

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

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

Volume I - Nanotecnologia



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 I - Nanotecnologia

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 Mattar – 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: nanotecnologia / organizador, Leandro Antunes Berti et al. -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019. 4 v. (v. 1 ; 56 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. Nanotecnologia. 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 62-027.15

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	6
1. INTRODUÇÃO	8
2. VISÃO	10
3. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	10
4. TEMAS ESTRATÉGICOS	10
5. ESTRATÉGIA ORÇAMENTÁRIA FINANCIAMENTO	14
6. EIXOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	15
7. GOVERNANÇA	18
8. O VALOR ESTRATÉGICO DA NANOTECNOLOGIA	19
8.1 CONCEITO GERAL	19
8.2 RELEVÂNCIA INDUSTRIAL & ECONÔMICA	20
8.3 RELEVÂNCIA ACADÊMICA	24
8.4 ECOSISTEMA DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA NO BRASIL	26
8.4.1. INICIATIVA BRASILEIRA DE NANOTECNOLOGIA (IBN)	27
8.4.2. SISTEMA NACIONAL DE LABORATÓRIOS EM NANOTECNOLOGIAS (SISNANO)	28
LABORATÓRIOS ESTRATÉGICOS	30
LABORATÓRIOS ASSOCIADOS	30
8.4.3. REDES SIBRATEC EM NANOTECNOLOGIAS	31
8.4.4. COOPERAÇÃO INTERNACIONAL EM NANOTECNOLOGIAS	32
CENTRO BRASILEIRO-ARGENTINO DE NANOTECNOLOGIA (CBAN)	33
CENTRO BRASIL-CHINA DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA (CBCIN)	34
8.4.5. PROGRAMA NANOREG	35
9. PRINCIPAIS DESAFIOS	37
10. OBJETIVOS	39
10.1. OBJETIVO PRINCIPAL	39
10.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	39
11. IMPLEMENTAÇÃO	40
AÇÃO 1: ESTABELECIAMENTO DO MARCO REGULATÓRIO	40
AÇÃO 2: IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE NANOSSEGURANÇA	42
AÇÃO 3: PROMOVER A FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	44
AÇÃO 4: FORTALECIMENTO DE AMBIENTES INOVADORES	45
a. CRIAÇÃO DO CENTRO DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA E MATERIAIS AVANÇADOS	46
b. CREDENCIAMENTO DE UMA UNIDADE EMBRAPPII PARA NANOPRODUTOS	49
AÇÃO 5: CREDENCIAMENTO DE UMA UNIDADE EMBRAPPII PARA NANOPRODUTOS	51
12. METAS E INDICADORES	52
13. DOCUMENTOS ESTRUTURANTES	53
14. LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	54
15. CONTATO E INTERLOCUÇÃO	55

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

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

Cada um dos quatro volumes apresenta em seus sete primeiros capítulos uma introdução, visão, objetivo principal, os temas estratégicos, a estratégia orçamentária/financiamento, os eixos de desenvolvimento sustentável e a governança para as Tecnologias Convergentes e Habilitadoras para, em seguida, especificar o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação de cada tema.

Nesse primeiro volume, o MCTIC apresenta o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação

para nanotecnologia, que contou com a colaboração de pesquisadores, da sociedade civil e membros do Comitê Consultivo de Nanotecnologia e Novos Materiais (CCNANOMAT), composto por representantes da academia, de associações empresariais, das agências de fomento e do próprio MCTIC.

O Plano, em harmonia com a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (Encti 2016-2022), busca orientar a implementação das ações para a área de nanotecnologia, de forma a contribuir com o desenvolvimento econômico e social do País. Por se tratar de um tema transversal, ela perpassa praticamente todos os setores industriais, em todas as etapas de produção, desde o processo de fabricação até a utilização pelo usuário final e seu descarte.

Na Encti 2016-2022, a nanotecnologia está contemplada no capítulo referente aos temas estratégicos, tamanha a importância desta área do conhecimento para o atingimento da autonomia nacional em termos econômicos, industriais e de desenvolvimento social - pilares da soberania de um país em um mercado globalizado.

Um desenvolvimento econômico e ambientalmente sustentável deve seguir diretrizes mínimas emanadas pelos principais atores dessa tecnologia, em consonância com os anseios da sociedade civil e com um meio ambiente saudável. Dessa forma, o Plano contempla a relevância da nanotecnologia para a sociedade em geral, apresenta os principais sistemas de ciência e tecnologia para a área, discute os principais desafios que devem ser transpostos e propõe ações e metas para a consecução dos objetivos almejados.

O Plano de Ação em CT&I para nanotecnologia apresenta seis ações que têm como objetivo principal propiciar um ambiente de interação entre o setor industrial e o setor acadêmico, de forma a congrega competências que deem suporte a um consistente e continuado desenvolvimento de um ecossistema da nanotecnologia para o Brasil.

Em resumo, dentre as ações deste Plano, destacam-se o estabelecimento de uma base de dados científicos capazes de subsidiar a criação de um marco legal para a nanotecnologia e que, consequentemente, dê o suporte jurídico necessário para aqueles que a desenvolvem; a implementação de uma cadeia de produção baseada em diretrizes de nanosseguurança, cujo intuito é garantir processos e produtos seguros à saúde humana e animal e ao meio ambiente; a formação de recursos humanos, capaz de incutir uma cultura não somente científica, mas também empreendedora no estudante

e no técnico; a criação de centros de inovação, que sejam um ambiente profícuo de interação entre os vértices da tríplice hélice – empresa, academia, governo; e, por último, a intensificação da cooperação científico-tecnológica com países expoentes da nanotecnologia, capaz de favorecer um intercâmbio propositivo, equilibrado e benéfico para ambos os lados.

Assim, este Plano de Ação objetiva 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-Agenda 2030), potencializar a utilização das vantagens e oportunidades competitivas do país e alavancar o desenvolvimento econômico e social, de forma segura e sustentável, sempre levando em consideração a soberania nacional brasileira e a construção de uma sociedade do conhecimento.

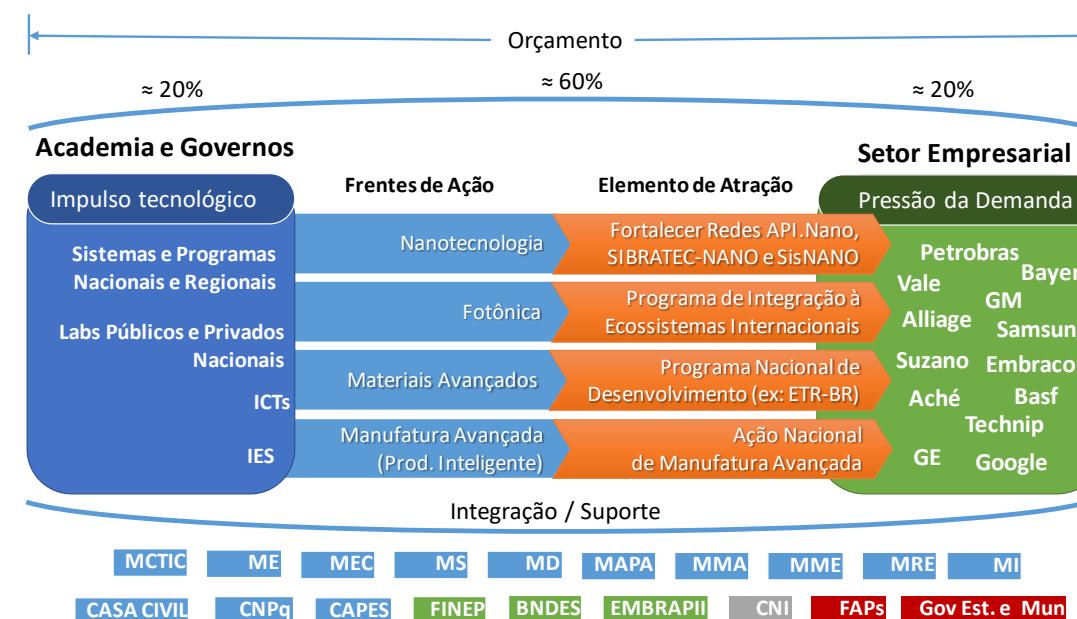
1. INTRODUÇÃO

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. 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 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 – que, desde a sua concepção, tenha buscado como meta a solução de problemas em processos, produtos e serviços científicos, tecnológicos e inovadores - 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 aproximação e 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).

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



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

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. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

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 organizações sociais fomentadas e supervisionadas pelo MCTIC, responsável principalmente pela realização de estudos estratégicos do Ministério.

A Encti é, em resumo, a orientação estratégica de médio e longo prazo para implementação das políticas públicas de CT&I elaborada a partir de uma consulta pública alimentada por atores governamentais, da academia, da indústria e da sociedade civil que, de certa forma, lidam ou serão impactados pelos desenvolvimentos do setor. O objetivo principal dessa Estratégia é “alçar o País a um novo patamar de desenvolvimento por meio da construção de uma sociedade do conhecimento”.

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*). Além destes, com base nas competências e vocação nacionais, insere-se o Mapeamento Geológico Marinho (*blue mining*²).

A seguir, uma descrição sucinta de cada tema estratégico:

Saúde e Meio Ambiente: As tecnologias convergentes e habilitadoras têm uma vasta gama de aplicações na área de Saúde³, 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. 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, essas tecnologias são amplamente empregadas no setor aeroespacial - em estruturas, propulsão, proteção térmica, sensoriamento, controle da condição operacional dos sistemas de voo, captação de energia solar e diversas outras

² Blue Mining EU (<http://www.bluemining.eu/>)

³ 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.

aplicações. Cabe salientar que grande parte dessas 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 para impulsionar a geração e produção de energia de maneira mais sustentável, como a produção de biocombustíveis, eletricidade solar, energia nuclear, energia eólica, produção e armazenamento de hidrogênio, e células a combustível.

Agricultura: Devido à expressiva participação do agronegócio na economia brasileira, as tecnologias convergentes e habilitadoras detêm aqui um nicho de estratégica inserção e de possibilidades de aumento do valor agregado dos produtos, de sua melhoria na qualidade e de economia na sua produção. A nanotecnologia alça a agricultura tradicional para a agricultura de precisão que, por meio, por exemplo, do desenvolvimento de nanossensores para analisar as condições do solo e diagnosticar fitopatologias, de sistemas de liberação controlada e de detecção de agroquímicos, de sistemas catalíticos de pesticidas e de sistemas de entrega de fertilizantes, possibilitará regular o crescimento das plantas, entregar nutrientes e água na dosagem ideal, diminuir a aplicação e a dispersão caótica de agroquímicos, melhorando, no fim de todo esse processo, a qualidade e a segurança dos alimentos produzidos.

Descoberta Inteligente de Novos Materiais (Materials Informatics): O escopo desse tema está associado ao modelamento e predição do comportamento de novos materiais com base em sua composição, micro e nanoestrutura, histórico de processamento e interações. Nesse tema, é possível produzir novos materiais, com maior ou menor precisão, para aplicações em áreas como materiais eletrônicos, física e engenharia do estado sólido, nanotecnologia, materiais para óptica e indústria avançada, para a área de energia, termodinâmica de materiais e outras.

Mapeamento Geológico Marinho (Blue Mining): Considerando que aproximadamente 70% da superfície terrestre é coberta por mares e oceanos, e o Brasil possui mais de 7 mil quilômetros de área costeira (litoral), o mapeamento e a identificação de materiais no fundo de mares e oceanos passam a ser estratégicos para o futuro da economia global, com vistas a uma futura mineração sustentável, além de ser fundamental o desenvolvimento de equipamentos resistentes o suficientes para suportar as condições de pressão e desgaste.

Figura 2: Representação do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SINCTI) e do Ecossistema de Inovação Brasileiro, responsáveis por propor, desenvolver, produzir e absorver as soluções tecnológicas geradas para cada um dos temas estratégicos do Plano de Ação.



O fortalecimento do ecossistema de inovação do Brasil é importante para o desenvolvimento tecnológico de diversos setores. 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. 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.

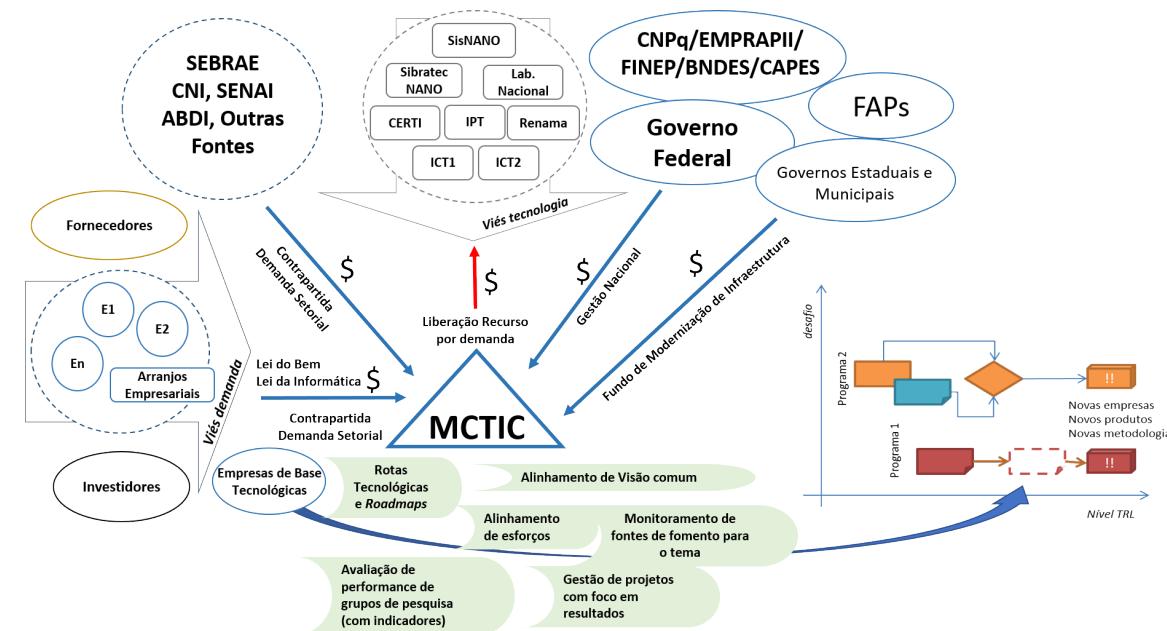
5. ESTRATÉGIA ORÇAMENTÁRIA FINANCIAMENTO

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 na priorização de atividades e competências regionais (*smart specialisation*⁴), em tecnologias estratégicas e críticas. A estratégia orçamentária da SEM-PI/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 de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em diversos setores e/ou às ameaças de competidores baseados em novas tecnologias”⁵.

4 Smart Specialisation (<http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/map>)

5 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:

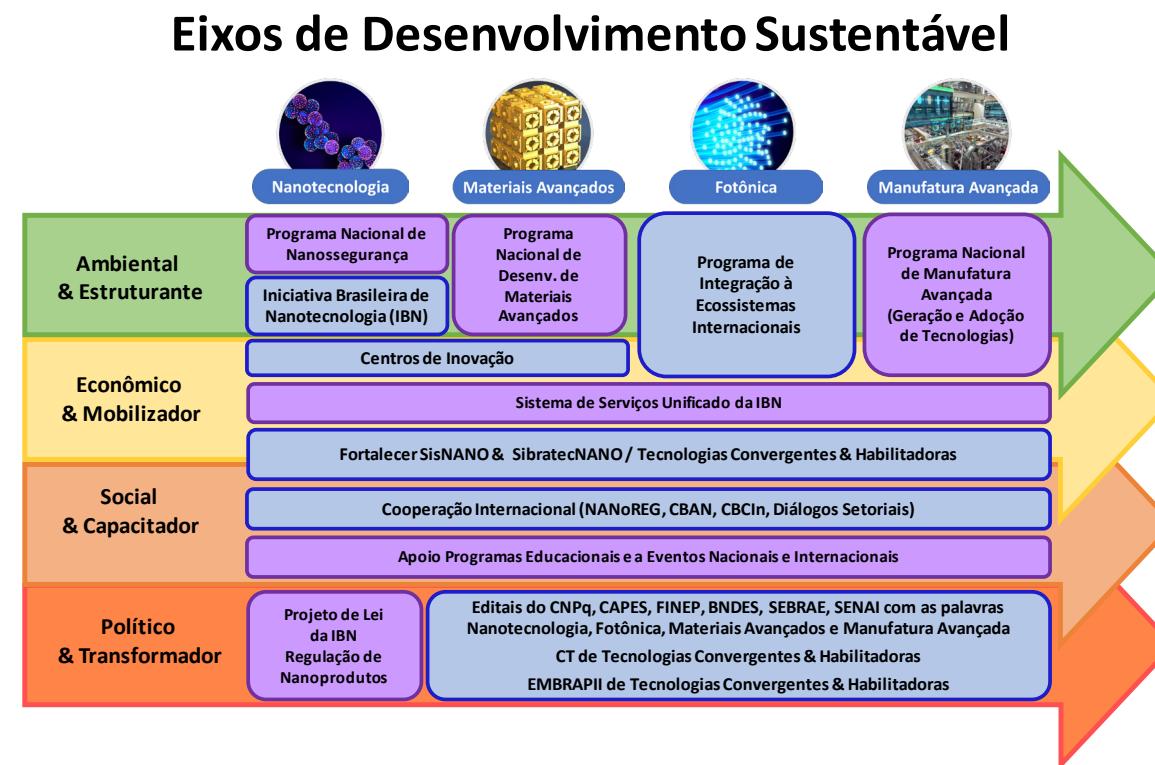
(i) **Eixo Ambiental e Estruturante:** ações para a construção do ambiente inovador natural e viável. Neste caso, concentram-se em ações que balizam e fundamentam os esforços de consolidação e fortalecimento dos ecossistemas das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras;

(ii) **Eixo Econômico e Mobilizador:** ações que facilitam o acesso à infraestrutura dos laboratórios do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia (SisNANO), às iniciativas como SibratecNANO e NANoREG, e aos 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. Nesse 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. Nesse 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 (Figura 4).

Figura 4: Representação das principais políticas públicas e dos programas ministeriais para a área de Tecnologias Convergentes e Habilitadoras organizados 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 formular 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 referidas 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, o colegiado está em fase de criação por meio de outro 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 outro 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 Brasileira da Indústria 4.0, uma instância de assessoramento e articulação para a área de Manufatura Avançada.

Cabe mencionar que o MCTIC contava ainda com o auxílio do Comitê Interministerial de Nanotecnologias (CIN), instituído pela Portaria Interministerial nº 510, de 09 de julho de 2012, 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 NANOTECNOLOGIA

8.1 CONCEITO GERAL

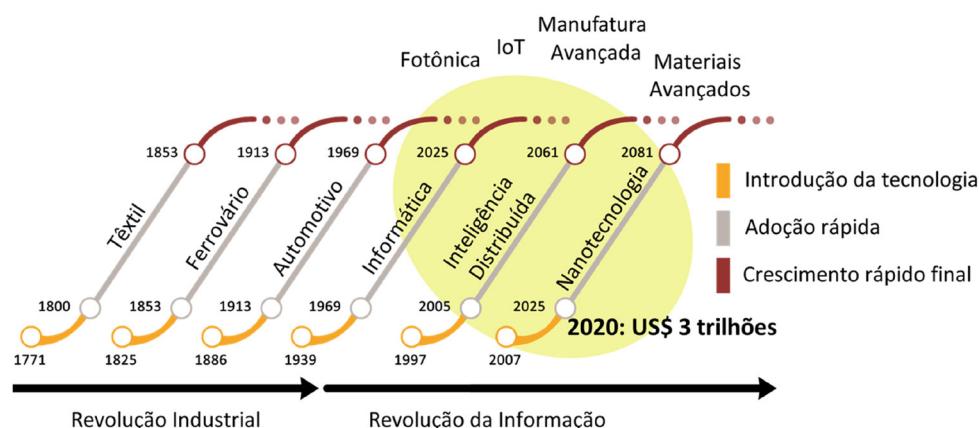
A Nanotecnologia está presente em nossas vidas desde seu início, ligada intimamente ao funcionamento dos organismos e parte essencial do ferramental da natureza para criar toda sua diversidade. As estruturas celulares são compostas e controladas por nanoestruturas. A principal forma de montagem molecular da nanoescala é a automontagem, um processo natural onde componentes, separados ou ligados espontaneamente, formam estruturas maiores. O material que compõe as estruturas celulares, como proteínas, enzimas e o próprio DNA, é um elemento natural automontado em tamanho nanométrico. Entender e aplicar a visão que valoriza os processos naturais sempre beneficiou a humanidade, e é dessa forma que a progressão da Nanotecnologia deve ser focada.

A Nanotecnologia é considerada, em termos de soberania nacional, não só pelo Brasil, mas também pelas maiores nações e blocos econômicos mundiais (EUA, Coreia do Sul, Japão, União Europeia, Suíça, Rússia, Inglaterra, China), uma tecnologia estratégica e, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), uma das bases das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, responsável em moldar a próxima revolução industrial e trazer impactos positivos para o desenvolvimento social e econômico mundial. Possui características transversal, disruptiva e pervasiva, dedicada à compreensão, ao controle e à utilização das propriedades da matéria na nanoescala (1,0x10⁻⁹m, que equivale a um bilionésimo do metro). Desta forma, acomoda facilmente todas as áreas do mundo dos negócios. As novas propriedades dos nanomateriais, conquistadas a partir do entendimento e da utilização da nanotecnologia, revolucionam não somente os produtos, mas também os bens de capital – as máquinas para produção – e a prestação de serviços, com inovações até pouco tempo inimagináveis.

8.2 RELEVÂNCIA INDUSTRIAL & ECONÔMICA

O crescimento do mercado de base nanotecnológica, nos últimos anos, tem sido expressivo com um movimento estimado de US\$ 1 trilhão em 2015, e com estimativas, para 2020, de US\$ 3 trilhões⁶, sendo previsto um ciclo longo e duradouro, conforme demonstram os ciclos de desenvolvimento econômico de Kondratiev⁷ (Figura 5).

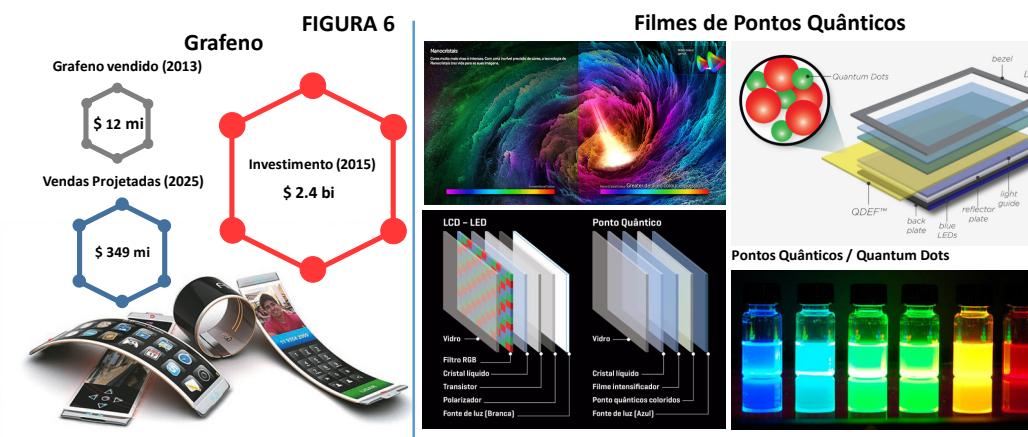
Figura 5: O mercado e eletrônica flexível com Grafeno e os filmes de Pontos Quânticos em TVs/Displays de Alta Resolução.



Caso o Brasil estabeleça como uma meta modesta alcançar, em 2020, 1% da escala mundial da nanotecnologia, isto poderia significar uma participação de US\$ 30 bilhões. Somente o mercado de nanotubos de carbono, com produção estimada de 147 mil toneladas, poderá equivaler a US\$ 70 bilhões em 2025, para aplicações em baterias elétricas, pneus, tintas condutivas, eletrônica flexível, concreto inteligente, entre outros. Já o mercado de grafeno, que possui o valor estimado em US\$ 15-20 mil para cada quilograma de material, poderá chegar a US\$ 349 milhões em 2025⁸ (Figura 6).

6 The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years ([https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/MCR_11-0201_JNR13\(2\)_NNI_at_10_years_Feb%202010_18p.pdf](https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/MCR_11-0201_JNR13(2)_NNI_at_10_years_Feb%202010_18p.pdf))
 7 Lux Research (<http://www.luxresearchinc.com/>)
 8 Graphene Production Beyond The Hype: Electrochemical Exfoliation (<https://seekingalpha.com/article/3550426-graphene-production-beyond-hype-electrochemical-exfoliation>)

Figura 6: O mercado de eletrônica flexível com Grafeno e os filmes de Pontos Quânticos em TVs/Displays de Alta Resolução.

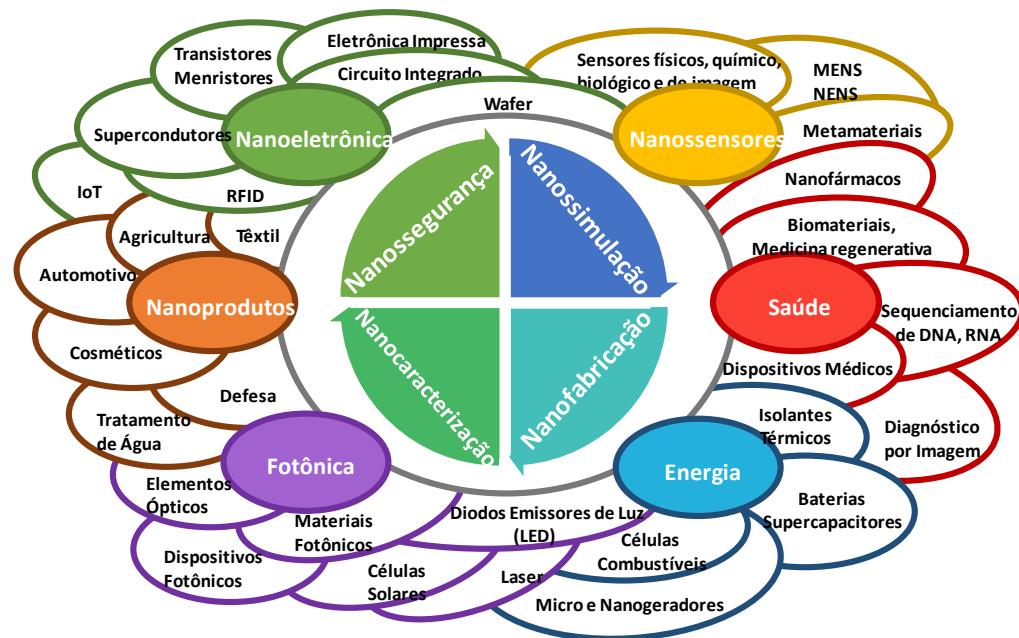


AO relatório da *Business Wire* "Pontos Quânticos (*Quantum Dots*) Análise Global de Mercado e Previsões: 2017-2022" relaciona o mercado de displays (basicamente telas de pontos quânticos), dispositivos médicos, baterias, células solares, sensores, produtos de defesa e outras indústrias. Estima-se que o mercado de pontos quânticos será de US\$ 7 bilhões em 2022, com uma taxa de crescimento anual (CAGR) de 46,4% no período de 2016-2022. Portanto, as previsões mais otimistas de valor de mercado da Nanotecnologia já foram ultrapassadas, devido ao seu franco avanço e sua fácil adaptação a outras tecnologias. De fato, o mercado da Nanotecnologia é um mercado em ascensão.

A natureza pervasiva da Nanotecnologia permite atingir mercados ainda maiores como o da Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*). O Relatório *IoT International Roadmapping*, do projeto *Smart Action - Innovating beyond IoT*⁹, apresenta uma série de vantagens e melhoramentos que a Nanotecnologia agrega às soluções de IoT. O Relatório ressalta ainda que os temas prioritários são o armazenamento e a geração de energia, a nanoeletrônica, os nanossensores, os nanomateriais e até mesmo as nanomáquinas, as nanoredes e a Internet das Nanocoisas (IoNT), bem como outras questões transversais (Figura 7).

9 IoT International Roadmapping, Smart Action (<http://cordis.europa.eu/docs/projects/cnect/4/609024/080/deliverables/001-20150630udesmartactionIoTInternationalRoadmapd22puAres20152863783.pdf>)

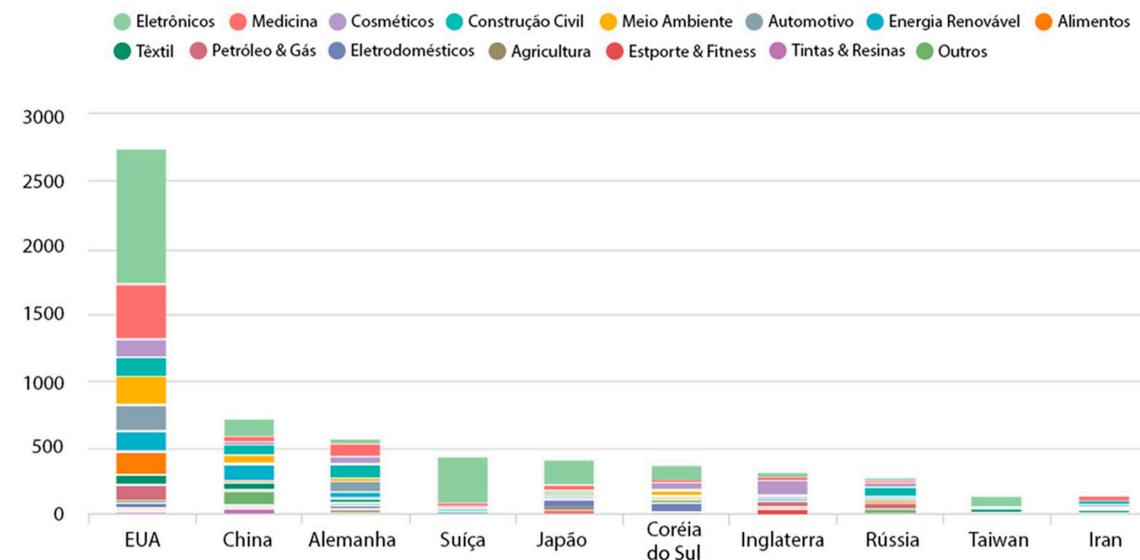
Figura 7: Contribuições importantes que a Nanotecnologia agrega à Internet das Coisas (IoT).



Produtos de base nanotecnológica estão cada vez mais presentes no dia a dia da sociedade, como em produtos eletroeletrônicos, vestuário, produtos de higiene e limpeza, cosméticos, medicamentos, alimentos, dentre outros. Segundo o portal STATNANO¹⁰, que monitora a atividade industrial e de pesquisa mundial através de dados do Banco Mundial e da OCDE, estima-se que existam no mercado mundial cerca de 8.878 produtos de base nanotecnológica e mais de 12.430 empresas¹¹ em 53 países (Figura 8).

¹⁰ Nanotechnology Products Database (<http://product.statnano.com>)
¹¹ OCDE - Nanotechnology Indicators (<https://www.oecd.org/sti/nanotechnology-indicators.htm>)

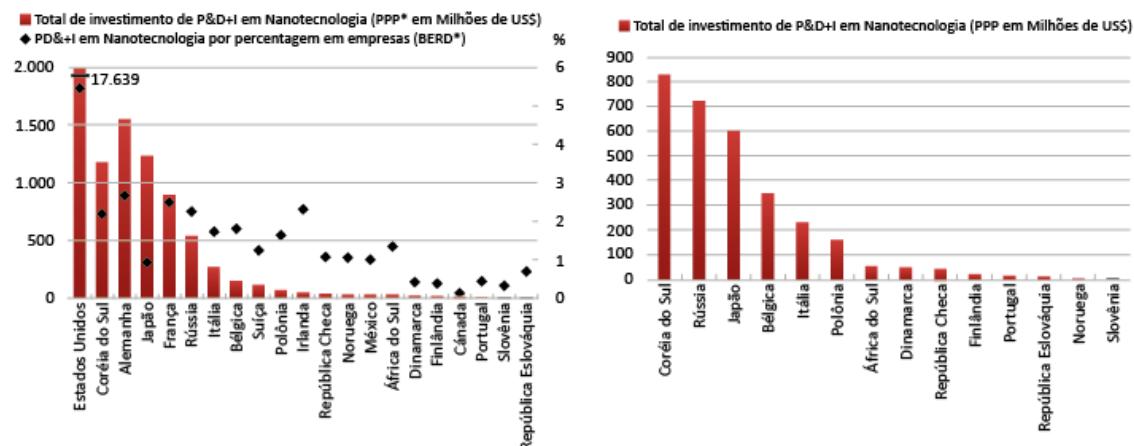
Figura 8: Número de produtos industrializados por países



A maioria das nações desenvolvidas possuem políticas industriais e de ciência e tecnologia muito bem definidas. Os EUA, por exemplo, por decreto presidencial, alocam um orçamento anual de US\$ 1,54 bilhão, e a União Europeia (UE), que aponta a Nanotecnologia como referência, reserva um orçamento anual de € 80 bilhões para investimentos nessa área. Além disso, no âmbito da UE, existe o *Graphene Flagship*¹², um projeto com orçamento de € 10 bilhões para, em dez anos, desenvolver plenamente as aplicações do grafeno. A Figura 9 apresenta os investimentos em Nanotecnologia em diversos países.

¹² Graphene Flagship (<https://graphene-flagship.eu/>)

Figura 9: Total de investimentos em Nanotecnologia por países em função da paridade do poder de compra (PPD) e do investimento empresarial em PD&I (BERD).



*PPP: Purchasing power parity
*BERD: Enterprise expenditure on research and development

No Brasil, nos últimos 16 anos, foram investidos em torno de R\$ 600 milhões (recursos públicos) em Nanotecnologia, o que resultou em Chamadas Públicas para formação de Redes de pesquisa em nanotecnologia, apoio a diversos laboratórios e projetos, apoio a projetos de Cooperação Internacional, entre eles o NANoREG, e apoio a eventos de disseminação de conhecimento e de negócios. No total, foram beneficiadas mais de 50 Universidades/ICTs, 200 grupos de pesquisa, 46 Redes de pesquisa, 26 Laboratórios Multiusuários do SisNANO, 16 INCTs em Nanotecnologia, 600 projetos, além de diversos pesquisadores.

8.3 RELEVÂNCIA ACADÊMICA

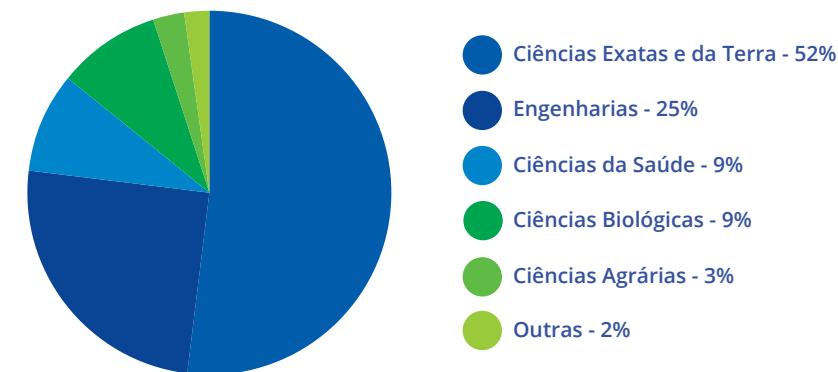
Por ser uma temática multidisciplinar, as nanotecnologias envolvem profissionais de diversas áreas, principalmente químicos, físicos, engenheiros, biólogos, farmacêuticos, entre outros. Em busca realizada, em setembro de 2019, no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP)¹³, do CNPq, foram identifica

13 Endereço eletrônico do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil – CNPq: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp>.

das 2.284 linhas de pesquisa contendo o descritor “nano” no nome do grupo de pesquisa, no nome da linha de pesquisa ou nas palavras-chave. Em um levantamento anterior, realizado em novembro de 2014, com os mesmos parâmetros de busca, foi verificado que havia 2.153 linhas de pesquisa, o que demonstra um aumento da atividade científica em nanotecnologias.

Nas linhas de pesquisa identificadas por meio do levantamento realizado no DGP e classificadas de acordo com as principais áreas de atuação, foi verificado que 52% destas estão relacionadas às Ciências Exatas e da Terra, seguidas da área de Engenharias com 25%, Ciências da Saúde com 9%, Ciências Biológicas com 9% e Ciências Agrárias com 3% (Figura 10). Apesar de novas linhas de pesquisa terem sido criadas entre 2014 e 2019, a distribuição por área foi a mesma, uma vez que, no levantamento de 2014, o percentual de linhas de pesquisa com foco em cada uma dessas áreas permaneceu praticamente o mesmo.

Figura 10: Classificação das Linhas de Pesquisa em nano por área predominante.

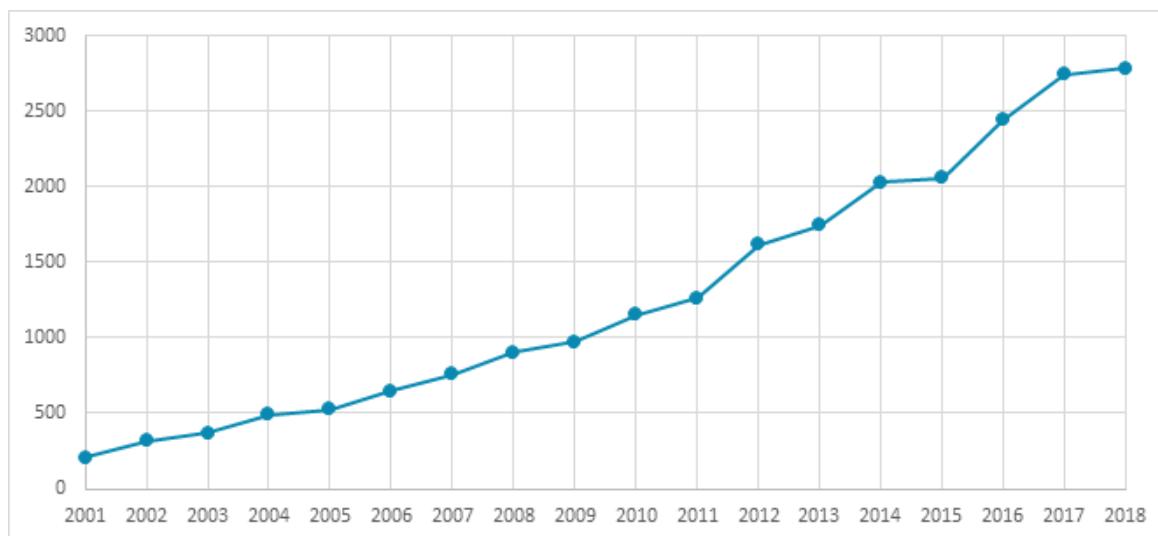


Fonte: Elaborado pelo MCTIC a partir dos dados extraídos do Diretório de Grupos de Pesquisa do Brasil, do CNPq.

A partir de busca realizada na base de dados Scopus¹⁴, utilizando-se o descritor “nano*”, foram identificados 23.033 artigos publicados por pesquisadores brasileiros entre 2001 a 2018. Como pode ser observado na Figura 11, tem sido crescente o número de artigos publicados na área de nanotecnologia no decorrer dos anos, mostrando o avanço da atividade científica na área.

14 Endereço eletrônico da base de dados Scopus: <https://www.scopus.com>.

Figura 11: Número de artigos em nanotecnologias publicados por pesquisadores brasileiros entre 2001 e 2018.



Fonte: Elaborado pelo MCTIC a partir dos dados extraídos da base de dados Scopus. Descritor utilizado: nano*. Levantamento realizado em setembro de 2019.

8.4 ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA NO BRASIL

No Brasil, existe um ecossistema que engloba tanto o setor público como o privado, que vem sendo fomentado ao longo de 16 anos, iniciando-se com a criação do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, em 2003; incrementado com o Plano Nacional de Nanotecnologia, em 2005 e, atualmente, fortalecido com a criação da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), lançada em 2013 e institucionalizada por Portaria em 2019.

8.4.1. INICIATIVA BRASILEIRA DE NANOTECNOLOGIA (IBN)

A Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) foi lançada em 2013 pelo MCTIC e institucionalizada pela Portaria nº 3.459, de 26 de junho de 2019, com o objetivo de criar, integrar e fortalecer ações governamentais para promover o desenvolvimento científico e tecnológico da nanotecnologia, com foco na promoção da inovação na indústria brasileira e na prosperidade econômica e social.

No âmbito da IBN, foram formuladas e implementadas inúmeras ações de promoção e fomento da Nanotecnologia, com especial destaque para os programas SisNANO e NANoREG (*A common European approach to the regulatory testing of nanomaterials*), as iniciativas do SibratecNANO, de cooperação internacional, dos comitês consultivos e interministerial, e das articulações externas com outras entidades públicas, associações empresariais, entre outros (Figura 12).

Figura 12: Representação esquemática das principais ações e iniciativas realizadas no âmbito da IBN.



8.4.2. SISTEMA NACIONAL DE LABORATÓRIOS EM NANOTECNOLOGIAS (SISNANO)

O Programa SisNANO, um dos principais eixos estruturantes da IBN, é formado por um conjunto de laboratórios direcionados à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação (PD&I) em nanociências e nanotecnologias, tendo como característica essencial o caráter multiusuário e de acesso aberto a instituições públicas e privadas, mediante submissão de propostas de projetos de PD&I ou de requisição de serviços.

O SisNANO foi instituído pela Portaria MCTIC nº 245, de 5 de abril de 2012, que foi alterada pela Portaria MCTIC nº 2.376, de 16 de maio de 2019, e é atualmente regulamentado pela Instrução Normativa nº 11, de 2 de agosto de 2019.

Na primeira fase do SisNANO, iniciada em 2013, foram selecionados 26 laboratórios Estratégicos¹⁵ e Associados¹⁶ que receberam, ao longo de 6 anos, aproximadamente, R\$ 88 milhões de recursos do MCTIC e do FNDCT, com o objetivo de melhorar a infraestrutura laboratorial, garantir o custeio de materiais, viabilizar a realização de reuniões e participação em eventos envolvendo nanotecnologias, e para garantir a manutenção do corpo técnico-científico qualificado para o desenvolvimento das missões dos laboratórios e para viabilizar o funcionamento dos laboratórios de maneira aberta, atendendo usuários e instituições dos setores públicos e privados.

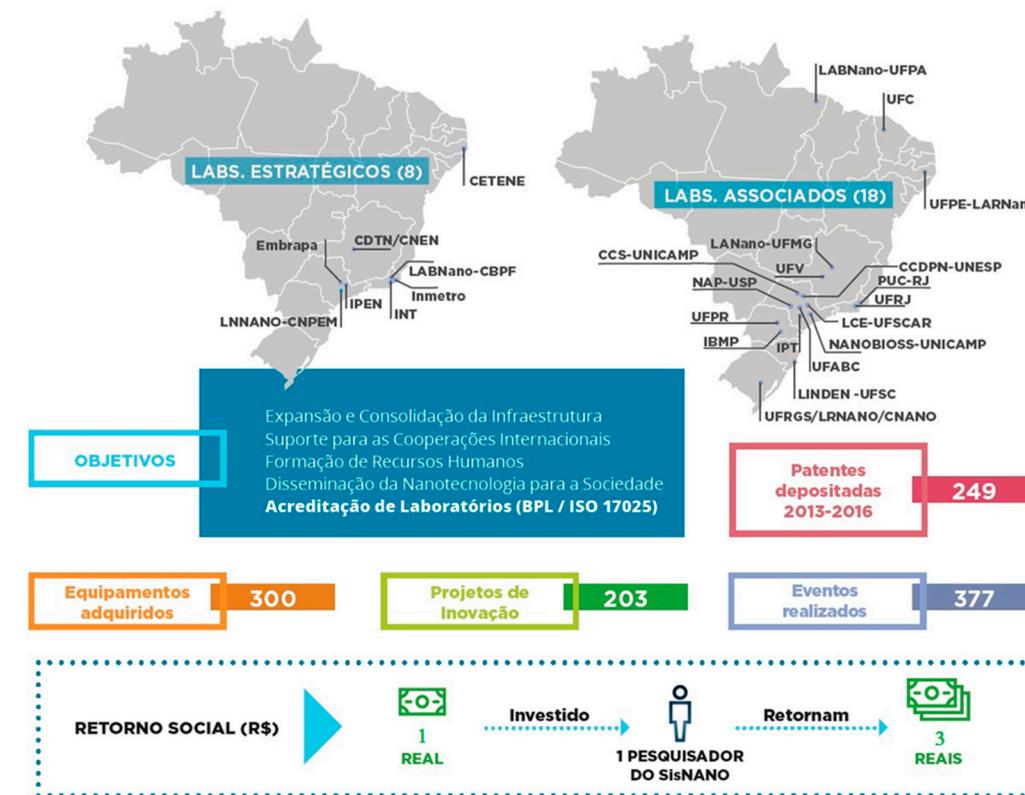
A primeira fase do Programa foi encerrada em 2018 e, além da disponibilização da infraestrutura laboratorial a usuários públicos e privados, foram desenvolvidos mais de 200 projetos em parceria com ICTs e com empresas, que somam mais de R\$ 120 milhões de recursos de outras fontes, como FINEP, BNDES, EMBRAPA, Sibratec; foram arrecadados, com a prestação de serviços, cerca de R\$ 6 milhões que foram revertidos para manutenção dos laboratórios e financiamento de projetos; foram adquiridos cerca de 300 equipamentos com recursos de capital disponibilizados no âmbito do SisNANO; foram depositadas 180 patentes envolvendo nanotecnologias pelas instituições integrantes do SisNANO desde o início do Programa; além de terem sido apoiados com recursos do SisNANO, em média anual, 105 bolsistas que deram suporte técnico e científico aos usuários dos laboratórios. Um recente levantamento da SEMPI/MCTIC demonstrou que o investimento destinado pelo MCTIC para

¹⁵ Laboratórios Estratégicos: laboratórios vinculados diretamente ao Governo Federal e que devem disponibilizar no mínimo 50% do tempo de uso, em horas, da sua estrutura laboratorial, de seus equipamentos e de sua expertise a usuários externos, tanto públicos quanto privados.

¹⁶ Laboratórios Associados: laboratórios vinculados a Universidades ou Institutos de Pesquisa, Desenvolvimento e/ou Inovação públicos ou privados, sem fins lucrativos, e que devem disponibilizar no mínimo 20% do tempo de uso, em horas, da sua estrutura laboratorial, de seus equipamentos e de sua expertise a usuários externos, tanto públicos quanto privados.

a criação da infraestrutura e capacitação dos pesquisadores, na primeira fase do SisNANO, gerou um retorno de R\$ 3,37 para cada R\$ 1,00 investido (Figura 13).

Figura 13: Retorno Social¹⁷ do recurso investido nos Laboratórios Estratégicos e Associados que integraram a primeira fase do SisNANO (2013-2018).



Fonte: Indicadores de Desempenho do SisNANO

¹⁷ **Nota Metodológica:** A fim de estimar o retorno social dos recursos financeiros aportados no Programa SisNANO, foi calculada a proporção entre os valores investidos no Programa, aproximadamente R\$ 38 milhões, e os valores captados pelos Coordenadores dos Laboratórios do SisNANO em serviços e projetos, cerca de R\$ 128 milhões. Logo, para cada R\$ 1,00 investido nos Laboratórios do SisNANO, os coordenadores mobilizaram outros R\$ 3,37. Não estão incluídos, neste cálculo, os valores repassados pelo MCTIC ao LNNANO/CNPEM via contrato de gestão.

LABORATÓRIOS ESTRATÉGICOS

- Laboratório de Nanotecnologia para o Agronegócio - LNNA (Embrapa Instrumentação/SP);
- Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catálise - CENANO (INT/RJ);
- Laboratório Nacional de Nanotecnologia - LNNANO (CNPEM/SP);
- Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE - LMNano (CETENE/PE);
- Laboratório de Química de Nanoestruturas de Carbono - LQN (CDTN/CNEN/MG);
- Laboratório Estratégico de Nanometrologia do Inmetro (INMETRO/RJ);
- Laboratório Multiusuário de Nanociências e Nanotecnologia - LABNANO (CBPF/RJ);
- Laboratório Integrado de Nanotecnologia - LIN-IPEN (IPEN/CNEN/SP).

LABORATÓRIOS ASSOCIADOS

- Centro de Nanociência e Nanotecnologia - CNANO (UFRGS/RS);
- Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Protocolos para Nanotecnologia - CCDPN (UNESP/SP);
- Central Analítica em Técnicas de Microscopia (eletrônica e óptica) da Universidade Federal do Ceará (UFC/CE);
- Laboratório de Síntese de Nanoestruturas e Interação com Biosistemas - NANOBIOSS (UNICAMP/SP);
- Laboratório de Caracterização Estrutural - LCE (UFSCar/SP);
- Laboratório Associado de Desenvolvimento e Caracterização de Nanodispositivos e Nanomateriais - LANano (UFMG/MG);
- Laboratório de Nanobiotecnologia para Desenvolvimento, Prototipagem e Validação de Produtos para o SUS (IBMP/PR);
- Laboratórios Associados em Rede de Nanotecnologia - LARnano (UFPE/PE);
- Laboratório Associado SisNANO - UFV (UFV/MG);
- Laboratório de Nanociências e Nanotecnologia da Amazônia - LABNANO-AMAZON (UFPA/PA);
- Complexo Laboratorial Nanotecnológico - CLN (UFABC/SP);
- Laboratório de Engenharia de Superfícies e Materiais Nanoestruturados da COPPE - (UFRJ/RJ);
- Laboratório Interdisciplinar para o Desenvolvimento de Nanoestruturas - LINDEN (UFSC/SC);

- Laboratório de Processos Químicos e Tecnologia de Partículas - LPP (IPT/SP);
- Centro de Componentes Semicondutores - CCS (UNICAMP/SP);
- Núcleo de Apoio à Pesquisa em Nanotecnologia e Nanociências - NAP-NN (USP/SP);
- Laboratório Central de Nanotecnologia - LCNano (UFPR/PR).
- Laboratório de Fabricação e Caracterização de Nanodispositivos Semicondutores - LABDIS (PUC-Rio/RJ).

Diante dos resultados obtidos e da experiência adquirida, o Programa SisNANO foi aprimorado no sentido de estabelecer melhor as formas de acompanhamento e tendo como foco a promoção da inovação e aumento da interação com o setor produtivo, de maneira alinhada à Encti 2016-2022 e a este Plano de Ação. Cabe destacar que, de acordo com a Encti 2016-2022, iniciativas voltadas para a consolidação dos ecossistemas de inovação, como o SisNANO, devem ser consideradas prioritárias por governos e empresários, e devem visar ao aprimoramento dos recursos humanos e à melhoria das condições estruturais para inovação, priorizando a maior interação entre pesquisa pública e indústria. A Encti também estabelece como prioridade o fortalecimento e a implantação de Centros e Laboratórios Nacionais Multiusuários em áreas estratégicas.

Uma nova fase do SisNANO foi iniciada em agosto de 2019 com o lançamento da Chamada Pública para seleção dos laboratórios que integrarão a segunda fase do Programa. Como uma forma de aumentar a capilaridade da atuação do Sistema e de adequá-lo à inovação propriamente dita, o leque de atores componentes do SisNANO foi ampliado com a criação da categoria “Parceiros Estratégicos¹⁸”, composta por laboratórios ou institutos de pesquisa privados, que também colocarão à disposição de usuários externos tempo de uso de sua estrutura, de seus equipamentos e de sua expertise.

8.4.3. REDES SIBRATEC EM NANOTECNOLOGIAS

Com o intuito de promover o desenvolvimento tecnológico nas empresas, foram criadas no âmbito do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), duas Redes de Centros de Inovação

¹⁸ Parceiros Estratégicos: laboratórios ou institutos privados, com ou sem fins lucrativos, que devem disponibilizar no mínimo 10% do tempo de uso, em horas, da sua estrutura laboratorial, de seus equipamentos e de sua expertise a usuários externos, tanto públicos quanto privados.

(Rede Centro de Inovação em Nanomateriais e Nanocompósitos e Rede de Nanodispositivos e Nanosensores) e um projeto piloto de Rede de Serviços Tecnológicos em Nanotecnologias (Rede Sibratec-SisNANO-Modernit).

As Redes de Centro de Inovação têm o objetivo de fomentar e implantar a cultura da inovação nas empresas brasileiras, principalmente nas micro e pequenas, voltadas para incorporação da nanotecnologia em produtos, processos e serviços. Cada uma das duas Redes de Centros de Inovação conta com recursos da ordem de R\$ 12 milhões da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que são geridos pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP), e destinados a custear projetos entre R\$ 100 mil e R\$ 400 mil. Para participar, as empresas devem apresentar um projeto em colaboração com um ou mais laboratórios do SisNANO. Entre dezembro de 2015 e agosto de 2018 foram realizados 5 ciclos de Chamadas para seleção de projetos, tendo sido contratados no total 36.

Já a Rede Sibratec-SisNANO-Modernit, um projeto piloto para estabelecimento de uma Rede de Serviços Tecnológicos em Nanotecnologias, teve o objetivo de estruturar os laboratórios, adequando a infraestrutura e os quadros técnicos, com o intuito de melhorar os serviços tecnológicos oferecidos e qualificar os laboratórios para os certificar conforme os padrões de qualidade estabelecidos. A Rede contou com recursos da ordem de R\$ 5 milhões, aportados pela FINEP e geridos pela FUNDEP. Estes recursos foram destinados para a contratação de bolsistas especializados em sistema de gestão e na área técnica, capacitação das equipes dos laboratórios, aquisição de normas de referência de ensaio, aquisição de materiais de referência certificados, provisão de auditorias internas e para realização de ensaios de proficiência. Dos 26 laboratórios integrantes da primeira fase do SisNANO (2013-2018), nove foram qualificados para oferecer serviços conforme as normas de serviço de qualidade.

8.4.4. COOPERAÇÃO INTERNACIONAL EM NANOTECNOLOGIAS

A cooperação internacional em Nanotecnologia apoiada pelo MCTIC com países e blocos econômicos expoentes da área potencializa e favorece o intercâmbio entre pesquisadores brasileiros e estrangeiros, com vistas a tornar eficientes os esforços investigativos em torno de temas de interesses comuns às partes. Atualmente, a SEMPI/MCTIC apoia cooperações em curso com Argentina,

China, União Europeia, Portugal, Espanha e BRICS, e visa expandir as cooperações para outros países e blocos econômicos.

Vale destacar que, no âmbito das cooperações internacionais, foram estabelecidos o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN), conforme disposto no Protocolo de Estabelecimento do CBAN entre os Governos da República Federativa do Brasil e da República Argentina assinado em novembro de 2005, e o Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia (CBCIN), criado pela Portaria MCTI nº 117, de 13 de fevereiro de 2012.

CENTRO BRASILEIRO-ARGENTINO DE NANOTECNOLOGIA (CBAN)

Em 30 de novembro de 2005, foi assinado o Protocolo de Estabelecimento do CBAN entre os Governos da República Federativa do Brasil e da República Argentina com o objetivo de executar projetos conjuntos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), formação e capacitação de recursos humanos científicos de ambos os países. Ao longo dos anos, o CBAN promoveu inúmeras escolas na área de Nanotecnologia.

Atualmente, o CBAN é composto por dois Coordenadores Nacionais e por um Comitê Integrado, pelo lado brasileiro. Aos coordenadores nacionais compete exercer a direção do Centro e definir a metodologia de trabalho. Por meio do Centro, espera-se contribuir significativamente para a produção de conhecimento científico e de P&D nas áreas de fronteira do conhecimento e, de modo transversal, nos setores de ciências médicas, indústria farmacêutica, agroindústria e ciência dos materiais, entre outros.

Em 3 de outubro de 2016, teve lugar a reativação do CBAN durante visita do Presidente da República Federativa do Brasil à República Argentina, com vistas a retomar e estreitar os laços em torno da nanotecnologia¹⁹. Em setembro de 2017, foi realizada, em Buenos Aires-Argentina, a Reunião Técnica dos Coordenadores Nacionais do CBAN, que acordaram:

- reforçar a importância e o caráter estratégico da cooperação internacional na temática Nanotecnologia para o Brasil e para a Argentina, bem como seu potencial de expansão para o Mercosul;

19

Visita do Presidente da República à Argentina - Comunicado Conjunto
(<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/notas-a-imprensa/14819-comunicado-conjunto-brasil-argentinatemermacri>)

- sugerir, à alta gestão da cooperação internacional bilateral, a atualização do Protocolo de Estabelecimento do CBAN, celebrado em 2005, com vistas a incorporar novos temas estratégicos e instrumentos de fomento a Nanotecnologia;
- definir as principais diretrizes do Programa de Trabalho 2018-2020 do CBAN, entre eles o fomento à implementação dos Acordos de Cooperação entre Brasil e Argentina para a inserção da temática nanotecnologia;
- definir as principais diretrizes do Programa de Trabalho 2018-2020 do CBAN, entre eles o fomento à implementação dos Acordos de Cooperação entre Brasil e Argentina para a inserção da temática nanotecnologia;
- promover intercâmbio, transferência de conhecimentos científicos e tecnológicos, formação e capacitação de recursos humanos na temática de Nanotecnologia em ambos os países, entre outras diretrizes.

O reestabelecimento do CBAN incitou no *Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Mincyt)*, por meio da *Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)*, e no *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)* a necessidade de uma cooperação bilateral na área de nanosseguurança, para promover a intercambialidade de nanoprodutos, a segurança ocupacional, ambiental e jurídica, e, assim, alavancar maiores investimentos para a nanotecnologia. Cabe destacar que o presente esforço de cooperação está em consonância com o objetivo estabelecido no Plano de Ação aprovado pelos presidentes de ambos os países, em fevereiro de 2018, de incentivar a convergência regulatória entre os dois países e de estimular o comércio bilateral e a integração de cadeias produtivas, além de reforçar a posição do Mercosul em negociações comerciais com outros países e blocos, em especial, União Europeia.

CENTRO BRASIL-CHINA DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA (CBCIN)

O Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia (CBCIN) foi instituído por meio da Portaria nº 117, de 13 de fevereiro de 2012, na forma de uma rede cooperativa de pesquisa e desenvolvimento, como mecanismo de implementação do Acordo sobre Cooperação Científica e Tecnológica firmado pelo governo brasileiro e pelo governo da República Popular da China.

Os objetivos propostos para o Centro são:

- coordenar as atividades envolvendo a cooperação Brasil-China na área de Nanotecnologia;
- promover o avanço científico e tecnológico da investigação e aplicações de materiais nanoestruturados;
- consolidar e ampliar a pesquisa em Nanotecnologia, expandindo a capacitação científica, visando explorar os benefícios resultantes dos desenvolvimentos associados a implicações tecnológicas; e
- desenvolver programas de mobilização de empresas instaladas no Brasil para possíveis desenvolvimentos na área de nanomateriais.

As áreas prioritárias de atuação do Centro foram estabelecidas por meio do Plano de Ação conjunto entre o governo da República Federativa do Brasil e o governo da República Popular da China, constante da Nota 172, de 19 de maio de 2015, e são: meio ambiente, energias renováveis, biomedicina, nanotubos de carbono, grafeno e telas eletrônicas.

Ao longo dos anos o Centro apoiou 10 projetos conjuntos de pesquisa de forma a fortalecer a cooperação Brasil-China e aumentar o conhecimento nas áreas estratégicas estabelecidas para a cooperação.

8.4.5. PROGRAMA NANOREG

O projeto NANoREG²⁰ (*A common European approach to the regulatory testing of nanomaterials*) tem como escopo a regulação internacional em Nanotecnologia. A iniciativa foi proposta pela União Europeia e coordenada pelo Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente da Holanda. Em setembro de 2014, foi oficializada a participação do Brasil no projeto NANoREG, com o objetivo de fornecer às agências reguladoras e aos legisladores do Brasil as ferramentas necessárias para que se tenha uma regulamentação em nanotecnologia embasada em conhecimentos científicos, em consonância com a regulamentação mundial e que dê segurança a trabalhadores, consumidores e ao meio-ambiente.

20

NANoREG (<http://nanoreg.eu/>)

O NANoREG teve como objetivos gerais:

- disponibilizar aos legisladores um conjunto de ferramentas de avaliação de risco e instrumentos de tomada de decisão a curto e médio prazo, através da análise de dados e realização de avaliação de risco, incluindo a exposição, monitorização e controle, para um número selecionado de nanomateriais já utilizados em produtos comercializados e comercializáveis;
- desenvolver, em longo prazo, novas estratégias de ensaio adaptadas a um elevado número de nanomateriais em que muitos fatores podem afetar o seu impacto ambiental e de saúde; e
- estabelecer estreita colaboração entre governos e indústria, no que diz respeito ao conhecimento necessário para a gestão adequada dos riscos, e criar a base para abordagens comuns, conjuntos de dados mutuamente aceitáveis e práticas de gestão de risco.

De modo a estruturar a pesquisa, o projeto foi dividido em sete pacotes:

- respostas científicas para questões regulatórias;
- íntese, fornecimento e caracterização;
- exposição, através da análise do ciclo de vida;
- testes de biocinética e toxicidade in vivo;
- riscos regulatórios, avaliação e teste;
- acompanhamento do ritmo da inovação;
- ligações, disseminação, exploração e comunicação.

No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) exerceu a liderança científica e tecnológica do projeto atuando em conjunto com os laboratórios do SisNANO e com as Redes de Pesquisa e Desenvolvimento em Nanotoxicologia (Chamada MCTI/CNPq nº 17/2011).

Oito laboratórios brasileiros contribuíram para cinco dos sete pacotes de trabalho propostos pelo NANoREG. A seguir, os laboratórios e instituições que participaram do NANoREG, pelo lado brasileiro:

- Laboratório Estratégico de Nanometrologia do Inmetro – coordenação científica do NANoREG Brasil;
- Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia (LMNano), do Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE);
- Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA);
- Centro de Nanociência e Nanotecnologia (CNANO), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);
- Laboratório de Síntese de Nanoestruturas e Interação com Biosistemas (NANOBIOSS), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP);
- Instituto de Ciências Biológicas (ICB), da Universidade Federal do Rio Grande (FURG);
- Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);
- Grupo de Nanomedicina e Nanotoxicologia, do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP).

Um dos principais resultados alcançados com o Programa NANoREG foi o estabelecimento de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), testados, ajustados e validados, utilizando comparações interlaboratoriais, destinados a avaliar diversos aspectos de nanomateriais e sua interação com sistemas biológicos. Esses POPs foram harmonizados com os procedimentos já estabelecidos com a OCDE e pretende-se disponibilizá-los para ampla consulta e utilização pela sociedade, ICTs e setor privado.

9. PRINCIPAIS DESAFIOS

O principal desafio da Nanotecnologia no Brasil tem raiz educacional e regulatória. Em relação à educação, a carência reside não somente na falta de recursos humanos, mas também na falta de comunicação e divulgação dos benefícios e das vantagens que a Nanotecnologia traz à sociedade. Portanto, o lado educacional tem um papel social relevante a ser alcançado. O que ocorre hoje com a falta de educação social no tema é um grande desalinhamento de ideias e conceitos que muitas vezes pode atrapalhar ou mesmo inviabilizar o desenvolvimento tecnológico, meramente por crenças

populares sem fundamento científico-tecnológico. É interesse do Ecossistema que o investimento realizado em projetos de Nanotecnologia apresente não só o retorno esperado, mas também a maturidade sustentável desejada, pois existe o interesse latente de outras nações pela Nanotecnologia brasileira, que, com mais investimento e suporte regulatório/ocupacional/ambiental, seguramente proporcionará maior desenvolvimento e prosperidade para o País.

Abaixo, sumário dos principais desafios a serem superados no Ecossistema de Nanotecnologia:

- financiamento privado limitado para pesquisa e para promover a integração entre universidades e empresas;
- complexidade do ambiente de negócios para a inserção de novos produtos no mercado;
- novas formas de financiamento para o desenvolvimento e transferência de tecnologia e geração de novos produtos;
- dificuldade na importação de matéria-prima básica, equipamentos e insumos de alto valor agregado para empresas e laboratórios;
- melhor compreensão das vantagens competitivas provenientes da Propriedade Intelectual em temáticas de nanotecnologia;
- aumento de estímulos para etapas como a prototipagem, prova de conceito, desenvolvimento de produtos minimamente viáveis (*MVP – Minimum Viable Product*) e entre outras;
- ampliação da estrutura para transferência de tecnologia e escalonamento; e
- estímulo à interação entre os agentes de desenvolvimento tecnológico em nanotecnologia e representações de fundos de investimento, capitais de risco, investidores anjo, incubadoras, aceleradoras, parques tecnológicos e outros.

10. OBJETIVOS

10.1. 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 Nanotecnologia para o Brasil.

10.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A Nanotecnologia, por sua característica transdisciplinar e habilitadora, possui a capacidade de transformar radicalmente processos e produtos de praticamente todos os setores industriais existentes. Portanto, investimentos neste tema serão recompensados com retornos econômicos e sociais essenciais para o estabelecimento da justiça social. Em face disso, é imprescindível que o país despenda esforços na consecução deste projeto, que é tema prioritário do Brasil e de qualquer nação desenvolvida.

O Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Nanotecnologia tem como objetivos principais:

- unificar e fortalecer o ecossistema nacional de Nanotecnologia, no âmbito da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN);
- propor uma governança articulada com Ministérios e outros órgãos governamentais;
- dar suporte ao estabelecimento do Marco Regulatório para Nanotecnologia;
- fornecer subsídios para a implementação do Programa Nacional de Nanosseguurança;
- propor ações, iniciativas e programas harmonizados com a OCDE e com os ODS;
- promover a formação e capacitação de recursos humanos qualificados na área de Nanotecnologia;

- estimular a maior interação entre academia e o setor produtivo;
- promover a criação de ambientes inovadores em Nanotecnologias;
- intensificar a cooperação internacional em Nanotecnologia.

11. IMPLEMENTAÇÃO

As ações do Plano de Ação de CT&I para Nanotecnologia 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: SUPORTE AO ESTABELECIMENTO DE MARCO REGULATÓRIO PARA NANOTECNOLOGIAS

A falta de um marco regulatório e de uma estrutura para transferência de tecnologia que forneça a segurança necessária tanto para o pesquisador, em relação ao risco de propriedade intelectual, quanto para o produtor, em relação aos aspectos sanitários, ambientais e, em última instância, jurídicos, inviabilizam uma sinergia efetiva entre os dois atores do sistema de PD&I. Como consequência, percebe-se, em especial no Brasil, a falta de interesse em investir capital empreendedor em nanotecnologia. Além disso, nota-se extrema dificuldade na importação de matéria-prima básica, seja por empresas, seja por laboratórios.

De maneira a propiciar a segurança jurídica necessária para estimular a confiança de investidores e consumidores, é importante que se estabeleça os critérios para garantir a qualidade e a segurança dos nanomateriais e nanoprodutos e os procedimentos necessários para certificação dos nanomateriais e nanoprodutos, de maneira que o setor produtivo e os investidores tenham referência das normas que devem seguir.

Assim, de maneira a dar suporte ao estabelecimento do Marco Regulatório para Nanotecnologias, recomendam-se as seguintes atividades:

- articulação com os agentes reguladores e regulamentadores para dar subsídios para estabelecimento de um marco legal para nanotecnologia;
- articulação com o Poder Legislativo Federal para proposição do Marco Legal da Nanotecnologia;
- ampliação do Programa para Estabelecimento de Procedimentos para Certificação de Nanoprodutos;
- fortalecimento de Programas e Ações que fornecerão subsídios científicos para estabelecimento do Marco Regulatório;
- fortalecimento de Programas, como SisNANO, que poderão contribuir para execução de procedimentos necessários para avaliação da qualidade e segurança de nanomateriais e nanoprodutos.

Ação Nucleadora: “Programa para Estabelecimento de Procedimentos para Certificação de Produtos oriundos da Nanotecnologia”

Para o estabelecimento do Marco Regulatório para Nanotecnologias é fundamental, como primeiro passo, estabelecer os requisitos para avaliação da segurança da nanotecnologia e dos produtos advindos desta tecnologia. A atuação do Brasil no Programa NANoREG foi fundamental para que esse primeiro passo fosse dado, uma vez que, por meio desse Programa, foi possível estabelecer metodologias cientificamente referenciadas para avaliação de segurança de nanomateriais.

Com base nessas informações, o próximo passo é estabelecer com os reguladores nacionais (AN-VISA, IBAMA, MAPA e Inmetro) os procedimentos para avaliação e certificação de produtos de base nanotecnológica, de maneira a dar suporte para elaboração de um marco regulatório para nanotecnologias. Para tanto, foi estabelecido o Programa para Estabelecimento de Procedimentos para Certificação de Produtos oriundos da Nanotecnologia, que está sob a gestão científica do corpo técnico do Inmetro.

O referido Programa foi dividido em eixos, que envolvem as seguintes ações:

- **Eixo 1** – alinhamento com agentes reguladores para estabelecimento dos requisitos necessários para certificação de nanoproductos;
- **Eixo 2** – acompanhamento das ações internacionais de regulação em nanotecnologias;
- **Eixo 3** – difusão dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) e de guias de orientação/avaliação ‘harmonizados com os protocolos da OCDE;
- **Eixo 4** – acreditação de laboratórios, em especial os integrantes do SisNANO, segundo os requisitos estabelecidos na norma ABNT/NBR/ISO/IEC 17025:2005 e/ou reconhecimento em Boas Práticas de Laboratório (BPL);
- **Eixo 5** – articulação com o Poder Legislativo Federal, acompanhamento e fornecimento de suporte científico aos legisladores nas questões regulatórias relacionadas às nanotecnologias;
- **Eixo 6** – desenvolvimento de materiais de referência.

AÇÃO 2: FORNECER SUBSÍDIOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROGRAMA NACIONAL DE NANOSSEGURANÇA

Como previsto na Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), é estratégico para o desenvolvimento da liderança do Brasil na área de nanotecnologia na América Latina e mundo, o estabelecimento de um Programa Nacional de Nanosseguurança que, dentre os diversos eixos estruturantes, estimule modelos de avaliação da segurança de nanomateriais e nanoproductos na cadeia de valor, harmonizados com a OCDE e alinhados com os ODS.

Conceitualmente, a orientação (*framework*) mais promissora para a avaliação da conformidade proposta para Nanosseguurança é avaliar a cadeia de valor do produto, em contraponto a uma única avaliação dos nanomateriais ou dos nanoproductos isoladamente. Tal orientação está alinhada com o conceito de *Safe by Design* (Segurança ao longo do Projeto), que evidencia a busca pela segurança ocupacional, ambiental e final do produto desenvolvido, durante todo o ciclo de desenvolvimento tecnológico dos produtos, e com as exigências das agências reguladoras/fiscalizadoras, harmonizadas com a legislação global direcionada pela OCDE²¹ e que responda aos desafios dos ODS.

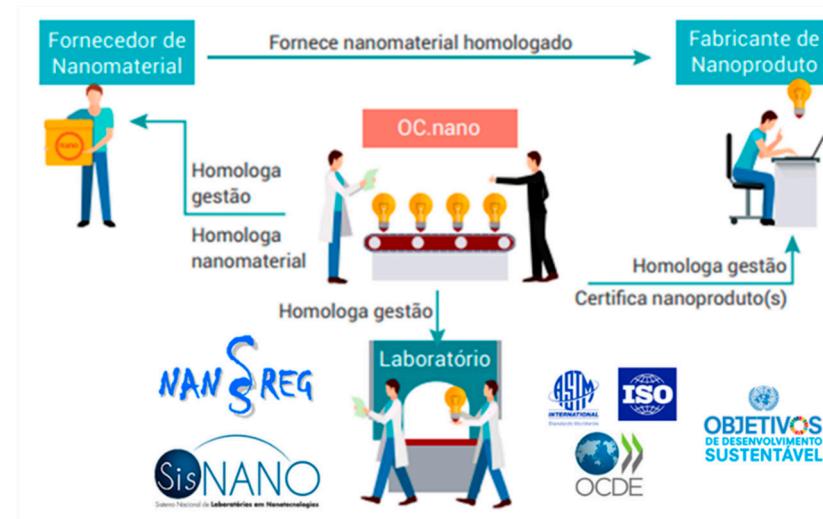
Como ponto de partida, a avaliação de nanosseguurança na cadeia de valor deverá considerar a

21 Nanotechnology in the Context of Technology Convergence
 (https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=dsti/stp/nano(2013)10/final&doclanguage=en)

avaliação minimamente em três etapas: 1) avaliar a gestão da qualidade da empresa fornecedora de nanomateriais e da empresa produtora de nanoproductos; 2) realizar uma análise de risco no projeto do nanomaterial usando o conceito de *Safe By Design* (Segurança pelo Projeto) e 3) avaliar os Modos de Exposição (MoE) quanto às rotas - dérmica, inalação e ingestão. A interação entre os agentes envolvidos na avaliação da segurança na cadeia de valor do nanoproductos é ilustrado na Figura 14.

Figura 14: Sugestão de articulação entre agentes na avaliação de Nanosseguurança na cadeia de valor.

Nanossegurança na Cadeia de Valor (Safe By Design)



Essa abordagem inovadora deve posicionar o Brasil entre as nações desenvolvidas na temática de nanotecnologia, bem como agregar a contribuição dos três poderes (Executivo, Legislativo e Judiciário), incorporando a expertise da academia, da indústria e dos órgãos regulatórios e fiscalizadores.

O Programa de Nanosseguurança poderá contar com o suporte técnico-científico e com a experiência acumulada ao longo de 16 anos da área de Nanotecnologia no MCTIC e, em especial, no conhecimento adquirido com a participação no Projeto NANOREG e Programa de Certificação de

Nanoprodutos; com a capacitação e experiência em regulação dos entes reguladores e reguladores; e com a estrutura científica e laboratorial do País, incluindo os laboratórios do SisNANO. Órgãos do Judiciário e do Ministério Público poderão ser integrados ao Programa de maneira a proporcionar segurança jurídica para o setor produtivo. Em outras palavras, o Programa será capaz de harmonizar a atuação da academia, da indústria e do poder público em torno do desenvolvimento das Nanotecnologias de forma segura e sustentável social, ambiental e economicamente (Figura 15), dando suporte e subsídios para o estabelecimento e a consolidação da nanotecnologia nacional.

Figura 15: Representação esquemática dos órgãos e entidades em atuação conjunta que darão subsídios para estabelecimento do Marco Regulatório para Nanotecnologias.



AÇÃO 3: PROMOVER A FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

Um dos grandes desafios econômicos e sociais do Brasil é a elevação da formação e qualificação médias da população. Especificamente na área de CT&I, a dificuldade de encontrar mão-de-obra qualificada está sendo mitigada por meio de articulações entre o MCTIC e os órgãos ligados à educação e à capacitação de pessoas, como o MEC, CAPES, CNPq, SEBRAE, SENAI, dentre outras instituições afins. Para tanto, o Plano apresenta as seguintes linhas de orientação:

- disponibilização de bolsas para formação de recursos humanos no campo da pesquisa científica e tecnológica na área de nanotecnologia;
- disponibilização de bolsas de desenvolvimento tecnológico e industrial no âmbito de Ações e Programas, como o SisNANO;
- proposição de criação de uma Premiação Nacional para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Nanotecnologia, Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada);
- promoção e apoio a eventos nacionais na área de Nanotecnologia;
- fortalecimento dos ambientes promotores da inovação, visando a geração de novas empresas de base tecnológica e consequente absorção de recursos humanos qualificados;
- promoção e apoio a programas de capacitação e intercâmbio de recursos humanos em projetos de cooperação internacional envolvendo nanotecnologias.

AÇÃO 4: FORTALECIMENTO DE AMBIENTES INOVADORES

Segundo o Índice Global de Inovação (GII) de 2019²², publicado conjuntamente pela Universidade de Cornell (EUA), Instituto Europeu de Administração de Empresas (INSEAD) e Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), o Brasil ocupa o 66º lugar dentre os 129 países analisados, e atrás de países como Chile (51ª posição), México (56ª posição) e Uruguai (62ª posição). Esse dado indica que é preciso investir na base do sistema de inovação brasileiro, apoiando a formação de recursos humanos e articulações com os poderes do Estado e o setor empresarial.

22

Índice Global de Inovação (GII) 2018: (https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_gii_2018-abridged1.pdf)

Para tanto, este Plano prevê as seguintes orientações:

- criação e articulação de Centro de Inovação em Nanotecnologia e Materiais Avançados;
- desenvolvimento, apoio e articulação de um Sistema de Serviços Unificado da IBN;
- ampliação do SisNANO, com a inclusão de Parceiros Estratégicos (laboratórios e/ou institutos de P&D privados);
- articulação com órgãos competentes para a idealização de um Programa Nacional para Desenvolvimento de Micro e Pequenas empresas de Nanotecnologia;
- articulação com órgãos competentes para a elaboração de iniciativas para facilitação de importação de matéria-prima para Laboratórios e Empresas;
- articulação com o INPI, com vistas à implementação de exames prioritários de patentes por intermédio do Programa de Aceleração de Concessão de Patente para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras;
- estimular o fomento/financiamento para provas de conceito, desenvolvimento de produtos minimamente viáveis (MVP) e mútua transferência de conhecimento e expertise entre os setores acadêmico, governamental e industrial;
- propor o estabelecimento de uma unidade EMBRAPPII de nanoprodutos.

a. CRIAÇÃO DO CENTRO DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA E MATERIAIS AVANÇADOS

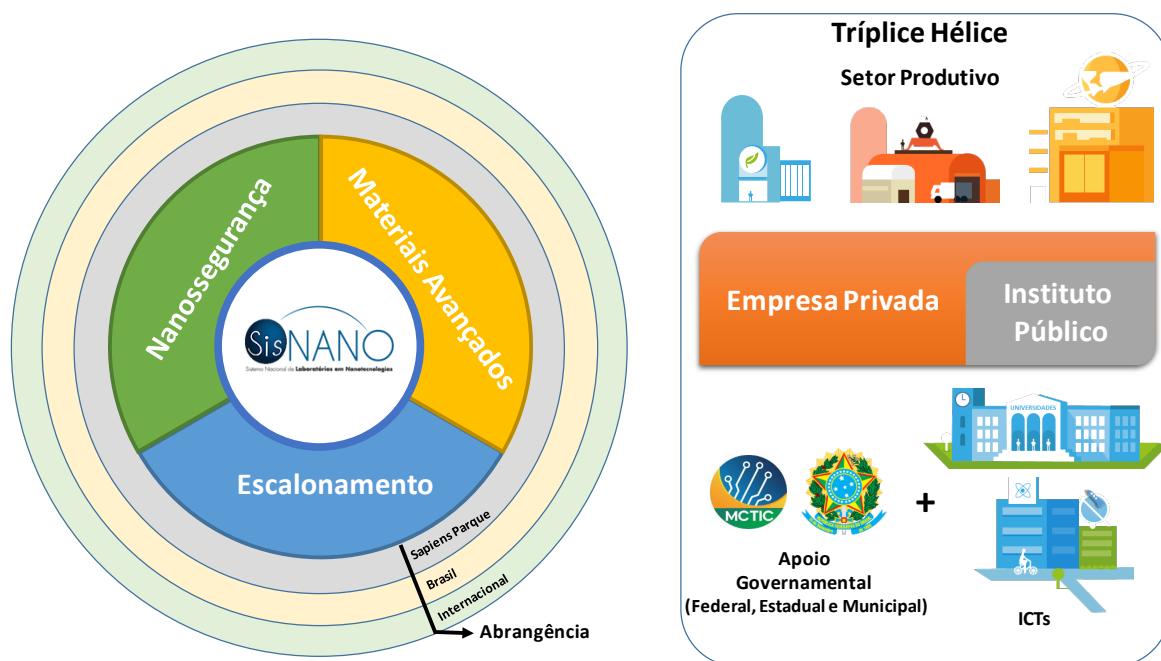
O Plano de Ciência, Tecnologia & Inovação para Nanotecnologia estimula a criação de Centros de Inovação de Nanotecnologia e Materiais Avançados (CI.nano), que deverão atuar como ambientes de interação da tríplice hélice, congregando a academia, as empresas fornecedoras de soluções baseadas nas nanotecnologias, as empresas usuárias de nanotecnologias, governos estaduais e federal. A concepção norteadora do Centro é a flexibilidade de organização, devendo este se mo-

bilizar para a resolução de problemas específicos de uma temática, por meio do desenvolvimento tecnológico conjunto e orientado por demanda. Esse formato visa à sustentabilidade da integração academia-indústria, na qual estarão reunidas as competências de um consórcio de empresas privadas, institutos públicos e os instrumentos governamentais (Figura 16).

A ideia é que o Centro de Inovação mantenha não só as pesquisas básicas, mas, principalmente, as pesquisas aplicadas que servirão de apoio para os projetos inovadores contratados. Os principais objetivos desse novo arranjo é fortalecer competência e vocação local/regional, melhorar o uso de materiais encontrados na região, desenvolver e vender produtos inovadores, vender matéria-prima beneficiada e oferecer serviços tecnológicos regionais.

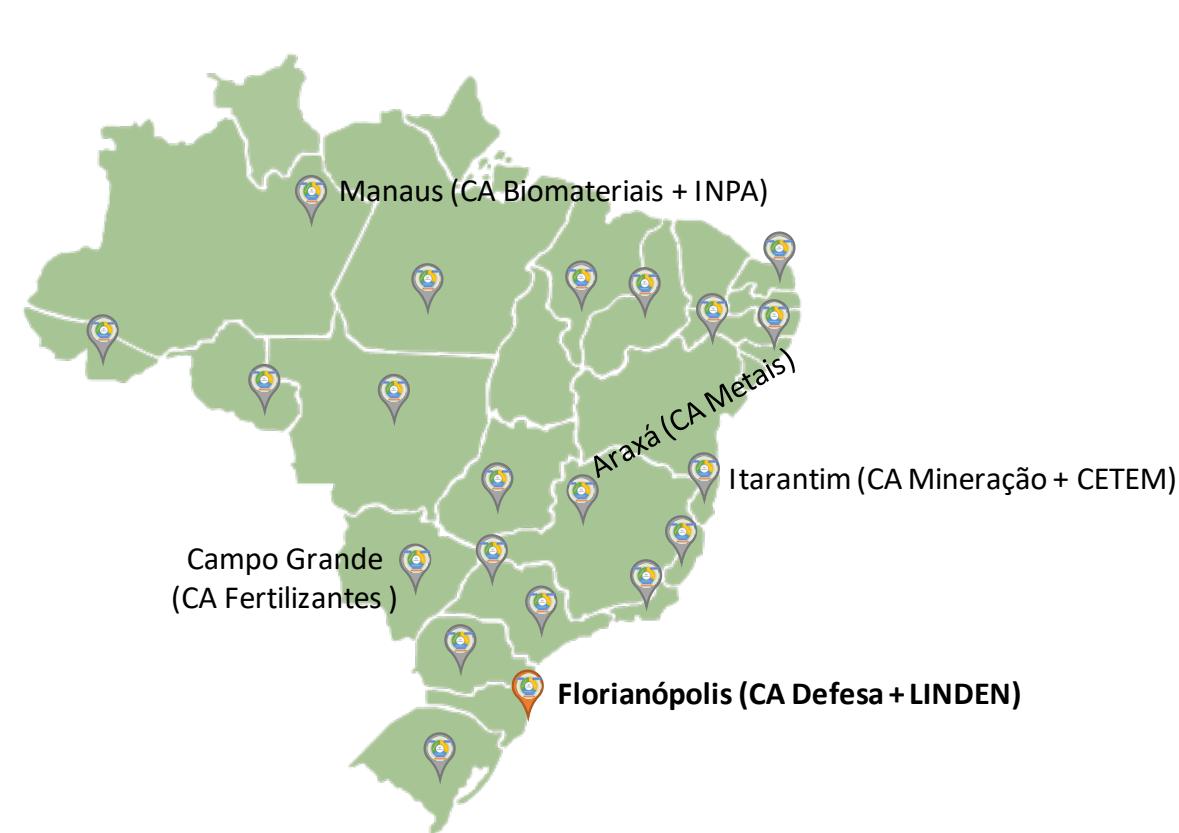
O tema nucleador para a mobilização de um CI.Nano deve ser a necessidade nacional ou regional de superar desafios em uma determinada temática. Em torno desses desafios, a expertise acumulada pelos laboratórios do SisNANO, universidades, institutos de pesquisa, juntamente com os atores do setor empresarial e das esferas públicas se mobilizarão para buscar soluções baseadas em tecnologia e inovação. Como exemplo dessa iniciativa articulada, está sendo executado um projeto piloto que visa dar origem a um Centro de Inovação em Nanotecnologia e Materiais Avançados para Defesa (CI.Nano Defesa), ancorado no Laboratório Interdisciplinar para o Desenvolvimento de Nanoestruturas (LINDEN/UFSC), um dos Laboratórios Associados que integrou a primeira fase do SisNANO. Nesse Centro, pretende-se fomentar o escalonamento de nanomateriais e desenvolvimento de produtos duais para Defesa, com vistas a atender as necessidades das unidades vinculadas à essa temática. Pretende-se que o CI.Nano desenvolva e produza nanomateriais cerâmicos avançados, apropriados para proteção balística (blindagem de veículos e/ou colete balístico), proteção térmica (alta temperatura, 2500 °C), blindagem eletromagnética, visando o uso na indústria de defesa e na indústria de bens de consumo civil. Como exemplo da aplicação dual destas tecnologias, destacam-se a produção de instrumentária cerâmica de corte (facas cerâmicas), blindagens mais eficientes para carros de passeio e outras.

Figura 16: Representação esquemática da estrutura e funcionamento de um Centro de Inovação em Nanotecnologia e Materiais Avançados.



Como proposição deste Plano de Ação, o modelo de operação para os Centros de Inovação em Nanotecnologia e Materiais Avançados (CI.Nano) pode ser expandido para diversas outras temáticas, nos diversos Estados, aproveitando ao máximo e de forma sustentável os recursos abundantes e estratégicos da biodiversidade, minerais e outros materiais (Figura 17).

Figura 17: Potenciais Centros Avançados com possibilidade de serem implementadas.



b. CREDENCIAMENTO DE UMA UNIDADE EMBRAPPII PARA NANOPRODUTOS

Ancorados na maturidade científico-tecnológica da área de nanotecnologia no Brasil, no exitoso programa de apoio à inovação tecnológica no setor produtivo instrumentalizado pela Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII), nas competências tecnológicas em nanotecnologia contidas em diversos Programas, como o SisNANO, e na importância de se estimular a

inovação tecnológica e a transferência de conhecimento para o setor produtivo, o MCTIC considera prioritário o fomento à criação de uma Unidade EMBRAPII para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos com vertentes nanotecnológicas, “Unidade EMBRAPII de Nanoprodutos”.

As Unidades EMBRAPII são constituídas a partir de competências tecnológicas específicas de ICTs, públicas ou privadas sem fins lucrativos, com experiência comprovada no desenvolvimento de projetos de inovação em parceria com empresas do setor industrial. Nesse sentido, o Programa SisNANO apresentará a instituição de pesquisa científica e tecnológica com maior potencial a ser credenciado na temática Nanoprodutos, podendo ser integrados outros parceiros.

A expectativa é a de que o setor produtivo, principalmente, empresas e indústrias, seja atraído pela forte base de conhecimento e pela capacidade de geração de soluções tecnológicas existentes nos Laboratórios do Programa SisNANO, potencializadas pelo mecanismo de compartilhamento de custos e riscos oferecido pela EMBRAPII, para gerar inovação industrial no país (Figura 18).

Figura 18: Proposição de junção de competências entre o SisNANO e a EMBRAPII, na forma de credenciamento de uma Unidade EMBRAPII para Nanoprodutos.



ACÇÃO 5: INTENSIFICAR A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL

Países como Estados Unidos, China, Rússia, Alemanha, França, Japão, dentre outros, têm investido vultosos recursos para o desenvolvimento da nanotecnologia, tanto de fontes públicas quanto de fontes privadas. Isso demonstra a importância estratégica da nanotecnologia para a liderança da economia mundial, posição que toda nação almeja alcançar em um mercado globalizado altamente competitivo. A integração com a troca de conhecimentos, experiências e produtos em nanotecnologia com os países líderes no desenvolvimento da nanotecnologia deve ser prioridade para o Brasil, para, dessa forma, elevar ainda mais o nível científico e mercadológico no cenário global.

A seguir, as principais orientações para o fortalecimento e intensificação da cooperação internacional em nanotecnologia:

- emprego da “Diplomacia da Inovação” para fortalecer a Cooperação Internacional tecnológica entre os diversos setores acadêmicos, empresariais e governamentais que compõe o sistema brasileiro de inovação;
- ampliação dos acordos bilaterais e multilaterais de cooperação e compromissos internacionais celebrados pelo Governo Brasileiro associados à Nanotecnologia;
- fortalecimento de Programas de Cooperação Internacional já estabelecidos associados à Nanotecnologia, em especial, o Centro Brasil-China de Inovação em Nanotecnologia, Grupo de Trabalho BRICS em Ciências dos Materiais e Nanotecnologia, Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia e União Europeia;
- articulação de 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 países;
- estímulo à cooperação com países com possuem know-how em nanotecnologia, a fim de alinhar-se às tendências científico-tecnológicas, e, também, identificar os mercados internacionais de maior potencial considerando as competências brasileiras e os produtos naturais brasileiros; estímulo ao intercâmbio entre pesquisadores e alunos com países líderes em nanotecnologias;
- incentivo à participação nacional em programas internacionais de PD&I, a fim de prospectar nichos de atuação na área de nanotecnologia no qual o Brasil possa ser competitivo.

12. METAS E INDICADORES PARA NANOTECNOLOGIA

Ações	Metas (2018-2022)	Indicadores	Unidade de Medida	Ods ²³ Atendidos
Suporte ao estabelecimento do Marco Regulatório para Nanotecnologias e para a Implementação do Programa Nacional de Nanosseguurança	1 (um)	Quantidade de propostas normativas sobre a temática de regulamentação da Nanotecnologia submetidas	Valor absoluto	3-Saúde e Bem-estar; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura; 12-Consumo e Produção Responsáveis
	2 (duas)	Quantidade de projetos e iniciativas que visem dar subsídios técnicos e científicos para o estabelecimento do Marco Regulatório para Nanotecnologias e para a implementação do Programa Nacional de Nanosseguurança	Valor absoluto	3-Saúde e Bem-estar; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura; 12-Consumo e Produção Responsáveis
Promover a formação 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
	1 (um)	Quantidade de eventos especializados apoiados	Valor absoluto	
Fortalecimento de ambientes inovadores	1 (um)	Quantidade de iniciativas que estimulem empreendimentos de base tecnológica e ambientes inovadores	Valor absoluto	3-Saúde e Bem-estar; 4-Educação de Qualidade; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura; 12-Consumo e Produção Responsáveis; 17-Parcerias e Meios de Implementação
	1 (um)	Quantidade de Chamadas Públicas lançadas para seleção de laboratórios do SisNANO	Valor absoluto	
Intensificar a cooperação internacional em nanotecnologias	3 (três)	Quantidade de cooperações internacionais estabelecidas	Percentual	3-Saúde e Bem-estar; 4-Educação de Qualidade; 9-Indústria, Inovação e Infraestrutura; 17-Parcerias e Meios de Implementação

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

13. 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_PUBLI-CACOES/encnti_2016-2022.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/agenda-2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 19/08/2019

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN)**, instituída pela Portaria nº 3.459, de 26 de julho de 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO)**, instituído pela Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012, e regulamentado pela Instrução Normativa nº 11, de 02 de agosto de 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

14. LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
 BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
 CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
 CBAN – Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia
 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
 CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
 CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
 CETENE – Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
 CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
 CGTE – Coordenação-Geral de Desenvolvimento e Inovação em Tecnologias Estratégicas
 CIGS – Centro de Instrução de Guerra na Selva
 CIN – Comitê Interministerial de Nanotecnologias
 CNEN – Comissão Nacional em Energia Nuclear
 CNI – Confederação Nacional da Indústria
 CNPEM – Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
 CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
 COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia
 DETEC – Departamento de Tecnologias Estruturantes
 EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
 EMBRAPAII – 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
 FUNDEP – Fundação de Desenvolvimento e Pesquisa
 IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
 IBMP – Instituto de Biologia Molecular do Paraná
 IBN – Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia
 ICT – Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação
 IES – Instituto de Ensino Superior
 INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
 INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
 INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
 INT – Instituto Nacional de Tecnologia
 IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
 IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
 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, atual Ministério da Economia
 MEC – Ministério da Educação
 MF – Ministério da Fazenda, atual Ministério da Economia

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
 PUC-Rio – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
 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
 UFABC – Universidade Federal do ABC
 UFC – Universidade Federal do Ceará
 UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
 UFPA – Universidade Federal do Pará
 UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
 UFPR – Universidade Federal do Paraná
 UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
 UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
 UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
 UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
 UFV – Universidade Federal de Viçosa
 UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
 UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
 USP – Universidade de São Paulo

15. 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

www.mctic.gov.br

