

# *Inovação, empreendedorismo, tecnologia e desenvolvimento*

**Estruturando bases para a era da inteligência artificial e da ciência intensiva de dados**

# Academia Brasileira de Ciências

Fundada em 3 de maio de 1916, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) completou, em 2021, 105 anos. Foi criada por um grupo de pesquisadores da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, com o objetivo de reconhecer o mérito científico de grandes pesquisadores brasileiros e contribuir para a promoção do desenvolvimento da ciência e da educação.

A ABC entende que a capacidade que os países têm de produzir conhecimento e aplicá-lo em desenvolvimento socioeconômico separa as nações pobres das desenvolvidas. Nesses 105 anos, a ABC consagrou-se como defensora da ciência, da educação e da inovação como eixos estruturantes para o desenvolvimento do Brasil. A Academia considera que a ciência e a comunidade científica devem ser um elo de aproximação tanto entre os povos do mundo quanto entre as regiões do nosso país, que devem ter capacidade e competência suficiente em CT&I para promover, com autonomia, seu desenvolvimento social e econômico.

A ABC contribui com o estudo de temas de primeira importância para a sociedade e a proposição de políticas públicas com forte embasamento científico, principalmente nas áreas de educação, saúde, meio ambiente e novas tecnologias. É nesse sentido que trabalhamos e dedicamos todo o nosso empenho há mais de um século.

Luiz Davidovich - Presidente da Academia Brasileira de Ciências

## **Presidente**

Luiz Davidovich

## **Vice-Presidente**

Helena Bonciani Nader

## **Vice-Presidentes Regionais**

Adalberto Luis Val - *Norte*

Jailson Bittencourt de Andrade - *NE & ES*

Mauro Martins Teixeira - *MG & CO*

Lucia Mendonça Previato - *RJ*

Glaucius Oliva - *SP*

João Batista Calixto - *Sul*

## **Diretores**

Elíbio Leopoldo Rech Filho

Francisco Rafael Martins Laurindo

Marcia Cristina Bernardes Barbosa

Ruben George Oliven

Virgílio Augusto Fernandes Almeida

## **Grupo Núcleo**

Jailson Bittencourt de Andrade (coord.)

Helena Bonciani Nader

Adalberto Luis Val

Ado Jório de Vasconcelos

Alvaro Toubes Prata

Ruben George Oliven

Wanderley de Souza

Oswaldo Alves (in memoriam)

## **Grupo de Redação**

Adalberto Fazzio

Adalberto Luis Val

Ado Jório de Vasconcelos

Alicia Juliana Kowaltowski

Alvaro Toubes Prata

Antonio Gomes de Souza Filho

Edson Watanabe

Elíbio Leopoldo Rech Filho

Elisa Maria da Conceição Pereira Reis

Gianna Sagazio

Glaucius Oliva

Helena Bonciani Nader

Jailson Bittencourt de Andrade

Manoel Barral Netto

Marcelo Torres Bozza

Marcia Cristina Bernardes Barbosa

Mariangela Hungria

Nadya Araujo Guimarães

Oswaldo Luiz Alves (*in memoriam*)

Paulo Arruda

Roberto Kant de Lima

Ruben George Oliven

Wanderley de Souza

## **Líderes temáticos**

Adalberto Fazzio

Alvaro Toubes Prata (coord.)

Edson Hirokazu Watanabe

Gianna Sagazio

Nelson Simões da Silva

Virgílio Augusto Fernandes Almeida

# Ciência brasileira: um passado consistente e um futuro desafiador

Nos últimos dois séculos, o Brasil construiu uma comunidade científica atuante e estruturou instituições de pesquisa sólidas — movimentos que deram projeção internacional ao país, conferindo relevância mundial. Nossas instituições científicas e nossos cientistas têm contribuído largamente para o desenvolvimento socioeconômico nacional.

Essa estrutura ganhou reforços no fim do século 20, quando foi estruturado um pujante sistema nacional de pós-graduação. Por meio dessa rede, o Brasil deu um salto na formação de cientistas e pesquisadores, fortalecendo uma nova geração de conhecimento científico. Hoje, o país está entre os maiores produtores de conhecimento científico do mundo, sendo destaque em áreas como ciências ambientais, medicina tropical, odontologia, pediatria, agricultura e ciências espaciais, entre outras.

O conhecimento científico é um dos principais alicerces da nossa civilização. Embora a cultura científica seja universal, o uso do patrimônio científico em uma perspectiva de inovação, tecnologia, empreendedorismo e desenvolvimento varia entre as nações: algumas são mais exitosas do que outras em fazer uso da ciência para gerar riqueza com sustentabilidade e melhorar a qualidade de vida de suas populações. A aplicação bem-sucedida do conhecimento exige um arcabouço de estruturas normativas, políticas públicas e dinamismo social convergentes. Em um mundo de grandes transformações e de demandas diversas, o conhecimento científico é um recurso essencial, que, cada vez mais, aponta direções e diferencia as nações. Os países que estiverem mais bem preparados serão os mais prósperos e com maior capacidade competitiva.

Nas últimas edições do índice global de inovação e do índice de competitividade global, o Brasil ocupou a 57ª e 71ª posições, respectivamente. Nenhum desses resultados é compatível com o tamanho da economia e da produção científica nacionais. No entanto, tais desempenhos refletem a dificuldade que temos em transformar conhecimento científico e riquezas naturais em desenvolvimento e prosperidade.



Fig. 1 - Áreas científicas de destaque no país. Imagens cedidas pela Finep e do site Unsplash, originalmente publicadas em [DE ANDRADE, 2021]

# Formação de pesquisadores como fator essencial para pesquisa e desenvolvimento

Um importante ponto de partida associado à nossa capacidade de inovar e empreender é o contingente de pessoas qualificadas e a infraestrutura para pesquisa e desenvolvimento (P&D). Tais fatores são analisados pelo número de pesquisadores e cientistas por milhão de habitantes e pelo percentual de recursos investidos em pesquisa e desenvolvimento em relação ao Produto Interno Bruto (PIB).

Hoje, o Brasil tem cerca de 1.000 pesquisadores por milhão de habitantes, e investe 1,2% do PIB em P&D — ambos os números são baixos e estão aquém do nosso potencial como nação.

Adicionalmente, temos tido dificuldades em formar mais pesquisadores, e o investimento em P&D tem decrescido nos últimos anos. Para se ter uma ideia, países-referência na área mantêm números significativamente maiores e com aumento gradual nos últimos anos. Exemplos são Canadá, EUA, Portugal, Austrália, Reino Unido e França, que possuem em torno de 4.500 pesquisadores por milhão de habitantes. Alemanha, Japão e Holanda têm cerca de 5.500, enquanto Coreia do Sul e Dinamarca possuem em torno de 8.000. Países como China e Turquia possuem 1.300 — número bem próximo à média mundial de 1.400<sup>4</sup>. Em termos de investimento em P&D, o investimento do Canadá, China, Holanda e França estão em torno de 2%. Alemanha, EUA, Japão e Suíça investem cerca de 3% de seus PIBs. O investimento de Israel e Coreia do Sul superam 4,5%.

Em um cenário ideal, o Brasil precisaria ao menos dobrar seu contingente de cientistas e pesquisadores, chegando a 2.000 por milhão de habitantes. As condições atuais do nosso sistema educacional e das nossas instituições de ensino e pesquisa, no entanto, não parecem favoráveis à meta: apenas 16% dos egressos do ensino superior concluem formação em áreas de ciências, tecnologia, engenharia e matemática. E, de forma geral, apenas 20% da população entre 25 e 64 anos concluiu ensino superior. Em uma sociedade que se torna cada vez mais digital, é urgente que se amplie o número de matrículas no ensino superior — sobretudo em áreas científicas e tecnológicas. Propostas para a reforma da educação superior têm sido defendidas por especialistas e instituições, incluindo a Academia Brasileira de Ciências (ABC). Ainda que, neste documento, a ênfase esteja na educação superior, é importante reafirmar que a baixa taxa de escolaridade em todos os níveis representa uma grande ameaça para o futuro do Brasil enquanto nação. A preparação adequada de nossas crianças e jovens é condição primordial para o amplo exercício da cidadania, tem reflexo na produtividade do trabalhador e, conseqüentemente, na competitividade do Brasil na ciência e inovação mundiais.

Em relação a investimentos em P&D, uma primeira meta é alcançar 2% do PIB, como vem defendendo a ABC. Para uma expectativa de PIB de US\$ 1,6 trilhões em 2021, isto representaria um acréscimo de US\$ 12,8 bilhões de dólares (aproximadamente R\$ 70 bilhões). Considerando que, no Brasil, o investimento público está em torno de 70% do investimento total em P&D, haveria a necessidade de um aumento de cerca de R\$ 50 bilhões de reais na aplicação de origem pública. Mesmo se fosse usada a totalidade dos recursos arrecadados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), o Brasil estaria longe de alcançar o patamar de investimentos desejados e necessários para atingir a meta de 2%. Nesse cenário, é necessário aumentar significativamente a dotação orçamentária para C&T, além de aplicar soluções como ampliar os incentivos fiscais para a inovação, estruturar fundos público-privados de fomento à C&T e criar um amplo programa de apoio a empresas emergentes (*startups*), entre outras iniciativas.

# Inovar e empreender

Para promover nosso desenvolvimento econômico e social, são imprescindíveis a aplicação das tecnologias adequadas e a introdução da cultura da inovação em toda a sociedade brasileira. Precisamos atingir um novo patamar de desenvolvimento científico e tecnológico em que o país seja proativo na formatação de suas agendas de pesquisa, envolvendo ciência, tecnologia e inovação. Nesse contexto, fatores essenciais ao processo de inovação necessitam ser mais bem explorados para incluir, entre outros, os seguintes aspectos:

- Instrumentos de inovação que contemplem a inserção das empresas em cadeias globais de valor;
- Sistema educacional e instituições de ciência e tecnologia devidamente articulados para a solução criativa de problemas da sociedade;
- Formação de pessoas, em ambientes de ensino e pesquisa, com foco em inovação e empreendedorismo;
- Ecossistema de desenvolvimento e inovação apoiado por políticas públicas e funcionando de forma articulada e integrada;
- Instituições de desenvolvimento, apoio e fomento à inovação atuando com agilidade e alinhadas às demandas de flexibilidade da inovação tecnológica;
- Centros nacionais de P&D comprometidos com a inovação e geridos de forma a estimular a relação entre ciência e tecnologia e a fomentar o processo de criação de empresas emergentes.

Propõem-se investimentos prioritários — com foco em inovação, empreendedorismo, e desenvolvimento — para os seguintes fins:

- Apoiar projetos mobilizadores e encomendas de Estado em áreas como saneamento, segurança urbana, saúde, defesa, energias limpas, biotecnologia, tecnologias assistivas, mobilidade e economia digital;
- Promover a qualidade de formação de pessoas em todos os níveis educacionais, estimulando a criatividade e o empreendedorismo;
- Estimular processos e investimentos em inovação nas empresas por meio de políticas de incentivos aderentes à necessidade de competitividade, com foco no mercado mundial e na inserção internacional;
- Articular instrumentos e estratégias institucionais de forma a dar robustez ao ecossistema de inovação, minimizando a fragmentação e a sobreposição de esforços e aproximando universidades e o mundo empresarial;
- Reestruturar as instituições de fomento à inovação de forma que a eficiência seja priorizada. Destaca-se, aqui, a necessidade de apoiar sistemas já existentes e que têm demonstrado grande desempenho na agilidade e na flexibilidade para apoio à inovação, como a EMBRAPPII;
- Apoiar e estimular projetos inovadores por meio de políticas que contemplem e convivam com o risco tecnológico;
- Aperfeiçoar e apoiar, em todas as áreas, modelos de inovação usando o poder de compra do Estado para transformar conhecimentos em riqueza a serviço da sociedade;

- Criar e ampliar mecanismos de incentivos fiscais, a exemplo da Lei do Bem e da Lei de Informática;
- Adotar o conceito de pesquisa orientada à missão, visando alinhar o trabalho das instituições de P&D com a estratégia nacional de inovação e desenvolvimento;
- Apoiar a cultura da inovação no ensino e na pesquisa, sob uma perspectiva única e integrada, sem fragmentação ou sobreposição de esforços;
- Implementar, juntamente às empresas, ambientes pró-inovação impulsionados por instituições de ciência e tecnologia;
- Apoiar, revisar e explicitar as missões específicas dos Institutos de Pesquisa do MCTI, de forma que essas organizações se alinhem à execução do plano de Estado para a C&T, com metas claras e avaliação contínua dos resultados obtidos;
- Apoiar a formação de uma Mobilização Governamental pela Inovação (MGI), integrando os planos públicos federal, estaduais e municipais ao plano empresarial;
- Apoiar fortemente o desenvolvimento de empresas de base tecnológica (startups), incubadoras e aceleradoras, atribuindo às instituições de ensino e pesquisa um papel relevante em seu desenvolvimento;
- Apoiar políticas de desenvolvimento regional para solucionar problemas locais e estimular regionalmente a criação de empresas de base tecnológica (startups);
- Definir projetos de grande impacto e alcance para o desenvolvimento nacional em áreas como energias limpas, bioeconomia, uso sustentável da biodiversidade, tecnologias digitais, minerais estratégicos e nanotecnologia.

Ressalta-se, aqui, a necessidade de se promover a inovação tanto nas empresas como nos ambientes de pesquisa e desenvolvimento. A inovação estimula a criatividade, aumenta a produtividade e impulsiona o crescimento econômico — incluir a cultura da inovação na agenda de ciência e tecnologia aproxima o conhecimento científico das soluções criativas que geram riqueza e solucionam problemas reais.

Nesse sentido, é importante estimular jovens com aptidões para ciência a se interessar pela inovação e pelo empreendedorismo. As *startups* são as sementes das revoluções nas indústrias. É estratégico criar políticas industriais modernas que impactem os setores público e privado no estímulo à inovação e na criação de capacitações tecnológicas necessárias para o desenvolvimento do país.

## *Tecnologias emergentes e oportunidades para o Brasil*

Muitas foram as mudanças globais nos últimos 50 anos. Além das inegáveis transformações, as tecnologias desenvolvidas nas últimas décadas trouxeram inúmeras oportunidades de criação de serviços e outras tecnologias ainda não exploradas em sua plenitude. A indústria 4.0, que tanto impactou e impactará os processos produtivos, faz uso de uma série delas: robótica, internet das coisas, manufatura aditiva, impressão 3D, sistemas mecânicos inteligentes.



Da mesma forma, a digitalização tem criado uma gama de possibilidades para outras tecnologias, como inteligência artificial, aprendizagem de máquina, realidade aumentada, análise de grandes dados, e as tecnologias de blocos encadeados (*blockchain*). Trata-se de uma porta para o futuro: tais tecnologias, quando combinadas com áreas como biotecnologia, nanotecnologia, materiais avançados, neurotecnologias e biologia sintética, oferecerão oportunidades difíceis de se antecipar.

Não há dúvidas de que o futuro é tecnológico, e que estamos no início de um processo de transformação digital. Novas fronteiras digitais irão alterar a maneira como vivemos. E, mais do que isso: a integração das tecnologias digitais com a química, as ciências dos materiais e as ciências biológicas irá impactar a própria vida. Como nação que ambiciona ser relevante científica e tecnologicamente, devemos nos qualificar em inteligência artificial e na ciência intensiva de dados.

## Inteligência artificial e ciência intensiva de dados

O atual avanço das tecnologias de inteligência artificial e automação promete acelerar mudanças disruptivas — e em grande escala. Esta é uma agenda a ser considerada. O investimento na área pode gerar competitividade e acelerar o desenvolvimento do Brasil. As tecnologias digitais (e a inteligência artificial nelas incluída) trarão grandes transformações para a maneira como vivemos e serão vitais tanto para o setor empresarial quanto para o desenvolvimento científico. Especificamente, a inteligência artificial potencializa uma grande variedade de alternativas inéditas, abrindo caminho, por exemplo, para redefinir a forma de diagnosticar problemas, implementar políticas públicas, modelar processos regulatórios, e avaliar o gasto público.

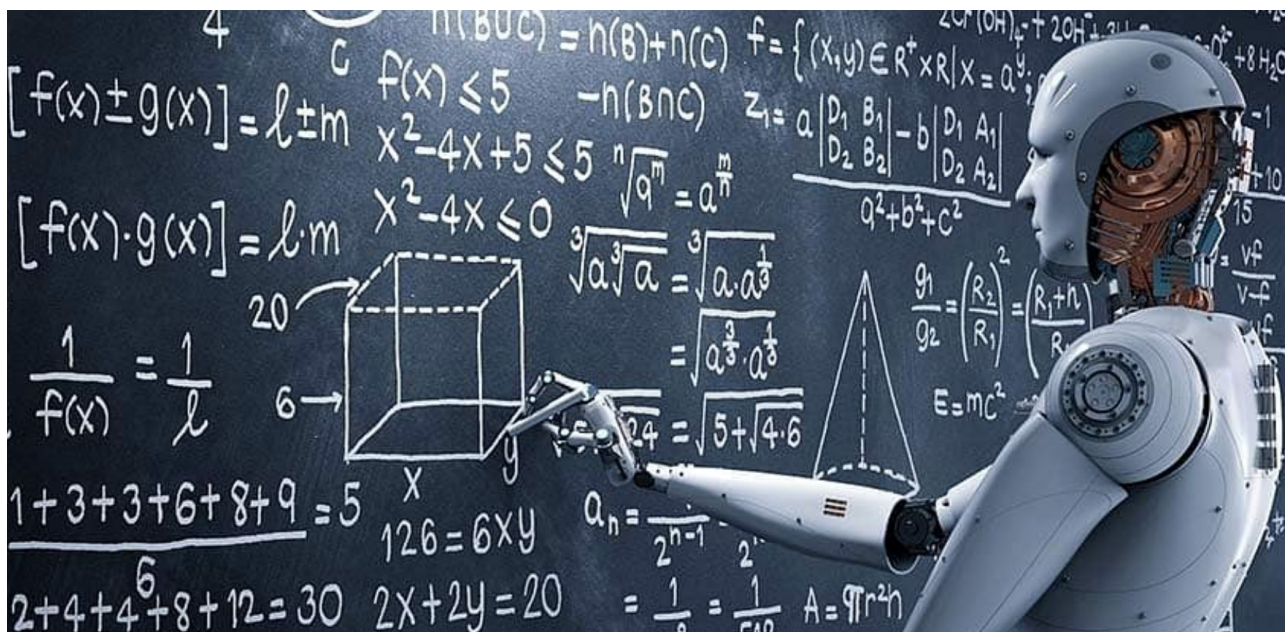


Fig. 2 - Inteligência Artificial. Extraído de [VERMA, 2021]

É estratégico antecipar as possibilidades existentes para a inteligência artificial, preparando o campo para o momento de, efetivamente, utilizar essa tecnologia. Para isso, é necessário ter inserção internacional, monitorar a fronteira tecnológica e aprofundar as interações com as multinacionais da informática. Tanto o setor privado como o governo precisam explorar as diversas possibilidades oferecidas pela inteligência artificial na busca da competitividade e produtividade de que o país precisa.

É certo que dados representam a riqueza do futuro. No entanto, para gerar valor a partir dessa fonte de riqueza, é preciso saber coletar, extrair, analisar, classificar, examinar e comparar os dados disponíveis. Por isso, a profissionalização em ciência de dados pode ser um grande diferencial competitivo. Empresas devem se valer dos recursos disponibilizados por meio de fontes de dados como parte de suas estratégias comerciais. Ignorar essas tendências só gera perda de competitividade.

Conforme explorado em estudo da Confederação Nacional da Indústria, as empresas brasileiras estão muito aquém da absorção das tecnologias digitais. Menos de 2% das quase 800 companhias investigadas na pesquisa se mostravam no estágio mais avançado da digitalização, caracterizado pela forte conectividade, integração entre áreas e produção inteligente. Cerca de 23% das empresas faziam uso moderado de tecnologias digitais nas diversas áreas organizacionais. Mais de 75% das empresas encontravam-se em estágio de digitalização pontual ou de aplicação de tecnologias digitais em apenas algumas funções.

De forma semelhante, os governos deverão fazer uso crescente da ciência de dados para avançar em políticas e estratégias públicas. Um estudo recente avaliou a preparação dos governos de 172 países para implementar a inteligência artificial na prestação de serviços públicos aos seus cidadãos. A lista incluiu o Brasil na 63ª posição, atrás da Argentina e Uruguai. Os Estados Unidos e o Reino Unido configuram o topo do ranqueamento como os países mais bem preparados.

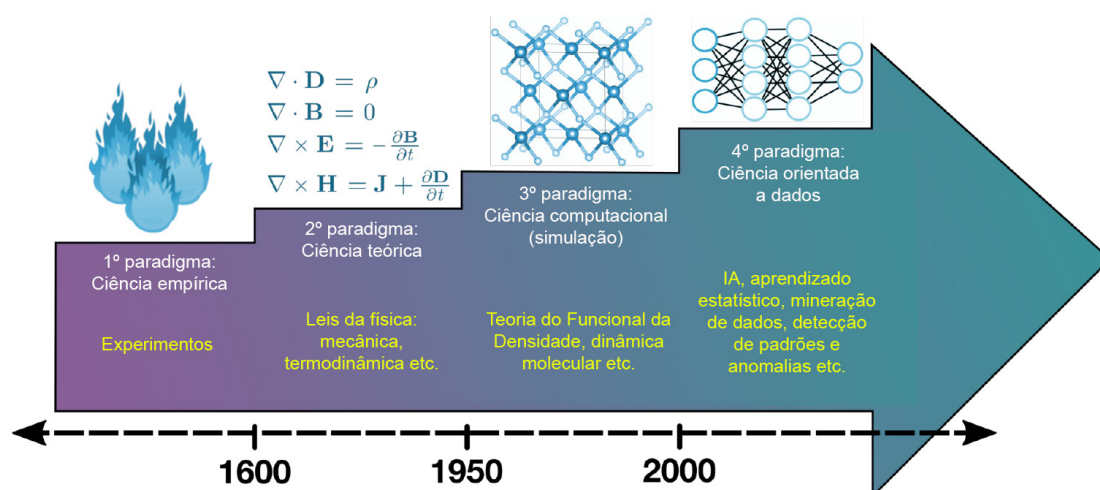


Fig. 3 - Os quatro paradigmas da ciência: empírico, teórico, computacional e orientado a dados. Cada paradigma se beneficia e contribui para o outro. [SCHLEDER, 2019]

A inteligência artificial tem avançado em praticamente todas as áreas de aplicação do conhecimento. Exemplos são os cuidados de saúde personalizados, avanços na segurança pública, melhorias no transporte urbano e de cargas, controle do meio ambiente e educação personalizada. O aumento da capacidade de computação, a disponibilidade de grandes conjuntos de dados e os avanços algorítmicos no aprendizado de máquina tornaram possível a criação de novos setores da economia, revitalizando as indústrias. O avanço contínuo, possibilitado por investimentos público e privado de longo prazo e com foco em questões de importância nacional, oferecem grande potencial para benefícios econômicos e melhorias na qualidade de vida.

Pesquisas em inteligência artificial devem focar tanto na parte fundamental quanto nas diversas possibilidades de aplicação. A porção fundamental inclui teoria e métodos em áreas como aprendizagem de máquina, abstração e inferência para comportamento inteligente, arquiteturas gerais para inteligência, agentes inteligentes integrados e sistemas multiagentes. Aspectos éticos e sociais também devem ser considerados nas pesquisas em inteligência artificial: nesse sentido, entram áreas como a explicabilidade das decisões, confiabilidade, validação de sistemas habilitados para inteligência artificial, segurança, proteção e privacidade.



Além desses campos, avanços em áreas de aplicações no Brasil deveriam incluir setores como saúde, logística e transporte, agricultura, segurança pública e segurança alimentar. O uso de inteligência artificial na indústria deve visar ao aumento da produtividade e da competitividade dos vários setores da economia. A disponibilização de recursos de hardware, software e grandes massas de dados para os laboratórios de pesquisa e universidades também deve ser uma prioridade para o avanço da pesquisa científica em inteligência artificial no país.

A ciência intensiva de dados é uma área que terá importância crescente em todos os setores da sociedade, economia e meio ambiente. Hoje, o Brasil está atrasado tanto no conhecimento como na formação e qualificação de pessoas nesta área. Ações e estratégias bem definidas em ciência intensiva de dados poderão facilitar a resolução de uma série de problemas que o país enfrenta atualmente (na saúde, educação, infraestrutura, segurança etc.) e certamente darão vantagem competitiva ao Brasil em nível mundial, principalmente nas áreas em que temos bom potencial para crescer (como agronegócio, energia, biodiversidade e materiais). Três setores estratégicos para o país, e que podem se beneficiar enormemente da ciência intensiva de dados e da inteligência artificial, são explorados a seguir.

**Ciência dos Materiais** - Lançado pelo governo americano em 2011, o “*Materials Genome Initiative*” (MGI) surgiu de uma grande cooperação entre cientistas de materiais e de computação. A ideia era implantar metodologias computacionais para prever, filtrar e otimizar materiais em diferentes escalas e proporções, promovendo a descoberta de novos materiais. Tal iniciativa se apoia no fato de que grandes avanços tecnológicos do passado foram impulsionados pelas descobertas de novos materiais e suas possibilidades de uso. No entanto, encontrar novos materiais e identificar aplicações tecnológicas são processos que podem levar décadas de pesquisa. Bronze, aço, polímeros sintéticos, e silício dopado são exemplos de materiais que foram responsáveis por grandes transformações na civilização. Inovações tecnológicas baseadas em novos materiais têm sido a chave para o enfrentamento de muitos de nossos desafios econômicos e sociais.

O principal objetivo do MGI foi diminuir o tempo do processo de descoberta de novos materiais. A iniciativa financiou um grande aumento na capacidade computacional, formou grupos de pesquisas dedicados à montagem de centros de armazenamentos de dados, incentivou a formação de pesquisadores, e focou na descoberta, projeto, desenvolvimento e implantação de novos materiais. Toda essa infraestrutura possibilitou a geração de dados e o uso de ferramentas apropriadas para aumentar o conhecimento sobre os materiais, com o apoio de técnicas de aprendizado de máquina e de inteligência artificial.

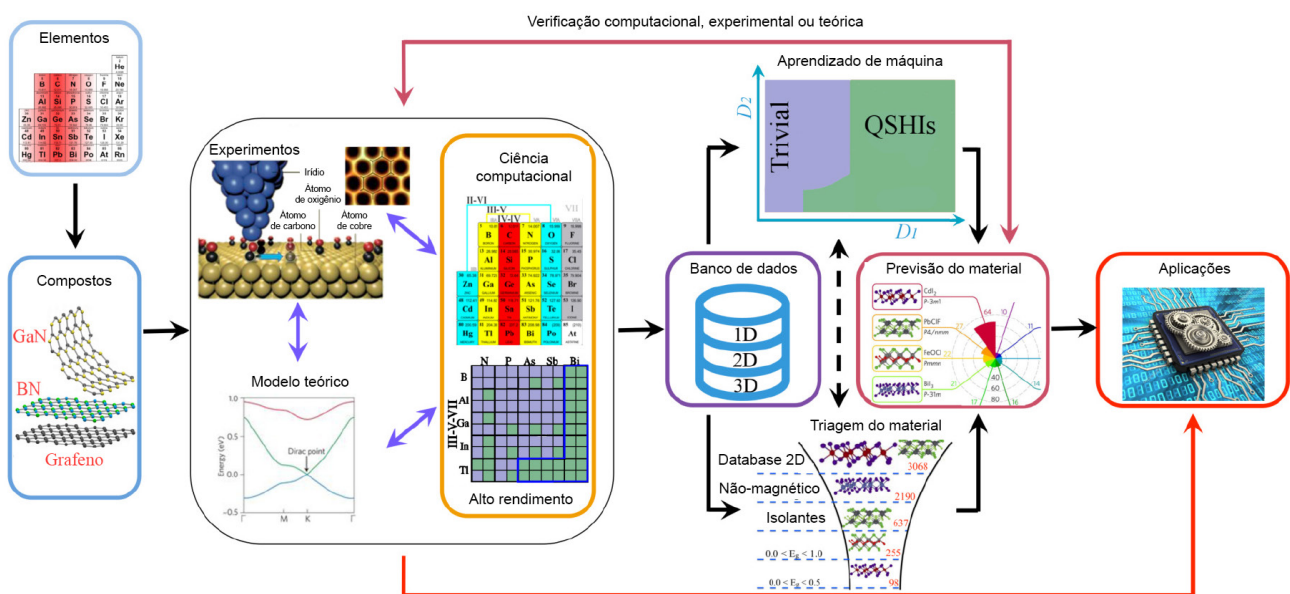


Fig. 4 - Diagrama para descobertas de novos materiais. [SCHLEDER, 2019]

O MGI foi muito bem-sucedido em incentivar jovens pesquisadores de disciplinas distintas a unir forças com parceiros industriais e agências governamentais na construção de plataformas compartilhadas e integradas. Essa ação do governo americano foi adotada, nos mesmos moldes, pela União Europeia e pela China com o objetivo de agregar valores aos materiais para o desenvolvimento de suas respectivas indústrias.

Ferramentas de aprendizagem de máquina e de inteligência artificial têm diversas aplicações nas ciências dos materiais. Dados de materiais complexos são utilizados para confecção de novos compostos termo-elétricos, novas ligas com alumínio para manufatura aditiva e novos materiais magnéticos — estes estão intimamente ligados a várias aplicações tecnológicas modernas como armazenamento de dados, coleta de energia e transporte eletrônico. Não menos importante, a busca dos denominados materiais quânticos irá impactar fortemente a área da eletrônica por meio das aplicações em computadores quânticos.

É importante que o Brasil faça parte dessas iniciativas mundiais atuando como parceiro e protagonista na construção de bancos de dados e dominando metodologias e técnicas das suas áreas de interesse. Para tal, são necessários investimentos em infraestrutura e formação de pessoal qualificado. Avançar nas ciências dos materiais a partir das novas tecnologias digitais impactará a pesquisa básica brasileira, abrindo frentes para empreendedorismo e inovação.

**Biologia** - Associada ao avanço da biologia molecular e da genômica, a bioinformática tem demonstrado aplicações bem-sucedidas da ciência de dados. Atualmente, são mantidas inúmeras bases de dados com vastas informações sobre DNA e sequências de RNA, estruturas e funcionalidades de proteínas e metabólitos, entre outros dados fundamentais para a compreensão dos processos biológicos em diferentes níveis de organização.

A pesquisa em biologia estrutural vem sofrendo um profundo impacto com o avanço da criomicroscopia eletrônica de transmissão, tecnologia usada tanto para investigação celular quanto para a investigação de estrutura de macromoléculas biológicas. Esta possibilita a visualização de complexos macromoleculares em seu estado nativo e, assim, permite o entendimento das bases moleculares do seu funcionamento. Empresas farmacêuticas estrangeiras já se utilizam dessa técnica para desenvolver fármacos e biofármacos. Além disso, outras empresas no exterior se especializam em fornecer serviços nessa área, mostrando uma clara demanda do setor produtivo.

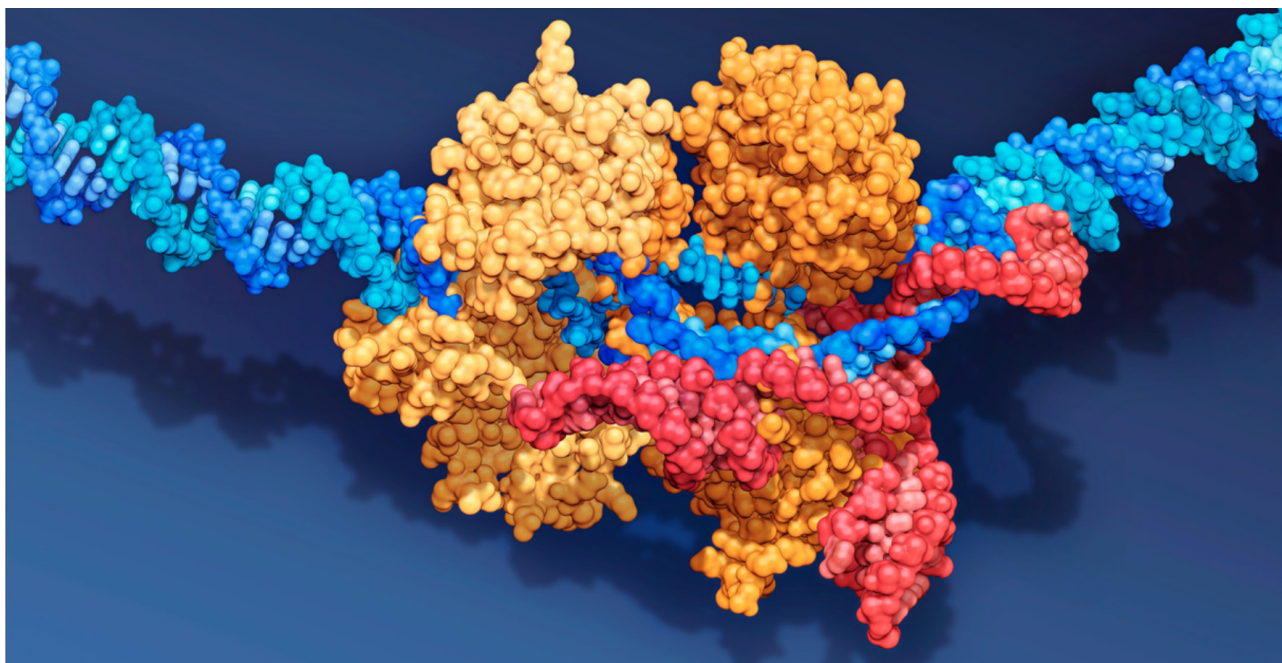


Fig. 5 - Aplicação na Biologia. Enzima CRISPR agindo sobre RNA. ScienceNews, March 1, 2022.

Soluções como essas costumam gerar grande quantidade de dados. É o caso, por exemplo, da coleta de dados em criomicroscopia, atividade que gera alguns terabytes de informação por dia e por equipamento. Essa massa de dados demanda enormes infraestruturas computacionais, e seu processamento utiliza técnicas de aprendizado de máquina não supervisionado para a obtenção de imagens. As políticas e responsabilidades no armazenamento, processamento e distribuição dessas informações são questões discutidas em âmbito mundial. Há vários aspectos relativos à gestão e distribuição dos dados que necessitam ser considerados e que, uma vez definidos, demandam investimento de grande magnitude.

No Brasil, há centros de excelência em microscopia eletrônica investindo em técnicas de criomicroscopia. Entretanto, o atual momento demanda investimentos para que esses centros possam expandir suas atividades e permitir que um maior número de pesquisadores e de indústrias tenham acesso às técnicas utilizadas. O avanço dessa tecnologia também deve favorecer a sólida comunidade de biólogos estruturais brasileiros que, apesar de competitiva internacionalmente, ainda não utiliza largamente a microscopia eletrônica. É desejável que haja investimentos para fomentar a criação de redes de microscopia onde os grupos de pesquisa em biologia estrutural tenham acesso à capacitação nessas técnicas e recursos para aquisição de infraestrutura básica de criomicroscopia eletrônica.

Os centros de excelência, por sua vez, necessitam de recursos para oferecer treinamento e avançar no estabelecimento de infraestruturas de fronteira. É importante salientar que as possibilidades do uso de dados vão além dos experimentos em si: com a coleta de grandes volumes de dados celulares, a informação disponível é de magnitude superior àquela associada a um fato específico investigado em um estudo particular. Preservar estes dados e permitir o avanço de técnicas de processamento é fundamental. Nesse sentido, pesquisadores devem ser treinados para o desenvolvimento de métodos que permitam avançar na capacidade de processamento dessa enorme massa de dados. A demanda por infraestrutura e capacitação é clara nesse sentido.

A informação genética experimenta grandes progressos e transformações. Dos alimentos aos animais geneticamente selecionados, o campo da genética cresce com o avanço de novas técnicas que possibilitam a edição genômica, como CRISPR (Conjunto de Repetições Palindrômicas Curtas Regularmente Interespaçadas). Em seu atual estágio de desenvolvimento, a genética nos permite “ler” e “escrever” no próprio código genético e, com isso, influir diretamente na natureza dos seres vivos. São inúmeras as possibilidades no campo da genética aliadas à inteligência artificial e à ciência intensiva de dados. A junção dessas ciências nos levam, inclusive, a questionamentos éticos sobre os limites a serem impostos na maneira como interferimos na condição humana, estabelecendo novas fronteiras para as ciências humanas e sociais.

**Agricultura** - O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo e precisa intensificar o uso de aprendizagem de máquina com tecnologias de grandes dados (*big data*) e computação de alto desempenho para criar novas oportunidades no domínio multidisciplinar de tecnologias da agricultura.

Exemplos de setores que podem se beneficiar da ciência intensiva de dados na agricultura incluem: (i) manejo da cultura; (ii) gestão pecuária, incluindo aplicações no bem-estar animal e na produção animal; (iii) gestão da água; e (iv) manejo do solo. Diversos trabalhos na literatura demonstram como a agricultura se beneficiará das tecnologias de aprendizado de máquina e inteligência artificial. A partir de dados fornecidos por sensores, é possível aplicar técnicas de aprendizagem de máquina para gerenciar áreas rurais. A previsão da produtividade — um dos tópicos mais importantes na agricultura de precisão — é de grande importância para o mapeamento e estimativa da produtividade, combinação da oferta da cultura com a demanda e gerenciamento da cultura para tornar a produção mais eficiente.



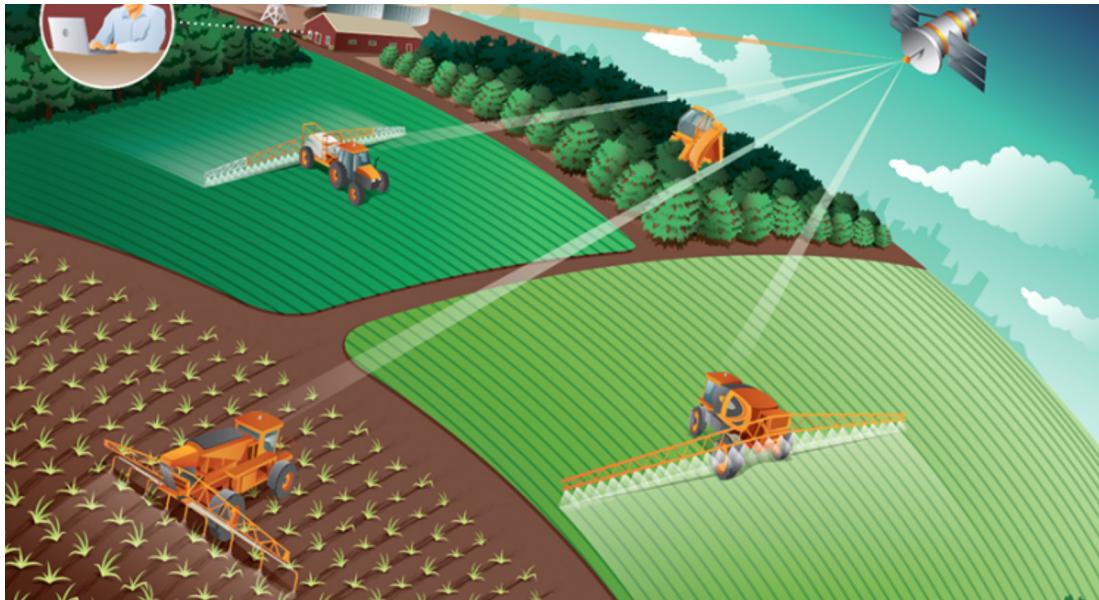


Fig. 6 - Agricultura de Precisão

A detecção e o manejo de ervas daninhas é outro problema significativo na agricultura: muitos produtores as consideram uma ameaça relevante à produção agrícola e de grande importância para a agricultura sustentável. Junto a sensores, os algoritmos de aprendizagem de máquina permitem a detecção e a identificação precisa de ervas daninhas — com vantagens como baixo custo e ausência de problemas ambientais ou efeitos colaterais.

O manejo da terra também se beneficia de aplicações de aprendizagem de máquina. Na prática, por exemplo, é possível mapear e identificar as propriedades do solo como a estimativa de secagem, temperatura e teor de umidade. O domínio de informações como essas permite que os pesquisadores entendam a dinâmica dos ecossistemas e seu impacto na agricultura.

## *Rede para pesquisa e inovação em ciência de dados*

Dada a importância da ciência intensiva de dados, propõe-se a criação de uma rede para pesquisa, desenvolvimento e aplicação na área. A rede deve conectar centros capazes de desenvolver pesquisa e formar recursos humanos especializados, operando por meio da articulação de seus grupos em um programa de pós-graduação multi-institucional.

As premissas para a criação da rede são:

- A ciência de dados é uma disciplina extremamente relevante de pesquisa e desenvolvimento e permite amplo espectro de aplicações inovadoras, além de possuir papel central no suporte à pesquisa científica e tecnológica de diversos campos do conhecimento;
- A análise de dados para apoio à tomada de decisão pelo setor público e privado requer mais desenvolvimento de infraestrutura e recursos humanos;
- A superação de desafios nacionais em distintas áreas exige a evolução de iniciativas públicas altamente demandantes da ciência de dados, com suas aplicações analíticas e algorítmicas;

- É necessário ampliar a abrangência e a qualidade da formação de pessoas em ciência de dados, consolidar a aproximação e integração com ambientes inovadores e disponibilizar o suporte adequado de uma ciberinfraestrutura (computação, comunicação e armazenamento).

As lacunas prementes incluem:

- Desconhecimento de processos de ciência de dados pelas instituições públicas e privadas;
- Falta de pesquisadores e profissionais com formação sólida nas diversas áreas da ciência de dados;
- Volume de dados do setor público se amplia, dificultando a qualidade da gestão e a tomada de decisão, atrasando boas soluções e comprometendo a governança;
- Necessidade de apoiar o ecossistema de empreendedorismo e inovação em ciência de dados com ciberinfraestrutura para processamento seguro de dados (incluindo armazenamento e visualização).

A proposta para a criação da rede contempla:

1. Identificar e qualificar centros institucionais para pesquisa em ciência de dados que sejam âncoras em certo domínio (materiais, saúde, clima, finanças etc.) para que apoiem outras áreas de pesquisa em suas organizações e fora dela;
2. Formar, a partir desses centros, uma rede de pesquisa em ciência de dados para o trabalho de pesquisa e formação multi-institucional.

Os principais objetivos da proposta são:

1. Realizar pesquisa, desenvolvimento e extensão, disponibilizando soluções para projetos de pesquisa básica e aplicada envolvendo ciência de dados;
2. Preparar e formar especialistas e profissionais qualificados em análise de dados e ciência de dados;
3. Promover a cooperação interna na rede e entre pesquisadores e parceiros científicos por meio da academia, da indústria e dos governos.



## Referências Bibliográficas

- Broholm, C. et al. 2016. **Basic Research Needs Workshop on Quantum Materials for Energy Relevant Technology**. USDOE Office of Science (SC)(United States).
- Davidovich (coord.). 2018. **Repensar a Educação Superior no Brasil – Análise, Subsídios e Propostas**. Estudos Estratégicos da Academia Brasileira de Ciências. Disponível em : [https://www.abc.org.br/IMG/pdf/livro\\_-\\_educac\\_a\\_o\\_superior.pdf](https://www.abc.org.br/IMG/pdf/livro_-_educac_a_o_superior.pdf). Acesso em: 4.fev.2022.
- De Andrade, J. B. (coord.).2021. **O FNDCT gera Ciência, Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento**. Pela derrubada dos vetos do PLP 135/2020 que inviabilizam o FNDCT Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, fev.2021. Disponível em: [https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Revista\\_FNDCT\\_ABC.pdf](https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Revista_FNDCT_ABC.pdf). Acesso em: 4.fev.2022.
- DiChristina, M. & Meyerson, B. S. 2021. **Top 10 Emerging Technologies of 2021**. Insight Report. November 2021
- Heney, P. 2021. **2021 Global R&D Funding Forecast released**. R&D World's annual Global Funding Forecast (Executive Edition). R&D World.
- IEL-Instituto Euvaldo Lodi et al. 2018. **Industria 2017**. Síntese dos resultados. Volume 1. Brasília: IEL/NC, 2018
- INEP. 2020. **Sinopse Estatística da Educação Superior 2020**. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
- OECD. 2021. **Education at a Glance 2021: OECD Indicators**. Chapter A.
- Schleder, G. R. et al. 2019. **From DFT to Machine Learning: recent approaches to Materials Science – a review**. J. Phys. Mater.
- Schwab, K. (2019). **The Global Competitiveness Report 2019**. World Economic Forum. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf)
- Schwartzman, S. 2001. **Um espaço para a ciência: a formação da comunidade científica no Brasil (Vol. 1)**. <http://www.schwartzman.org.br/simon/spacept/pdf/capit9.pdf>.
- Shearer, E., Stirling, R. & Pasquarelli, W. 2020. **AI Readiness Index 2020**. Oxford Insights, United Kingdom
- The World Bank. 2021. **Researchers in R&D (per million people)**. UNESCO Institute for Statistics. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6>
- Verma, E. 2021. **11 Artificial Intelligence Interview Questions to Prepare**. Simplilearn <https://www.simplilearn.com/artificial-intelligence-ai-interview-questions-and-answers-article>
- WIPO. 2021. **Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis**. Geneva: World Intellectual Property Organization

---

**Assessoria**

Fernando Carlos Azeredo Verissimo

**Projeto gráfico e diagramação**

Pedro Armando Santoro Dantas

**Revisão editorial**

Murilo Bomfim

---



Rua Anfilóbio de Carvalho, nº29 - 3º andar  
Rio de Janeiro, RJ - Brasil  
Tel.: +55 21 3907 . 8100

[abc@abc.org.br](mailto:abc@abc.org.br) | [www.abc.org.br](http://www.abc.org.br)



#ABCIências | #TodosPelaCiência