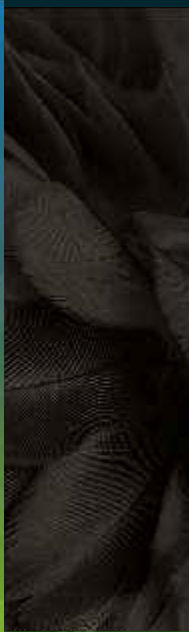


PROJETO DE CIÊNCIA PARA O

BRASIL



PROJETO DE CIÊNCIA PARA O

BRASIL

COORDENADORES

JERSON LIMA SILVA
JOSÉ GALIZIA TUNDISI

RIO DE JANEIRO
2018



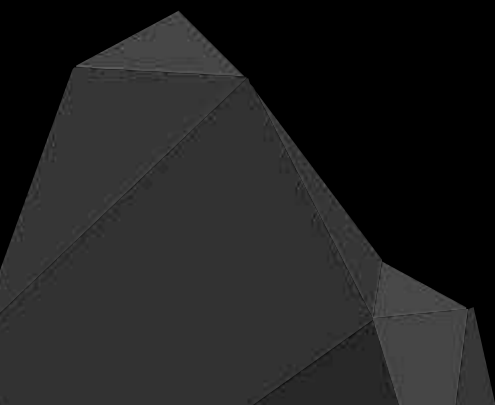
ACADEMIA
BRASILEIRA
DE CIÊNCIAS

MCMXVI

LISTA DE AUTORES

PARTICIPANTES DOS GRUPOS TEMÁTICOS DO PROJETO DE CIÊNCIA PARA O BRASIL

Os membros da Academia Brasileira de Ciências estão identificados por:
* Membro Titular ** Membro Afiliado



PESQUISA BÁSICA: A RAIZ DA CIÊNCIA

Coordenadores:**Belita Koiller***

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Glaucius Oliva*

Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo

André Báfica

Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia, Universidade Federal de Santa Catarina

Débora Foguel*

Instituto de Bioquímica Médica, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Félix Alexandre A. Soares**

Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria

José Reinaldo de Lima Lopes

Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo

Lívio Amaral*

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Marília Goulart*

Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas

SAÚDE POR INTEIRO

Coordenadores:**Patrícia T. Bozza***

Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz

Sérgio D. J. Pena*

Faculdade de Medicina e Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais

Cesar G. Victora*

Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Pelotas

Helena B. Nader*

Departamento de Bioquímica, Universidade Federal de São Paulo

Iscia Lopes Cendes*

Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas

Licio A. Velloso*

Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas

Manoel Barral-Netto*

Instituto Gonçalo Moniz, Fundação Oswaldo Cruz

Maurício L. Barreto*

Instituto Gonçalo Moniz, Fundação Oswaldo Cruz

Mauro M. Teixeira*

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais

Marcello A. Barcinski*

Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rafael Linden*

Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Roger Chammas*

Instituto do Câncer do Estado de São Paulo, Universidade de São Paulo

POR DENTRO DO CÉREBRO

Coordenadores:

Jorge Moll Neto

Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino

Roberto Lent*

Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Esper Abrão Cavalheiro*

Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo

João Ricardo Sato

Centro de Matemática, Computação e Cognição, Universidade Federal do ABC

Sidarta Ribeiro

Instituto do Cérebro, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Stevens Rehen

Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino

AR, ÁGUA E SOLO

Coordenadores:

Adalberto Luis Val*

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Virginia Ciminelli*

Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais

Carlos Tucci

Rhama Consultoria Ambiental Ltda.

Daniel Perez

Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Fabio Rubio Scarano

Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro/Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável

José Roberto Boisson de Marca*

Centro de Estudos em Telecomunicações, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Luiz Roberto Guimarães Guilherme

Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras

Paulo Artaxo*

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Paulo Saldiva*

Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo

Silvio Crestana

Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Wolfgang Junk*

Instituto Max Planck para Limnologia/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

BIODIVERSIDADE EM FOCO

Coordenadores:

Carlos Alfredo Joly*

Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas

Fabio Rubio Scarano

Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro/Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável

Alexander Turra

Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

Carlos Eduardo de Matos Bicudo*

Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

Carlos Eduardo Frickmann Young

Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

José Alexandre Felizola Diniz-Filho*

Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Goiás

Luiz Antônio Martinelli*

Centro de Energia Nuclear para Agricultura, Universidade de São Paulo

Maria Manuela Ligeti Carneiro da Cunha*

Universidade de Chicago/Universidade de São Paulo

Mercedes Maria da Cunha Bustamante*

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília

Paulo Moutinho

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

Rafael Loyola**

Laboratório de Biogeografia da Conservação, Universidade Federal de Goiás/Centro Nacional para a Conservação da Flora, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro

CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Coordenadores:

Evaldo Ferreira Vilela*

Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa

Elíbio Leopoldo Rech Filho*

Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Acelino Couto Alfenas*

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa

Alfredo Scheid Lopes

Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras

Adriano Nunes-Nesi**

Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa

Antônio Márcio Buainain

Núcleo de Economia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas

Agustin Zsögön

Departamento de Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa

Bruno dos Santos A. Figueiredo Brasil

Secretaria de Pesquisa e Desenvolvimento, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Cléber Oliveira Soares

Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Daniel Sobreira Rodrigues

Fazenda Experimental Santa Rita, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Dario Grattapaglia*

Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Denise Aparecida Andrade

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais

Élcio Perpétuo Guimarães

Embrapa Arroz e Feijão, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Eric Arthur Bastos Routledge

Embrapa Pesca e Agricultura, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Esdras Sundfeld

Agroindústria de Alimentos, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Frederico Ozanan Machado Durães

Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Gabriel D. Resende

Fibria Celulose S. A.

Geraldo Berger

Monsanto Brasil Ltda.

Grácia Maria Soares Rosinha

Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Iran Borges

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais

Ítalo Delalibera Jr.

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

Jenner Karlisson Pimenta dos Reis

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais

José Roberto P. Parra*

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

José Maurício S. Bento

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

José Oswaldo Siqueira*

Instituto Tecnológico Vale

José Lúcio dos Santos

Microbiologia Veterinária Especial, Microvet

João Lúcio de Azevedo*

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

João de Mendonça Naime

Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Jorge Colodette

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa

Lázaro Eustáquio Pereira Peres

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

Leonardo José Camargo Lara

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais

Lineu Neiva Rodrigues

Embrapa Cerrados, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Luiz Roberto Guimarães Guilherme

Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras

Márcio Elias Ferreira

Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Marcos Heil Costa

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa

Maurício Antônio Lopes

Presidência, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Niro Higuchi*

Departamento de Silvicultura Tropical, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Paulo Estevão Cruvinel

Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Ricardo S. Martins

Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais

Rômulo Cerqueira Leite

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais

Romário Cerqueira Leite

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais

Ronald Kennedy Luz

Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais

Thierry Ribeiro Tomich

Embrapa Gado de Leite, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Silvio Crestana

Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

CLIMA EM TRANSFORMAÇÃO**Coordenadores:****Paulo Artaxo***

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

José Marengo*

Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

Ana Paula Dutra de Aguiar

Centro de Ciências do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Edmo Campos*

Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

Eduardo Delgado Assad

Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Eduardo Haddad

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo

Fabio Rubio Scarano

Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro/Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável

Gilberto de Martino Jannuzzi

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas

Luiz Drude de Lacerda*

Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará

Maria Assunção Faus da Silva Dias*

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo

Maria de Fátima Andrade

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo

Martha Barata

Comissão Interna de Gestão Ambiental do Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz

Moacyr Araújo

Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco

Paulo Moutinho

Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

Regina Rodrigues

Coordenação de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina

Reinhardt Adolfo Fuck*

Instituto de Geociências, Universidade de Brasília

Roberto Schaeffer

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Sandra Hacon

Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz

Sergio Margulis

Instituto Internacional para Sustentabilidade

Tércio Ambrizzi*

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo

CIDADES SUSTENTÁVEIS E INTELIGENTES

Coordenadores:

José Roberto Boisson de Marca*

Centro de Estudos em Telecomunicações, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Eduardo Marques

Departamento de Ciência Política e Centro de Estudos da Metrópole, Universidade de São Paulo

Artur Ziviani

Laboratório Nacional de Computação Científica

Eduardo Moreira da Costa

Instituto LabCHIS (Cidades mais Humanas, Inteligentes e Sustentáveis)/Departamento de Engenharia do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina

Flávia Feitosa

Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC

José Palazzo M. de Oliveira

Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Luiz Augusto Bellusci

Navis Design e Tecnologia

Renata Bichir

Centro de Estudos da Metrópole, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

Úrsula Peres

Centro de Estudos da Metrópole, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

Vinicius M. Netto

Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense

Virginia Ciminelli*

Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais

CIÊNCIA CONTRA A POBREZA

Coordenadores:

Elisa P. Reis*

Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Ricardo Paes de Barros*

Instituto Ayrton Senna/Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa

Beatriz Silva Garcia

Instituto Ayrton Senna/Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa

Laura Muller Machado

Instituto Ayrton Senna/Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa

Marcello A. Barcinski*

Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Naercio Aquino Menezes Filho*

Cátedra Instituto Futuro Brasil, Insper - Instituto de Ensino e Pesquisa

Paulo Marchiori Buss

Centro de Relações Internacionais em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz

Simon Schwartzman*

Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade

ENERGIA, UM DESAFIO PARA O FUTURO**Coordenadores:****Edson Watanabe***

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

José Goldemberg*

Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo

Adnei Andrade

Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo

Adolpho José Melfi*

Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo

Aquilino Senra

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Colombo C. G. Tassinari*

Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

Dorel Soares Ramos

Escola Politécnica, Universidade de São Paulo

Fernando L. M. Antunes

Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará

Gilberto de Martino Jannuzzi

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas

José Roberto Moreira

Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo

Leandro Alcoforado Sphaier**

Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense

Lívio Amaral*

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Paulo Artaxo*

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Ricardo Galvão*

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Segen Estefen

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

VALORIZAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS

Coordenadores:

Aroldo Misi*

Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia

Fernando A. Freitas Lins

Centro de Tecnologia Mineral

ÁGUA EM FOCO

Coordenador:

Francisco Antônio Rodrigues Barbosa

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais

CIÊNCIAS DO MAR

Coordenadores:

Luiz Drude de Lacerda*

Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará

Edmo Campos*

Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

Alexander Turra

Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

Andrei Polejack

Coordenadoria Geral de Oceanos, Antártica e Geociências, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

José Muelbert

Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande

Michel Mahiques

Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

Paulo Nobre

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Segen Estefen

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

BRASIL NO ESPAÇO

Coordenadores:

Ricardo Galvão*

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Valder Steffen Jr.*

Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia

Adenilson Silva

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Amauri Silva Montes

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Antonio Carlos Pereira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Carlos de Oliveira Lino

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Carlos Gurgel Veras

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília

Cesar Ghizoni

Equatorial Sistemas S.A.

Fabiano Luis de Sousa

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Gilberto Câmara

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Haroldo de Campos Velho

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

João Braga

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

João Luiz Filgueiras de Azevedo

Instituto de Aeronáutica e Espaço

João Steiner*

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo

João Viane Soares

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

João Vital Cunha Junior**

Instituto de Física, Universidade Federal do Pará

Leila Fonseca

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Leonel Perondi

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Luis Eduardo Loures da Costa

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Manoel Mafra de Carvalho

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Marco Antonio Chamon

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Maria de Fatima Mattiello Francisco

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Mauricio Gonçalves Vieira Ferreira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Milton Chagas

Programa de Mestrado e Doutorado em Administração, Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas

Petrônio Noronha de Souza

Diretoria de Política Espacial e Investimentos Estratégicos, Agência Espacial Brasileira

Ricardo de Queiroz Veiga

Equatorial Sistemas S.A.

Walter Bartels

Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil

NOVAS TECNOLOGIAS PARA O SÉCULO XXI

Coordenadores:

Marcos A. Pimenta*

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais

Ricardo T. Gazzinelli*

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais/Centro de Pesquisa René Rachou, Fundação Oswaldo Cruz

Virgílio Almeida*

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais

Gilberto Medeiros

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais

Gustavo B. Menezes**

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais

Gustavo C. Cerqueira

Instituto Broad, Instituto de Tecnologia de Massachusetts

João T. Marques

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais

Marcio de Castro Silva Filho*

Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

Mayana Zatz*

Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo

Nivio Ziviani*

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais

Oscar Mesquita

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais

Oswaldo Luiz Alves*

Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas

Roberto Faria*

Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo

Samuel Goldenberg*

Instituto Carlos Chagas, Fundação Oswaldo Cruz

Santuza R. Teixeira

Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais

Virginia Ciminelli*

Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais

Wagner Meira Jr.

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais

O CAMINHO DA INOVAÇÃO

Coordenadores:

João Fernando Gomes de Oliveira*

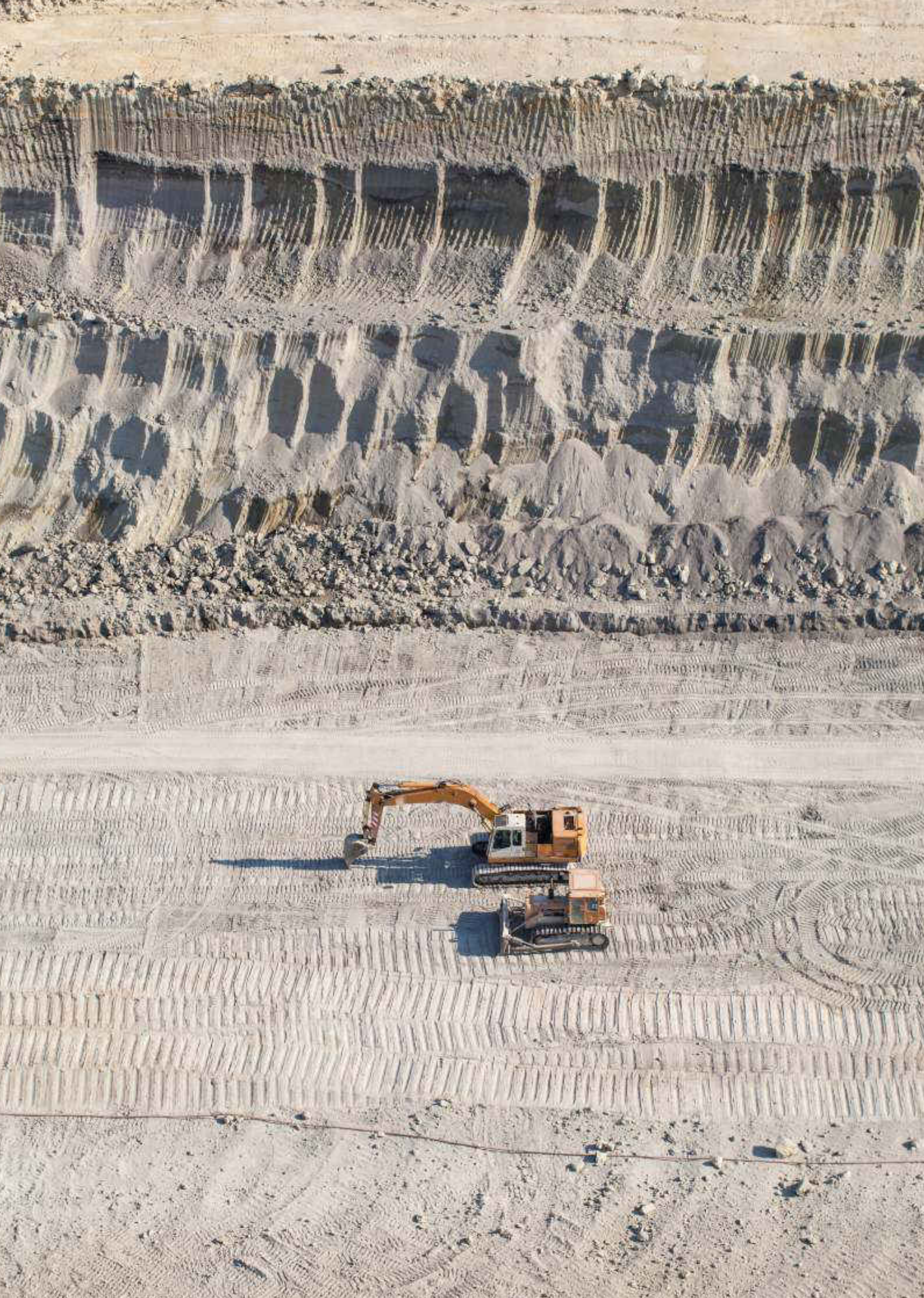
Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo

Jorge Almeida Guimarães*

Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial/Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Alvaro Toubes Prata*

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina



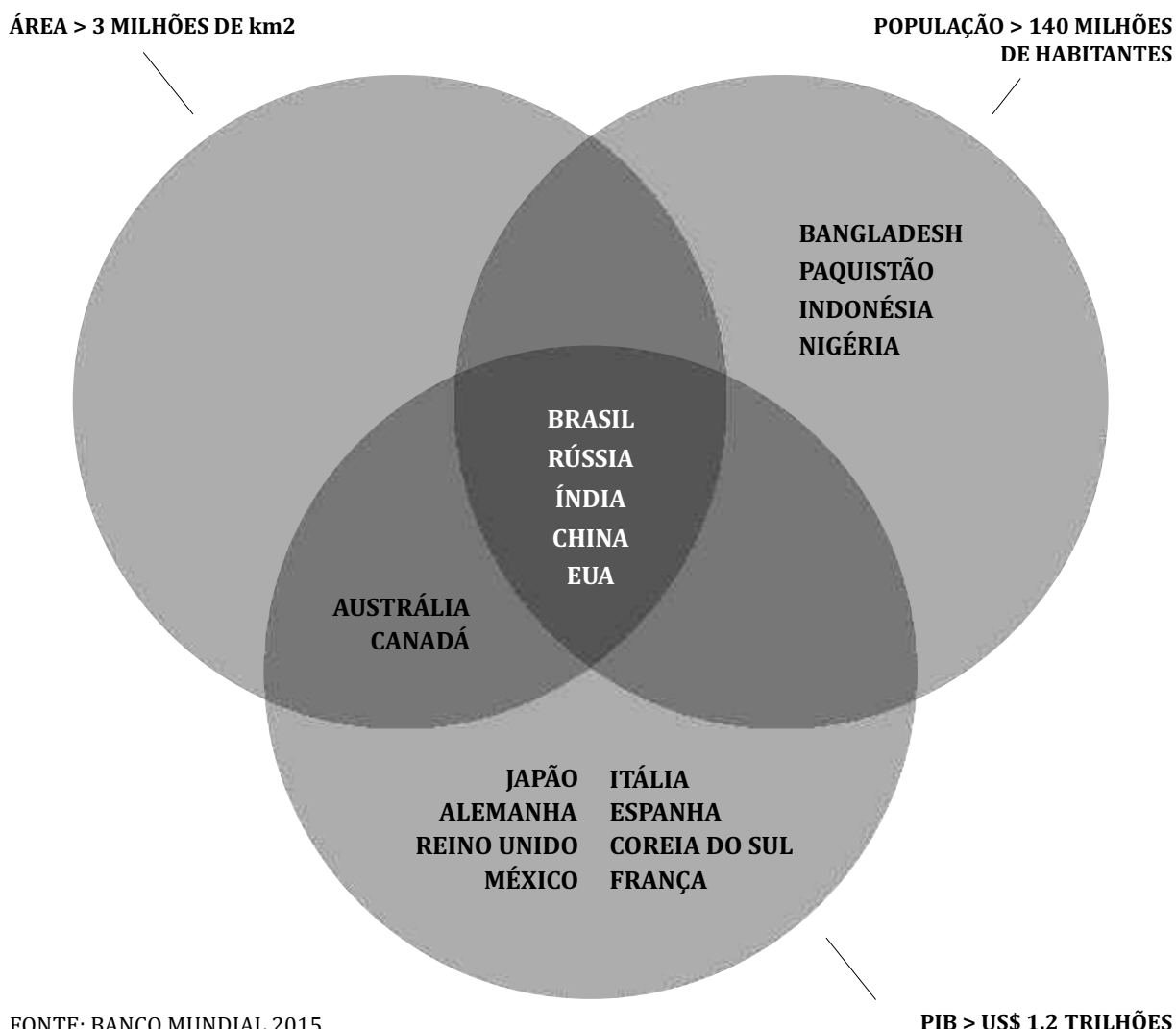
11

VALORIZAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS

BRASIL PRECISA DEIXAR DE EXPORTAR APENAS
COMMODITIES PARA SE TORNAR TAMBÉM
EXPORTADOR DE PRODUTOS DE BASE MINERAL
COM ALTO VALOR AGREGADO

A mineração está presente em muitos aspectos do dia a dia de todas as pessoas: de materiais usados para pavimentar ruas e construir prédios àqueles utilizados na fabricação de joias, celulares e outros aparelhos eletrônicos, há produtos minerais espalhados por toda parte. Por isso, os recursos minerais são imprescindíveis para o desenvolvimento econômico e social de qualquer nação. No Brasil, economia e mineração caminham juntas desde o período colonial, quando a extração de ouro atraiu a atenção dos portugueses e fomentou o desenvolvimento de várias cidades.

Atualmente, o Brasil está entre os seis países com maior potencial mineral do mundo, ficando ao lado do Canadá, dos Estados Unidos e da Austrália graças à sua grande área territorial, associada a uma enorme diversidade de ambientes geológicos.



Juntas, as atividades de mineração (sem petróleo e gás) e a indústria da transformação mineral são responsáveis por cerca de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e, apresentando saldo comercial sempre positivo, respondem por cerca de 20% das exportações. As exportações da mineração corresponderam a 11% do resultado total em 2017, destacando-se o minério de ferro como principal produto exportado.^[i]



No entanto, é importante lembrar que o baixo grau de agregação de valor na cadeia mineração-metalurgia-produto faz do Brasil um exportador de *commodities*, que são muito sujeitas às variações cíclicas do mercado internacional. Para reduzir sua vulnerabilidade, o país precisa se tornar exportador de produtos minerais industrializados. Mais do que isso, tem potencial para assumir um papel de liderança global no desenvolvimento de tecnologias neste setor e, em longo prazo, estabelecer-se como um exportador de tecnologia mineral, a exemplo de países como a Suécia e a Finlândia (que já foram produtores minerais importantes), assim como a Austrália que, além de ser um importante produtor mineral, tem se destacado também no desenvolvimento e na exportação de tecnologias. Obviamente, para que isso seja possível, são necessários investimentos em ciência, tecnologia e inovação para o setor mineral. A seguir, destacam-se alguns temas prioritários de pesquisa na área.

PRINCIPAIS MINAS BRASILEIRAS



-  **Alumínio:** São Lourenço (MG), Juriti (PA), Oriximiná (PA), Paragominas (PA), Itamarati de Minas (MG)
-  **Carvão mineral:** Criciúma (SC), Candiota (RS)
-  **Cobre:** Chapada (GO), Sossego (PA), Salobo (PA), Carajás (BA)
-  **Crisotila:** Cana Brava (GO)
-  **Cromita:** Campo Formoso (BA) e Jacuricé (BA)
-  **Estanho:** Bom Futuro (RO), Massangana (RO), São Lourenço (RO)
-  **Ferro:** Quadrilátero Ferrífero (MG), Canaã dos Carajás (PA)
-  **Fosfato:** MCT (MG), Lagamar (MG), Irecê (BA), Catalão (GO), Ovidor (GO), Cajati (SP).
-  **Grafita natural:** Tijuco Preto (MG), Imidia (BA), Mina da Paca (MG), Zé Crioulo (MG)
-  **Magnesita:** Brumado (BA)
-  **Manganês:** Azul (PA), Lucas (MG), Urucum (MS), Comin (MS), Buritirama (PA), Morro da Mina (MG)
-  **Nióbio:** Barreiro (MG), Boa Vista (GO)
-  **Níquel:** Itagibá (BA), Buriti (GO), Barro Alto (GO), Niquelândia (GO), Onça-Puma (PA)
-  **Ouro:** Fazenda Nova (GO), Aurizona (MA), Jacobina (BA), Morro do Ouro (GO), Pedra Branca do Amapari (AP), Crixás (GO), São Vicente (MT), São Francisco (MT), Santa Bárbara (MG), Sabará (MG), Cocais (MG), Caeté (MG).
-  **Potássio:** Taquari/Vassouras (SE).
-  **Tântalo:** Presidente Figueiredo (AM)
-  **Vanádio:** Maracás (BA)
-  **Vermiculita:** São Luis de Montes Belos (GO)
-  **Zinco:** Vazante (MG), Morro Agudo (MG)

O PAPEL DA CIÊNCIA NA DESCOBERTA DE DEPÓSITOS MINERAIS

A descoberta de um depósito mineral não se constitui uma tarefa simples, não só pela sua raridade, mas porque o depósito ou concentração mineral resulta de uma enorme diversidade de complexos processos geológicos. Trata-se de uma anomalia da natureza e a sua localização, na maioria das vezes, encontra-se em profundidade. Metodologia científica e técnicas inovadoras são sempre necessárias em todas as etapas da exploração mineral. Nos países onde existe aproveitamento econômico dos recursos minerais, a exploração mineral ou pesquisa mineral é realizada por instituições governamentais e por empresas privadas, com apoio de pesquisadores, laboratórios e centros de pesquisa das universidades, aptos a desenvolver modelos metalogenéticos (ou de depósitos minerais) com bases científicas consistentes.

ETAPAS DA EXPLORAÇÃO MINERAL^[ii]



Cabe às empresas de mineração, principalmente, o papel da descoberta de depósitos minerais economicamente viáveis e a colocação dos mesmos em produção. Nesse processo, elas utilizam dados disponibilizados pelas instituições governamentais e pelo meio acadêmico e investem recursos para o desenvolvimento de modelos exploratórios que permitam a redução de custos no dimensionamento das reservas e no estabelecimento de sua viabilidade econômica.

Para o desenvolvimento de modelos metalogenéticos e exploratórios, as empresas utilizam o conhecimento científico desenvolvido no meio acadêmico – notadamente, nos centros de pesquisa e nos laboratórios especializados localizados nas universidades. No Brasil, o Serviço Geológico (ainda conhecido pelo acrônimo CPRM, de Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), encarrega-se dos levantamentos regionais, incluindo mapeamentos geológicos, geoquímicos e aerogeofísicos, sensoriamento remoto e outros, além da guarda e da manutenção desses dados para disponibilização pública. A CPRM também produz informações necessárias à promoção do uso sustentável dos recursos minerais.



Paralelamente, alguns poucos estados mantêm estruturas ou instituições governamentais voltadas para a produção de dados visando ao desenvolvimento do setor mineral no seu território. É o caso, por exemplo, da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) e da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (Codemig), antiga Metais de Minas Gerais S.A (Metamig). Instituições como essas têm atuado, em maior ou menor grau e ao longo de vários anos, em colaboração com os grupos de pesquisa e laboratórios das universidades locais.

No meio acadêmico, existem quase 80 grupos de pesquisa científica da área de geociências certificados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), dos quais 19 atuam em linhas de pesquisa diretamente relacionadas ao desenvolvimento de modelos metalogenéticos e exploratórios. Existem, ainda, diversos laboratórios especializados, localizados principalmente nas universidades e utilizados pelos pesquisadores desses grupos de pesquisa, bem como pelas instituições governamentais e pelas empresas.

Os serviços geológicos e algumas empresas, principalmente as de maior porte, costumam liberar técnicos para fazer pós-graduação ou para cursar disciplinas em cursos de extensão promovidos pelas universidades ou participar dos programas de pós-graduação, como alunos especiais. Além disso, empresas e instituições governamentais ligadas ao setor mineral convidam pesquisadores de instituições acadêmicas para que ministrem internamente cursos de curta duração.

5 LIMITAÇÕES PARA O SETOR DE MINERAÇÃO NO BRASIL

Há pouco conhecimento geológico do território nacional e das províncias minerais do país. Esse conhecimento é insuficiente para orientar a prospecção mineral em território brasileiro.^[iii]

Outros países, como Canadá, Austrália e África do Sul, têm suas províncias minerais e distritos mineiros mapeados com precisão e investem muito mais na produção desse tipo de conhecimento.

Investe-se pouco em tecnologia mineral. O orçamento anual do Cetem, principal instituição de tecnologia mineral, embora tenha melhorado de forma significativa em 2017, com a destinação de 1,8% dos *royalties* da mineração, ainda é muito inferior aos

centros tecnológicos dos setores elétrico (Cepel), agropecuário (Embrapa) e de petróleo e gás (Cenpes). É flagrante a falta de correspondência entre a importância do setor mineral para o país e os recursos destinados ao seu desenvolvimento tecnológico e inovação. Esse descompasso tem como consequência o fato de o Brasil permanecer, ainda hoje, um exportador de *commodities*, em vez de produtos minerais de alto valor agregado. As empresas de mineração, em geral, ainda investem pouco em pesquisa e inovação.

O apoio à infraestrutura laboratorial e à formação de recursos humanos em universidades e centros de pesquisa é intermitente. Embora tenha havido investimentos maciços nessa área entre 2004 e 2014, incluindo esforços para a formação de recursos humanos na pós-graduação,^[iv] a descontinuidade desse apoio, os excessivos procedimentos burocráticos exigidos e, principalmente, a falta de recursos para manutenção dos laboratórios criados e para a criação de novos têm prejudicado o desenvolvimento de pesquisas em cooperação com as instituições governamentais ligadas ao setor mineral e com as empresas de exploração mineral e de mineração.

Profissionais altamente qualificados não são inseridos no mercado. Um percentual muito baixo de profissionais com pós-graduação é aproveitado no setor. Apenas 1,3% dos mestres e 0,6% dos doutores formados em programas de pós-graduação em 2010 e relacionados à indústria extrativa e de transformação mineral foram absorvidos, e esse cenário não parece ter mudado desde então.^[v] Dados como este confirmam que o setor mineral brasileiro é pouco dinâmico no que diz respeito a pesquisa, inovação e desenvolvimento, o que seria fundamental para mudar a posição brasileira nas cadeias globais de valor.

Academia e indústria não interagem. Diferentemente do que acontece em outros países com grande potencial mineral, no Brasil, os meios acadêmico e produtivo têm pouca interação. Embora haja algumas experiências positivas nesse sentido, é preciso ampliar a comunicação entre esses setores.

TECNOLOGIA MINERAL E INOVAÇÃO

O aproveitamento econômico dos depósitos minerais depende, entre outros fatores, do desenvolvimento de tecnologias específicas para cada caso, que permitam, por exemplo, a extração dos seus elementos químicos de modo eficiente e sustentável para serem usados na indústria. Grandes empresas que atuam no país, sejam elas nacionais ou estrangeiras, certamente adotam, ou adotarão no futuro, as melhores tecnologias disponíveis para sua área de atuação. No entanto, constata-se que a maioria dessas tecnologias é desenvolvida fora do Brasil.^[vi]

A situação das micro, pequenas e médias mineradoras, que representam mais de 80% do universo de empresas atuantes no país, é diferente. Elas enfrentam o desafio de aprimorar seus processos produtivos e lidar com questões ambientais e de gestão empresarial,^[vii] o que abre oportunidade para a inovação também no âmbito nacional.

Na área de pesquisa e desenvolvimento, o Brasil possui departamentos universitários de engenharia de minas, metalurgia e materiais bem conceituados, e alguns institutos de pesquisa relativamente bem consolidados nos tópicos que constituem a tecnologia mineral, destacando-se o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), único instituto público com foco em tecnologia mineral.

O mesmo Ministério opera, desde 2000, um fundo setorial de recursos minerais (CT-Mineral), que recebia 2% dos *royalties* da mineração. A Lei 13.540, de 18 de dezembro de 2017, mudou a distribuição dos *royalties*, atribuindo 1% ao CT-Mineral e 1,8% ao Cetem. Esses 2,8% devem corresponder, em 2018, a algo em torno de R\$ 90 milhões. Apesar da importante mudança, especialmente quanto ao fortalecimento do Cetem, os recursos são ainda insuficientes para as necessidades de ciência, tecnologia e inovação do setor. Com efeito, trata-se de recurso muito inferior àqueles dos fundos setoriais geridos pelo MCTIC e dedicados a outros setores econômicos com base nos recursos naturais, como petróleo e gás (R\$ 1 bilhão), energia elétrica (R\$ 300 milhões) e agropecuária (R\$ 130 milhões). De qualquer modo, o contingenciamento que prevalece nos últimos anos tem esterilizado os aportes para ciência, tecnologia e inovação em diferentes áreas.

Entre os temas desafiadores da prática da mineração global que requerem novos desenvolvimentos tecnológicos, destacam-se a lavra mineral em grandes profundidades, o aproveitamento econômico de depósitos minerais (especialmente os metálicos) com teores mais baixos e mais impurezas e a mineração em locais remotos. De uma maneira geral, todos esses desafios correspondem a maior demanda por água e energia para a produção final – a inovação tecnológica tem, portanto, o papel de melhorar a competitividade das empresas com sustentabilidade.

Especificamente no caso brasileiro, um aspecto em que a pesquisa científica poderia trazer importante contribuição para o desenvolvimento de tecnologias e para a economia é a caracterização de depósitos minerais de superfície ou lateríticos. No Brasil, graças ao clima, as rochas e os minerais primários nelas contidos estão em boa parte recobertos por um espesso manto de alteração que, em alguns casos, proporciona concentração ou reconcentração dos depósitos minerais primários, permitindo a formação de depósitos economicamente viáveis para extração ou lavra. O conhecimento científico do funcionamento do sistema solo em cada caso é fundamental para a exploração mineral.

Além dos desafios próprios do setor, a mineração enfrenta também o desafio da modernização da indústria em geral, em face das novas tecnologias que estão se disseminando. A denominada Indústria 4.0 compreende um sistema sofisticado de produção, que se caracteriza pela maior integração entre máquinas e operadores. Para tanto, são fundamentais os avanços científicos e tecnológicos que levem ao desenvolvimento de tecnologias de informação e comunicação embarcadas nas máquinas, incluindo aspectos como automação, robótica, Internet das Coisas, *big data*, manufatura avançada (impressão 3D), sensores e operação remota, entre outras inovações que levarão à Mineração 4.0.

As inovações tecnológicas em todas as etapas da produção mineral parecem ser uma tendência irreversível, com efeitos positivos também sobre a sustentabilidade do projeto mineiro, em decorrência do melhor controle ambiental, incluindo cuidado com os efluentes e maior segurança operacional. Com esses recursos, pode-se otimizar toda a operação dos equipamentos, com ganhos em eficiência e agilidade e resultados como melhor qualidade, menor custo de operação e manutenção e maior produtividade.

As mesmas considerações sobre inovação aplicam-se à metalurgia extrativa, que engloba os vários processos para produção de metais e elementos não metálicos de interesse industrial, a partir de seus minérios e concentrados minerais.

Por fim, outro desafio importante para a indústria mineradora no Brasil é mudar a percepção negativa que a sociedade em geral tem da atividade de mineração. Não se trata de simples questão de *marketing* – ao contrário, cabe à indústria demonstrar com estudos e evidências que os benefícios da mineração superam os inevitáveis impactos inerentes à atividade. A interação das empresas com a comunidade local em bases mutuamente favoráveis deve ser um objetivo permanente, e a chamada “licença social para operar” talvez seja um dos maiores desafios da indústria de mineração, atualmente e no futuro.

SETOR MINERAL E DESENVOLVIMENTO NACIONAL

Recentemente, o MCTIC divulgou o documento *Estratégia Nacional para Ciência, Tecnologia e Inovação* (ENCTI 2016-2022).^[viii] São listados nesse documento tópicos ou desafios que demandam soluções, e alguns deles têm relação com o aproveitamento de recursos minerais.

Embora seja clara a relação entre o setor mineral e alguns dos 12 temas estratégicos, infelizmente muito pouco espaço foi dado ao conhecimento científico da área. A única exceção é o setor de petróleo e gás, que vem sendo bem atendido (e deve continuar a ser). Para o restante do setor mineral, o documento do MCTIC considerou apenas a agregação de valor aos bens minerais tidos como estratégicos, dos quais são destacados somente os agrominerais, o carvão mineral, as terras raras, o silício e o lítio. A ABC acredita, no entanto, que há muitas outras soluções a serem encontradas com relação ao setor mineral. São temas estratégicos para o desenvolvimento, a autonomia e a soberania nacionais que dependem de investimentos em ciência, tecnologia e inovação:

1

Realizar o mapeamento geológico das províncias minerais e dos distritos mineiros, com apoio de tecnologias avançadas de sensoriamento remoto, análise espectral, levantamentos geofísicos e geoquímicos;

2

Desenvolver modelos de depósitos minerais (modelos metalogenéticos) com bases científicas solidamente construídas a partir de dados de observações de campo, levantamentos geofísicos regionais e de detalhe, além de análises laboratoriais, a fim de dar suporte aos modelos exploratórios a serem desenvolvidos pelas empresas. Foco maior deve ser dado ao estudo dos bens minerais necessários ao setor agropecuário (fosfato e potássio), assim como às terras raras e a outros minerais ainda importados pelo Brasil;

3

Adaptar geotecnologias avançadas já existentes e criar novas tecnologias que permitam integração e análise interpretativa de dados geológicos, geoquímicos e geofísicos em espaço tridimensional, em diversas escalas;

4

Aprofundar os estudos operacionais para a lavra mineral, de modo a possibilitar a construção de programas adaptados à realidade nacional para o gerenciamento de equipamentos de carregamento e transporte, aplicados à lavra a céu aberto e em subsolo;

5

Incentivar pesquisas na área de fragmentação de rochas, buscando otimizar os processos de desmonte de rochas e operações de cominuição (britagem e moagem);

6

Realizar estudos na área de mecânica de rochas envolvendo estabilidade de taludes a céu aberto e dimensionamento de vias subterrâneas, com desenvolvimento de equipamentos para monitoramento *online* de deformações e tensões, bem como pesquisa envolvendo estabilidade das barragens de rejeito, tema que ganhou importância recentemente;

7

Criar soluções para o aproveitamento ótimo dos recursos no beneficiamento de minérios, promovendo a sustentabilidade;

8

Otimizar as rotas de cominuição (britagem e moagem), com uso de novos equipamentos de eficiência energética e desenvolvimento de modelos e técnicas de caracterização específicas para moagem autógena e semi-autógena (moagem de minérios que faz uso dos fragmentos grossos do próprio minério);

9

Desenvolver modelos para o processo de flotação (principal técnica de concentração e enriquecimento de minérios), a fim de melhor prever o comportamento das partículas minerais na zona de coleta (onde ocorre o contato bolha-partícula mineral) e para o melhor entendimento dos fenômenos ocorridos na zona de espuma, de modo a aperfeiçoar as tecnologias existentes;

10

Pesquisar as etapas do processo de separação sólido-líquido, de crescente importância, já que os custos de disposição de rejeitos finos estão associados à obtenção de licenças ambientais para construção de barragens. Uma alternativa possível é a tecnologia de pastas (adensamento dos rejeitos) com espessadores de alta capacidade;

11

Pesquisar a modelagem e a simulação de processos hidrometalúrgicos, assim como investigar sistemas reacionais autocatalíticos para a lixiviação (solubilização) de minérios, incluindo o emprego de ferramentas de modelagem molecular;

12

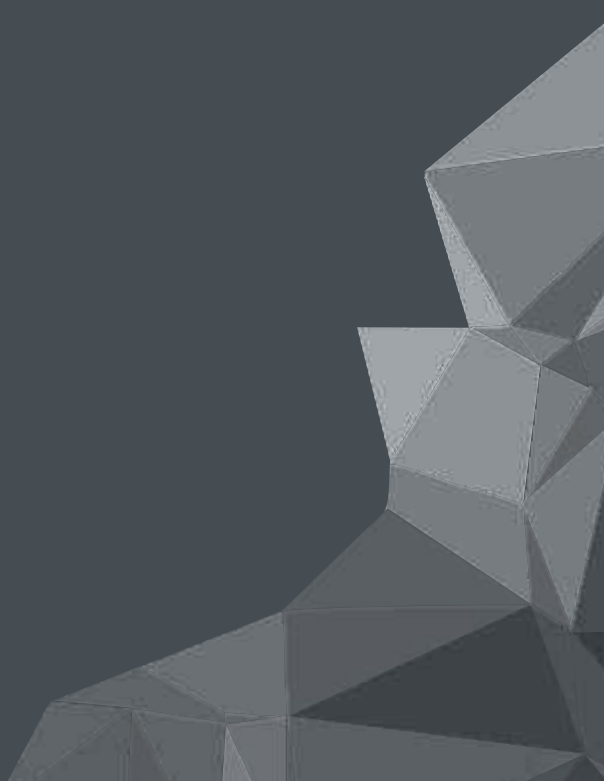
Desenvolver reagentes mais seletivos para o processo de lixiviação de minérios complexos e pesquisar a utilização de tratamentos não-convencionais, como a aplicação de ultrassom ou micro-ondas;

13

Estudar a utilização de misturas de extratantes e seus efeitos sinérgicos no processo de extração por solventes, usado, por exemplo, na separação seletiva de elementos de terras raras;

14

Intensificar as pesquisas em biometalurgia e sobre a interação mineral-micro-organismo para a solubilização de metais.



SUORTE NECESSÁRIO À PESQUISA

Para que os temas acima destacados sejam, de fato, estudados em maior profundidade, levando ao avanço do conhecimento da ciência dos recursos minerais e a inovações na indústria do setor, é imprescindível a criação de editais para financiamento de projetos de pesquisa em assuntos estratégicos. O MCTIC, por meio de suas agências de fomento, e as fundações estaduais de amparo à pesquisa têm papel fundamental nesse processo.

Além disso, são necessários investimentos em manutenção e criação de laboratórios nas universidades, voltados a análises de isótopos estáveis e radiogênicos, análises químicas para elementos-traço, inclusões fluidas e microsonda eletrônica, entre outros. Esse pode ser um esforço combinado entre o MCTIC e o MME.

Outra área que precisa dar suporte ao desenvolvimento científico e tecnológico no setor mineral é a formação de recursos humanos. Para tal, sugere-se o fortalecimento de programas de pós-graduação que desenvolvem linhas de pesquisa na área mineral, além de estímulos à capacitação de recursos humanos em modelagem dos depósitos minerais e a criação dessa linha de pesquisa em outros programas. Também deve ser incentivada a criação de programas de extensão universitária, nos quais possam ser oferecidos cursos intensivos e condensados de interesse do setor mineral, de modo a permitir que profissionais de empresas participem. Muitas das disciplinas oferecidas durante esses programas de extensão poderão fazer parte dos programas de pós-graduação.

A promoção de intercâmbios internacionais também pode auxiliar tanto na formação de recursos humanos quanto no avanço das pesquisas. Por isso, é recomendável facilitar a vinda de pesquisadores e profissionais especializados de centros avançados no exterior, bem como a ida de pesquisadores brasileiros para períodos de intercâmbio nesses centros. Essa iniciativa pode incluir (mas não deve estar restrita a) bolsas de doutorado sanduíche.



Por fim, é fundamental promover parcerias para uma maior colaboração entre o meio acadêmico, as empresas e as instituições governamentais. Cabe ao MCTIC e ao MME promover essas parcerias, divulgando informações sobre laboratórios, centros de pesquisa e grupos de pesquisa qualificados que atuam na área mineral, e também estimulando e realizando reuniões entre dirigentes dessas instituições e pesquisadores.

A parceria das empresas de mineração e dos órgãos do governo com a academia precisa ser estimulada por meio de ações efetivas, que devem incluir contatos diretos do MCTIC, do MME e da própria ABC com as empresas e suas entidades representativas, no sentido de encontrar meios para eliminar desconfiças que muitas vezes partem, por um lado, de profissionais pouco informados atuando nas empresas e, por outro, de acadêmicos insensíveis aos valores e necessidades empresariais.

Nesse sentido, a Medida Provisória 790/2017, que não chegou a ser votada no Congresso e caducou, previa a obrigação de a empresa detentora de título de concessão de lavra investir pelo menos 0,5% de sua receita operacional líquida anual em pesquisa e desenvolvimento do setor mineral. A ABC apoia a retomada dessa iniciativa, considerada muito importante para a dinamização e a inovação da mineração no país. Vale registrar que empresas dos setores de petróleo e gás, de energia elétrica e de telecomunicações já são legalmente obrigadas a investir um percentual mínimo de sua receita em pesquisa, desenvolvimento e inovação.

SUGESTÃO PARA LEITURA

MELFI, A. J.; MISI, A.; CAMPOS, D. A.; CORDANI, U. G.. (Orgs.).
Recursos Minerais no Brasil: Problemas e Desafios. Rio de
Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. 420 p.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [i] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Sinopse mineração e transformação mineral. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/sinopse-mineracao-e-transformacao-mineral?_20_displayStyle=descriptive&p_p_id=20>. Acesso em: 06 maio 2018.
- [ii] BETTENCOURT, J. S.; JULIANI, C.; MONTEIRO, L. V.,. Exploração Mineral no Brasil: Uso de modelos de depósitos minerais e sistemas minerais. In: MELFI, A. J. et al (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil: Problemas e Desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 176-189.
- [iii] MARINI, O. J.. O Potencial Mineral do Brasil. In: MELFI, A. J. et al (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil: Problemas e Desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 18-31.
- [iv] MARINI, O. J. O Potencial Mineral do Brasil e sua realização. In: **Simpósio Recursos Minerais do Brasil: Problemas e Desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2013. p. 1-4.
- [v] NERY, M. A. C.; OLIVEIRA, M. P. P.. Formação de Recursos Humanos para a Mineração. In: MELFI, A. J. et al (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil: Problemas e Desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 396-403.
- [vi] LINS, F. A. F.. Tecnologia Mineral: Pesquisa, desenvolvimento e inovação. Panorama da mineração brasileira. In: MELFI, A. J. et al (Orgs.). **Recursos Minerais no Brasil: Problemas e Desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 244-247.
- [vii] LUZ, A. B.; LINS, F. A. F.. Introdução ao Tratamento de Minérios. In: LUZ, A. B.; FRANÇA, S. C. A. (Eds). **Tratamento de Minérios**, 6ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM, 2017 (no prelo).
- [viii] BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Governo Federal. **Estratégia Nacional De Ciência, Tecnologia E Inovação 2016-2022: Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Econômico e Social**. Brasília: MCTIC, 2016. 136 p. Disponível em: <<https://portal.inpa.gov.br/images/documentos-oficiais/ENCTI-MCTIC-2016-2022.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2018.