

Ciência, Tecnologia e Inovação – Oportunidades e desafios

Arthur Oscar Guimarães¹, Kilma Gonçalves Cezar²

Resumo

Este artigo tem por objetivos identificar e analisar as possibilidades de o Brasil, até 2030, alcançar novos patamares de desenvolvimento em áreas específicas, de forma inclusiva, competitiva e sustentável; e levando em conta setores econômicos nos quais se identificam, preliminarmente, oportunidades e desafios. Como método de pesquisa, optou-se pela definição de áreas temáticas e vetores importantes para o desenvolvimento do País. Ao final, são apresentadas breves análises e recomendações.

Abstract

This article aims to draw attention to the possibilities for Brazil, by the year 2030, to reach new levels of development in specific areas, particularly a development that is inclusive, competitive and sustainable, taking into account the opportunities and challenges. The definition of some specific areas and sectors that are important for the country's development was chosen as a research method. At the end, brief analyses and recommendations are presented.

-
- 1 Graduado em Economia; mestre em Política Científica e Tecnológica pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ); possui doutorado na área de Ciência, Tecnologia e Sociedade pela Universidade de Brasília (UnB); e é pós-doutorando em Ciência da Informação pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UFRJ (PPGCI/UFRJ). Atualmente, é líder dos seguintes projetos no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE): Conselho Nacional de C&T (CCT); Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI); e Centros de Desenvolvimento Regional (CDR).
 - 2 Graduada em Economia e especialista em Inteligência Competitiva pela UFRJ. Possui Diplôme D'Études Approfondies (DEA) em Informação Científica e Tecnológica pela Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix Marseille III, na França. É mestre em Desenvolvimento Sustentável e doutora em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB), com pós-doutorado em Ciência da Informação pela Faculdade de Ciência da Informação (FCI) da UnB. Atualmente, trabalha no CGEE.

Palavras-chave: Ciência aberta. Inovação aberta e responsável. Ciência, Tecnologia e Inovação. Oportunidades e desafios.

Keywords: Open science. Open and responsible innovation. Science, technology and innovation. Opportunities and challenges.

1. Introdução

A opção metodológica do presente trabalho baseou-se na definição de um conjunto de áreas, nos termos indicados na Tabela 1, para analisar um horizonte até 2030. Nas próximas seções, serão examinados as oportunidades e os desafios destas áreas. Suas vantagens competitivas, por sua vez, foram investigadas no artigo Ciência, Tecnologia e Inovação – Vantagens Competitivas, dos mesmos autores (GUIMARAES; CEZAR, 2023).

Tabela 1. Oportunidades, desafios e vantagens competitivas para o Brasil/2030

Áreas	Oportunidades	Desafios	Vantagens competitivas
Aeroespacial	•		
Energias renováveis	•		
Materiais e minerais estratégicos	•		
Área nuclear	•		•
Petróleo e gás	•		•
Saúde	•	•	•
NEXUS (segurança hídrica, energética e alimentar)	•	•	•
Área espacial		•	
Cidades		•	
Envelhecimento da população		•	
Mudança do clima		•	
Agropecuária tropical			•

Aeronáutica	•
Bioeconomia	•

Fonte: Elaboração própria com base no texto (BRASIL, 2015).

No rol das oportunidades identificam-se as seguintes áreas: Aeroespacial; Energias renováveis; Materiais e minerais estratégicos; Nuclear; Petróleo e Gás; Saúde e NEXUS (segurança hídrica, energética e alimentar), cabendo destacar que essas duas últimas áreas, além de oportunidades para o Brasil, são desafios a serem enfrentados, particularmente em razão de suas vantagens competitivas.

Nunca é demais destacar que, há exatamente 35 anos, em 1987, o documento *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) – ou Relatório Brundtland³, como é também denominado – apresentou um novo olhar sobre o desenvolvimento, definindo-o como o processo que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”.

A ideia central subjacente do relatório era a possibilidade de obter um crescimento econômico que buscasse a conciliação com as questões ambientais e sociais, no presente e no futuro. Aqui reside uma oportunidade central para o Brasil, um país que possui a maior biodiversidade do planeta, mas carece de maior consistência nos seus índices de crescimento econômico, em razão da necessidade de resolver seus graves problemas sociais, de gerar emprego e de elevar a renda de sua população com respeito ao meio ambiente. Este, por sinal, representa o maior trunfo do Brasil, que possui vários biomas. Dentre eles, a Amazônia destaca-se internacionalmente, mas de inegável relevância ambiental temos também o Pantanal, o Cerrado, a Mata Atlântica, a Caatinga e os Pampas.

Com base no debate mundial sobre o futuro do planeta, e diante da necessidade de o País impulsionar resultados concretos em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), uma verdadeira retomada nos próximos dez anos no âmbito das políticas públicas nacionais deverá contemplar como aspectos centrais a ciência e a inovação aberta, bem como os princípios da pesquisa em inovação responsável, de maneira a garantir canais para escutar a sociedade na formulação de prioridades na pesquisa e no desenvolvimento socioeconômico inclusivo e ambientalmente sustentável. É o que será discutido a seguir.

3 “Em 1983, foi criada, pela Assembléia Geral da ONU, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que foi presidida por Gro Harlem Brundtland - na época, primeira-ministra da Noruega - e Mansour Khalid, daí o nome final do documento. A comissão foi instituída após uma avaliação dos 10 anos da Conferência de Estocolmo, com o objetivo de promover audiências em todo o mundo e produzir um resultado formal das discussões” (ECOBASIL, 2022).

2. Oportunidades

Em busca de uma maior modernização produtiva para o Brasil, o setor que se apresenta como oportunidade para um desenvolvimento sustentável, inclusivo e competitivo é o das energias *lato sensu*, seja na área nuclear, seja na questão da segurança energética, bem como petróleo e gás, mas fundamentalmente nas denominadas energias renováveis.

O País enfrenta um aparente paradoxo: necessita identificar suas principais oportunidades em um quadro de inúmeros desafios, que vêm do século 20 mas fortaleceram-se desde o início do século 21. Nesse sentido, algumas reflexões preliminares devem considerar três dimensões da CT&I:

- **Prática:** entende-se que a CT&I depara-se com teorias, temáticas e fenômenos que passam pela identificação dos desafios e das respectivas investigações (pesquisas) que se farão necessárias para seu enfrentamento;
- **Política:** a CT&I tem como foco apoiar maior avanço setorial, de forma a explorar especificidades e obter resultados voltados ao desenvolvimento nacional, nos termos da Tabela 1; e
- **Gestão:** a CT&I é fundamental na acumulação do conhecimento que pode contribuir para o alcance de soluções viáveis e ações mais efetivas. Portanto, aqui reside um dos aspectos centrais a serem explorados no tratamento das oportunidades.

Neste ponto, vale abrir um breve espaço para tratar do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI), que apresenta grande complexidade e evoluiu para além de um modelo cibernético organizacional⁴. Hoje, o SNCTI é uma estrutura com grande capilaridade, que envolve instituições científicas, políticas, econômicas, públicas e privadas com atuação nos âmbitos federal, estadual, municipal e distrital, tendo como seu objetivo geral articular as políticas nacionais de CT&I com as demais esferas de governo.

Articular a elaboração e execução da Política Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (PNCTI), bem como estruturar o próprio SNCTI, é uma das funções do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Essa articulação deve ser feita com os governos dos estados, dos municípios e do Distrito Federal, com a sociedade civil e com órgãos do Governo Federal.

4 O denominado modelo cibernético organizacional (ou modelo cibernético-informacional) divide-se em três dimensões: político-normativa, estratégica e operacional (FERNANDES, 1995).

Mesmo diante desta tarefa, é possível considerar como cenário positivo – ou de oportunidades – o próprio ecossistema brasileiro de CT&I, que, em boa medida, reúne os elementos de um sistema de inovação desenvolvido. Esse ecossistema é composto por instituições-chave em todos os seus subsistemas:

- Educação e pesquisa;
- Produção e inovação;
- Financiamento público e privado;
- Políticas e regulação; e
- Pesquisa científica⁵

Somam-se aos subsistemas citados outros importantes aspectos, como a existência no País de algumas “organizações de aprendizagem”⁶ de excelência em suas respectivas áreas de atuação. Alguns exemplos são a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). Além disso, o Brasil conta também com:

- Recursos naturais estratégicos à disposição (minerais e hídricos, além da biodiversidade de importantes seis biomas terrestres e do bioma marinho), que, em longo prazo, serão cada vez mais demandados, à medida que o processo de inclusão socioeconômica nas economias emergentes avance;
- Aparelho de Estado multifacetado, com agências dedicadas à promoção e à execução de políticas de CT&I, incluindo um conjunto completo de instrumentos de política de inovação, tanto do lado da oferta quanto da demanda (embora, neste caso, com menor grau de diversificação);

⁵ A melhoria substancial na pesquisa pode ser verificada nas últimas décadas, refletindo-se na produção na fronteira do conhecimento em algumas áreas-chave, combinando as “ilhas de excelência produtiva”, por exemplo em setores como petróleo e gás, aviação, agricultura, saúde e automação.

⁶ A respeito do conceito ver de Souza, Yeda Swirski de. *Organizações de aprendizagem ou aprendizagem organizacional. Learning organizations or organization learning. Organizaciones de aprendizaje o aprendizaje organizacional* (SOUZA, 2004). Acesso em: nov. 2022.

- Recursos financeiros públicos para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) que, pela importância, em princípio não deveriam ser afetados por flutuações ou cortes orçamentários.

Além do cenário apresentado, outra sinalização positiva no contexto da CT&I é a excelência científica e tecnológica presente nas unidades do MCTI. Este fator resulta do acúmulo de experiência na contribuição singular à produção científica nacional, tanto na criação de processos inovadores como também no fortalecimento, apoio e fomento às novas tecnologias.

Ganham destaque a formação e qualificação de recursos humanos; o desenvolvimento de métodos; e a aplicação e análises apropriadas aos fluxos da CT&I. Do mesmo modo, a existência de iniciativas políticas orientadas por missões, explícita ou implicitamente focadas em inovação, levando a interações positivas entre Estado, setor empresarial e academia. Isso inclui o programa Inova, as políticas de saúde com a implementação da Parceria para o Desenvolvimento Produtivo (PDP). Em outra escala, há também as iniciativas conduzidas pela Embrapa e pela Petrobras, à disposição de políticas complementares que podem funcionar como fomentadoras de programas orientados por missões para os setores de defesa e de segurança; do clima e do meio ambiente; e de energia.

Os relatórios *Science, Technology and Innovation Outlook* (OECD, 2021; FRIDAY PULSE, 2023) e *Science, technologie et innovation: Perspectives de l'OCDE 2021* (OCDE, 2021), apresentados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), analisam as implicações da pandemia de Covid-19 nos sistemas de CT&I e apresentam projeções para o desenvolvimento nos próximos 10 a 15 anos. A seguir, algumas das previsões dos dois relatórios:

- a. Aprofundar as capacidades de CT&I e P&D nas economias emergentes e em desenvolvimento e suas repercussões na educação, saúde e bem-estar da população;
- b. Difundir inovações será importante, uma vez que a maior parte das novas tecnologias requer novas habilidades e maiores competências, o que poderá resultar em desemprego e desigualdade;
- c. Reorientar as políticas de CT&I e suas estratégias a serviço do crescimento com desenvolvimento sustentável, avançando rumo a uma agenda de recuperação da valorização de suas instituições, participação direta e efetiva na estruturação produtiva e em reformas transformadoras, a partir dos impactos e oportunidades gerados pelas tendências internacionais;

- d. Os governos certamente terão de incluir, nos planos de governo, medidas de recuperação para proteger seus sistemas de inovação e aproveitar esta oportunidade para realizar reformas; e
- e. Implementar políticas de CT&I, para servir a uma agenda de transformação sistêmica, promovendo uma transição estruturada para um futuro mais sustentável, equitativo e resiliente.

Cabe aqui retomar a referência ao papel da ciência aberta, visto que este conceito é central neste debate particularmente no que diz respeito a como o conhecimento científico vem sendo “produzido, organizado, compartilhado e reutilizado. É um novo modo de fazer ciência, mais colaborativo, transparente e sustentável” (FIOCRUZ, 2021a).

Mundialmente, a ciência busca identificar princípios da pesquisa em inovação responsável, que tenham como base a multitransversalidade e, fundamentalmente, que sejam capazes de enfrentar um novo paradigma, cujo elemento central parece ser baseado na inovação aberta. Nesses termos, o País deverá considerar um cenário de conhecimento amplamente distribuído:

“Em um mundo de grandes mudanças tecnológicas sustentadas pela digitalização, elevada incerteza, **conhecimento amplamente distribuído** e ciclos de vida de produto encurtados, o equilíbrio entre alocação de recursos para tecnologias desenvolvidas internamente, para aquelas adquiridas externamente e para aquelas comercializadas no mercado, é central para o desenho de estratégias vencedoras de inovação” (CONTI *et al.*, 2013 apud BOGERS; BURCHARTH; CHESBROUGH, H., 2021, grifo nosso).

Seguindo este fio lógico e com o foco ainda nas oportunidades, a definição de objetivos, princípios e diretrizes nacionais – ou ainda, de aspectos relevantes e consoantes com os desafios do século 21 – apresenta-se como processo básico para que o País possa apoiar atividades de CT&I e integrar suas diretrizes com propostas de caráter social, político, ambiental e econômico, bem como explorar seus resultados na busca do desenvolvimento competitivo e sustentável.

O alcance e reflexos relacionados às políticas públicas gerais e de CT&I, em particular, faz com que o Brasil contemple como tarefa urgente no rol das oportunidades o estabelecimento de

7 “A Ciência Aberta é um movimento que propõe mudanças estruturais na forma como o conhecimento científico é produzido, organizado, compartilhado e reutilizado. É um novo modo de fazer ciência, mais colaborativo, transparente e sustentável” (FIOCRUZ, 2021a).

um olhar setorial, com diferentes perspectivas (como demonstrado na Tabela 1), no qual se apresentam vetores e áreas temáticas voltadas para o desenvolvimento do País.

A seguir, um resumo da trilha a ser perseguida pelo Brasil nos próximos anos:

- a. Realizar um diagnóstico sobre a situação atual da CT&I no País;
- b. Diagnosticar os problemas nacionais previstos no contexto da CT&I;
- c. Considerar pobreza, exclusão e desigualdades social e regional como problemas de CT&I, pois inibem o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), reduzem o quantitativo da população economicamente ativa e desperdiçam talentos;
- d. Assegurar a previsibilidade da política de financiamento em CT&I, garantindo protagonismo do SNCTI e alto investimento em P&D, o que poderá demandar a revisão do Marco Legal de CT&I;
- e. Apontar caminhos e estratégias claras para superar as dificuldades que a PNCTI sinaliza;
- f. Tratar a questão do financiamento de forma assertiva e efetiva, deixando clara a maneira como se dará a distribuição de recursos;
- g. Incorporar estudos prospectivos sobre o contexto internacional, de forma a subsidiar janelas de oportunidades, antecipação de tendências, aperfeiçoamento de alocação de recursos, conquista de vantagem competitiva e impactos positivos para o Brasil;
- h. Assegurar o protagonismo da comunidade científica nacional na elaboração de políticas de CT&I;
- i. Atender às demandas das universidades e de institutos de pesquisa na formulação de políticas, considerando que a pesquisa científica e tecnológica está vinculada mais fortemente à pós-graduação;
- j. Entender que a PNCTI constitui um suporte às demais políticas – educacional, agrícola, industrial, de saúde e de inclusão social;
- k. Dispor de pauta específica com ações estratégicas para o futuro da CT&I;

- l. Sinalizar em que direção a sociedade está sendo construída (de serviço, industrial, inclusiva, etc.);
- m. Assegurar que ações de CT&I reflitam o novo padrão societário do Brasil (precarização do trabalho, hipercapitalismo e reestruturação do capital influenciando a divisão social do trabalho coletivo);
- n. Tratar com a devida atenção e cuidado a possibilidade de mercadorização da CT&I ou o chamado mercado da pesquisa, que engloba a lógica do mercado mais o financiamento público;
- o. Entender a importância de arranjos institucionais para políticas de desenvolvimento em CT&I;
- p. Prever novas crises sanitárias com possível ameaça global;
- q. Planejar CT&I no longo prazo, visando ao aumento do protagonismo internacional do País;
- r. Buscar maior efetividade na aplicação do fomento do SNCTI;
- s. Garantir clareza sobre a política de financiamento e de investimento, priorizando o repasse de recursos e o apoio às empresas de inovação, considerando o FNDCT, as agências oficiais de fomento e as agências estaduais;
- t. Aprimorar e diversificar os instrumentos de fomento e de financiamento;
- u. Aumentar investimentos públicos e privados, por meio da interação entre os setores governamental, acadêmico e empresarial;
- v. Tratar questões relacionadas à redução das desigualdades sociais, regionais, raciais e de gênero no âmbito da CT&I;
- w. Trabalhar, nas ações governamentais, as diferentes realidades do País, considerando particularidades das demandas da academia, institutos de pesquisa, empresas e indústrias;

- x. Fortalecer o papel da comunidade científica e tecnológica na avaliação das políticas, ações de fomento e da formação para CT&I; e
- y. Considerar a complexidade dos regramentos jurídicos nos procedimentos para gestão de projetos de CT&I.

Ao País caberá dar dezenas de passos, que têm início com a realização de um verdadeiro diagnóstico da situação atual da CT&I no Brasil, no qual se possa identificar com acuidade os verdadeiros problemas nacionais. Certamente residem na pobreza, na exclusão e na desigualdade social e regional os aspectos que poderão inibir o crescimento do PIB, reduzir o quantitativo da população economicamente ativa e desperdiçar talentos.

São claras as indicações de que, frente aos limites do atual modelo de desenvolvimento, a melhor resposta encontra-se ligada a investimentos em ações vinculadas à inovação tecnológica e ao desenvolvimento sustentável.

É certo que, neste cenário, cumpre assegurar a previsibilidade da política de financiamento, garantindo o protagonismo devido ao SNCTI e o investimento em P&D, demandando a revisão do Marco Legal de CT&I.

3. Desafios

Estudos recentes (OECD, 2021; FRIDAY PULSE, 2022; OCDE, 2021) destacam que, nas próximas décadas, os desafios no âmbito de CT&I serão imensos, principalmente na área da saúde. Isso deve-se à pandemia de Covid-19, à crescente resistência microbiana, à necessidade de contenção de doenças infecciosas relacionadas às mudanças climáticas e ao aumento nos níveis de migração global. Estes são alguns dos aspectos que elevaram o nível dos desafios a serem enfrentados pelo País e que transformaram enormemente o caráter do controle prévio da contaminação por inúmeras doenças, inclusive as de origem respiratória. Assim, o avanço da biomedicina, a nova era da ciência aberta (FIOCRUZ, 2021a)⁸ e a utilização de tecnologias convergentes para descobrir as bases genéticas e bioquímicas de novas doenças, de modo concomitante ao aumento da expectativa de vida e das melhorias da qualidade de vida, conformam um cenário crítico a ser considerado e enfrentado pelos pesquisadores brasileiros.

8 Em linhas gerais, a proposta da ciência aberta é tornar a pesquisa científica cada vez mais acessível para todos. Na prática, significa eliminar obstáculos artificiais, especialmente os editoriais, legais e econômicos, à livre circulação do conhecimento científico" (FIOCRUZ, 2021b).

As novas tecnologias digitais estão transformando a maneira como as pessoas vivem, trabalham e comunicam-se. Do ponto de vista da CT&I, essa tendência deverá impactar a demanda e a oferta por inovação. Vale considerar que as novas tecnologias elevarão a produtividade e a competitividade. Além disso, ao contrário do que análises anteriores indicavam, tais tecnologias provavelmente criarão novos empregos em setores específicos. Esses postos de trabalho serão, todavia, intensivos em conhecimento técnico e novos saberes. Isso vale inclusive para ocupações e empregos que sequer foram imaginados pelos pesquisadores e pelo mundo empresarial. Os cuidados com os idosos devem gerar um aumento na demanda por novas tecnologias, incluindo robótica e teleassistência. Nesse sentido, são factíveis as previsões de utilização da Internet das Coisas (IoT)⁹ e da Inteligência Artificial (IA), sendo possível inferir que esse cenário implicará no uso intensivo de tecnologias cada vez mais inteligentes, que poderão influenciar na geração de inovações nos mais diversos setores.

A dimensão socioeconômica também vem sendo considerada nas pesquisas, que destacam outro desafio para CT&I: direcionar o potencial das novas tecnologias para promover a inclusão social e o crescimento econômico. As soluções oferecidas devem atender as necessidades de longo prazo da sociedade e do meio ambiente, bem como contribuir para o enfrentamento de desafios, tanto aqueles representados pelos elevados índices de desemprego e pobreza, como também aqueles que advêm da mudança climática no planeta.

A tarefa que se impõe ao País até 2030 certamente não é nada fácil. As cidades não planejadas, com graves problemas de saneamento e falta de segurança desenharam um cenário que se soma ao envelhecimento da população e à necessidade de ampliação da segurança hídrica, energética e alimentar. Esses desafios ocorrem particularmente em áreas que sofrem com a desigualdade regional, pobreza e exclusão social.

No âmbito da CT&I, diversos relatórios apontam desafios que permanecem atuais e demandam mais pesquisas, análises e definições estratégicas em áreas portadoras de futuro. Alguns exemplos são: tecnologia digital; biotecnologia; energia e meio ambiente; e materiais avançados (os chamados novos materiais).

Além dessas áreas, os estudos indicam dez tecnologias emergentes, tratadas como promissoras e que apresentam maior potencial disruptivo de mudança tecnológica: Internet das Coisas (IoT); *Big Data*; Inteligência Artificial; neurotecnologias; nano e microssatélites; nanotecnologias;

9 Internet das coisas (IoT) em casas inteligentes, nos transportes, em diversas indústrias, na agricultura, no monitoramento ambiental, na infraestrutura, nas cidades inteligentes e no complexo militar (IoMT).

manufatura aditiva ou impressão 3D; tecnologias avançadas de estocagem de energia; biologia sintética; e *blockchain*¹⁰.

Tais tecnologias não são isentas de riscos e de incertezas e, naturalmente, demandaram estudos de diversos países para entendimento das principais características da mudança tecnológica. Os resultados desses estudos indicam macrotendências com impactos nos sistemas de CT&I, em razão:

- do crescimento da população mundial;
- de uma maior concentração da população mundial em países menos desenvolvidos;
- do envelhecimento populacional; e
- da consequente migração internacional.

Em termos gerais, as projeções indicam que as economias asiáticas, tais como China e Índia, serão em parte responsáveis pelo impulso de grandes investimentos em CT&I. Os investimentos de longo prazo desempenharão papel fundamental na criação de emprego e na promoção do crescimento baseado em inovação. Nesse ponto, vale destacar que as tecnologias digitais representam desafios e preocupações, tanto no âmbito da CT&I como no setor econômico específico. Um exemplo é o surgimento das chamadas *fintechs*, que já começam a por em xeque o setor de serviços financeiros ao viabilizar plataformas digitais de empréstimos entre indivíduos (*peer to peer*), levantamento de capital (*equity crowdfunding*), pagamentos on-line (*PayPal*, por exemplo), criptomoedas (como o *Bitcoin*), *blockchain*, etc, indicando uma tendência de expansão da chamada *gig* economia.

Uma outra dimensão desse debate diz respeito aos avanços de CT&I em áreas e setores portadores de futuro, que irão exigir políticas públicas coordenadas, a exemplo de água, alimentos, energia, nanotecnologia e biotecnologia (em busca de soluções para a dependência de petróleo e petroquímica, por exemplo, a partir de biobaterias e fotossíntese). Os desafios de mitigar os problemas advindos das mudanças climáticas – como a degradação ambiental e a perda de biodiversidades – ganham destaque em diversos relatórios da área ambiental e, certamente comporão alguns dos temas mais dominantes nas futuras agendas dos impactos de CT&I.

¹⁰ "A tecnologia *Blockchain* permite que um grupo coletivo de participantes selecionados compartilhe dados. Com os serviços de *blockchain* na nuvem, os dados transacionais de várias fontes podem ser facilmente coletados, integrados e compartilhados. (...) o *blockchain* fornece integridade de dados com uma única fonte de verdade, eliminando a duplicação de dados e aumentando a segurança" (ORACLE, 2022).

Em relação à globalização, os estudos ressaltam que o aumento da fragmentação internacional e da diversificação da produção, apoiada em logística, telecomunicações e serviços (com uso ampliado de plataformas digitais) representarão a necessidade de um incremento na automação, demandando, portanto, maiores investimentos em P&D e um aumento na ampliação da capacidade inovadora das nações.

É possível inferir, diante desse cenário de desafios constantes, que os governos terão que atuar cada vez mais como os maiores investidores em P&D. Trata-se de uma busca constante por soluções para aumentar os financiamentos nas atividades de CT&I, frente às crescentes perdas de capacidade industrial. Essa realidade demanda do poder público, por exemplo, maior apoio ao crescimento de tecnologias digitais – como os dispositivos que suportem a crescente necessidade de formulação, execução e avaliação de políticas públicas, que deem respostas efetivas ao crescente volume de informações e dados (*Big Data*), criando importantes oportunidades para pesquisa e inovação.

Considerando a dinâmica de forças científicas, tecnológicas, sociais, políticas e econômicas, bem como suas respectivas interações (que agem sobre fatores que envolvem a temática da CT&I), compete ao Brasil preparar-se para mudanças rápidas e ações urgentes. O País deve buscar, assim, dar um salto no desenvolvimento, ao identificar janelas de oportunidades – ou até mesmo atalhos – realizando as tarefas inadiáveis quando se trata do avanço na fronteira do conhecimento:

- a. identificação de temáticas de fronteira/vanguarda;
- b. definição de estratégias e instrumentos para lidar com essas temáticas;
- c. avaliação da capacidade de antecipar riscos;
- d. otimização de investimentos em ações e propostas estratégicas;
- e. levantamento de ações indispensáveis, promissoras e problemáticas no contexto de CT&I;
- f. opção por atividades tecnológicas e econômicas estratégicas para o Brasil; e
- g. avanço na fronteira do conhecimento.

Nesse contexto, o País deverá priorizar o desenho de políticas, a definição de diretrizes estratégicas e a realização de ações no âmbito da CT&I que considerem o cenário das tecnologias

emergentes, verificando se estas atendem às demandas e aos problemas da sociedade. Devem ser enfrentados desafios complexos, tais como:

- a. mudanças climáticas (neutralidade de carbono até 2030, oceanos limpos, mitigação climática);
- b. mudanças de padrão de energia (para *eólica ou solar*, por exemplo);
- c. problemas de saúde global (a exemplo de novos vírus e futuras vacinas);
- d. utilização de novas tecnologias;
- e. mudanças no uso da mão de obra no mercado de trabalho;
- f. soluções tecnológicas, sociais e organizacionais, novas ou melhoradas (produto, processo ou serviço) que visem a responder a um ou vários dos grandes desafios;
- g. novas formas de produção;
- h. desenvolvimento e bem-estar social;
- i. crescimento econômico com desenvolvimento sustentável;
- j. difusão de inovações tecnológicas de ponta ou sociais; e
- k. coordenação de políticas e medidas regulatórias para mobilizar e incentivar a geração de inovação e alcançar objetivos sociais com prazo definido (horizonte de dez anos).

Essas medidas podem abranger diferentes estágios do ciclo de inovação, desde a pesquisa até a implantação de um novo mercado, agregando instrumentos de oferta e demanda e alcançando vários campos de políticas públicas setoriais. É urgente que o País identifique pontos de referência a serem alcançados, de maneira a definir objetivos claros e duradouros no âmbito da CT&I, e que este escopo esteja ancorado nas seguintes dimensões: institucional, social, econômica, ambiental e política.

As políticas públicas a serem implementadas deverão criar ou aperfeiçoar estruturas, a fim de reformular o modo de gestão dos problemas, para a devida identificação das questões emergentes.

Nesses termos, diante da necessidade de o País identificar os riscos e as oportunidades que se colocam no cenário atual, será fundamental ao Brasil definir como relevante um conjunto inadiável de tarefas, enumeradas a seguir:

1. Definir objetivos mensuráveis (indicadores claros);
2. Integrar a prospecção estratégica na elaboração de planejamento em CT&I, de longo prazo, de forma a conceber novas políticas e revisar as existentes;
3. Coordenar e priorizar os planos de PD&I de longo prazo;
4. Identificar tendências (sinais fortes e sinais fracos) que impactam o arcabouço da CT&I no Brasil a partir de cenários nacional, regional e internacional;
5. Verificar e compreender os impulsores das mudanças;
6. Determinar e medir as necessidades dos projetos;
7. Monitorar e refinar os projetos com feedbacks regulares;
8. Estabelecer o escopo baseado na capacidade científica e tecnológica nacional;
9. Determinar as fontes de informações e monitorar as tecnologias para identificar sinais fortes; e
10. Definir um processo de avaliação.

É importante considerar as diferentes perspectivas que se apresentam para o País. A implementação tanto de políticas públicas gerais como de uma política de CT&I específica deverá levar em conta os setores e temas a serem priorizados, pois são distintos os reflexos e impactos em cada um deles.

4. Observações finais

Tendo como horizonte o ano de 2030 é possível inferir, a respeito da questão ambiental, que a nova economia deverá ser intensiva em tecnologias sustentáveis, com baixo carbono, sendo imperiosa a sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Tais dimensões deverão estar associadas em uma relação simbiótica. Nesse sentido, o Brasil pode despontar como protagonista, atraindo investimentos e alcançando um desenvolvimento baseado nas oportunidades indicadas, ciente dos desafios que se apresentam.

A definição de uma política pública na área de CT&I que garanta a estabilidade na execução orçamentária e a definição de macrotendências prioritárias, relativas às áreas analisadas, parece ser o desafio central a ser enfrentado pelo Brasil.

Vale ressaltar a importância de o País contemplar aspectos integradores nas políticas públicas de CT&I. Assim, em todas as áreas indicadas como oportunidades – e mesmo naquelas consideradas desafios – uma alternativa reside em investir na qualidade da educação, no fortalecimento da pesquisa e na busca de novas estratégias de inovação, capazes de facilitar a geração, a adaptação e a absorção de novas tecnologias pelo setor produtivo nacional.

Referências

BOGERS, M; BURCHARTH, A.; CHESBROUGH, H. Inovação aberta no Brasil: Explorando Oportunidades e Desafios. **Intern. Journal of Profess. Bus. Review**, São Paulo v.6, n.1, 2021, p. 1-15, Jan/Dec.2021. Disponível em: https://ci.fdc.org.br/AcervoDigital/Artigos/2021/Inova%C3%A7%C3%A3o%20aberta%20no%20Brasil_%20explorando%20oportunidades%20e%20desafios.pdf Acesso: set. 2022

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. **Oportunidades, desafios e vantagens competitivas nacionais e áreas potenciais para o desenvolvimento nacional**: Documento para discussão. 2015. (Mimeo).

CONTI, R.; GAMBARELLA, A.; NOVELLI, E. Research on markets for inventions and implications for R&D allocation strategies. **Academy of Management Annals**, v. 7, n. 1, p. 717-774. 2013. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=88de2f57ebe6113b75c9058db907633d7bafbafo>

FERNANDES, Ana Maria *et al.* Colapso da Ciência & Tecnologia no Brasil. **Revista Sociedade e Estado**, v. 10, n. 1, jan./jun. 1995. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sociedade/article/view/43901/33567>. Acesso em: jun. 2023.

FRIDAY PULSE. **Why times of crisis are an opportunity for positive change**. 2022. Disponível em: <https://app.fridaypulse.com/en/help-center/using-friday-in-your-organization/why-times-of-crisis-are-an-opportunity-for-positive-change> Acesso em: set. 2022

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. **Ciência aberta**. 2021a. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/ciencia-aberta> Acesso em: set. 2022.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. **Ciência aberta na FIOCRUZ**. 2021b. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/ciencia-aberta-na-fiocruz> Acesso em: set. 2022.

GUIMARÃES, Arthur Oscar; CEZAR, Kilma Gonçalves. Ciência, Tecnologia e Inovação; Vantagens competitivas. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 28, n. 53, jun. 2023.

INSTITUTO ECOBRASIL. **Nosso futuro comum** – Relatório Brundtland. 2022. Disponível em: http://www.ecobrasil.eco.br/site_content/30-categoria-conceitos/1003-nosso-futuro-comum-relatorio-brundtland Acesso em: set. 2022

L'ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES – OCDE. **Science, technologie et innovation: Perspectives de l'OCDE 2021 (version abrégée)**. Affronter la crise et saisir les opportunités, OECD Publishing, Paris, 2021. Disponível em: <https://www.oecd.org/fr/sti/science-technologie-et-innovation-perspectives-de-l-ocde-25186175.htm> Acesso em: set. 2022

ORACLE. **O que é blockchain?** 2022. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/blockchain/what-is-blockchain/> Acesso em: set. 2022.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **Science, technology and Innovation outlook**. Times of crisis and opportunity, 2021. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm> Acesso em: set. 2022

SOUZA, Yeda Swirski de. Organizações de aprendizagem ou aprendizagem organizacional. **RAE Eletrônica**, v. 3, n.1, jun. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/raeel/a/rHCFRw6YH9Zc3JNrdLPqgd/>

