

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

PLANO DE AÇÃO DE CT&I PARA TECNOLOGIAS CONVERGENTES E HABILITADORAS

Volume III - Fotônica



BRASÍLIA - 2019

Presidente da República

Jair Messias Bolsonaro

Ministro da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Marcos Cesar Pontes

Secretário-Executivo

Julio Francisco Semeghini Neto

Secretário de Empreendedorismo e Inovação

Paulo Cesar Rezende da Carvalho Alvim

Diretor de Tecnologias Estruturantes - DETEC

Jorge Mario Campagnolo

Coordenador-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas

Felipe Silva Bellucci

Coordenador de Inovação em Tecnologias Convergentes e Habilitadoras

Eder Torres Tavares

**PLANO DE AÇÃO DE CT&I PARA TECNOLOGIAS
CONVERGENTES E HABILITADORAS**

Volume III - Fotônica

BRASÍLIA - 2019

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

Secretaria de Empreendedorismo e Inovação

Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 3º andar. 70067-900, Brasília, DF, Brasil.

Telefone: (61) 2033-7800 / 2033-7424

sempi@mctic.gov.br e cgtc@mctic.gov.br

http://www.mctic.gov.br/

Equipe Técnica da Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE)

Daniela Gonçalves Matar – Tecnologista

Eder Torres Tavares – Analista em C&T

Felipe Silva Bellucci – Tecnologista

Helyne Gomes de Paiva – Assistente em C&T

Luciana Landim Carneiro Estevanato – Tecnologista

Paulo Frank Bertotti – Assistente em C&T

Sandra Pacheco Renz – Analista em C&T

Todos os direitos reservados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC).

Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada a fonte.

B823p Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Empreendedorismo e Inovação.

Plano de ação de ciência, tecnologia e inovação para tecnologias convergentes e habilitadoras: fotônica / organizador, Felipe Silva Bellucci et al. -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019. 4 v. (v. 3 ; 36 p.) : il.

Conteúdo: v. 1. Nanotecnologia -- v. 2. Materiais avançados -- v. 3. Fotônica -- v. 4. Tecnologias para manufatura avançada. ISBN: 978-85-88063-70-9 (v. 1). -- ISBN: 978-85-88063-71-6 (v. 2). -- ISBN: 978-85-88063-72-3 (v. 3). -- ISBN: 978-85-88063-69-3 (v. 4).

1. Fotônica. 2. Tecnologias convergentes e habilitadoras. 3. Desenvolvimento tecnológico. 4. Inovação tecnológica. I. Berti, Leandro Antunes. II. Mattar, Daniela Gonçalves. III. Tavares, Eder Torres. IV. Bellucci, Felipe Silva. V. Paiva, Helyne, Gomes de. VI. Estevanato, Luciana Landim Carneiro. VII. Bertotti, Paulo Frank. VIII. Renz, Sandra Pacheco.

CDU 535

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. VISÃO	9
3. OBJETIVO PRINCIPAL	10
4. TEMAS ESTRATÉGICOS	10
5. ESTRATÉGIA ORÇAMENTÁRIA/FINANCIAMENTO	14
6. EIXOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	15
7. GOVERNANÇA	18
8. O VALOR ESTRATÉGICO DA FOTÔNICA	19
8.1. CONCEITO GERAL	19
8.2. RELEVÂNCIA INDUSTRIAL	20
8.3. RELEVÂNCIA ACADÊMICA	24
9. O ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO EM FOTÔNICA NO BRASIL	26
10. PRINCIPAIS DESAFIOS	27
11. OBJETIVOS	28
11.1. OBJETIVO PRINCIPAL	28
11.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	28
12. IMPLEMENTAÇÃO	29
13. METAS E INDICADORES	32
14. DOCUMENTOS ESTRUTURANTES	33
15. LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	34
CONTATO E INTERLOCUÇÃO	35

APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), conforme preceitua o inciso IV, do art. 1º, do Anexo I, do Decreto nº 9.677, de 02 de janeiro de 2019, tem como área de competência, entre outras, as “Políticas nacionais de pesquisa científica e tecnológica e de incentivo à inovação”. Com efeito, o MCTIC elaborou uma Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti 2016-2022). Essa Estratégia é o principal instrumento de orientação estratégica de médio e longo prazo para implementação de políticas públicas na área de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e tem como objetivo principal alçar o País a um novo patamar de desenvolvimento, por meio da construção de uma sociedade do conhecimento. Além dos desafios nacionais para a CT&I, dos eixos estruturantes e dos pilares fundamentais, a Encti 2016-2022 elenca 12 temas considerados estratégicos para o desenvolvimento da capacidade científica, tecnológica e de inovação nacional, entre elas as Tecnologias Convergentes e Habilitadoras.

Diante desse contexto, o MCTIC, por meio da Secretária de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI), do Departamento de Tecnologias Estruturantes (DETEC) e da Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação de Tecnologias Estratégicas (CGTE), apresenta o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, subdivido em quatro volumes correspondentes aos temas Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada.

- O Volume I apresenta o Plano de Ação em CT&I para Nanotecnologia.
- O Volume II apresenta o Plano de Ação em CT&I para Materiais Avançados.
- O Volume III apresenta o Plano de Ação em CT&I para Fotônica.
- O Volume IV apresenta o Plano de Ação em CT&I para Tecnologias para Manufatura Avançada.

Cada um dos quatro volumes apresenta como estrutura básica: introdução, visão, objetivo principal, temas estratégicos, estratégia orçamentária/financiamento, eixos de desenvolvimento sustentável

e governança para as Tecnologias Convergentes e Habilitadoras para, em seguida, especificar o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação de cada tema.

Neste terceiro volume, é apresentado o Plano de Ação em CT&I para Fotônica, que contém um conjunto de desafios, metas, ações e estratégias de implementação para o período compreendido entre os anos de 2016 a 2022.

A Fotônica, dada a sua transversalidade, possui aplicações que passam pela saúde humana e animal, energia, manufatura, robótica, displays, defesa, comunicações, biometria, entre outras. Adiciona-se a isso a capacidade que a área possui em integrar diversos setores do conhecimento, destacando o seu caráter transdisciplinar. Ressalta-se que o desenvolvimento da Fotônica ainda é incipiente e necessita de apoio público, aliado com o privado.

As ações deste Plano buscam contribuir para a superação dos desafios nacionais para a CT&I previstos na Encti 2016-2022, favorecer o alcance dos principais Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS), potencializar a utilização das vantagens e oportunidades competitivas do país e alavancar o desenvolvimento econômico e social, de forma segura e sustentável.

1. INTRODUÇÃO

Nas Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, comumente conhecidas como *Key Enabling Technologies* (KET)¹ o termo “convergente” refere-se à habilidade das tecnologias combinarem esforços para sustentar um maior desenvolvimento tecnológico, e o termo “habilitadora”, à capacidade da tecnologia em direcionar avanços tecnológicos disruptivos e, conseqüentemente, uma mudança cultural.

¹ The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business. (https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-next-production-revolution_9789264271036-en)

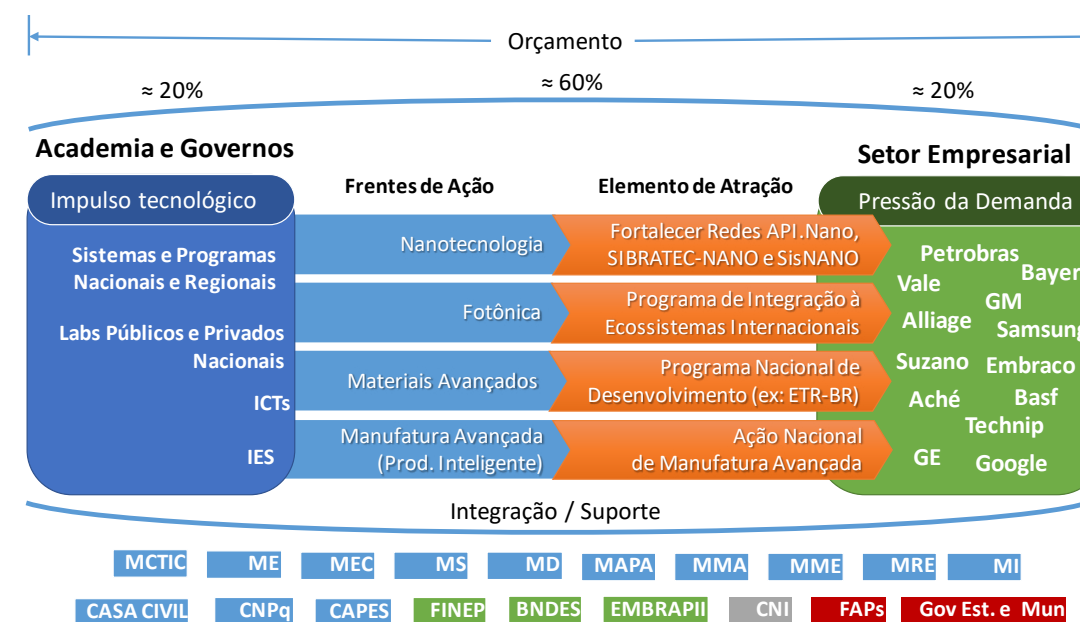
Esse conjunto de tecnologias tem o poder de causar mudanças radicais, transformando a humanidade e sua cultura, bem como a tendência de gerar um ciclo acelerado de desenvolvimento e um impacto profundo em virtualmente todos os campos de conhecimento, beneficiando o aumento do desempenho humano, seus processos e produtos, a qualidade de vida e justiça social. A forma para se alcançar esses objetivos é aliar o conhecimento gerado na academia com a capacidade gerencial e transformadora da economia do setor industrial, tendo como base a demanda mercadológica e social. Portanto, a estratégia básica deste Plano é a promoção da integração entre a academia e a indústria.

No MCTIC, o apoio ao desenvolvimento tecnológico e à inovação, por meio das tecnologias convergentes e habilitadoras, em especial das áreas de Nanotecnologia, Fotônica, Materiais Avançados e Tecnologias para Manufatura Avançada, está sob responsabilidade da Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI).

O MCTIC possui um planejamento estratégico que visa ao estabelecimento da integração das tecnologias convergentes e habilitadoras, levando em consideração o impulso tecnológico (*technology-push*) e a pressão da demanda (*demand-pull*). No lado do impulso tecnológico, estão os Sistemas e Programas Nacionais, os Laboratórios Públicos e Privados, as Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) e os Institutos de Ensino Superior (IES) alinhados com as frentes de ação em Nanotecnologia, Fotônica, Materiais Avançados e Tecnologias para Manufatura Avançada. No outro lado, encontra-se a pressão da demanda, que se conecta com as frentes de ação através de elementos de atração, que são ações concretas para a efetivação de pontes de acesso robustas para a ciência e a tecnologia atingirem o mercado pela inovação. Todo esse ecossistema está integrado e suportado pelos demais Ministérios, as agências de fomento, o terceiro setor e os governos estaduais, no qual o esforço deve ser concentrado na integração entre a academia e indústria (Figura 1).

A Figura 1 mostra uma representação esquemática da interação entre os elementos do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) e do planejamento estratégico do MCTIC, considerando o impulso tecnológico, as frentes de ação, os elementos de atração e a pressão da demanda.

Figura 1: Planejamento estratégico do MCTIC, articulado por meio da SEMPI, DETEC e CGTE, considerando o impulso tecnológico, as frentes de ação, os elementos de atração e a pressão da demanda.



2. VISÃO

Estabelecer uma política de Estado para posicionar o Brasil como referência global em ciência e tecnologia no desenvolvimento e na fabricação de produtos inovadores de alto valor agregado em Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada.

3. OBJETIVO PRINCIPAL

Criar e nutrir um ambiente de colaboração entre a indústria e academia, aliando competências em ciência, tecnologia e inovação, centrado na ética e na promoção continuada do completo desenvolvimento sustentável do ecossistema de Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada.

4. TEMAS ESTRATÉGICOS

Os temas selecionados como estratégicos para este Plano de Ação são baseados na ENCTI 2016-2022 e no Estudo “Materiais Avançados 2010-2022”, realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), uma das principais Unidade de Pesquisa do MCTIC, responsável principalmente pela realização de estudos estratégicos do Ministério.

A importância do fortalecimento do ecossistema de inovação do Brasil pelo desenvolvimento tecnológico de setores específicos de interesse nacional e de aplicação global e o aproveitamento e agregação de valor a recursos naturais do País são critérios que solidificam a área portadora de futuro das tecnologias convergentes e habilitadoras e ampliam significativamente o sentido da inovação, como valorização econômica do conhecimento. Além disso, as parcerias com empresas, laboratórios, associações empresariais, associações de municípios e agências governamentais são mecanismos essenciais para a promoção de uma cultura de empreendedorismo e inovação em todos os níveis da sociedade (Figura 2). Os temas voltados para tecnologias convergentes e habilitadoras identificados como prioritários foram: saúde e meio ambiente; defesa nacional e segurança pública; energia e mobilidade; agricultura; descoberta inteligente de novos materiais (*materials informatics*²). Além destes, com base nas competências e vocação nacionais, insere-se o mapeamento geológico marinho (*blue mining*³). A seguir, uma descrição sucinta de cada tema estratégico:

2 DARPA (<https://www.darpa.mil/>)

3 Blue Mining EU (<http://www.bluemining.eu/>)

Saúde e Meio ambiente: As tecnologias convergentes e habilitadoras têm uma vasta gama de aplicações na área da Saúde⁴, como em implantes ortopédicos próteses endovasculares, materiais dentários, nanoestruturas para diagnóstico, acompanhamento e tratamento de doenças, materiais carreadores para sistemas de liberação controlada de fármacos ou suplementos e (nano)(bio) materiais para engenharia tecidual. Como a saúde depende também de um meio ambiente saudável, temáticas como contaminações por produtos químicos perigosos e por microrganismos e derramamentos de hidrocarbonetos podem ser abordados sob a ótica destas tecnologias, representando grandes oportunidades de investimentos públicos e privados, com consequente geração de renda. Desta forma, o Brasil tem grande potencial de exercer uma posição de liderança tecnológica e contribuir em escala mundial na remediação de uma série de problemas do planeta.

Defesa e Segurança Pública: Uma nação soberana não pode deixar de se posicionar estrategicamente nesta área, e as tecnologias convergentes e habilitadoras exibem grande potencial para serem amplamente utilizadas em nichos tecnológicos consolidados como soldagem entre metais e cerâmicas, blindagem balística e eletromagnética, materiais metálicos e compósitos especiais, sensores avançados e simulação computacional, bem como em aplicações inovadoras para superação de barreiras econômicas e cerceamentos tecnológicos. Além disso, estas tecnologias são amplamente empregadas no setor aeroespacial, como, por exemplo, em estruturas, propulsão, proteção térmica, sensoriamento, controle da condição operacional dos sistemas de voo, captação de energia solar e diversas outras aplicações. Cabe salientar que grande parte destas tecnologias exibem perfil de dualidade de emprego civil e de defesa e estão alinhadas com o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE).

Energia e Mobilidade: Considerando o aumento nacional de demanda energética, a relação de oferta energética e o desenvolvimento econômico, a crescente adoção de carros elétricos, o apelo por fontes renováveis eficientes e com emissões de gases de efeito estufa reduzidas, e a segurança no fornecimento energético, as tecnologias convergentes e habilitadoras exibem grande potencial

4 Para maiores informações sobre as políticas públicas de Saúde, consulte o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Saúde da Secretaria de Políticas para Formação e Ações Estratégicas – SEFAE.

O fortalecimento do ecossistema de inovação do Brasil é importante para o desenvolvimento tecnológico de diversos setores. As parcerias entre empresas, laboratórios, associações empresariais, associações de municípios e agências governamentais são mecanismos essenciais para a promoção de uma cultura de empreendedorismo e inovação. Essa cultura tem sua importância significativamente ampliada quando há aproveitamento e agregação de valor a recursos naturais do País, resultando na valorização econômica do conhecimento voltado à inovação.

5. ESTRATÉGIA ORÇAMENTÁRIA/FINANCIAMENTO

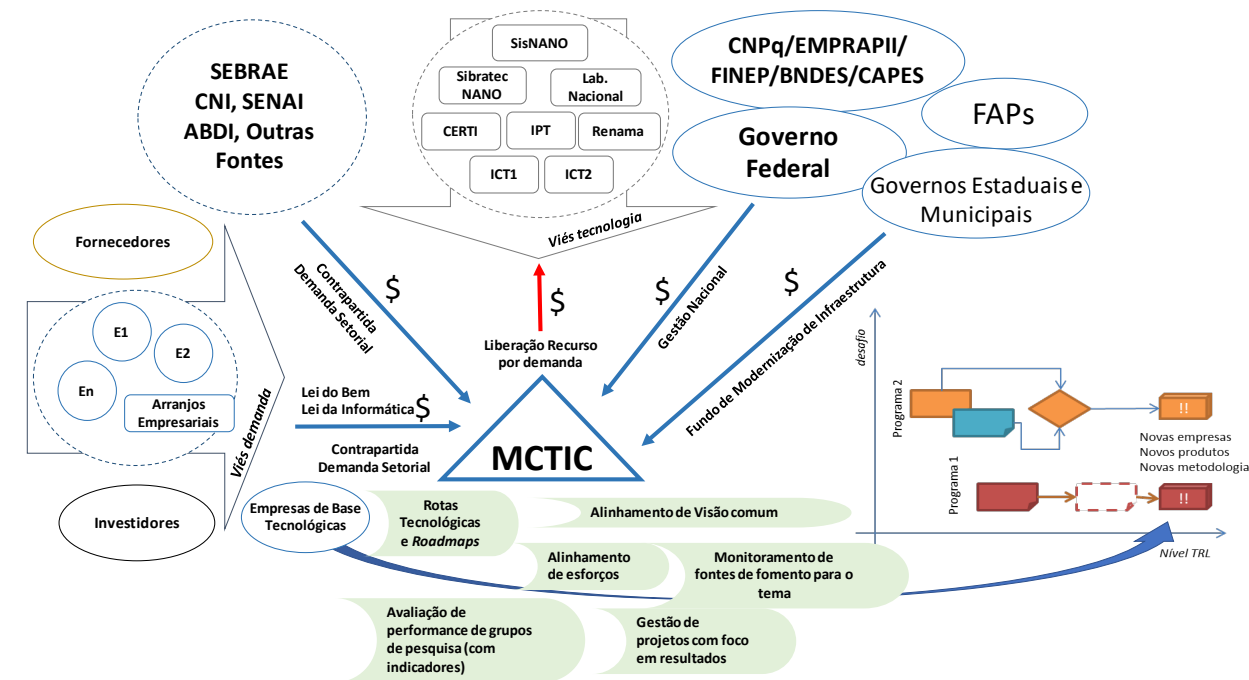
Em face da estratégia de impulsionar e fortalecer a relação entre academia e indústria, a captação orçamentária de fontes externas deve ser potencializada, além de uma aplicação eficiente de recursos, utilizando a abordagem impulso tecnológico/pressão da demanda (*technology-push/demand-pull*), baseado em priorização de atividades e competências regionais (*smart specialisation*⁶), em tecnologias estratégicas e críticas. A estratégia orçamentária da SEMPI/MCTIC (Figura 3) reforça que a geração de conhecimento (na academia) deve ser direcionada pela demanda (da indústria), conforme ressalta a literatura científica, ao afirmar que “o foco em apenas um dos modelos (ou *technology-push* ou *demand-pull*) é prejudicial, conduzindo à inutilidade do setor de PD&I e/ou às ameaças de competidores baseados em novas tecnologias⁷”.

A Figura 3 mostra uma representação esquemática do modelo de fomento incentivado para o alcance dos objetivos estratégicos propostos para Plano de Ação em CT&I.

6 Smart Specialization (<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/map>)

7 BREM, A.; VOIGHT, K. I. Pull vs. Push - strategic technology and innovation management for a successful integration of market-pull and technology push activities. In: International Association for Management of Technology, California, Elsevier, 2007. 1 CD-ROM.

Figura 3: Estratégia de captação e alocação de recursos para o desenvolvimento sustentável das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, tendo como exemplo a Nanotecnologia.



6. EIXOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os eixos de desenvolvimento sustentável possuem a função básica de nortear as ações estratégicas a serem executadas para atingir as metas estabelecidas. Cada eixo representa um movimento

integrado e conciso para o pleno desenvolvimento, no Brasil, das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, em especial da Nanotecnologia, dos Materiais Avançados, da Fotônica e das Tecnologias para Manufatura Avançada. Os eixos são os seguintes:

(i) Eixo Ambiental e Estruturante: ações para a construção do ambiente inovador natural e viável. Neste caso, concentram-se em ações que balizam e fundamentam os esforços de consolidação e fortalecimento dos ecossistemas das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras;

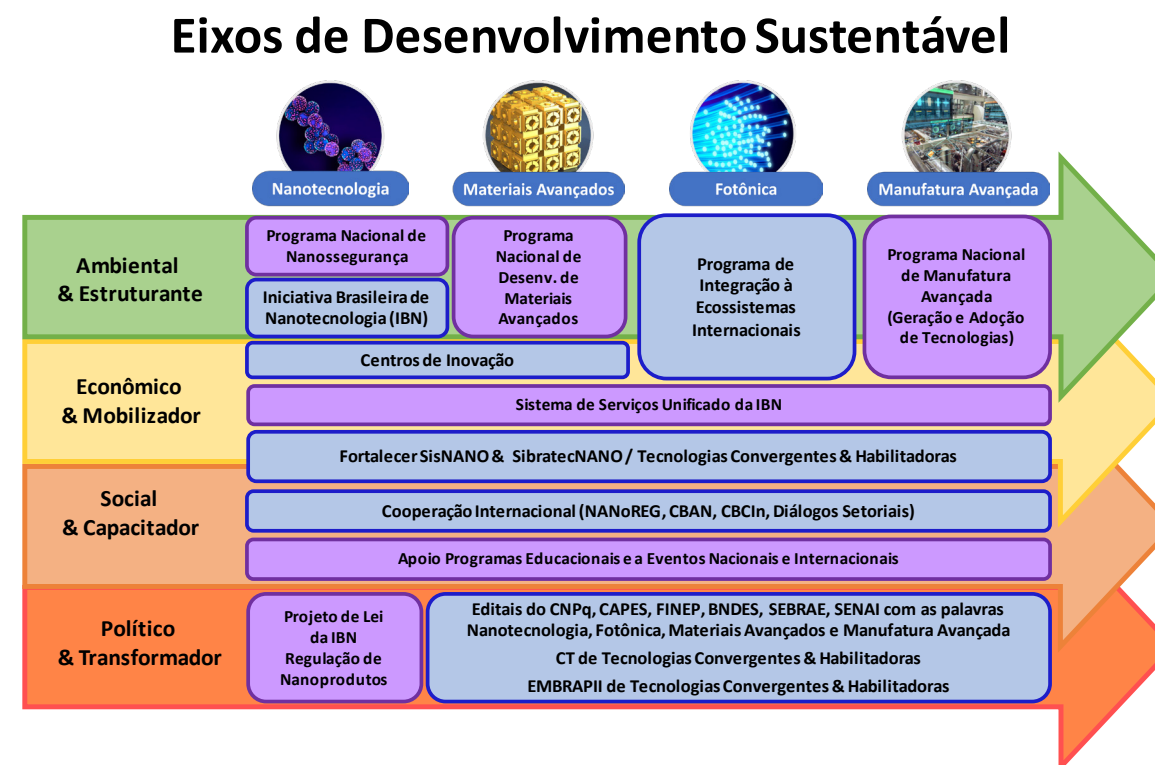
(ii) Eixo Econômico e Mobilizador: ações que facilitam o acesso à infraestrutura dos laboratórios do SisNANO, SibratecNANO, NANoREG e a seus pesquisadores, aproximando o setor produtivo do desenvolvimento de soluções inovadoras. Neste espaço, estão organizadas as ações que auxiliam na construção da ponte entre academia e indústria, produzem retorno econômico e geram inovação;

(iii) Eixo Social e Capacitador: ações que empoderam a sociedade por meio do desenvolvimento social e comunitário. Neste espaço, encontram-se as ações educacionais e formadoras de recursos humanos, a premiação por desempenho, e a promoção de eventos que fortalecem a integração entre academia e indústria e que desmistifica e assegura a população em geral sobre o conceito correto das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras e seus benefícios;

(iv) Eixo Político e Transformador: ações que garantam a implementação do desenvolvimento sustentável. Neste último eixo, são dispostas as ações que sedimentam o conhecimento e efetivam a transformação preconizada nos outros eixos, sobre o qual todos os outros se apoiam para ter sua funcionalidade garantida.

A Figura 4 mostra uma representação esquemática das principais políticas públicas e dos principais programas já implantados ou prospectados para a área de tecnologias convergentes e habilitadoras, organizados através dos eixos de desenvolvimento sustentável.

Figura 4: Representação das principais políticas públicas e programas para a área de tecnologias convergentes e habilitadoras organizadas por eixos de desenvolvimento sustentável. Em retângulos azuis, as ações já implementadas e, em retângulos roxos, as ações planejadas.



7. GOVERNANÇA

O MCTIC exercerá a governança deste Plano de Ação, sendo assessorado por Comitês Consultivos de especialistas, os quais auxiliarão este Ministério na sua missão de formulação de agenda, ações e programas, de tomada de decisão, de implementação e de avaliação de Programas e Políticas Públicas de Estado nas áreas de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, bem como proporcionarão à sociedade (comunidade acadêmica, setor produtivo, associações e outros) um espaço para participação e discussão de ações para essas tecnologias. Segue abaixo um breve descritivo de cada um desses Comitês:

- **Nanotecnologia e Materiais Avançados:** Foi implantado em 2018 o Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais (CCNANOMAT), em substituição ao Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNANO), com o objetivo de subsidiar o Ministério no direcionamento da Política Nacional das áreas e estabelecer uma instância de representação da comunidade científica, dos setores produtivos e das demais partes interessadas. Esse Comitê foi extinto pelo Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019. Porém, este colegiado está em fase de criação por meio de Decreto.
- **Fotônica:** No âmbito da governança das temáticas de Fotônica, foi implantado, em 2018, o Comitê Consultivo de Fotônica (CCFOTO), com o objetivo de assessorar o Ministério na definição dos macro-objetivos, das áreas prioritárias, das diretrizes, da alocação de recursos, da avaliação das iniciativas, das ações, dos programas e dos projetos na área de Fotônica. Esse Comitê foi extinto pelo Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019, mas está em fase de criação por meio de Decreto.
- **Tecnologias para Manufatura Avançada:** Alinhada com o Comitê de Governança previsto no Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Manufatura Avançada no Brasil (Plano ProFuturo), em 2019, foi estabelecida a Câmara da Indústria 4.0, uma instância de assessoramento e articulação para a área de Manufatura Avançada.

Cabe mencionar que, por meio da Portaria Interministerial nº 510, de 09 de julho de 2012, a área de Nanotecnologia contava com o Comitê Interministerial de Nanotecnologias (CIN), que possuía a

finalidade de assessorar os Ministérios representados no referido Comitê quanto à integração da gestão e da coordenação, bem como quanto ao aprimoramento das políticas, diretrizes e ações voltadas para o desenvolvimento das nanotecnologias no País. O CIN era integrado por representantes dos seguintes Ministérios: MCTIC, que o coordenava; da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); da Defesa (MD); da Indústria, Comércio Exterior e Serviço (MDIC); da Educação (MEC); do Meio Ambiente (MMA); de Minas e Energia (MME); e da Saúde (MS). Esse Comitê foi extinto pelo Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019.

8. O VALOR ESTRATÉGICO DA FOTÔNICA

8.1. CONCEITO GERAL

Em linhas gerais, a Fotônica é o campo da ciência dedicado a estudar os fenômenos associados à luz, tais como detecção, transmissão, emissão, modulação e amplificação da onda eletromagnética luz. Como exemplo clássico, destaca-se a fibra óptica, material que constitui a base para o atual Sistema de Telecomunicações.

Fazem parte da indústria fotônica empresas cuja principal atividade é a manufatura de produtos, ou empresas cuja utilização de um produto fotônico é um aspecto fundamental do negócio. Assim, a fotônica permeia os mais diversos setores, tendo aplicações nas áreas de saúde, energia, manufatura, robótica, displays, defesa, comunicações, biometria, entre outras. Na saúde, por exemplo, a Fotônica permite o desenvolvimento de equipamentos cirúrgicos de alta precisão e mínima invasão; kits de diagnóstico in vivo e in vitro precisos, sensíveis, rápidos, portáteis e amigáveis; além de ter importante aplicação em equipamentos para geração de imagens com alta resolução.

Por se tratar de uma tecnologia transversal, os países com maior renda global, como alguns da Europa, China, Coreia do Sul, Estados Unidos, Japão, Taiwan detêm a Fotônica como uma área estratégica para o desenvolvimento econômico e social e para o domínio competitivo de áreas consideradas essenciais para o mundo moderno, em especial, a manufatura, comunicação, saúde e defesa.

A Figura 5 mostra uma representação das principais áreas associadas à temática de Fotônica, com potencial para gerar conhecimento científico na fronteira do conhecimento, novos produtos de base tecnológica, bem como agregar valor tecnológico a produtos já disponíveis no mercado.

Figura 5: Áreas de atuação da Fotônica



8.2. RELEVÂNCIA INDUSTRIAL

Em 2009, a Comissão Europeia anunciou a Fotônica como uma das principais Tecnologias Convergentes e Habilitadoras para a prosperidade econômica da Europa. A Comissão Europeia não só reconheceu a importância econômica da Fotônica, como também reconheceu o papel que ela desempenha para uma ampla gama de tecnologias e aplicações com capacidade para transformar processos e produtos industriais, bem como potencial para levar inovações revolucionárias em diversas áreas de aplicação, desde manufatura, iluminação, energia e saúde. Destacou ainda o potencial que essa tecnologia poderá oferecer aos atuais desafios sociais como, por exemplo, assegurar o desenvolvimento sustentável, aumentar a eficiência energética, atender às necessidades do envelhecimento da população e garantir a saúde humana e ambiental.

A importância da Fotônica é tal que, para a Europa alcançar a liderança mundial em tecnologias fotônicas, foi realizado um esforço conjunto entre a Comissão Europeia, as indústrias de Fotônica e a comunidade europeia de pesquisa e desenvolvimento (P&D), que culminou no estabelecimento de plataformas tecnológicas dentre as quais destacam-se: o ETP Photonics21 e o ETP EPOSS.

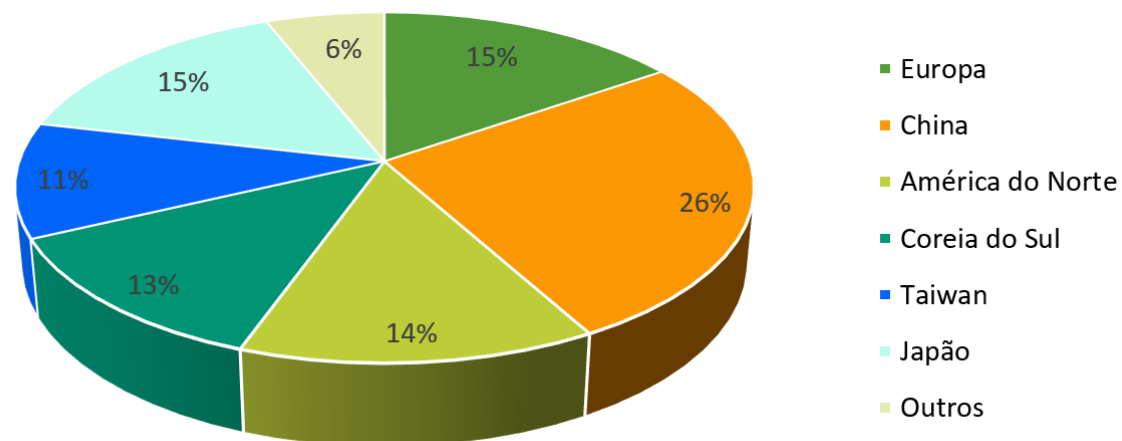
O ETP Photonics21 agrega mais de 2500 entidades em toda a Europa e tem por objetivo comum discutir e explorar as possibilidades ilimitadas da tecnologia da luz num vasto leque de áreas tecnológicas. Já o ETP EPOSS foca-se na integração de sistemas inteligentes envolvendo micro e nano-sistemas.

Segundo dados da Associação Europeia Photonics21⁸, o mercado global de produtos fotônicos, em 2015, representou um volume de cerca de 446 bilhões de euros, com uma taxa de crescimento (CAGR) de 6,2% ao ano. Os países asiáticos - China, Japão, Coreia do Sul e Taiwan - detêm mais de 65% do mercado mundial. A China é o principal líder, com uma participação de 26,5%, muito à frente do Japão (15,4%). Europa e América do Norte respondem por 15,4% e 13,6%, respectivamente. Outros países produtores incluem Israel, Turquia, Austrália, África do Sul e Brasil. A Figura 6 representa o mercado global de produtos fotônicos.

⁸ Photonics21 (<http://www.photonics21.org>)

Figura 6: Mercado Global de Fotônica.

Mercado Global de Fotônica (2015)

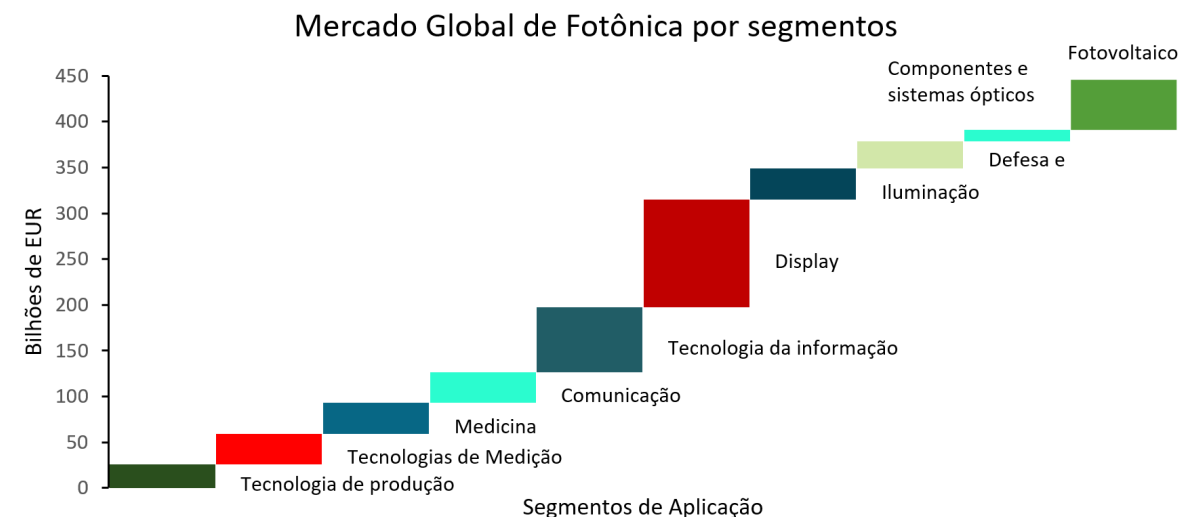


Fonte: Elaborado pelo MCTIC a partir dos dados extraídos do Market Research Study Photonics 2017.

Para uma melhor compreensão mercadológica da Fotônica, foi realizado um estudo pela Associação Europeia Photonics21, que utiliza uma segmentação por aplicação em tecnologias de produção, medição, informação, medicina, comunicação, display, iluminação, defesa e segurança, componentes e sistemas ópticos e fotovoltaicos.

A Figura 7 representa o mercado global de produtos fotônicos por segmentos de aplicação em bilhões de euros. Observa-se que os produtos usados para transmitir, armazenar, adquirir e exibir informações, tais como: displays (117,6 bilhões); produtos para tecnologia da informação (71 bilhões); e produtos para comunicação óptica (22 bilhões); representam 47% do mercado total de Fotônica. Fotovoltaicos (55,1 bilhões) correspondem a 12% do mercado, e as demais tecnologias a 28%.

Figura 7: Mercado Global de Fotônica por segmentos de aplicação



Fonte: Elaborado pelo MCTIC a partir dos dados extraídos do Market Research Study Photonics 2017.

Dentre as iniciativas que transformaram os países nos maiores players globais em Fotônica, destacam-se: o apoio as Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs), por meio de recursos para P&D e formação de recursos humanos; incentivo à interação academia-indústria; apoio financeiro às startups; incentivos fiscais; subsídios para empresas emergentes; promoção de produtos domésticos; proposição de status regulatório específico; mudanças no consumo governamental de produtos baseados em Fotônica; apoio à indústria para atingimento de outro patamar tecnológico; elaboração de diretrizes para a indústria; dentre outras.

A natureza adaptável da Fotônica permite atingir mercados ainda maiores e sensíveis, além de permitir a digitalização da indústria. Assim o Brasil precisa estar atento a essa corrida para inserir-se no mercado global de Fotônica.

8.3. RELEVÂNCIA ACADÊMICA

Em razão da transversalidade desta temática, a área de Fotônica é atendida principalmente por profissionais com formação em cursos de Engenharia de Telecomunicações, Eletrônica e Elétrica; Física e Química. Esse perfil começou com os investimentos realizados na década de 70 com as pesquisas realizadas na área de comunicação óptica, lasers, detectores e fibras ópticas, quando da criação da Telebrás.

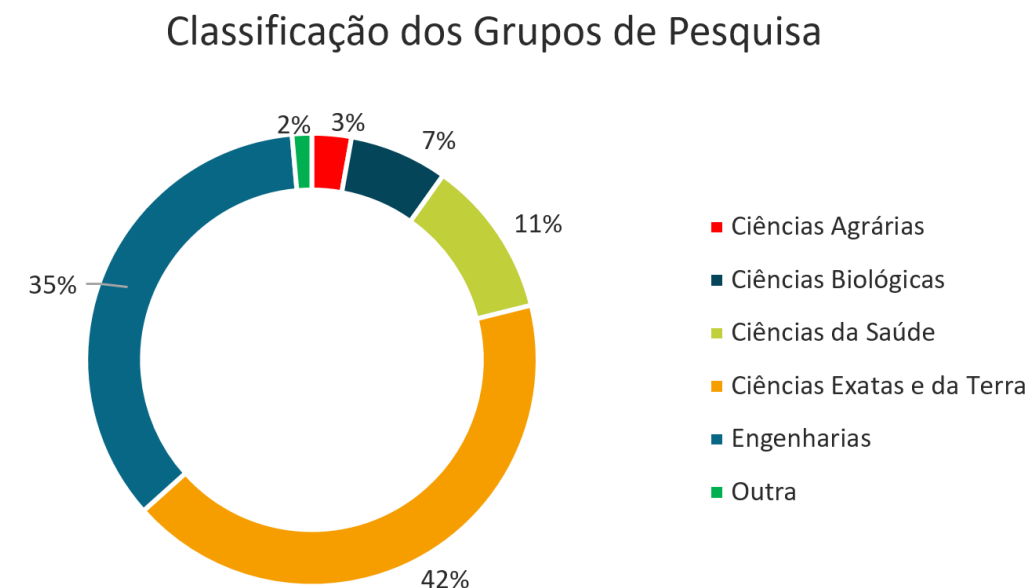
A temática vem crescendo e se consolidado desde então. Atualmente, dispomos de 416 doutores cadastrados na Plataforma Lattes com formação em Fotônica no Brasil ou no exterior⁹. Em pesquisa realizada no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP)¹⁰, do CNPq, utilizando o termo “Fotônica”, foram identificados 68 linhas de pesquisa e 71 grupos distribuídos em 47 instituições.

Os grupos de pesquisa identificados por meio desse levantamento foram classificados de acordo com as principais áreas de atuação. Verificou-se que 42% dos grupos encontram-se na área de Ciências Exatas e da Terra e 35% nas Engenharias, conforme pode ser verificado na Figura 8.

⁹ Dados da Plataforma Lattes. <http://lattes.cnpq.br/>. Acesso em: agosto de 2019.

¹⁰ Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil - CNPq. <http://lattes.cnpq.br/web/dgp>. Acesso em: agosto de 2019.

Figura 8: Classificação dos Grupos de Pesquisa em Fotônica por área predominante.



Fonte: Elaborado pelo MCTIC a partir dos dados extraídos do Diretório de Grupos de Pesquisa do Brasil, do CNPq. Acesso em: agosto de 2019

Em relação aos artigos produzidos, conforme a base de dados Scopus, a maior parte dos artigos produzidos por brasileiros em Fotônica estão no segmento de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e apenas uma pequena parcela está direcionada ao estudo de laser e de dispositivos eletroeletrônicos.

9. O ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO EM FOTÔNICA NO BRASIL

O MCTIC, por meio do Programa de Desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia, implantado em 2004 e posteriormente pelo Plano Nacional de Nanotecnologia (PNN) e pela Iniciativa Brasileira em Nanotecnologia (IBN), apoiou diversas iniciativas em Fotônica, como a criação de redes associadas ao tema e outros projetos individuais, sempre por chamadas públicas.

O ecossistema de Fotônica engloba tanto o setor público como o privado, que vem sendo fomentado ao longo dos últimos 15 anos. O MCTIC possui instituições de pesquisa que atuam na área de Fotônica como, por exemplo, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI).

O CTI Renato Archer organizou a primeira rodada dos projetos realizados no âmbito dos Circuitos Integrados em Fotônica para fabricação no IMEC (*Interuniversity MicroElectronics Center*), na Bélgica, em 2012. O Centro desenvolveu também as etapas de pós-processamento de wafers contendo dispositivos fotônicos. Desenvolveu a produção de *fiber-arrays* para o encapsulamento fotônico de dispositivos avançados, e em parceria com o setor produtivo constituiu um laboratório para a caracterização optoeletrônica de componentes e circuitos de até 40GHz. Criou, ainda, em 2013, o primeiro Circuito Integrado para design de circuitos fotônicos ativos em silício operando em frequência de até 30GHz. Atualmente, desenvolve processos para a convergência eletrônica-fotônica e encapsulamento avançado em Fotônica.

Além do CTI Renato Archer, podem ser citados também os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) dedicados a P&D em Fotônica. São eles:

- Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fotônica (INCT-INFO);

- Instituto Nacional de Óptica e Fotônica (INOF);
- Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fotônica para Comunicações Ópticas (FOTONICOM);
- Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fotônica aplicada à Biologia Celular (INCT-INFABiC).

Outras iniciativas estão alocadas em Instituições de Ensino e Pesquisa:

- Centro de Pesquisas em Óptica e Fotônica (IFSC/USP);
- Centro de Pesquisa em Óptica e Fotônica de Campinas (Unicamp);
- Laboratório de Microondas (Universidade Federal de Pernambuco);
- Laboratório Instrumentação & Fotônica (COPPE/UFRJ);
- Laboratório de Fotônica (LAFOT - CEFET/RJ);
- Laboratório de Novas Mídias e Fotônica (Universidade Presbiteriana Mackenzie);
- Grupo de Fotônica e Fluídos Complexos (CGFC/UFAL);
- Comunicações Ópticas e Fotônica (IFGW/Unicamp).

Em cooperação internacional, o Brasil atua junto à China, no Centro Brasil-China de Nanotecnologia (CBCIN), com projetos conjunto em Fotônica; no âmbito do BRICS, integra grupo de trabalho em Fotônica; e, com a União Europeia, participa atualmente do Projeto Diálogos Setoriais com foco em Fotônica aplicada a diagnósticos médicos.

10. PRINCIPAIS DESAFIOS

Os principais desafios da Fotônica no Brasil assentam-se na divulgação e disseminação de seus benefícios e vantagens, na formação e capacitação de recursos humanos e no grau de investimentos. Neste ponto, a produção de material técnico para a sociedade é escassa, principalmente a informação sobre seus benefícios e suas vantagens para além da eletroeletrônica convencional (telas, TVs, lâmpadas e outras fontes de luz). A escassez de recursos humanos é um problema que atinge, de

forma geral, a todas as áreas científico-tecnológicas. Além disso, com a inserção do fator inovação na C&T, torna-se imprescindível a formação e a capacitação dos alunos, dos professores e dos pesquisadores em métodos para o empreendedorismo. Com a corrida cada vez mais acirrada por espaços no mercado nacional e internacional, torna-se mister que o investimento realizado em projetos de Fotônica leve em consideração o retorno esperado e a maturidade sustentável desejada.

Para tanto, é preciso superar alguns obstáculos, como o baixo apoio a ecossistemas e redes regionais; a escassez de fontes múltiplas de financiamento e de mão de obra qualificada; a falta de estrutura para transferência de tecnologia; e a competição com produtos estrangeiros de alta tecnologia. Em suma, a superação dessas dificuldades abrirá possibilidades para o Brasil competir pelo mercado internacional de Fotônica.

11. OBJETIVOS

11.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Criar e nutrir um ambiente de colaboração entre a indústria e academia, aliando competências em ciência, tecnologia e inovação, centrado na ética e na promoção continuada do completo desenvolvimento sustentável do ecossistema da Fotônica para o Brasil.

11.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Criar e fortalecer ecossistemas regionais de Fotônica;
- identificar a capacidade técnico-científico-profissional instalada;
- promover formação e capacitação de recursos humanos qualificados em Fotônica;
- intensificar a cooperação internacional em Fotônica;
- promover a interação entre academia e empresa; e
- estimular a transferência de propriedade intelectual da ICT para a empresa.

12. IMPLEMENTAÇÃO

As ações do Plano de Ação em CT&I para Fotônica serão articuladas pelo MCTIC, por meio da Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação de Tecnologias Estratégicas (CGTE), subordinada ao Departamento de Tecnologias Estruturantes (DETEC) da Secretária de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI).

As ações de CT&I envolvem o acompanhamento e a revisão periódica das iniciativas do MCTIC, o esforço ministerial para articular programas e projetos com os demais atores do SNCTI, bem como a articulação dos atores governamentais com a sociedade. Dentre as principais estratégias de implementação destacam-se as seguintes linhas de ação:

AÇÃO 1: INCENTIVAR O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DE PLATAFORMAS DE INTEGRAÇÃO DE ECOSISTEMAS REGIONAIS

O fomento à interação e à colaboração entre ecossistemas regionais agrega importante vantagem competitiva e sinergia às competências dos ecossistemas, bem como às potencialidades dos ecossistemas, que se complementam simultaneamente. Como a Fotônica pode ser desenvolvida e comercializada em módulos, componentes e equipamentos, essa flexibilidade de integração e colaboração com outras áreas do conhecimento facilita sua adoção por diversas áreas do conhecimento e a geração de soluções tecnológicas multidisciplinares.

Ao estabelecer uma integração de ecossistemas, o processo de desenvolvimento de tecnologias inovadoras é acelerado, devido ao forte compartilhamento de tecnologias complementares, respeitados os direitos de propriedade intelectual de cada instituição e empresa envolvidas, e acordadas as condições para exploração comercial, de acordo com a Lei Federal nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016 e o Decreto nº 9.283, de 7 de fevereiro de 2018. Esta integração não só produz uma vantagem competitiva nacional, mas também cria maior robustez para o cenário nacional. Portanto, é desejável incentivar o processo de implementação de plataformas de ecossistemas regionais, favorecendo as

competências locais para um maior alcance global, que promova a discussão pelo menos nos seguintes pontos: fortalecimento das Cooperações Internacionais; formação de redes regionais com temas de interesse local; e estímulo à interação entre as redes.

AÇÃO 2: IDENTIFICAR A CAPACIDADE TÉCNICA NACIONAL

A Fotônica no Brasil, apesar de não se tratar de uma área recente, não possui ainda um mapeamento da infraestrutura e da capacidade técnico-científico-profissional instalada. Com o intuito de evitar a duplicação de esforços e a pulverização de recursos, torna-se necessário identificar pesquisadores, grupos de pesquisa, equipamentos instalados e/ou essenciais, empresas, necessidades e oportunidades para o desenvolvimento sustentável da área. Desta forma, vislumbram-se as seguintes atividades:

- promover discussões com especialistas de todo o Brasil para levantamento dos desafios e das oportunidades na área de Fotônica; e;
- elaborar roadmap conceitual, sinalizando onde o Brasil está e aonde deverá chegar em curto, médio e longo prazos, em relação à Fotônica.

AÇÃO 3: PROMOVER FORMAÇÃO E CAPACITAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

A formação e a capacitação de recursos humanos são pré-requisitos naturais para o desenvolvimento de qualquer nação. Os baixos índices de mão-de-obra qualificada, alinhados com as novas tendências tecnológicas, são barreiras em praticamente todos os setores econômicos de alta complexidade tecnológica. Para a Fotônica, isso não é diferente. Neste âmbito, espera-se superar essas barreiras por meio das seguintes linhas de ação:

- promover articulação entre o MCTIC e outros órgãos ligados à educação e à capacitação de pessoas, como o MEC, CAPES, CNPq, SEBRAE, SENAI, entre outras instituições afins;

- estimular a criação de uma Premiação Nacional para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada); e;
- promover e apoiar eventos nacionais na área de Fotônica.

AÇÃO 4: INTENSIFICAR A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

Os programas de cooperação internacional são mecanismos de fomento para o desenvolvimento tecnológico e a inovação, pois colaboram para aprimorar e acelerar a base nacional de conhecimento, além de auxiliar na prospecção de nichos de atuação e na troca de experiências entre atores nacionais e internacionais. A seguir, são apresentadas as principais orientações para o fortalecimento da Cooperação Internacional:

- fortalecer e ampliar acordos bilaterais e multilaterais de cooperação e compromissos internacionais celebrados pelo Governo Brasileiro associados à Fotônica;
- intensificar a atuação e fortalecer os Programas de Cooperação Internacional já estabelecidos associados à Fotônica, em especial, o BRICS, Grupo de Trabalho BRICS, e outros;
- articular programas de desenvolvimento tecnológico e inovação conjuntos, com vistas a atrair investimentos e parceiros internacionais para laboratórios e empresas brasileiras, bem como incentivar a transferência de conhecimento e tecnologia entre os países;
- cooperar com países que possuem know-how em Fotônica, a fim de alcançar o estado da arte em Fotônica, alinhar-se às tendências científico-tecnológicas, e, também, identificar espaços vagos no mercado internacional;
- intensificar o intercâmbio entre pesquisadores e alunos com países líderes em Fotônica; e;
- incentivar a participação nacional em programas internacionais de PD&I, a fim de prospectar nichos de atuação na área de Fotônica no qual o Brasil possa ser competitivo.

13. METAS E INDICADORES

AÇÕES	METAS (2018-2022)	INDICADORES	UNIDADE DE MEDIDA	ODS ¹¹ ATENDIDOS
Incentivar o Processo de Implantação de Plataformas de Integração de Ecossistemas Regionais	2 (dois)	Apoio técnico para Implantação de plataformas estabelecidas	Valor absoluto	3-Saúde e Bem-Estar 7-Energia Acessível e Limpa; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura; 12-Consumo e Produção Responsáveis; 15-Vida Terrestre
Identificar a Capacidade Técnica Nacional	2 (dois)	Quantidade de iniciativas para a identificação de capacidade técnica no país	Valor absoluto	9-Indústria, Inovação e Infraestrutura
Estimular a formação e a capacitação de Recursos Humanos	3 (três)	Quantidade de iniciativas que visam ao estímulo à formação e à capacitação de Recursos Humanos	Valor absoluto	4-Educação de Qualidade; 8-Trabalho decente e crescimento econômico; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura
Intensificar a Cooperação Internacional	2 (dois)	Quantidade de cooperações internacionais estabelecidas	Valor absoluto	4-Educação de Qualidade; 8-Trabalho decente e crescimento econômico; 17-Parcerias e Meios de Implementação

11 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Fonte: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

14. DOCUMENTOS ESTRUTURANTES

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação**: 2016-2022: ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento econômico e social. Brasília: MCTIC, 2016. Disponível em: http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/ASCOM_PUBLICACOES/encti_2016-2022.pdf. Acesso em: 19/08/2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Manufatura Avançada no Brasil (ProFuturo - Produção do Futuro)**. Brasília: MCTIC, 2017. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf. Acesso em: 19/08/2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Materiais avançados [no Brasil]**: 2010-2022. Brasília: CGEE, 2010. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/Livro_Materiais_Avancados_2010_6367.pdf. Acesso em: 19/08/2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Brasil: ONU, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 19/08/2019.

PHOTONICS21 – European Technology Platform. **Market Research Study Photonics 2017**. Brüssel, May 2017. Disponível em: <https://www.photonics21.org/ppp-services/photonics-downloads.php>. Acesso em: 08 ago. 2019.

15. LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CBCIN - Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia
- CBPF - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
- CCFOTO - Comitê Consultivo de Fotônica
- CCNANOMAT - Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais
- CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica
- CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CGTE - Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas
- CIN - Comitê Interministerial de Nanotecnologias
- CNI - Confederação Nacional da Indústria
- CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia
- CTI - Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer
- DETEC - Departamento de Tecnologias Estruturantes
- EMBRAPPII - Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
- Encti - Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
- FAP - Fundação de Amparo à Pesquisa
- FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
- FOTONICOM - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fotônica para Comunicações Ópticas
- IBN - Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
- ICT - Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação
- IES - Instituto de Ensino Superior
- INCT - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
- INFABiC - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Fotônica aplicada à Biologia Celular
- INFO - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Fotônica
- INOF - Instituto Nacional de Óptica e Fotônica;
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
- MD - Ministério da Defesa

- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
- MEC - Ministério da Educação
- MF - Ministério da Fazenda
- MMA - Ministério do Meio Ambiente
- MME - Ministério de Minas e Energia
- MS - Ministério da Saúde
- NANoREG - A common European approach to the regulatory testing of nanomaterials
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- ONU - Organização das Nações Unidas
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
- SEMPI - Secretaria de Empreendedorismo e Inovação
- SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
- SibratecNANO - Sistema Brasileiro de Tecnologia: Centros de Inovação em Nanotecnologia
- SisNANO - Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias
- UFAL - Universidade Federal de Alagoas
- UFPE - Universidade Federal de Pernambuco
- UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
- USP - Universidade de São Paulo

CONTATO E INTERLOCUÇÃO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC)

Secretaria de Empreendedorismo e Inovação (SEMPI)

Departamento de Tecnologias Estruturantes (DETEC)

Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas (CGTE)

Endereço: Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 3º Andar, Sala 355, Brasília-DF, CEP 70067-900

Email: cgte@mctic.gov.br

Telefone: +55 61 2033-7424

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL