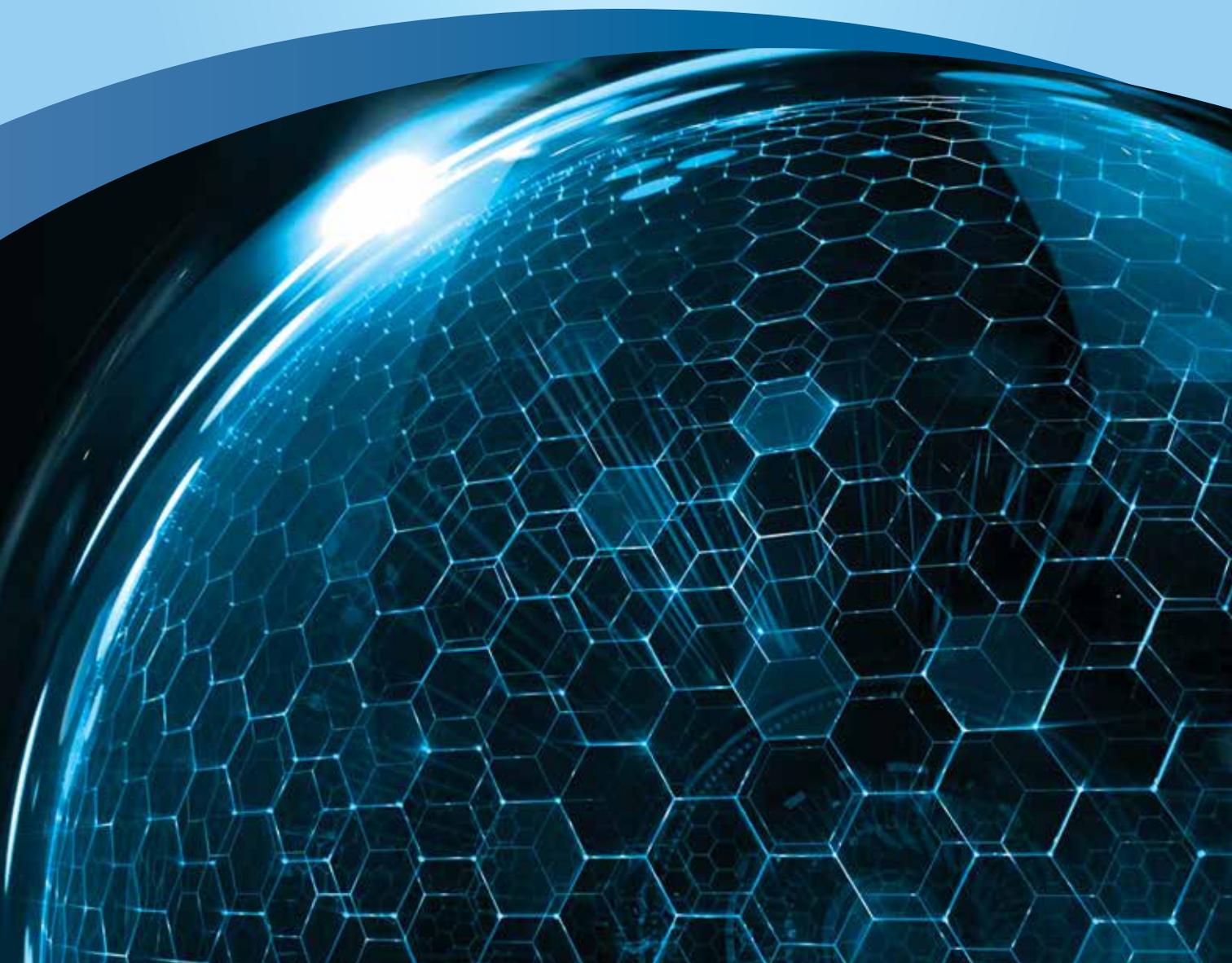


Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

The logo for SisNANO features the word "Sis" in white serif font inside a dark blue circle, followed by "NANO" in a large, blue, sans-serif font. A thin blue arc is positioned above the "NANO" text.

# SisNANO

Sistema Nacional de **Laboratórios em Nanotecnologias**



**Presidente da República**

Dilma Vana Rousseff

**Vice-Presidente da República**

Michel Temer

**Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação**

Marco Antonio Raupp

**Secretário Executivo**

Luiz Antonio Rodrigues Elias

**Secretário de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento**

Carlos Afonso Nobre

**Secretário de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social**

Oswaldo Baptista Duarte Filho

**Secretário de Política de Informática**

Virgílio Augusto Fernandes Almeida

**Secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação**

Alvaro Toubes Prata

**Secretário de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Substituto)**

**Assessor Especial para Nanotecnologias**

Adalberto Fazzio

**Coordenador Geral de Micro e Nanotecnologias**

Flávio Orlando Plentz Filho

“O crescimento de uma economia desenvolvida é, portanto, principalmente um problema de acumulação de novos conhecimentos científicos e de progressos na aplicação desses conhecimentos.”

*Celso Furtado, A economia brasileira, 1954.*

## Apresentação

Ao longo da história, o desenvolvimento e o progresso foram marcados pela capacidade de fabricar, modificar e dar funcionalidade aos materiais. Um exemplo recente está no domínio do silício e na enorme complexidade de toda a cadeia de fabricação dos dispositivos eletrônicos, responsáveis pela rápida dinâmica de evolução que se observa na sociedade contemporânea, abarcando essencialmente todos os setores da economia e gerando amplos benefícios sociais.

Hoje, a intensa pesquisa em nanotecnologia busca soluções que levem ao desenvolvimento e à prosperidade econômica e social e à sustentabilidade do planeta. A nanotecnologia se relaciona com várias áreas do conhecimento, como a física, a química, a biologia, as engenharias, a medicina, a tecnologia de informação e a ciência de computação, além de parte das ciências humanas e sociais.

Trata-se de um conjunto de tecnologias com capacidade de identificar, manipular, modificar, sintetizar e construir materiais com novas propriedades em nível atômico e molecular, bem como de criar sistemas e dispositivos que incorporam essas novas propriedades. Trabalha em dimensões nanométricas, um bilionésimo de metro. Como os materiais e sistemas apresentam propriedades diferentes nessas dimensões, há um novo mundo a ser explorado. Cientistas de todas as áreas do conhecimento vêm utilizando ferramentas nanotecnológicas e empresas interessadas em se tornar mais competitivas estão encontrando na nanotecnologia as soluções inovadoras necessárias.

Dados recentes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE – indicam que o mercado de produtos nanotecnológicos movimentava cerca de US\$ 350 bilhões anuais. Estima-se que em 2020 esse valor chegue a US\$ 3 trilhões. Com todo esse potencial de transformação econômica e social, a nanotecnologia é objeto de grandes investimentos que se traduzem em programas prioritários de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) em todo mundo.

O Brasil também apoia pesquisas nessa área de fronteira do conhecimento. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação liderou uma estruturação da área de nanotecnologia e instituiu o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SisNANO).

O SisNANO visa a modernização e o fortalecimento de infraestruturas de P,D&I para nanotecnologias. Um de seus propósitos mais centrais é facilitar o acesso de usuários dos setores acadêmico e empresarial à laboratórios com infraestrutura moderna e recursos humanos especializados, estimulando a convergência, interação e transferência de conhecimento entre a academia e as empresas.

O primeiro laboratório de referência no âmbito do SisNANO, entre os 26 que compõe hoje o sistema, é o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano), um dos laboratórios do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), organização social localizada em Campinas que atua sob a supervisão do MCTI.

A nanotecnologia não configura uma promessa ou uma ficção. Já é uma realidade observada em inúmeros produtos de diferentes setores econômicos. Graças aos resultados já alcançados, é possível pensar em uma nova plataforma tecnológica que torne as pessoas mais longevas e saudáveis, a energia gerada mais limpa e abundante, os computadores mais rápidos e eficientes.

Este caderno resume as principais linhas do SisNANO e revela a importância estratégica da pesquisa, desenvolvimento e inovação em nanotecnologia para o Brasil.

**Marco Antonio Raupp**

Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação

## O SisNANO

O Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias – SisNANO – é formado por um conjunto de laboratórios dedicados à P,D&I, em um amplo espectro de nanotecnologias. O SisNANO foi instituído pela Portaria nº 245, de 5 de abril de 2012. A Instrução Normativa nº 2, de 15 de junho de 2012, dispõe sobre o regulamento técnico para integração ao SisNANO e dá outras providências.

Os 26 laboratórios do SisNANO foram selecionados a partir de chamada pública e receberão financiamento prioritário do MCTI para: (i) melhorar a infraestrutura e mantê-los internacionalmente competitivos; (ii) permitir a incorporação, fixação e manutenção de corpo técnico-científico de alta qualificação, adequado ao desenvolvimento das missões desses laboratórios; (iii) permitir que funcionem de forma aberta, atendendo usuários e instituições dos setores público e privado.

O SisNANO tem como característica essencial o caráter

multiusuário, de acesso aberto, mediante submissão de propostas e projetos de P,D&I ou de requisição de serviços e é formado por duas categorias de laboratórios, os Laboratórios Estratégicos e os Laboratórios Associados. Os Laboratórios Estratégicos são vinculados diretamente ao Governo Federal, e os Laboratórios Associados, vinculados a Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT), em sua maioria, nas universidades públicas.

Os Laboratórios Estratégicos têm como compromisso disponibilizar, no mínimo, 50% do tempo de uso dos equipamentos para usuários externos e os Associados devem abrir, pelo menos, 15% do tempo de uso dos equipamentos para usuários externos, ambos seguindo regras de submissão de propostas de uso próprias.

<http://nano.mct.gov.br>

### Multiusuários

#### Laboratórios Estratégicos

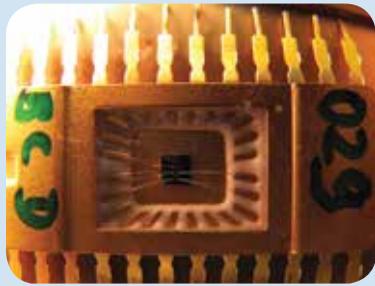
Laboratórios federais instalados em Unidades de Pesquisa

Disponibilização  $\geq$  50% do tempo a usuários externos em projetos de P,D&I em nanotecnologias

#### Laboratórios Associados

Laboratórios instalados em ICT

Disponibilização  $\geq$  15% do tempo a usuários externos em projetos de P,D&I em nanotecnologias



Sensor de gás em nanotubos de carbono, encapsulado

## Aumentar a **competitividade industrial**

- Introduzir ferramentas e técnicas de nanotecnologia na indústria visando à inovação e ao acesso a novos mercados;
- Capacitar a indústria nacional com novas plataformas tecnológicas;
- Propor marcos legais e instrumentos para garantir a segurança jurídica e estimular investimentos;
- Criar ambientes/mecanismos para a troca de conhecimentos na fase pré-competitiva do desenvolvimento de produtos e processos;
- Financiar a produção de insumos estratégicos para viabilizar as cadeias produtivas;
- Financiar plantas-piloto para escalonamento de processos.



FIB/SEM

## Adequação da **infraestrutura**

- Criar e atualizar as infraestruturas e as competências para projeto, simulação, desenvolvimento, e nanofabricação de nanodispositivos, nanossistemas e para produção e caracterização de nanomateriais;
- Acreditar laboratórios para caracterização e controle de qualidade de produtos nanotecnológicos;
- Permitir que a infraestrutura de pesquisa PD&I opere de forma consistente e sustentável de forma aberta em caráter multiusuário (SisNANO).



AFM/Raman

## Formar recursos humanos **qualificados**

- Criar conhecimento de ponta em áreas estratégicas para o Brasil: aeroespacial, agronegócio, defesa, energia, meio ambiente e saúde;
- Manter atualizada a infraestrutura de pesquisa básica;
- Valorizar o desenvolvimento tecnológico na formação acadêmica;
- Promover na academia habilidades necessárias à interação com o ambiente empresarial para o desenvolvimento da nanotecnologia;
- Programas de formação de RH das empresas.



Segurança e confiabilidade

## Regulação e **marco legal**

- Propor a criação de uma estrutura de coordenação, avaliação, monitoramento dos impactos da nanotecnologia no meio ambiente e nos seres humanos;
- Propor marco regulatório para a PD&I, produção e comercialização de nanotecnologias e produtos nanotecnológicos.

## Laboratórios Estratégicos



Laboratório de Nanotecnologia para o Agronegócio - LNNA (Embrapa Instrumentação, SP)



Centro de Caracterização em Nanotecnologia para Materiais e Catalise - 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 Estratégicos

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

## Laboratórios Associados

1. Laboratório Regional de Nanotecnologia - LRNANO (UFRGS/RS)
2. Centro de Caracterização e Desenvolvimento de Protocolos para Nanotecnologia - CCDPN (UNESP/SP)
3. Central Analítica em Técnicas de Microscopia (eletrônica e óptica) da Universidade Federal do Ceará (UFC/CE)
4. Laboratório de Síntese de Nanoestruturas e Interação com Biosistemas - NANOBIOSS (UNICAMP/SP)
5. Laboratório de Caracterização Estrutural - LCE (UFSCar/SP)
6. Laboratório Associado de Desenvolvimento e Caracterização de Nanodispositivos e Nanomateriais - LANano (UFMG/MG)
7. Laboratório de Nanobiotecnologia para Desenvolvimento, Prototipagem e Validação de Produtos para o SUS (IBMP/PR)
8. Laboratórios Associados em Nanotecnologia - LARnano (UFPE/PE)
9. Laboratório Associado SisNANO - UFV (UFV/MG)
10. Laboratório de Nanociência e Nanotecnologia da Amazônia - LABNANO-AMAZON (UFPA/PA)
11. Laboratório de Eletroquímica e Materiais Nanoestruturados - LEMN (UFABC/SP)
12. Laboratório de Engenharia de Superfícies e Materiais Nanoestruturados da COPPE – LabEngNano/COPPE (UFRJ/RJ)
13. Laboratório Interdisciplinar para o Desenvolvimento de Nanoestruturas - LINDEN (UFSC/SC)
14. Núcleo de Bionanomanufatura (IPT/SP)
15. Centro de Componentes Semicondutores - CCS (UNICAMP/SP)
16. Núcleo de Apoio à Pesquisa em Nanotecnologia e Nanociências - NAP-NN (USP/SP)
17. Laboratório Central em Nanotecnologia - LCNano (UFPR/PR)
18. Laboratório de Fabricação e Caracterização de Nanodispositivos - LABDIS (PUC-Rio/RJ)





## Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

### LABORATÓRIO MULTIUSUÁRIO DE NANOCIÊNCIAS E NANOTECNOLOGIA LABNANO

O LABNANO foi criado em 2005 e tem foco em Nanofabricação, Materiais e Dispositivos, MEMS e NEMS e Caracterização de Nanoestruturas. Opera como facilidade aberta, na qual a alocação de tempo dos equipamentos é feita através da submissão de projetos de pesquisa, analisados por pares. O laboratório desenvolve um amplo programa de treinamento e formação de usuários (Escola de Nanofabricação e Escola de Microscopia Eletrônica), cursos regulares em nível de graduação, pós-graduação e atividades de extensão, atendendo às comunidades acadêmica, tecnológica e de inovação, não só do Rio de Janeiro, como de todo o Brasil. A finalidade e a missão do LABNANO é oferecer suporte para a produção e caracterização de materiais nanoestruturados e nanodispositivos no estado da arte, formação de recursos humanos em nanotecnologia com ênfase em nanofabricação, assim como o desenvolvimento de projetos estratégicos de interesse nacional.



## Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN)

### LABORATÓRIO DE QUÍMICA DE NANOESTRUTURAS DE CARBONO – LQN

O LQN executa e dá suporte a desenvolvimentos envolvendo a produção de grafenos por esfoliação química do grafite e a manipulação pós-síntese de nanotubos de carbono, incluindo as etapas de purificação, dispersão, funcionalização e incorporação em matrizes cerâmicas e poliméricas. O LQN está estrategicamente localizado no campus da UFMG e mantém franca colaboração com os Departamentos de Física e Química e com o Instituto de Ciências Biológicas (ICB) e tem amplo acesso ao Centro de Microscopia da UFMG. Possui uma grande infraestrutura laboratorial para a manipulação química e caracterização tanto dos processos de síntese, modificação e funcionalização, como de nanoestruturas de carbono. O LQN é associado ao programa de pós-graduação do CDTN e a outros programas de pós-graduação dentro e fora do Estado, participando ativamente na formação de recursos humanos em diferentes níveis. Possui profissionais responsáveis pela manutenção da infraestrutura e auxílio dos usuários no desenvolvimento de P;D&I.



## Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE)

### LABORATÓRIO MULTIUSUÁRIO DE NANOTECNOLOGIA DO CETENE – LMNANO

O Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia (LMNANO) do CETENE opera desde 2009 sendo um laboratório estratégico regional. Seu objetivo é disponibilizar infraestrutura de pesquisa (equipamentos e laboratórios) de excelência para o desenvolvimento de pesquisa acadêmica e em cooperação com empresas, além da prestação de serviços tecnológicos, servindo como elo de interação entre academia e indústria. O laboratório é direcionado à caracterização de materiais, incluindo sistema de transmissão de imagens de microscopia eletrônica em tempo real para acompanhamento remoto dos usuários, já prestou serviços tecnológicos para mais de 30 empresas e possui mais de 300 pesquisadores cadastrados como usuários. Somando-se a infraestrutura de pesquisa em microbiologia, cultura de tecidos vegetais e utilização de biomassa do CETENE, o LMNANO tem vocação para atuar em nanobiotecnologia. Estão também integrados laboratórios qualificados da UFBA, UFPE, UFPB, UFRN e UFC com atuação em propriedades ópticas, nanomagnetismo, espectroscopia aplicada a fármacos e nanomateriais, ligas metálicas, carreadores nanoestruturados com aplicações cosméticas e farmacêuticas, sensores, nanoenergia e materiais nanoestruturados com aplicações em saúde.



## Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM)

### LABORATÓRIO NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA – LNNANO

O LNNANO foi instalado em 2011 e teve origem no Centro de Nanociências e Nanotecnologia César Lattes (C2Nano) do CNPEM. No LNNANO estão agrupados o laboratório de Tunelamento e Força Atômica, destinado a pesquisas sobre materiais semicondutores e sistemas nanoestruturados; o laboratório de Microscopia Eletrônica, equipado com microscópios para a caracterização de materiais; e o laboratório de Microfabricação, que dispõe de equipamentos para desenvolver componentes e processos em escala micrométrica. As pesquisas estão focadas nas seguintes áreas: Processamento avançado de metais, nanoestruturas metálicas em uniões por atrito, mecanismos de falhas; Membranas semicondutoras e dispositivos baseados em membranas; Nanoagulhas e nanopartículas; Sensores e dispositivos para diagnóstico ambiental e na área de saúde; Materiais nanoestruturados derivados da biomassa e de resíduos abundantes; Metodologia em microscopia eletrônica: criomicroscopia de partículas singulares, para determinação estrutural de proteínas; Metodologia em caracterização de materiais: espectrometria vibracional com resolução espacial nanométrica; Dispositivos e nanoestruturas para a geração e armazenagem de energia elétrica.



## Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)

### LABORATÓRIO DE NANOTECNOLOGIA PARA O AGRONEGÓCIO – LNNA

O LNNA foi instituído em 2009 e está situado na Embrapa Instrumentação, uma empresa pública de direito privado, ligada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Com foco em pesquisas de interesse do agronegócio, o LNNA tem como principais linhas de pesquisa: Desenvolvimento de sensores e biossensores aplicados ao controle de qualidade, certificação e rastreabilidade de bebidas, alimentos e meio ambiente; Fabricação de novos materiais de fonte renovável, como polímeros naturais e nanobiocompósitos com propriedades específicas; Membranas de biopolímeros e revestimentos poliméricos comestíveis para preservação de alimentos; Filmes finos e superfícies para fabricação de embalagens inteligentes, comestíveis e superfícies ativas; Nanopartículas, compósitos e fibras para o desenvolvimento de materiais reforçados e biodegradáveis usando produtos naturais como fibras de sisal, juta, coco, bagaço de cana, curauá e outras aplicações industriais; Nanomateriais orgânicos e inorgânicos para liberação controlada de nutrientes e pesticidas em solos e plantas, e de fármacos para uso veterinário; Caracterização de materiais de interesse do agronegócio para obtenção de informações inéditas sobre partículas de solos e plantas, bactérias e patógenos de interesse agrícola; Estudos nanotoxicológicos e de impactos na saúde e no meio ambiente para colaborar com o desenvolvimento de nanomateriais de forma segura e responsável.



## Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)

### LABORATÓRIO ESTRATÉGICO DE NANOMETROLOGIA

O Inmetro é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e sua missão é prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, através da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País. O Laboratório Estratégico de Nanometrologia se situa no campus do Inmetro em Xerém/Rio de Janeiro, e é um dos laboratórios mais completos do Brasil dedicado à caracterização das mais diferentes propriedades de materiais: das propriedades de superfície a volumétricas, da escala macrométrica à escala nanométrica. Os trabalhos desenvolvidos visam processos e desenvolvimento de padrões para a nanotecnologia como nanopartículas, nanotubos de carbono e outras formas de carbono, materiais nanoestruturados para aplicação de nanomateriais em Dispositivos Orgânicos Emissores de Luz (OLED), filmes finos etc. Suas atividades visam o apoio à indústria brasileira para desenvolvimento de produtos nanotecnológicos e proteção ao consumidor.



## Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

### CENTRO DE CARACTERIZAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA PARA MATERIAIS E CATÁLISE – CENANO

O CENANO atua na área de nanomateriais, com destaque para a síntese, processamento e caracterização de nanopartículas e nanoestruturas. O laboratório visa atender as demandas de diversos setores, como órgãos governamentais e empresas privadas e estatais, que buscam as áreas de competência do INT em Catálise e Materiais, diretamente envolvidas em sua gestão. Sua atuação é dedicada às técnicas de caracterização em nanotecnologia, contando atualmente com dois microscópios eletrônicos de varredura (MEV e MEV-FEG), um microscópio eletrônico de transmissão (MET) em fase de instalação, um espectrômetro de fotoelétrons excitados por raios-X (XPS) e um microscópio de força atômica, além de equipamentos acessórios para a preparação de amostras.



## Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN)

### LABORATÓRIO INTEGRADO DE NANOTECNOLOGIA – LIN

O LIN desenvolve diversas pesquisas em nanotecnologia aplicadas nas áreas de saúde, ambiental, energias renováveis, biotecnologia, entre outras. O instituto tem competências únicas para a síntese de nanopartículas até a confecção de dispositivos nanoestruturados por meio da utilização de suas centrais de serviço multiusuário de processamento por radiação ionizante. Possui Laser de pulsos Ultracurtos de Altíssima Potência capaz de gerar pulsos de 25 femtossegundos com 30Gw de potência de pico. Como diferencial, são disponibilizadas fontes intensas de radiação ionizante, tais como, fontes gama (gama cel., irradiador industrial multipropósito, fonte panorâmica); acelerador industrial de elétrons e reator nuclear de pesquisa; e fontes intensas não ionizantes na forma de *laser* pulsado de alta energia e irradiador de micro-ondas contínuo e em batelada. O foco de atuação é a nanoestruturação de materiais e, naturalmente, a ampla caracterização de nanoestruturas e suas matérias-primas (nanocargas).

# NANOTECNOLOGIA E SETORES ESTRATÉGICOS



# Saúde

## DESAFIOS

### Diagnóstico e prevenção de doenças

#### SOLUÇÕES EM NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

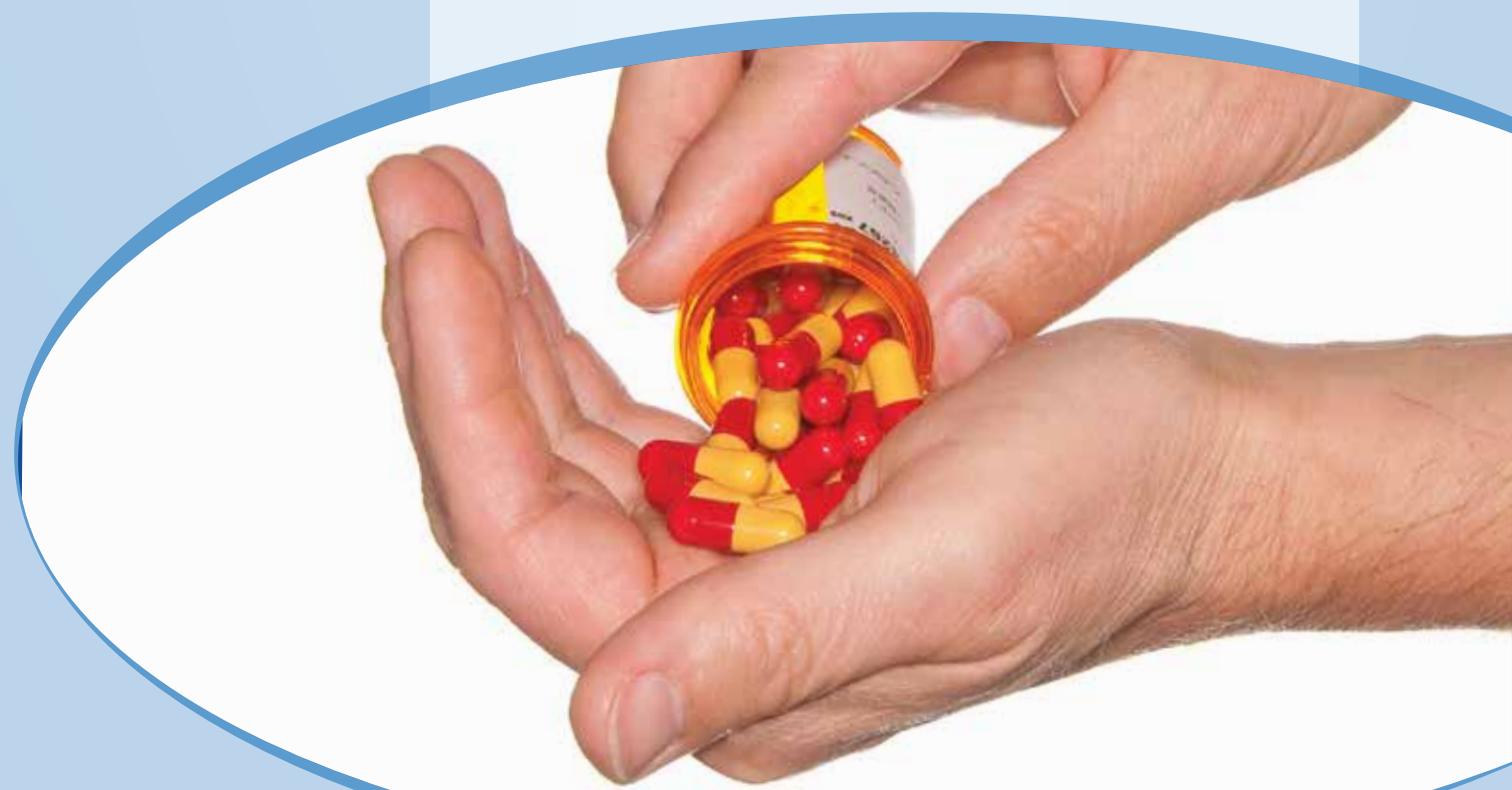
- Tecnologias de “laboratórios em um chip” (LOC) são direcionadas a embarcar em sistemas portáteis, de fácil operação, de baixo custo, alta sensibilidade e confiabilidade, procedimentos complexos de análises e nanossensores específicos para agentes e moléculas biológicas;
  - Aplicar nanotecnologia ao diagnóstico, monitoramento e tratamento de doenças;
  - Desenvolvimentos de sistemas diagnósticos e monitoramento descentralizado, utilizáveis no ponto de atendimento;
  - Integração de micro e nanotecnologias.
- 
- Desenvolvimento de novos fármacos e novas formulações, de sistemas de liberação controlada de drogas e sistemas de vetorização que entregam medicamentos direcionados a alvos específicos como um dado tumor ou células e tecidos específicos;
  - Redução de efeitos colaterais e da necessidade de ingestão frequente de medicamentos: prolongação dos efeitos terapêuticos com menor risco;
  - Novas formas de administração de medicamentos.
- 
- Desenvolvimento de próteses e órteses com materiais mais resistentes, leves e biocompatíveis e regenerativos;
  - Equipamentos e instrumentos médicos com melhor desempenho e novas funcionalidades;
  - Interfaces homem-máquina e nanossensores (recuperação de visão/audição, controle de exoesqueletos e implantes funcionais).

### Higiene pessoal, perfumaria e produtos cosméticos (HPPC)

- Com nanotecnologia, cosméticos mais eficientes e com propriedades terapêuticas amplificadas;
- Alto impacto econômico: mercado brasileiro é o segundo mercado mundial para HPPC;
- Estudos PD&I convergem para produtos com nanopartículas para entrega controlada, mais efetiva e mais econômica de princípios ativos;
- Produtos com nanocompostos permitem a pluralidade das aplicações de determinados cosméticos.

### Nanotoxicologia e segurança

- Desenvolvimento de métodos e protocolos de estudo e avaliação do impacto na saúde humana, segurança e toxicidade de nanomateriais e nanocompósitos.





# Meio Ambiente/Amazônia

## DESAFIOS

**Desenvolvimento de bioprodutos inovadores a partir de matéria-prima proveniente da floresta amazônica**

**Fortalecimento do sistema de classificação, detalhamento, monitoramento e fiscalização do desmatamento, da defesa da fronteira, das populações isoladas e uso da terra na Amazônia**

## Monitoramento Ambiental

### SOLUÇÕES EM NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

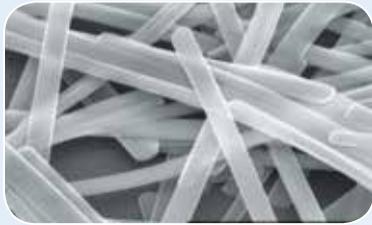
- Nanomateriais derivados da biodiversidade;
- Nanomateriais e nanossistemas inspirados na biodiversidade (nanotecnologia inspirada na natureza).
- Nanossensores aplicados ao monitoramento da floresta e da biodiversidade;
- Sistemas de rastreamento terrestres, aquáticos ou via satélites.
- Aplicação de tecnologias de “laboratórios em um chip” (LOC) incorporando nanossensores para controle quantitativo de poluentes e contaminações ambientais em tempo real, no ponto de ocorrência;
- Sensores qualitativos de baixo custo, alta especificidade de resposta rápida para alarme de condições ambientais.

### Tratamento de poluição, efluentes e mitigação de problemas ambientais.

#### Tratamento de água.

- Filtros baseados em materiais nanoestruturados, nanomembranas para reciclagem e eliminação segura de resíduos e tratamento de efluentes urbanos e industriais (líquidos e gasosos);
- Nanotecnologia para controle de riscos sanitários e ambientais;
- Nanoargilas, nanocerâmicas, nanopartículas e compósitos para dessanilização e potabilidade de água sem necessidade de usinas ou centrais de tratamento: métodos portáteis de baixo custo e alta eficiência.





# Nanomateriais e Nanocompósitos

## DESAFIOS

Conferir novas propriedades aos materiais, estimulando o desenvolvimento do setor

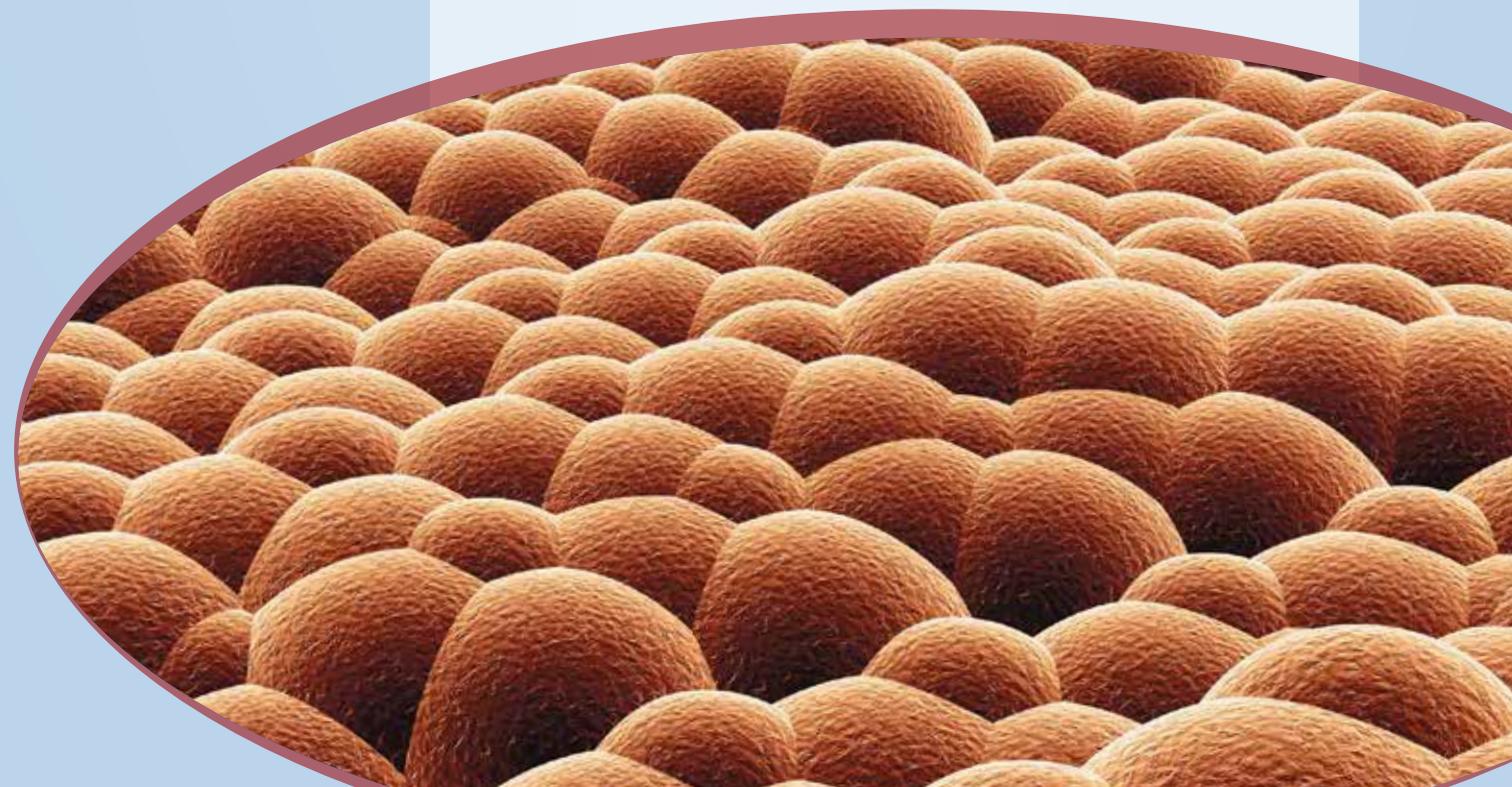
Melhorar o desempenho econômico do setor de matérias-primas, substituição de importações

## SOLUÇÕES EM NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

- Melhoria do desempenho das propriedades mecânicas, térmicas e tribológicas dos materiais;
  - Incorporação de barreira a gases e umidade, atividade biocida, novas propriedades elétricas e eletrônicas;
  - Redução da carga de aditivos na formulação de compósitos de 30% para, no máximo, 5%;
  - Materiais mais leves e de altíssima resistência mecânica, flexíveis, resistentes à corrosão e à fadiga, materiais condutores e ao mesmo tempo transparentes, materiais de baixíssima condutividade térmica, materiais antichamas e com barreiras químicas;
  - Materiais autorregenerativos e inteligentes com resposta autoajustável (hidrofílico/hidrofóbico, alto/baixo atrito, refletor/absorvedor, condutor/isolante térmico ou elétrico) às condições ambientais ou de uso.
- 
- Estimativa de comercialização de produtos com nanocompósitos: US\$ 1 trilhão, em até 10 anos;
  - Criar cadeia local de fornecimento de nanomateriais e nanoingredientes: segurança econômica e equilíbrio de balança de pagamentos;
  - Aumento no valor agregado do produto final, conquista de mercados externos;
  - Impacto distribuído em diversos setores: bens de consumo, máquinas e equipamentos, saúde, médico/biomédico, defesa, aeroespacial e agricultura.

## Estimular a geração de empregos de alta qualificação

- Demanda por profissionais qualificados com domínio do conhecimento em ciências e engenharias aplicadas à nanotecnologia.





# Petróleo & Gás

## DESAFIOS

**Operações de prospecção, perfuração, extração de óleo e gás: grau crescente de complexidade e demandas sem soluções tecnológicas definidas. Gerenciamento de Riscos Ambientais e Resíduos. Visão de Futuro: transferir operações, tratamento e processamento para o leito do oceano.**

## SOLUÇÕES EM NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

- Nanomateriais visando desde a proteção de dutos e tubulações contra corrosão;
- Nanofluidos, fluidos com nanopartículas que agregam funcionalidades específicas como reologia autoajustável, aumentando a capacidade de escoamento do petróleo dos depósitos e promovendo remoção eficiente de detritos durante os processos de perfuração;
- Materiais que agregam leveza à resistência mecânica e resistência a ambientes agressivos;
- Nanopartículas que atuam como nanoagentes: injetadas em reservatórios em fase de prospecção, trazem informações precisas sobre o campo a ser explorado;
- Materiais de alto desempenho para cimentação e contenção de poços;
- Nanopartículas para catálise em tempo real;
- Proteções superficiais de alto desempenho para tubos e conexões;
- Elastômeros nanoestruturados para vedações;
- Nanossensores para controle de processos;
- Simulações moleculares para a indústria de petróleo e gás.

## Transporte, Distribuição, processamento: Oleodutos – confecção, reparos, segurança, fluxo, transformação e processamento de óleo e gás.

- Sensores para reconhecimento de fluidos e de propriedades de fluidos;
- Tubos e conexões com revestimentos: resistência química, resistência mecânica, antiatrito, antiadesão, autorregenerativos sensores;
- Tubos inteligentes (detecta e responde a condições desfavoráveis em tempo real);
- Membranas nanoestruturadas para separação e contenção;
- Sistemas de segurança e de controle de processos baseados em nanossensores precisos e específicos;
- Nanocatálise: processos catalíticos de alta performance e catalizadores autorregenerativos;
- Nanopartículas e nanomateriais para prevenção e remediação de impactos ambientais: prevenção e recuperação de danos ambientais.





# Energia

## DESAFIOS

Geração: fontes eficientes, limpas e renováveis

## SOLUÇÕES EM NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

- Novos métodos e tecnologias e geração limpas e eficientes como energia fotovoltaica, fotocatalise baseada em catalisadores nanoestruturados para conversão de CO<sub>2</sub> (combustão reversa, fotossíntese artificial) ou geração de hidrogênio;
- Nanocompósitos para hélices de usinas eólicas ou magnetos nanoestruturados e alto produto de energia para geradores e motores elétricos;
- Geração termoelétrica baseada em nanoestruturas;
- Catalisadores nanoestruturados para produção de biocombustíveis;
- Membranas e eletrodos para células de combustível;
- Nanomateriais com propriedades térmicas autoajustáveis ou anisotropia: retificação térmica.

Armazenamento e distribuição

- Nanotecnologia para baterias e supercapacitores de alto desempenho;
- Cabos com adição de nanomateriais para melhor condutividade elétrica e resistência mecânica;
- Isoladores elétricos (sólidos e líquidos) de alta eficiência e longevidade.

## Uso

- Dispositivos de alta eficiência para iluminação (LEDs, OLEDs);
- Nanomateriais com alta capacidade de isolamento térmico: eficiência energética de edificações, máquinas refrigeradores;
- Nanofluidos e tratamentos superficiais protetores e lubrificantes para compressores: grande eficiência energética.





# Aeronáutica, Aeroespacial e Defesa

## DESAFIOS

### SOLUÇÕES EM NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

#### Melhoria dos materiais e sistemas para uso militar

- Interfaces homem/máquina;
- Sensores para captação de imagens cobrindo amplo espectro;
- Sistemas de colheita de energia;
- Materiais com invisibilidade na faixa de radar e térmica;
- Materiais com leveza e extrema resistência mecânica;
- Materiais com propriedades antichama ou alta capacidade de proteção térmica ou biológica;
- Materiais inteligentes com a capacidade adaptativa, autorregenerativa e sensitiva;
- Veículos e sistemas de defesa autônomos.

#### Melhorias nos sistemas de monitoramento civil

- Nanossensores e nanossistemas para controle de fronteiras, portos, aeroportos, segurança pública e patrimonial;
- Nanossensores e nanossistemas para proteção de recursos marinhos e hídricos.

#### Tecnologias de uso dual/tecnologias sociais para melhoria da qualidade de vida da população

- Sensores para monitoramento remoto de pacientes crônicos;
- Diagnóstico portátil para apoio à população em áreas longínquas;
- Sensores para controle epidemiológico;
- Material para melhoria nos sistemas de acessibilidade para pessoas com necessidades especiais;
- Sensores para monitoramento ambiental, nanopartículas para tratamento de água e de efluentes urbanos e industriais;
- Monitoramento dos produtos de proteção ao trabalhador;
- Sistemas autônomos de transporte.





# Agronegócio e Alimentos

## DESAFIOS

### SOLUÇÕES EM NANOTECNOLOGIA E IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS

#### Produção

- Nanoestruturação/encapsulamento para elevação do valor nutricional;
- Desenvolvimento de materiais a partir da associação com fibras naturais;
- Liberação controlada de nutrientes e pesticidas em solos/plantas e de fármacos para uso veterinário: redução de uso de agrotóxicos e dos impactos ambientais;
- Controle epidemiológico baseado em nanossensores e “laboratórios em um chip” (LOC);
- Sensores e nanossistemas para agricultura de precisão (controle em tempo real de adubação, irrigação, pragas).

#### Processamento, Industrialização

- Embalagens inteligentes com superfícies ativas, embalagens comestíveis ou que inibem a deterioração dos alimentos;
- Proteções superficiais em frutas, legumes vegetais para conservação e preservação de valor nutricional;
- Sensores e biossensores para controle de qualidade, certificação e rastreabilidade de alimentos.

#### Distribuição

- Nanocompósitos para redução de perdas por deterioração;
- Embalagens com barreiras para oxigênio e umidade;
- Embalagens inteligentes com sistemas de alarme para contaminação ou deterioração.



## Litografia

- Litografia por feixe de elétrons;
- Fotolitografia por contato;
- Fotolitografia por escrita direta a laser;
- Litografia por feixe de íons focalizados.

## Outros processamentos

- Colagem de *wafers*;
- Implantação iônica;
- Tratamentos térmicos diversos;
- Deposição assistida por feixe de íons focalizados;
- Ultramicrotomia;
- Crio-ultramicrotomia;
- Microsoldagem e processos de encapsulamento;
- Nanomanipulação por microscopia de varredura por sonda;
- Métodos nucleares para modificação/nanoestruturação de materiais;
- Produção em escala laboratorial (lote experimental) de pós nanoestruturados, sistemas particulados nanoestruturados e compósitos;
- Micro/nanoencapsulamento.

## Inspeção e Caracterização por Imagem

- Microscopias eletrônicas de varredura (MEV); convencional de emissão por campo (FEG);
- Microscopias eletrônicas de transmissão (MET);
- Caracterização química acoplada à MEV e MET;
- Microscopias de varredura por sonda (AFM, STM etc.);
- Microscopia de fluorescência;
- Microscopia confocal;
- Perfilometria óptica e de contato;
- Microscopia por feixe de íons focalizados.

# Infraestrutura oferecida pelos laboratórios do **SisNANO**:

## Produção e Processamento de Filmes Finos

- Evaporação em vácuo;
- Deposição por vapores químicos (CVD) assistido por plasma (plasma CVD);
- *Sputtering*;
- Oxidação;
- CVD de dióxido de silício, nitretos, silício policristalino;
- Epitaxia por feixe molecular (MBE) e Deposição por vapores químicos metalorgânicos (MOCVD);
- Crescimento e síntese de nanotubos de carbono e grafenos;
- Deposição por camadas atômicas (ALD) de óxidos e oxinitretos;
- Corrosão por feixe de íons (*ion milling*);
- Corrosão por plasma reativo (RIE capacitivo e indutivo).

## Síntese de Nanomateriais, Recobrimentos Nanoestruturados

- Crescimento de nanotubos de carbono e grafeno;
- Crescimento de nanofios metálicos e semicondutores;
- Síntese, deposição, dispersão e caracterização de nanopartículas metálicas, cerâmicas, semicondutoras, magnéticas e poliméricas;
- Deposição controlada de nanomateriais por eletroforese;
- Produção de nanocompósitos e bionanocompósitos;
- Fibras de nanocompósitos por eletrospinning;
- Produção de materiais nanoestruturados por automontagem molecular;
- Preparação de sistemas híbridos nos domínios da física, química e biologia;
- Cultura de células e coberturas biológicas.

## Caracterização

- Potencial Zeta para caracterização de suspensões de nanopartículas e nanomateriais;
- Porosidade e área superficial de materiais nanoestruturados;
- Determinação de tamanho de partículas;
- Determinação de ângulo de contato e aspectos de molhabilidade (hidrofilicidade ou hidrofobicidade);
- Determinação de tensão superficial/interfacial empregando a técnica de tensiometria (métodos do anel de Du Noüy e placa de Wilhelmy);
- Caracterização de comportamento reológico de fluidos complexos;
- Mapeamento químico/eletroquímico de interfaces moleculares;
- Caracterização elétrica de dispositivos (C-V, I-V, Impedância, DC, AC, RF);
- Propriedades ópticas (índice de refração real e complexo) de partículas, filmes e materiais;
- Medidas térmicas (TGA, DSC e DTA);
- Calorimetria;
- Difração de Raios-X convencional e de baixo ângulo, estrutura cristalina e polimorfismo;
- Técnicas espectroscópicas e de caracterização estrutural e química via Luz Síncrotron;
- Medidas de Ângulo de Contato;
- Microtomógrafo (resolução de 700 nm);
- Espectroscopia infravermelho com TF;
- Ressonância Magnética Nuclear de sólidos e líquidos;
- Espectroscopias de massa;
- Espectroscopia de fotoelétrons;
- Espectroscopia Raman, UV-Visível e Infravermelho;
- Quimiossorção;
- Espectroscopia Raman com resolução espacial;
- Espectroscopia de absorção UV/Vis;
- Caracterização e imagem por espectroscopias ópticas;
- Nanomateriais de referência;
- Caracterização de materiais utilizando radiometria acoplada a esfera de integração;
- Caracterização e certificação de sensores e dosímetros fotônicos e moleculares;
- Ensaios e estudos de nanotoxicologia, citotoxicidade e ecotoxicidade.

## Nanomarcadores

- Preparação de nanomarcadores moleculares, eletroquímicos, fotônicos e magnéticos para as áreas de saúde, controle ambiental e segurança;
- Caracterização de nanomarcadores rastreáveis por dispositivos fotônicos, magnéticos, eletroquímicos e por canais iônicos (reconhecimento molecular);
- Ensaios para avaliação de impactos de nanomateriais em sistemas modelo em água utilizando espécies vivas.

## Teoria e Simulação

- Adequação de modelos teóricos e simulação computacional para análises de problemas pontuais, com ênfase em soluções envolvendo nanotecnologias através de antecipação de propriedades com base no modelo de interação teoria-simulação-experimento.

<b>C,T&amp;I</b>	Ciência, Tecnologia e Inovação
<b>CBPF</b>	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
<b>CETENE</b>	Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
<b>CDTN</b>	Centro de Desenvolvimento da Energia Nuclear
<b>CNEN</b>	Comissão Nacional de Energia Nuclear
<b>CNPEM</b>	Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
<b>COPPE</b>	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>IBMP</b>	Instituto de Biologia Molecular do Paraná
<b>ICT</b>	Instituições Científicas e Tecnológicas
<b>INMETRO</b>	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
<b>INT</b>	Instituto Nacional de Tecnologia
<b>IPEN</b>	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
<b>IPT</b>	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
<b>OCDE</b>	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
<b>PD&amp;I</b>	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
<b>PUC</b>	Pontifícia Universidade Católica
<b>SisNANO</b>	Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias
<b>UFABC</b>	Universidade Federal do ABC
<b>UFC</b>	Universidade Federal do Ceará
<b>UFMG</b>	Universidade Federal de Minas Gerais
<b>UFPA</b>	Universidade Federal do Pará
<b>UFPE</b>	Universidade Federal de Pernambuco
<b>UFPR</b>	Universidade Federal do Paraná
<b>UFRGS</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
<b>UFSCar</b>	Universidade Federal de São Carlos
<b>UFV</b>	Universidade Federal de Viçosa
<b>UNESP</b>	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
<b>UNICAMP</b>	Universidade Estadual de Campinas
<b>UP</b>	Unidade de Pesquisa
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo

## COMITÊ INTERMINISTERIAL DE NANOTECNOLOGIA

Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação - MCTI

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - MDIC

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA

Ministério da Defesa - MD

Ministério da Educação - MEC

Ministério do Meio Ambiente - MMA

Ministério das Minas e Energia - MME

Ministério da Relações Exteriores - MRE

Ministério do Trabalho e Emprego - MTE

Ministério da Saúde - MS

## COMITÊ CONSULTIVO DE NANOTECNOLOGIA

Adalberto Fazio

André Galembeck

Antonio José Roque da Silva

Carlos Alberto Achete

Guilherme Marco de Lins

Jefferson de Oliveira Gomes

Luiz Henrique Capparelli Mattoso

Marcos Assunção Pimenta

Oswaldo Luiz Alves

Rafael Luchesi

Rubem Luiz Sommer

Sílvia Stanisquaski Guterres

## Colaboradores

Carlos Alberto Aragão

Eduardo do Couto e Silva

Fernando Galembeck

## Equipe Técnica da Coordenação Geral de Nanotecnologia da SETEC/MCTI

Alfredo de Souza Mendes

Anna Gabriela Tempesta

Eder Torres Tavares

Francine Barbosa Silva

Francis Albert Prado Oliveira

Paulo Frank Bertotti

**Coordenador-Geral de Micro e Nanotecnologias - Substituto**

**Analista em Ciência e Tecnologia**

**Analista em Ciência e Tecnologia**

**Analista em Ciência e Tecnologia**

**Assistente em Ciência e Tecnologia**

**Assistente em Ciência e Tecnologia**

Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

