais baixos de modalidade das bolsas, em que as divulgações são realizadas, em sua grande maioria em anais de congressos.

Foi possível observar que, nas modalidades mais altas de bolsas, a colaboração ocorre de forma mais intensa e, nos níveis mais inferiores, a quantidade de bolsistas que não colaboram com bolsistas da mesma modalidade é bem superior. Com isso, conclui-se que os pesquisadores de excelência do Brasil têm colaborado entre si e esta colaboração ocorre de forma mais intensa entre os bolsistas das modalidades superiores. Além disso, analisando outros dados dos bolsistas, foi possível perceber, também, a existência de colaboração entre bolsistas de diferentes níveis de modalidades de bolsas e a forte influência, na colaboração, da localização geográfica dos bolsistas, por exemplo, quando eles fazem parte de uma mesma instituição ou um mesmo estado.

Em trabalhos futuros, pretende-se verificar como é estruturada a rede de colaboração científica do conjunto de doutores com currículos cadastrados na Plataforma Lattes e que não são bolsistas. Dessa forma, será possível examinar, de forma comparativa, a colaboração dos pesquisadores de excelência com os pesquisadores que não recebem bolsa.

Referências

- ARAÚJO, C.A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, n. 12, p. 11-32. 2006.
- BARABÁSI, A.L.; JEONG, H.; NÉDA, Z.; RAVASZ, E.; SCHUBERT, A.; VICSEK, T. Evolution of the social network of scientific collaborations. **Physica A: Statistical mechanics and its applications**, n. 311, p. 590-614. 2002.
- BOAVENTURA, M.; BONSON, K.; SILVA, A.P.; VELOSO, A.; MEIRA JR, W. Caracterização temporal das redes de colaboração científica nas universidades brasileiras: anos 2000-2013. In: BRAZILIAN WORKSHOP ON SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND MINING. Brasília. **Apresentação...** Brasília, 2014.
- CANDOTTI, E. Ciência na Educação Popular. **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência-Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ. 2002.
- DIAS, T.M.R. **Um estudo sobre a produção científica brasileira a partir de dados da Plataforma Lattes**. Tese (Doutorado em Modelagem Matemática e Computacional) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG. 2016.
- DIGIAMPIETRI, L.A. **Análise da rede social acadêmica Brasileira**. (Livre Docência) - Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

DIGIAMPIETRI, L.; MUGNAINI, R.; PÉREZ-ALCÁZAR, J.; DELGADO, K.; TUESTA, E.; MENA-CHALCO, J. Análise da evolução, impacto e formação de redes nos cinco anos do BraSNAM. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO-CSBC. **Apresentação...** 2017.

DING, Y. Scientific collaboration and endorsement: Network analysis of coauthorship and citation networks. **Informetrics**, n. 5, p. 187-203. 2011.

FERREIRA, A.G.C. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. **Data Grama Zero**, v. 11, n. 3, p. 1-9. 2010.

HOFFNAGEL, J.C. A prática de citação em trabalhos acadêmicos. **Cadernos de Linguagem e Sociedade**, n. 10, p. 71. 2009.

LANE, J. Let's make science metrics more scientific. **Nature**, n. 464, p. 488-489. 2010.

LEMIEUX, V.; OUIMET, M. **Análise estrutural das redes sociais**. Lisboa: Instituto Piaget. 2008.

LOPES, G.R. **Avaliação e recomendação de colaborações em redes sociais acadêmicas**. Dissertação (Doutorado) - Instituto de Informática UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

MENA-CHALCO, J.P.; DIGIAMPIETRI, L.A.; CESAR-JUNIOR, R.M. Caracterizando as redes de coautoria de currículos Lattes. In: BRAZILIAN WORKSHOP ON SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND MINING. Curitiba. **Apresentação ...** 2012.

MENA-CHALCO, J.P.; DIGIAMPIETRI, L.A.; LOPES, F.M.; CESAR, R.M. Brazilian bibliometric coauthorship networks. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, n. 65, p. 1424-1445. 2014.

MUGNAINI, R.; JANNUZZI, P.; QUONIAM, L. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. **CI**, n. 33, p.123-131. 2004.

NEWMAN, M. E. The structure of scientific collaboration networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, n. 98, p. 404-409. 2001.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of Documentation**, n. 4, p. 348-349. 1969.

REVOREDO, K.; ARAÚJO, R.; SILVEIRA, B.; MURAMATSU, T. Minerando publicações científicas para análise da colaboração em comunidades de pesquisa. In: BRAZILIAN WORKSHOP ON SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND MINING (BraSNAM). Curitiba - PR. **Apresentação...** Curitiba, 2012.

SANTOS, L.R.F. **Utilização de dados da Plataforma Lattes para a avaliação da distribuição da bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2015.

SCOTT, J. **Social network analysis: a handbook** (2 ed.). London: SAGE. 2009.

SILVA, M.R.; HAYASHI, C.R.; HAYASHI, M.C. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação**, n. 2, p. 110-129. 2011.

SONNENWALD, D.H. Scientific collaboration. **Annual Review of Information Science and Technology**, n. 41, p. 643-681. 2007.

STRÖELE, V.; ZIMBRÃO, G.; SOUZA, J.M. Análise de redes sociais científicas: modelagem multi-relacional. *In: BRAZILIAN WORKSHOP ON SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND MINING (BraSNAM)*. Curitiba - PR. **Apresentação...** Curitiba, 2012.

SZWARCFTER, J.L. **Grafos e algoritmos computacionais**. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus. 1986.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications**. 19 ed. 2009.

Abordagens de avaliação de políticas de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação a partir de algumas experiências

Fernanda A. da F. Sobral¹ e Gilberto Lacerda Santos²

Resumo

O conhecimento proveniente das Ciências Sociais dispõe de status epistemológico para debruçar-se sobre a temática da avaliação de políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação. Nessa perspectiva, este artigo relata o estudo de três casos de avaliação de políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) aplicadas ao campo educacional, realizados por demanda governamental, os quais nos permitiram rever métodos e propor recomendações. O primeiro caso relatado consiste na avaliação da Estratégia de Expansão da Educação Superior no Brasil, de tipo *ex ante* ou prévia à implementação da política pública. O segundo caso consiste na avaliação da forma como estava sendo

Abstract

The knowledge coming from Social Sciences has an epistemological status to study the theme of the evaluation of public policies of Science, Technology, and Innovation. In this perspective, this article reports the study of three cases of evaluation of public policies of Science, Technology, Innovation (ST&I), but also referred to the education field, performed by governmental demand, which allowed us to review methods and propose recommendations. The first case reported is the evaluation of the "Strategy for Expansion of Higher Education in Brazil", ex ante or prior to the implementation of public policy. The second case consists of evaluating the way in which the Professional Master's Program in Mathematics in

1 Professora aposentada do Departamento de Sociologia da Universidade de Brasília (UnB). Doutora em Sociologia pela UnB, com pós-doutorado na École des Hautes Études en Sciences Sociales de Paris (1989 e 1990). Tem pesquisas e publicações nos temas: educação, tecnologia, ciência, universidade e avaliação. Atualmente, é vice-presidente da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. (SBPC).

2 Professor titular da Faculdade de Educação da UnB. Ph.D. em Educação, doutor em Sociologia. Atua em ensino, pesquisa, extensão e consultoria em temas relacionados com tecnologias educativas, Sociologia da Ciência e da Tecnologia e avaliação de políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação.

encaminhado o Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (Profmat), de tipo *in itinere* ou de itinerário. Por fim, o terceiro caso consiste na avaliação dos resultados da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (Obmep), procedimento avaliativo do tipo *ex post* ou posterior à implementação da política pública.

Palavras-chave: Avaliação de políticas públicas de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação. Metodologias de avaliação. Estudos de caso.

National Network (Profmat) was being sent, in itinere type. Finally, the third case consists of evaluating the results of the Brazilian Public Mathematics Olympiad (Obmep), an evaluation procedure was ex post or after the implementation of public policy.

Keywords: Evaluation of public policies of Science, Technology, Innovation and Education. Evaluation methodologies. Cases study.

1. Introdução

Enquanto estudo do governo em ação, a análise da formulação, da implementação, dos resultados e dos impactos de políticas públicas de modo geral e daquelas relacionadas à Ciência, Tecnologia, Inovação (CT&I) aplicadas ao campo da Educação em particular demanda a construção de abordagens metodológicas sofisticadas, que permitam a consideração da política pública além da política pública; do tempo presente; de seu contexto imediato; dos atores que a implementam e dela usufruem; e de suas premissas conceituais.

Assim, a consideração da política pública além:

- *da política pública* situa os atores que a avaliam em uma análise mais ampla dos contextos econômico, social e político nos quais está inserida; além de uma análise das relações porventura existentes com outras ações governamentais, com planos de governo e com diversos impactos indiretos, o que ultrapassa bastante a mera constatação do cumprimento dos objetivos diretamente decorrentes da ação em si;
- *de seu contexto imediato* também requer um olhar sobre outros setores impactados pela mesma, como o meio ambiente, o setor econômico, o ambiente internacional, etc.;
- *do tempo presente* remete, igualmente, a uma análise de seus impactos em curto, médio e longo prazos, enquanto instrumentos portadores de futuro, nem sempre positivos, nem sempre promissores, nem sempre ancorados em demandas e em necessidades sociais

que ultrapassam o momento da sua implementação, ainda que sempre revestidos do poder do Estado;

- *dos atores que a implementam* envolve, do mesmo modo, sua contextualização em arenas transepistêmicas, que perpassam, entre outros, os campos político, social, acadêmico e econômico, áreas estas, por sua vez, suscetíveis a impactos positivos ou negativos da ação do Estado e condutoras da consciência, por parte dos avaliadores, a respeito dos seus efeitos sobre a vida da população de um modo geral, numa perspectiva de inter-relações entre ciência, tecnologia, inovação, educação e sociedade;
- *de suas premissas conceituais* ainda estimula o lançamento de olhares sobre outros campos de conhecimento, correlatos ou não, capazes de contribuir para uma compreensão mais aprofundada sobre a dinâmica gerada por esse poderoso mecanismo de regulação social. Trata-se, de fato, de um objeto de investigação que transborda os limites estatais ou a esfera da administração pública e recai sobre um dos temas de pesquisa mais caros à Sociologia Política: as relações entre Estado e sociedade.

Este artigo relata o estudo de três procedimentos de avaliação de políticas públicas de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação (CTI&E). A primeira experiência descrita corresponde à análise da Estratégia de Expansão da Educação Superior no Brasil (CGEE, 2014). Neste caso, houve uma oportunidade de avaliar uma política pública antes de sua implementação, na perspectiva de subsidiar ações governamentais. Trata-se, portanto, de uma avaliação *ex ante*. O segundo caso consiste no procedimento de avaliação do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (BRASIL, 2013). Tal análise ofereceu a oportunidade de empreender uma avaliação do tipo *in itinere* ou de itinerário, cujo objetivo era o de verificar se a ação governamental estava gerando os resultados previstos e se precisava de ajustes ou adequações. Por fim, o terceiro caso diz respeito ao procedimento de avaliação dos resultados e impactos da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (CGEE, 2011). Este procedimento avaliativo foi do tipo *ex post*, isto é posterior à implementação da política pública.

Consideradas em seu conjunto, essas três experiências de avaliação permitem aos autores do presente artigo propor modelos metodológicos para essas abordagens e pontuar recomendações que devem, também na visão dos autores, perpassá-las quando de seu emprego (SOBRAL; LACERDA SANTOS, 2017).

2. Estudos de caso

A avaliação da factibilidade da Meta 12 do Plano Nacional de Educação (BRASIL, 2014), a fim de propor uma estratégia de Expansão da Educação Superior no Brasil, foi desenvolvida com as finalidades de identificar modos de sua operacionalização e de gerar informações importantes para uma definição de objetivos, estratégias, metodologias, atores e formas de participação, instrumentos adequados e outros aspectos que poderiam contribuir para o êxito da ação de expansão visada. Esse trabalho de avaliação *ex ante* foi baseado em suposições e prognósticos. Foi, portanto, de caráter estimativo.

De modo a tornar possível o avanço da empreitada, foi idealizada uma metodologia de trabalho alicerçada em dois pilares: a constituição de um cenário teórico, situacional e conceitual acerca da expansão do ensino superior; e a identificação de parâmetros norteadores da proposta metodológica pretendida.

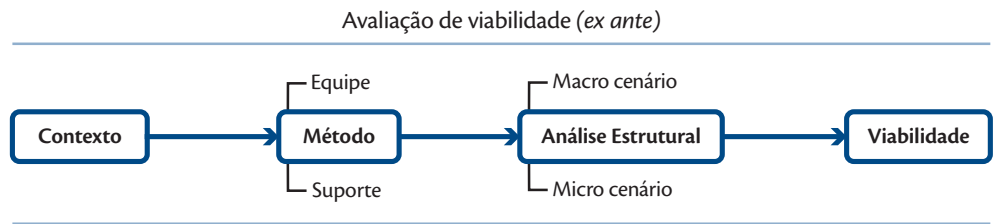
Para dar seguimento a essa avaliação, foi realizado um processo de construção de uma metodologia com um olhar sobre o futuro, com os objetivos de identificar possibilidades de execução da política pública e de projetar um cenário concernente à expansão do ensino superior brasileiro. Nesse caso, à medida que progredia a elaboração de uma proposta de modalidades para essa expansão, eram mensuradas qualitativa e quantitativamente a pertinência, a coerência e a estrutura dessa intenção governamental. Para tanto, buscou-se situar essa política pública no contexto da emergência de um Novo Modo de Produção de Conhecimentos (GIBBONS *et al.*, 1994), tendo em vista que a instituição universitária necessita ultrapassar fronteiras tradicionais no estabelecimento de relações com o meio social e investir em novos modelos capazes de melhor ancorar os novos modos de relacionamento entre a academia e a sociedade.

A avaliação também considerou o passado, de forma a buscar recuperar a história da expansão do ensino superior no País, visando a orientar novos processos de tomada de decisão nesse âmbito. Finalmente, foi observado o presente, com a finalidade de buscar diretrizes no Plano Brasil Maior (BRASIL, 2011), a principal política pública brasileira que então orientava o desenvolvimento nacional em todos os setores e âmbitos.

O procedimento de avaliação da viabilidade da meta 12 do PNE, que entre suas 21 estratégias possui oito especialmente relevantes para se pensar a expansão quantitativa e qualitativa da rede de instituições públicas de Ensino Superior, permitiu delimitar um modelo metodológico em 4 etapas. Nesse caso, o analista inicia seu procedimento por meio de um exame do contexto geral do trabalho que lhe é proposto, ou seja, a observação da própria política pública e de sua correspondente área de conhecimento, entre outros elementos.

A partir desse estudo, o analista avança na proposta de um método de trabalho e já dispõe de elementos para delimitar: i) caso necessário, uma equipe assessora, informando, entre outros dados, a quantidade de indivíduos, as áreas de formação e os campos de atuação dos profissionais essenciais a esse grupo; e ii) o suporte necessário para seu trabalho, incluindo as demandas referentes a recursos financeiros, infraestrutura e cronograma. Com o método de trabalho definido, ele avança para a análise estrutural da política pública, ou seja, de sua pertinência e sua situação em um cenário macro, mais amplo (cenário internacional, cenário econômico, campos impactados, atores impactados, etc.), bem como para a compreensão de um microcenário, mais restrito dessa política, que é o entendimento de sua formulação, de seus objetivos, de suas implicações, etc. Com todos esses insumos, é possível concluir a análise de viabilidade da política pública em foco. A Figura 1 expõe uma representação gráfica desse modelo metodológico.

Figura 1. Modelo metodológico para avaliações *ex ante*



Fonte: Sobral e Lacerda Santos (2017).

A avaliação do modo de operacionalização do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (Profmat) teve o objetivo de verificar o andamento da execução da política pública, a atuação de seus atores centrais, bem como as percepções desses mesmos atores a respeito do programa, visando, entre outros aspectos, à identificação de pontos fortes e fracos. A abordagem também foi iniciada pela descrição do contexto acerca da política pública, o que permitiu identificar um método de trabalho e estratégias de produção, coleta e análise de dados. Contudo, como se tratava de uma avaliação de itinerário, o estudo foi bem além do caso anterior, buscando detectar as condições de sucesso da política pública ainda em sua fase de pleno funcionamento. Esse tipo de abordagem permite, eventualmente, a revisão de determinadas estratégias empregadas, a fim de se adotar melhorias ainda na fase de implementação da política. Nesse caso da avaliação da execução do Profmat, realizada em pleno desenvolvimento da referida política, os analistas buscaram verificar: se a iniciativa estava sendo adequadamente implementada e de acordo com o previsto em seu enunciado; e se os atores implicados em sua execução estavam percebendo o alcance de seus objetivos e suas metas.

O Profmat foi concebido num contexto de grande discussão sobre a importância da pós-graduação e a necessidade de maiores investimentos na educação básica, o que levou os presentes autores a situar essa política pública no âmbito do Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) 2011-2020, documento este que, por sua vez, também aponta a educação básica como o novo desafio do Sistema Nacional de Pós-Graduação. Assim, o avanço do trabalho ocorreu por meio de um processo de construção de uma metodologia que lançasse um olhar sobre o presente, com o objetivo de coletar dados empíricos reveladores da política pública em ação. Houve então uma análise preliminar de dados existentes: número de inscritos em relação aos aprovados, distribuição geográfica (unidades federadas e municípios), gênero e faixa etária, etc. Também foram realizadas entrevistas com secretários municipais e coordenadores regionais do programa. Foi feita, ainda, análise *in loco* da relação das atividades desenvolvidas no Profmat em algumas instituições selecionadas. Finalmente, foi elaborado e aplicado questionário eletrônico a docentes e discentes do Profmat.

À medida que os analistas avançavam na detecção de elementos indicadores dos modos de realização da formação continuada em foco, igualmente eram mensuradas qualitativa e quantitativamente a pertinência, a coerência e a estrutura dessa ação governamental. O trabalho tomou como base a identificação de realizações em curso, sendo, assim, uma atividade de acompanhamento.

A estratégia construída para proceder à avaliação de acompanhamento da implantação do Profmat apresenta diversos elementos que a tornam bem mais complexa que a abordagem anterior. Como a política pública avaliada se encontrava em plena execução, já existiam resultados passíveis de mensuração, a fim de que fossem obtidas informações sobre o sucesso ou o insucesso da iniciativa.

Nessa avaliação de itinerário, o analista inicia seu procedimento, como no caso da avaliação *ex ante*, por um estudo do contexto mais amplo e da política pública em foco, bem como pelo entendimento dos objetivos da avaliação. A partir desse estudo, ele tem condições de delimitar um método de trabalho. Como a intenção, nessa fase, é a de analisar a referida política em execução, a situação requer a conjugação de abordagens quantitativas e qualitativas integradas para que os resultados indiquem o funcionamento dessa política.

É também no contexto dessa proposta metodológica que o analista poderá delimitar a equipe necessária para a empreitada, indicando a quantidade de indivíduos, as áreas de formação e os campos de atuação dos profissionais essenciais a esse grupo, bem como os elementos de suporte para a mesma (recursos financeiros, infraestrutura, logística, cronograma, etc.).

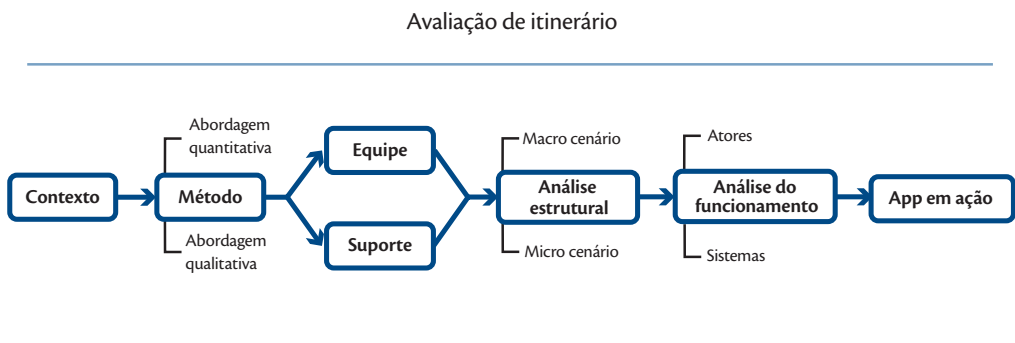
A partir dessa etapa, com a equipe montada, a infraestrutura disponibilizada e a logística estabelecida, pode-se avançar para a realização da avaliação propriamente dita, o que envolve: análise estrutural da

política pública (cenários macro e micro); análise de seu funcionamento, com a definição de indicadores construídos por meio de coleta de dados junto a seus atores - elaboradores, gestores, beneficiários, etc. -; e estudo detalhado de seus sistemas e subsistemas (ambientes impactados, objetivos alcançados, etc.). O conjunto desses elementos constitui um retrato da política pública em ação.

Esse modelo metodológico pode ser representado sob a forma de uma estrutura em 6 etapas. Primeiramente, um estudo de contexto, preparatório e delimitador do escopo do trabalho, é empreendido e permite ao avaliador indicar ao organismo demandante cronograma e valores a serem investidos na iniciativa. Esta primeira etapa está bastante ligada à seguinte, referente à identificação de métodos e técnicas de avaliação, o que geralmente deve ser articulado em torno da conjugação de abordagens quantitativas e qualitativas, a fim de se ter uma visão a uma terceira etapa, quando já podem ser indicadas e contratadas equipes de apoio técnico e de apoio especializado, bem como podem ser providenciados os elementos de suporte necessários para a realização da avaliação (viagens, material de consumo, meios e materiais tecnológicos etc.).

O trabalho de avaliação propriamente dito é iniciado na etapa seguinte, a quarta, quando, similarmente ao modelo metodológico para avaliações *ex ante*, é feita uma análise estrutural da política pública em execução, o que pode requerer a realização de estudos de cenários macro e microsociais impactados pela política pública. A partir daí, há a possibilidade, em uma quinta etapa, de acompanhar a política pública em andamento, por meio da coleta de dados junto aos atores diretamente implicados pela mesma e da análise dos sistemas sociais por ela impactados. Por fim, na sexta e última etapa, o avaliador elabora as conclusões e recomendações acerca da política pública avaliada. A Figura 2 expõe uma representação gráfica desse procedimento de avaliação de itinerário de uma política pública em Ciência e Tecnologia e Educação.

Figura 2. Modelo metodológico para avaliações *in itinere*



Fonte: Sobral e Lacerda Santos (2017).

O caso da avaliação da Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (Obmep) permitiu aos autores construir um percurso avaliativo focado nos beneficiados pela política pública, a fim de verificar seu impacto e, a partir daí, tecer considerações mais amplas acerca das suas repercussões de modo geral. Realizado em 2010, este processo de avaliação *ex post* debruçou-se sobre um caso bastante significativo, considerando-se o fato de que, naquele ano, do total de 5.560 municípios brasileiros, apenas 45 não tiveram escolas inscritas na Obmep, o que torna a referida política uma das ações governamentais de maior alcance nacional.

O objetivo do trabalho consistia, sobretudo, em identificar o impacto efetivo dessa ação pública no ensino de Matemática nas escolas públicas alcançadas por essa iniciativa. À medida que o grande número de inscritos, de participantes e de premiados apontava para o sucesso quantitativo da experiência, a avaliação buscava revelar as condições de sucesso qualitativo da iniciativa, a fim de contribuir para uma melhor compreensão a respeito do alcance, dos limites e das possibilidades dessa importante e expressiva política pública.

Essa avaliação dos resultados da Obmep posterior à sua implementação buscou desvelar resultados efetivos de sua adoção. Para dar seguimento a essa avaliação, os autores avançaram em um processo de elaboração de uma metodologia que lançasse um olhar sobre o passado, com o objetivo de coletar dados empíricos, diretamente decorrentes dos êxitos da competição, em todas as suas categorias. Nesse caso, com o avanço da leitura dos resultados obtidos, também eram mensuradas qualitativa e quantitativamente a pertinência, a coerência e a estrutura dessa realização governamental.

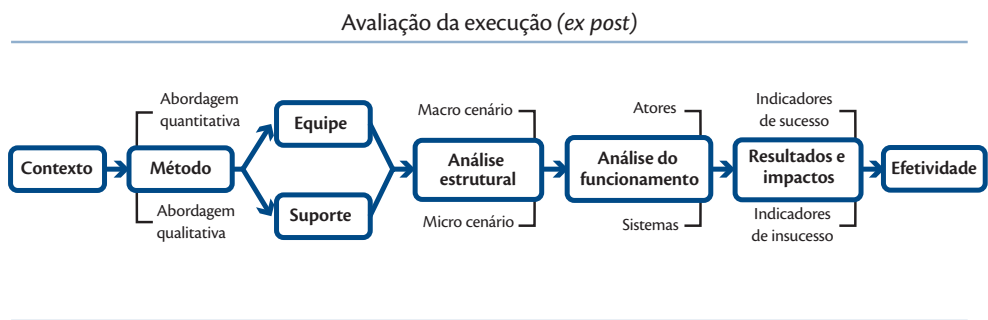
Para a avaliação da Obmep, os dados fornecidos pela então Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social (Secis) do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) sobre as escolas participantes, além das escolas e dos alunos premiados, permitiram identificar as unidades de ensino que foram visitadas e nas quais foi aplicada a técnica de grupo nominal a alunos, professores e gestores, visando: à coleta de informações qualitativas sobre o referido programa; e à realização de entrevistas telefônicas sobre os impactos do programa na carreira de ex-medalhistas. Esse caso, conforme explicitado, consistiu em uma avaliação *ex post*, posto que a política pública em foco já havia sido implementada – como também continua a ser – e o objetivo visado era o de gerar informações para medir seus resultados e impactos. O trabalho foi, assim, baseado na identificação de uma realidade construída pela política pública, sendo, desse modo, um trabalho de constatação.

A avaliação *ex post* demanda um olhar sobre os impactos da política pública, já devidamente implantada, consolidada ou concluída, como foi o caso do trabalho em torno da avaliação das condições de sucesso da Obmep. Nesse tipo de abordagem, é preciso levar em conta a existência

de dados a serem coletados e analisados para permitir uma leitura do que foi executado e efetivamente alcançado, em termos da realização de objetivos previstos pela política pública. É preciso focar, ainda, nos resultados efetivos da ação pública.

A abordagem de avaliação decorrente do caso estudado indica um percurso que parte da compreensão da própria política pública (o contexto ao qual se aplica) e culmina em uma análise ampla acerca da efetividade dessa iniciativa, passando pela mensuração quantitativa e qualitativa de seus resultados e impactos, pela elucidação dos cenários macro e microsociais a que se interliga, pelo mapeamento de seu modo de execução e pela identificação dos atores envolvidos e de indicadores de sucesso e/ou insucesso. A Figura 3 permite a visualização desse modelo metodológico para avaliações *ex post*.

Figura 3. Modelo metodológico para avaliações *ex post*



Fonte: Sobral e Lacerda Santos (2017)

As abordagens apresentadas reforçam a ideia de que a avaliação de políticas públicas de CTI&E constitui, cada vez mais, um campo de conhecimento em busca, por um lado, de otimizar as ações governamentais nesse campo e, por outro, de monitorar a execução de tais ações. Por fim, tendo em vista que as conclusões e recomendações provenientes das avaliações não foram efetivamente implantadas ou adotadas, também solidificam a visão de que, de modo geral, empreendimentos avaliativos não passam de instrumentos alegóricos e burocráticos. Isso leva os autores do presente artigo a considerarem que promover avaliações de políticas públicas de CTI&E de modo efetivo, eficiente e eficaz, antes, durante e depois de sua implantação, consiste em situar-se em uma perspectiva contra-hegemônica, referindo-se à habitual governança promotora do desenvolvimento científico e tecnológico, da qual a sociedade tem sido testemunha.

3. Conclusões

As três experiências aqui descritas e que serviram de base para a elaboração de modelos metodológicos voltados a avaliações *ex ante*, *in itinere* e *ex post* também permitem aos analistas elaborar um conjunto de recomendações que evidenciam a crucialidade da inserção da avaliação no ciclo de gestão dos programas governamentais:

1. É sempre preciso levar em conta que a decisão de se avaliar uma política pública de CTI&E é proveniente de uma rede de fatores de considerável complexidade e que envolvem argumentos técnicos e políticos, não isentos de disputas e conflitos. Geralmente, os argumentos técnicos giram em torno de se agregar transparência à administração pública, de gerar resultados efetivos e de tornar mais eficientes os gastos governamentais. Por sua vez, os argumentos políticos podem estar associados a eventuais ações de propaganda, levando à manipulação de resultados dos procedimentos de avaliação. É, portanto, importante que a avaliação seja sempre realizada por atores externos, desvinculados dos compromissos governamentais, distanciados dos embates burocráticos e com posicionamento neutro – o mais possível – acerca dos argumentos técnicos. Esse tipo de consideração é crucial nas avaliações *ex ante* e pode subsidiar a tomada de decisões acerca da formatação final da política pública a ser implementada ou até mesmo de sua não implementação.
2. Os cenários socioeconômicos que acolhem as políticas públicas nessa área são extremamente dinâmicos e evoluem com o passar do tempo e à medida que a política pública vai gerando efeitos. Há, portanto, uma dimensão interativa a ser considerada na política pública, que deve ser sempre percebida em profunda conexão com o contexto no qual vai ser inserida e para o qual se espera um efeito catalizador de inovações científicas e tecnológicas. Essa visão deve estar presente, sobretudo, nas avaliações de itinerário, posto que os cenários e as situações existentes no momento da avaliação podem não mais corresponder àqueles detectados no momento de idealização da política pública.
3. Sendo essa política pública um espaço político no qual se manifestam trocas e barganhas, conflitos e compromissos em torno de contextos relacionados com a Ciência, com a Tecnologia, com a Inovação e com a Educação, é importante buscar identificar adequadamente as demandas que a geraram, os valores, os princípios e as ideologias que a permeiam, a realidade concreta que pretende modificar. Nessa perspectiva, uma sólida análise contextual deve ser o ponto de partida de todas as abordagens metodológicas propostas. Essa análise contextual permite não apenas um conhecimento prévio, por parte dos analistas, a respeito do teor da política pública a ser avaliada, mas também

a mensuração do investimento necessário à realização da avaliação, investimento este traduzido em termos de recursos humanos, financeiros e infraestruturas.

4. A pertinência, a eficiência e a eficácia de uma política pública de CTI&E são melhor percebidas quando dados quantitativos e qualitativos são gerados e combinados para mapear o itinerário da execução da ação governamental e para indiciar os avanços eventualmente obtidos, bem como o alcance dos objetivos e das metas previstos. Mesmo em uma avaliação *ex ante*, como no caso exemplificado, essa associação de abordagens qualitativas e quantitativas mostra-se fundamental para um real dimensionamento do alcance da política pública, de seu sucesso ou insucesso.
5. Tendo em vista o fato dessa política pública ser constituída por um conjunto de atividades que objetivam causar algum impacto na realidade social, política ou econômica, pelo viés da promoção da Ciência, da Tecnologia, da Inovação e da Educação, o analista deve orientar sua atuação em torno da busca de resposta a questões como: A situação problemática que justifica a adoção da política pública tem sua existência reconhecida? A ação governamental proposta é uma solução adequada para essa situação problemática? O investimento financeiro se justifica face aos resultados previstos? Em que medida será efetivamente promovida a evolução pretendida? Há alternativa eficaz e de menor custo?
6. A modificação da realidade social proposta por uma política pública de CTI&E não se dá apenas por meio da formulação dessa política em si, o que faria da mesma uma simples elaboração teórica ou uma mera declaração retórica sem nenhum efeito prático. Tal modificação se dá, de fato, por meio da disponibilização dos recursos públicos necessários à sua execução. Nessa perspectiva, a realidade social modificada é o ponto de ancoragem da política pública e o analista deve considerar também o custo socioeconômico da não decisão de implementação da mesma, isto é, da não adoção da política pública em foco, o que pode ser vislumbrado pelo delineamento de cenários hipotéticos sobre prejuízos sociais, científicos e tecnológicos decorrentes da eventual inexistência daquela ação de governo.
7. As políticas públicas de CTI&E são sempre multifacetadas e envolvem diferentes esferas, diversidade temática, atores estatais e não estatais, com consequências para uma ampla esfera de atores sociais. É fundamental que o analista de políticas públicas nessa área busque combinar e articular aportes teóricos variados, distanciando-se do monólogo explicativo disciplinar e optando sempre pela construção de uma visão analítica multidisciplinar, valendo-se de notas técnicas ou de quadros teóricos suscetíveis de contribuir com uma leitura, a mais ampla possível dos impactos da ação governamental.

8. Por não serem dispositivos estanques, mas instrumentos de mudança social, que se vinculam, intrinsecamente, aos seus beneficiários, as políticas públicas nessa área devem ser analisadas também sob a ótica de seus sujeitos receptores. Dar voz aos beneficiários e entender junto aos mesmos as condições de sucesso da política pública constituem uma estratégia poderosa de avaliação de seu alcance e de contraponto aos dados quantitativos porventura produzidos pelo analista.
9. É importante lembrar que o tempo de vigência de um programa limita ou amplia as possibilidades para uma avaliação. Ou seja, na avaliação do Profmat, dado o tempo exíguo de sua implementação, a avaliação se deu, sobretudo, acerca do seu funcionamento, na medida em que ainda não se conseguiu verificar, de fato, impactos no ensino de Matemática, após os professores terem concluído o curso e retornado às atividades escolares. Por outro lado, na avaliação da Obmep, os analistas conseguiram verificar alguns resultados e impactos na carreira dos premiados porque já havia um período maior de implementação do programa.
10. O delineamento de microcenários imediatamente impactados pela política pública de CTI&E deve ser complementado pelo delineamento de cenários mais amplos, de macrocenários sociais, econômicos que, associados, podem permitir uma análise estrutural mais aprofundada da viabilidade da ação governamental. O analista deve buscar ultrapassar a política pública em si e construir um entendimento mais amplo acerca de toda a cadeia de valor afetada pela mesma.
11. Embora tenham sido utilizadas técnicas de coleta de dados qualitativos, nas avaliações aqui referidas, elas indicam a importância de se elaborar, quando os programas são criados, uma base de dados a ser mantida durante todo o período de vigência dos programas. Sem essa base de dados não se poderia: realizar o diagnóstico da oferta e da demanda do ensino superior; ter ideia da amplitude do Profmat; nem definir as escolas que seriam visitadas na avaliação da Obmep. Ou seja, a organização de uma base de dados sobre o programa e a política é condição *sine qua non* para a realização de uma avaliação adequada.
12. Nas avaliações de políticas públicas de CTI&E em execução, isto é, nas avaliações de itinerário, é importante haver o entendimento a respeito do funcionamento da iniciativa, por meio da identificação dos atores sociais e dos sistemas socioeconômicos por ela impactados, o que pode conduzir à percepção de obstáculos para a efetivação de certas medidas e à indicação de novas possibilidades norteadoras da ação político-administrativa em prol dos referidos atores e sistemas.

13. A abordagem da política pública nessa área, pelo viés de sua avaliação *ex ante*, de itinerário ou *ex post*, implica ao analista o entendimento a respeito da natureza da ação pública, de suas metas, seus objetivos e suas estratégias de ação, elementos estes que devem produzir mudanças no mundo real, repercutir na sociedade, na economia e no cenário do desenvolvimento científico e tecnológico, em uma perspectiva de estabelecimento de relações entre sociedade e Estado. A construção desse entendimento não pode se esquivar da contribuição dos fundamentos teóricos e metodológicos das Ciências Sociais e de sua capacidade explicativa dessas relações.
14. Os procedimentos de avaliação de políticas públicas devem considerar a avaliação como dispositivo inerente ao ciclo de vida dessas políticas e como ferramenta autônoma da sua gestão, distanciada de uma abordagem meramente burocrática, visando a cumprir um rito sem maiores consequências ou não panfletário; a afirmar a assertividade de uma gestão pública; e a reafirmar, de forma estanque, a competência desta última junto à sociedade de modo geral.

Tem-se, em guisa de conclusão, 14 recomendações que, provenientes da experiência concreta dos autores, salientam a crucialidade da avaliação de políticas públicas de CTI&E e sua abordagem como dispositivo democrático, vinculado ao interesse público. De fato, a concepção de democracia está alicerçada, entre outros elementos, no estabelecimento de comunicação entre Estado e sociedade. Assim sendo, referindo –se aos programas governamentais de fomento à Ciência, à Tecnologia, à Inovação e à Educação, a avaliação das políticas públicas é uma das formas vitais para que essa comunicação aconteça. Contudo, é importante ressaltar que, no momento atual, a própria operacionalização de políticas públicas de CT&I está seriamente ameaçada pela crise econômica e política e, conseqüentemente, pela falta de investimentos. Cabe à sociedade pressionar o Estado para que o cenário de investimentos em CT&I seja restabelecido e ampliado e para que políticas públicas com foco nesse setor sejam elaboradas, propostas, executadas e, sobretudo, permanentemente avaliadas.

Referências

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC. **Plano Brasil Maior** – Inovar para Competir. Competir para crescer. Plano 2011/2014. Brasília (DF): 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. **Avaliação suplementar externa do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT)**. Brasília (DF): 2013.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.005/2014** - Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. 2014.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Avaliação do impacto da Olimpíada Brasileira de Matemática nas Escolas Públicas (OBMEP)**. Brasília (DF): 2011.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Estratégia de expansão da educação superior no Brasil**. Brasília (DF): 2014.

GIBBONS, M.; LIMOGES, C.; NOWOTNY, H.; SCHWARTZMAN, S.; SCOTT, P.; TROW, M. **The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies**. London: Sage, 1994.

SOBRAL, F.A. da F.; LACERDA SANTOS, G. **Avaliação de políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação: abordagens a partir de casos concretos**. Brasília (DF): Editora Viva, 2017.

SOBRAL, F.A. da F. Novos horizontes para a produção científica e tecnológica. **CADERNO CRH**, Salvador, v. 24, n.63, p. 519-534, set./dez, 2011.

SOBRAL, F.A. da F. dimensão econômica e social da política brasileira de ciência, tecnologia e inovação. In: **SOCIEDADE, CONHECIMENTO E COLONIALIDADES: Olhares sobre a América Latina**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2016.



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