

Panorama técnico-científico do setor mineral brasileiro

ONILDO JOÃO MARINI

INTRODUÇÃO

Vários documentos elaborados nos últimos anos pela comunidade técnico-científica do Setor Mineral, organizada através de suas instituições mais representativas, permitem obter-se uma visão panorâmica da capacidade de P&D&I do referido setor. Dentre os principais, destacam-se: Plano Plurianual para o Desenvolvimento Mineral (DNPM-1994), Diagnóstico da SBG ao Subprograma de Geociências e Tecnologia Mineral (SBG-1996), Diagnóstico de Tecnologia Mineral – Relatório Síntese (ABM-1996), Diagnóstico da Sociedade Brasileira de Geofísica ao PADCT III (1996), Desenvolvimento Metodológico em Exploração Mineral para a Amazônia (ADIMB-2000).

Graças aos documentos referidos, encomendados pelo Governo Federal e elaborados com a colaboração de toda a comunidade mineral brasileira, o país possui importantes diagnósticos e prognósticos a serem considerados no planejamento e na definição de diretrizes para o Fundo Setorial Mineral – CTMineral.

A Lei 9.993, que cria o CTMineral, destina recursos da compensação financeira pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia. A minuta de decreto que o regulamentará propõe em seu artigo 1º que “entende-se como ‘Atividades de Pesquisa Científica e Desenvolvimento Tecnológico’, os seguintes itens: os projetos de pesquisa científica básica e aplicada; o desenvolvimento tecnológico experimental; a engenharia não rotineira; a tecnologia industrial básica; os serviços de apoio técnico; a formação de recursos humanos; a edição de publicações técnicas e científicas; a difusão do conhecimento.”

O artigo 3º do mesmo decreto esclarece que as “Atividades de Pesquisa Científica e Desenvolvimento Tecnológico serão executadas por meio dos instrumentos jurídicos previstos na legislação através de instituições de pesquisa e agências de fomento.”

A determinação de que as atividades de pesquisa científica e tecnológica serão executadas através de instituições de pesquisa e agências de fomento leva ao enfoque desta análise nas referidas instituições e agências.

Por outro lado, a abrangência do Setor Mineral para fins do CTMineral, considerando-se as empresas que contribuem para a Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM, das quais provém os recursos do CTMineral, limita-se a geologia de suporte a exploração mineral, avaliação de depósitos minerais, lavra, beneficiamento mineral, metalurgia extrativa, meio ambiente na mineração e economia mineral.

SIGNIFICADO ECONÔMICO DO SETOR MINERAL BRASILEIRO

Conforme dados do DNPM, o valor total da produção mineral brasileira em 1999 foi de US\$ 15,5 bilhões, dos quais US\$ 8,0 bilhões correspondem a minérios e US\$ 7,5 bilhões a petróleo e gás natural. O valor da importação nacional de petróleo e gás, incluindo produtos de primeira transformação foi de US\$ 5,0 bilhões no mesmo ano. As exportações de minérios, incluindo produtos de primeira transformação foram de US\$ 6,3 bilhões em 1999.

Nas últimas décadas, as exportações de minérios (83% ferro), além de cobrirem o déficit da conta petróleo no comércio exterior, deram ao país um superávit no comércio de bens minerais da ordem de um bilhão de dólares/ano. Excetua-se o ano de 2000, em que a acentuada alta do petróleo internacional gerou déficit de US\$ 1,3 bilhões na balança comercial de bens minerais, com a exclusão do petróleo, a balança passaria a superavitária em cerca de US\$ 5,3 bilhões.

O valor global dos produtos derivados da indústria de transformação de bens minerais brasileiros atingiu cerca de US\$ 46 bilhões, correspondendo a 8,3% do Produto Interno Bruto (PIB), o que demonstra ter a mineração forte ação multiplicadora e indutora de verticalização industrial.

O montante do valor exportado pelo Setor Mineral brasileiro, incluindo os segmentos primário, semi manufaturado, manufaturado e compostos químicos, foi de US\$ 10 bilhões em 1999 e de 12 bilhões em 2000, representando 20,8% e 21,8% respectivamente do total das exportações brasileiras. Por outro lado, os gastos com petróleo representaram 22,7% dos dispêndios totais com importações em 1999.

O IBGE estima que o Setor Mineral gera 230 mil empregos diretos e da ordem de 5 milhões de empregos indiretos.

INSTITUIÇÕES ACADÊMICAS DE P&D E RH

Considerando que a maior parte das atividades de pesquisa e desenvolvimento técnico-científico que se executa no Brasil está intimamente associada à formação de pessoal, uma análise dos cursos de graduação e pós-graduação relacionados às seis áreas que caracterizam o Setor Mine-

ral, dá bem uma idéia da capacitação nacional laboratorial e em recursos humanos, base para o desenvolvimento, apropriação e difusão de tecnologias. Como a quantidade e qualidade adequadas de pessoal especializado é pré-requisito para o desenvolvimento técnico-científico e sócio econômico, a capacidade do País em pesquisa nas diferentes áreas pode ser avaliada genericamente pelo número de cursos de graduação e pós-graduação existentes. Estes se constituem também em unidades de pesquisa que detêm entre 20 e 50 pesquisadores cada.

INSTITUIÇÕES COM ENSINO DE GRADUAÇÃO

O quadro abaixo (Fig. 1) sintetiza quantitativamente a capacitação nacional em ensino de graduação nas seis áreas atribuídas ao Setor Mineral.

Fig. 1. Ensino de Graduação nas seis áreas do Setor Mineral no Brasil

Áreas	Instituições	Cursos
Exploração Mineral e áreas afins Meio Ambiente Economia Mineral	UFMG, UFOP, USP/Geol., USP/Geof., UFBA/Geol., UFBA/Geof., UNISINOS, UFRJ, UNICAMP, UNB, UNESP, UFRGS, UFPE, UFC, UFRN, UFPR, FUA, UFMT, UERJ, UFRRJ, UFPA/Geol., UFPA/Geof.	19 Geologia 3 Geofísica
Lavra Beneficiamento Economia Mineral Meio Ambiente	UFMG, UFOP, USP, UFPPB, UFRGS, UFPE, UFBA	7 Engenharia de Minas
Metalurgia Extrativa Meio Ambiente	PUC/RJ, UFRJ, UFMG, UFF, UFRGS, USP, UFOP	7 Engenharia Metalúrgica

Constata-se que existem no País 19 cursos de graduação em geologia e três em geofísica, os quais atuam em exploração mineral, meio ambiente na mineração e economia mineral, além de outras áreas da geologia.

Os cursos de engenharia de minas em operação no País são sete, e abrangem as áreas de lavra, beneficiamento, economia mineral e meio ambiente. Sete são também os cursos de engenharia metalúrgica, abrangendo as áreas de metalurgia extrativa e meio ambiente.

Dos 36 cursos de graduação em áreas do Setor Mineral, 22 atuam em exploração mineral e atividades associadas. Os professores de todas essas unidades, além de formarem profissionais, atuam em projetos de P&D de interesse do setor.

INSTITUIÇÕES COM ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

Os cursos de pós-graduação detêm a maior capacidade de pesquisa nas universidades do país.

Dezoito instituições oferecem cursos de mestrado em 26 áreas de concentração e cursos de doutorado em 18 áreas de concentração vinculadas à geologia de suporte à exploração mineral e à avaliação de distritos mineiros, incluindo geofísica (UFPE, UFC, UERJ, UFMG, FUA, UNESP/RC, UNISINOS, UFBA, UFRJ, UFOP, USP, UNICAMP, INPE, UNB, UFPA, UFRN, UFPR, UFRGS, ON).

Duas instituições (UFMG, UFRGS) oferecem cursos de mestrado e doutorado em engenharia de minas e metalurgia, uma em engenharia de minas (USP); duas oferecem mestrado em engenharia de minas (UFOP, UFPB). Três instituições oferecem mestrado e doutorado em metalurgia extrativa (UFRJ, PUC/RJ, USP) e duas mestrado e doutorado em economia mineral (UNICAMP, UFRJ).

Ao todo, o País possui mestrado em 37 áreas e doutorado em 29 áreas de concentração relacionadas ao Setor Mineral.

Atuam nas instituições acadêmicas com cursos e atividade de pesquisa no Setor Mineral cerca de 450 docentes doutores em caráter permanente, o que dá bem a dimensão da capacitação técnico-científica adquirida pelo País em conjunto nas áreas em análise.

Entre mestrandos e doutorandos, quase dois milhares de pós-graduandos realizam pesquisas em temas de interesse do Setor Mineral. Os temas de teses e dissertações desses pós-graduandos representam a essência das atividades de pesquisa de cunho mais aprofundado em vigência no país em geociências, exploração mineral, tecnologia mineral, lavra, metalurgia extrativa e economia mineral, embora em parte dos casos, possuam enfoques de limitado interesse para o setor empresarial.

Constata-se também a pequena produção de patentes, produtos, serviços e relatórios técnicos e de consultorias no meio acadêmico, o que espelha o limitado entrosamento existente entre os setores acadêmico e empresarial no Brasil.

No que se refere à pós-graduação e à produção técnico-científica, a área de lavra apresenta um quadro preocupante. Apenas USP, UFOP, UFPB e UFRGS possuem áreas de concentração em lavra, sendo baixa a produção científica na área. Mesmo nos cursos de engenharia de minas e minas/metalurgia, as linhas de pesquisa em lavra representam menos de 10% das linhas ativas nas instituições, uma vez que mais de 90% referem-se a beneficiamento mineral e metalurgia extrativa.

Nas empresas de mineração de porte e nas empresas de consultoria o quadro da área de lavra é mais satisfatório, o que, com o apoio de consultorias externas, tem permitido vencer desafios e problemas mais complexos de lavra.

INSTITUIÇÕES NÃO-ACADÊMICAS DE P&D

Na área governamental não acadêmica poucas são as instituições com atuação em pesquisa técnico-científica em exploração mineral e áreas afins. A CPRM/SGB e o IBGE concentram suas ações em levantamentos básicos e subsidiariamente em P&D.

No contexto estadual a situação é ainda mais grave, limitando-se a ações isoladas de poucas secretarias estaduais de mineração e outras instituições.

Centros governamentais de pesquisa realizam a maior parte das atividades de P&D na área de tecnologia mineral. Dentre estes destacam-se: Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Fundação Centro de Tecnologia – CETEC (Minas Gerais), Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT de São Paulo, Centro de Pesquisa Tecnológica da Bahia – CETEB, Fundação de Ciência e Tecnologia – CIENTEC (Rio Grande do Sul).

Na maior parte dos casos as atividades de pesquisa técnico-científicas e de desenvolvimento realizadas no âmbito das empresas privadas do Setor Mineral classificam-se como de tecnologia industrial, cujos resultados são considerados como vantagem competitiva própria e não são repassados às demais empresas do ramo. Os laboratórios existentes dedicam-se essencialmente à realização de análises de rotina de caracterização de minérios e/ou produtos. A rigor, somente a Companhia Vale do Rio Doce – CVRD possui laboratório central polivalente de maior porte, com atuação em P&D&I.

TEMAS DE P&D DOMINANTES NAS INSTITUIÇÕES ACADÊMICAS EM ÁREAS DE INTERESSE DO SETOR MINERAL

Os vários documentos elaborados pelas sociedades científicas para o MCT nas duas últimas décadas, bem como as diretrizes do PADCT III e do RHAE, orientaram a oferta de recursos para projetos estratégicos e no sentido da integração universidade/empresa. Conseqüentemente, dominaram no PADCT III os seguintes temas de pesquisa, no que tange às diferentes áreas do Setor Mineral:

EXPLORAÇÃO MINERAL, DEPÓSITOS MINERAIS E AFINS

Caracterização e compartimentação tectono/metalogenética do território nacional; estudos em ambientes geológicos favoráveis a mineralizações; determinação dos controles estratigráficos, tectônicos e magmáticos e modelagem dos depósitos minerais; estabelecimento de épocas metalogenéticas; gamaespectrometria, magnetometria e eletromagnetometria na exploração mineral; adaptação e desenvolvimento

de novos métodos de exploração mineral; caracterização de minérios e rejeitos de depósitos minerais; geofísica e geoquímica exploratória; definição de assinaturas de depósitos minerais; gemologia e mineralogia de minérios; sensoriamento remoto e integração de dados (GIS) na exploração mineral; química mineral; petrologia de complexos máficos e alcalinos, granitóides e vulcânicas e mineralizações associadas; análise de sistemas tectônicos e modelos para prospecção mineral; geologia e desenvolvimento de minas; geofísica da terra sólida, geodinâmica e mineralizações.

LAVRA

Perfuração e desmonte de rocha; transporte e carregamento de minérios e estéreis; sistemas de lavra a céu aberto e subterrânea; estabilidade de aberturas e fortificações mineiras; pilhas de estéreis, barragens de rejeitos e pilhas de homogeneização; automação e informatização de lavra; instrumentação e controle da estrutura e do ambiente da mina; planejamento mineiro; ventilação, higiene e segurança na mineração; geologia de mina, geotecnia e mecânica de rochas; hidrologia de mina e drenagem.

BENEFICIAMENTO MINERAL

Processamento químico de materiais; caracterização de minérios; fenômenos de interface; caracterização de partículas; cominuição e otimização de britadores; lixiviação e biolixiviação; flotação e floculação; purificação de minerais de minérios; pelotização; concentração gravimétrica; separação magnética; plantas piloto.

MEIO AMBIENTE NA MINERAÇÃO

Avaliação do impacto ambiental da mineração; planejamento ambiental de lavra e beneficiamento; recuperação de áreas mineradas; monitoramento ambiental de minas extintas e ativas; disposição e tratamento de rejeitos e efluentes de minas; efluentes líquidos, gasosos e sólidos de minas e plantas de beneficiamento; processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos em garimpos; contaminação de águas subterrâneas; estabilidade de taludes e obras nas vizinhanças de minas e pedreiras.

METALURGIA EXTRATIVA

Operações de aglomeração de finos; modelagem, simulação, otimização e controle de processos; hidrometalurgia: processos gerais de lixiviação, purificação de soluções, recuperação de materiais ou compostos; pirometalurgia: operações de ustulação, calcinação e secagem, fusão,

redução e refino, tratamento de produtos gasosos para recuperação de metais e/ou compostos; eletrometalurgia: eletrorrecuperação e refino eletrolítico, eletrólise em sais fundidos; biometalurgia: desenvolvimento de cepas e processos; processos especiais de metalurgia extrativa; controle ambiental na indústria metalúrgica.

ECONOMIA MINERAL

Estudos de mercado sobre matérias-primas minerais; o papel do Estado na gestão do patrimônio mineral; aproveitamento de recursos minerais e o desenvolvimento econômico e social; produção mineral nacional.

SITUAÇÃO DA CAPACITAÇÃO EM RECURSOS HUMANOS E DO APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL NAS INSTITUIÇÕES DE PESQUISA E NAS EMPRESAS DO SETOR MINERAL

O Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral (DNPM-1994) observou o seguinte quadro geral no que tange à capacitação em pessoal no setor mineral brasileiro, ainda válido: significativo dismantelamento das equipes de profissionais em órgãos/instituições governamentais e empresas; carência de técnicos e pesquisadores dedicados exclusivamente a projetos de P&D nas universidades; grande número de profissionais que abandonaram suas atividades no setor mineral; formação de geólogos e engenheiros generalistas nos cursos de graduação, e carência de oferta de cursos de capacitação continuada de pessoal nas diferentes subáreas; oferta de cursos de pós-graduação com disciplinas e enfoques em grande parte inadequados para atender às necessidades do setor produtivo; pouco investimento no aperfeiçoamento de quadros de pessoal na maior parte das empresas e instituições não acadêmicas do setor; ausência de representantes do setor produtivo em muitos comitês do MEC e do MCT que elaboram as políticas de RH (exceto no PADCT); desconhecimento e conseqüente reduzida utilização por parte das empresas, das oportunidades oferecidas pelos programas de governo (em especial RHAE) para complementação e aperfeiçoamento de recursos humanos.

PRINCIPAIS PROGRAMAS FINANCIADORES DE P&D E RH PARA O SETOR MINERAL

Estima-se que o Governo Federal investiu anualmente, nas últimas décadas, cerca de R\$ 22 milhões em C&T no Setor Mineral (PADCT – 8,5;

RHAE – 7,5; CNPq/FINEP – 3,0). Os recursos do Fundo Setorial Mineral (oriundos da CFEM) serão da ordem de R\$ 2,6 milhões em 2001, cerca de 10% dos investimentos tradicionais feitos em P&D e RH no Setor Mineral. Em face disso, recursos adicionais de outras fontes do MCT e MME estão sendo negociados, devendo ser direcionados para incrementar ações estratégicas de desenvolvimento científico, tecnológico e inovação no Setor.

Dois programas do governo federal foram na última década os principais supridores de recursos federais para pesquisa e formação continuada de pessoal em áreas relacionadas ao Setor Mineral: o PADCT e o RHAE.

O PROGRAMA DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - PADCT

Por ter sido o maior e melhor programa de apoio a P&D e RH para o Setor Mineral brasileiro, o PADCT constitui-se em exemplo a ser conhecido e imitado. O Programa investiu US\$ 75 milhões em Geociências e Tecnologia Mineral nos 12 anos em que esteve efetivamente ativo. A opção preferencial do PADCT, nas fases I e II, de investir no aprimoramento laboratorial das universidades, institutos e centros de pesquisa, resultou na aplicação de 3/4 de seus recursos em infra-estrutura. Na fase final, o PADCT deixou de ter foco centrado nos meios e passou a valorizar resultados em termos de solução de problemas concretos do Setor. Como resultado, o País possui hoje laboratórios de nível internacional em várias áreas de conhecimento relacionadas ao Setor Mineral e muito há que ser feito ainda para equacionar as carências técnico-científicas concretas do setor, especialmente no que se refere a subsídios ao setor empresarial.

A transparência, impessoalidade e participação (governo/universidade/empresa) no planejamento e na avaliação no PADCT III trouxe credibilidade ao processo e ao programa. A organização do PADCT, incluindo metodologia de operação, planejamento coletivo, editais, alocação de recursos por chamada, processo seletivo coletivo torna-o o mais completo, objetivo e eficiente de todos os programas do MCT, embora tenha havido dificuldades ainda não superadas na avaliação técnico-científica dos projetos e na operação com mais de uma agência. Os tipos de projetos ofertados são também adequados: plataformas, projetos cooperativos pré-competitivos e proprietários universidade-empresa, desenvolvimento regional, assistência técnica a pequenas e médias empresas e tecnologia básica industrial.

A ampla divulgação à comunidade dos critérios de elaboração de editais e de escolha dos grupos de planejamento e avaliação (GPA), comitês assessores (CA) e consultores *ad hoc*, muito contribuiu também para a

credibilidade do programa. Manual Operativo, Documento Básico, Plano Plurianual e Editais bem elaborados e amplamente divulgados foram também documentos criados com sucesso pelo PADCT.

O PADCT desenvolveu recentemente um Componente de Desenvolvimento Tecnológico (CDT) com vários instrumentos operacionais voltados para o setor produtivo. No primeiro edital do novo componente, convocou empresas públicas e privadas, associações empresariais, cooperativas, entidades tecnológicas setoriais, instituições de pesquisa e universidades a apresentarem propostas de plataformas e de projetos cooperativos, nas seguintes classes: organização de plataformas, projetos cooperativos (apoio setorial ou regional, consórcios específicos e apoio tecnológico às micro e pequenas empresas). A exigência de contrapartida empresarial no PADCT oscila de zero a 50% do valor dos projetos, e permite incluir alocação de pessoal, facilidades materiais (transporte, material de apoio, equipamento, infra-estrutura diversa), logística (espaço-físico, comunicação, outros). Os projetos cooperativos são classificados em pré-competitivos e proprietários (este exclusivo para uma dada empresa e com 50% de contrapartida).

O processo de financiamento integrado *one-stop-shopping*, criado porém não implantado pelo PADCT, visava atender todas as necessidades do projeto (custeio, material de consumo, equipamentos, serviços de terceiros, bolsas, incentivos fiscais, treinamento), e distribuí-los para atendimento pelos diferentes programas e instrumentos do MCT.

O PADCT, por meio do *one-stop-shopping*, além dos financiamentos com retorno previsto nos produtos da FINEP, pretendia financiar: consultoria individual ou jurídica, diversas modalidades de bolsas, apoio individual ou institucional a projetos, despesas acessórias para importação, intercâmbio e cooperação técnico-científica, passagens e diárias para eventos, e custos indiretos para a instituição líder (5%).

A análise e o julgamento das propostas de projetos no PADCT baseiam-se em:

- escolha de consultores *ad hoc* pelas agências, a partir de listas elaboradas pelo GPA, e emissão de parecer pelos *ad hoc*;
- análise e julgamento por Comitê Assessor (sem conflitos de interesse), após enquadramento do processo no edital, com base no mérito técnico-científico e na capacidade de implementação dos executores. Menor valor é dado no PADCT ao mérito estratégico e ao interesse sócio-econômico do projeto. Neste particular cabe reformulação.

Fig. 2. Recursos alocados para Geociências e Tecnologia Mineral – Fases Teste, I e II

Região - %	Estado (%)	Principais Instituições (%)
Sudeste - 53,33	São Paulo – 26,47 Rio de Janeiro – 19,60 Minas Gerais – 7,27	USP – 16,79 UNESP – 4,06 UNICAMP – 2,42 UFRJ – 10,14 UFMG – 6,48
Sul - 16,10	Rio Grande do Sul – 12,24 Paraná – 3,86	UFRGS – 10,53 UFPR – 2,40
Nordeste - 15,89	Bahia – 7,06 Rio Grande do Norte – 4,00 Pernambuco – 3,67	UFBA – 5,68 UFRN – 4,00 UFPE – 3,67
Centro-Oeste - 8,91	Distrito Federal – 8,91	UnB – 5,80 DNPM – 2,82
Norte – 5,76	Pará – 5,76	UFPA – 5,76
100% (US\$ 58.866.788,00)		

Da análise da tabela constata-se que:

- apenas 13 instituições de pesquisa receberam 78% dos recursos globais do PADCT. Estas 13 instituições concentram, pois, a maior capacitação laboratorial e de pesquisa técnico-científica no Setor Mineral brasileiro;
- as regiões Sudeste e Sul hospedam o maior número de instituições de pesquisa e receberam em conjunto 72% dos recursos globais;
- as regiões Norte e Centro-Oeste possuem cada apenas uma instituição de pesquisa razoavelmente capacitada, com atuação apenas em Exploração Mineral/Estudo de Depósitos Minerais e subordinadamente em Meio Ambiente.

Os centros de pesquisa (CETEM, CETEC, CEPED, NUTEC, IPT, IPEN, CIENTEC) foram contemplados conjuntamente com 4,65% dos recursos distribuídos pelo PADCT até 1996, correspondendo este percentual à capacidade relativa de demanda qualificada da área de Tecnologia Mineral.

As áreas de lavra e metalurgia extrativa tiveram demandas qualificadas em seis instituições (UFPB, PUC/RJ, USP, UFMG, UFRGS, UFRJ), correspondendo a cerca de 28% dos recursos distribuídos pelo PADCT. Destinaram-se a estas áreas os dois únicos megaprojetos do Setor Mineral no PADCT (mais de US\$ 1.500.000,00 cada), destinados à Escola Politécnica da USP e à COPPE/UFRJ. Poucos recursos contemplaram a área de

lavra.

A totalidade de projetos de P&D aprovados no PADCT nas áreas de meio ambiente na mineração e economia mineral não atingiu 1% dos recursos investidos pelo programa.

Os restantes 66% dos recursos aplicados pelo PADCT correspondem à demanda qualificada de projetos da área de exploração mineral e geologia em geral.

Em todas as áreas do Setor Mineral foram contempladas pelo PADCT 59 instituições de pesquisa.

Na fase III o PADCT distribuiu adicionalmente U\$ 16 milhões para o Setor Mineral, o que totaliza cerca de U\$ 75 milhões.

ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DE PROJETOS

Um dos pontos mais deficientes do sistema federal de apoio a projetos de P&D no Brasil tem sido o acompanhamento e a avaliação técnico-científica dos resultados alcançados, face à proposta inicial de trabalho. Em conseqüência, não houve medidas punitivas no caso de resultados técnico-científicos considerados deficientes quantitativa e/ou qualitativamente.

O sistema implantado no PADCT, baseado no acompanhamento burocrático via INTERNET e em visitas de técnicos das agências acompanhados por consultor *ad hoc*, é fraco e insuficiente, vez que não envolve análise detalhada do relatório final completo por especialistas na temática. O relatório final é solicitado pelas agências para análise. Nos outros programas federais a situação é similar.

A avaliação dos pesquisadores para fins de concessão e manutenção de bolsas de produtividade em pesquisa no CNPq tem critérios mais rígidos e eficientes, embora puramente acadêmicos e que valorizam essencialmente trabalhos publicados em revistas com corpo editorial e orientação de teses e dissertações.

A FAPESP possui um sistema eficiente de avaliação detalhada dos relatórios finais de P&D por pares especialistas, que penaliza os pesquisadores que apresentam relatórios insatisfatórios. Cabe ao sistema público federal de apoio a P&D&I adotar procedimento similar.

O PROGRAMA RHAE

O Programa RHAE financia a capacitação em recursos humanos para projetos de desenvolvimento tecnológico em atividades estratégicas identificadas e selecionadas pelo governo, no sentido de dotar o País de melhores condições de competitividade no mercado mundial. Os clientes do RHAE são empresas e entidades públicas ou privadas, produtoras de bens e prestadoras de serviços. Universidades e institutos voltados para P&D podem também ser clientes, desde que atuem em cooperação

com empresas. A prioridade é dada a projetos cooperativos liderados por micro, pequena e média empresa, e que envolvam universidades e institutos de P&D. O apoio do programa é direcionado para duas classes de projetos: desenvolvimento de produtos, processos e serviços; ampliação, aperfeiçoamento e consolidação da infra-estrutura de serviços tecnológicos no País, resultante de demandas específicas de segmentos industriais.

O RHAЕ financia bolsas de vários tipos (ITI, DTI, EP, EV, SPE) e em diferentes níveis (exceto para substituição do quadro de pessoal da solicitante e para cursos de pós-graduação), visando a consolidação de equipes em empresas e entidades com atuação em inovação, difusão e prestação de serviços tecnológicos, ou em P&D. O principal critério de enquadramento dos projetos é o seu caráter estratégico, seguido do potencial de apropriação sócio-econômica.

Estima-se que o programa RHAЕ tenha suprido as áreas enquadradas como do Setor Mineral com um mínimo de 90 bolsas/ano, o equivalente a aproximadamente R\$ 2,7 milhões/ano.

INTERAÇÃO UNIVERSIDADE/EMPRESA: UM OBJETIVO APENAS EMBRIONÁRIO

A interação universidade/empresa em projetos de P&D e RH no Setor Mineral brasileiro, embora tenha melhorado nos últimos anos, é ainda muito tímida. Ao tornar-se meta prioritária do governo, intensificou-se nos programas do MCT (PADCT e RHAЕ) a partir de 1996.

A histórica separação entre a academia e a área empresarial do País e a conseqüente dificuldade na execução de projetos conjuntos resulta, entre outros fatores, de: pouco interesse das empresas nas propostas de projetos oriundas do meio acadêmico; dificuldade das instituições acadêmicas nacionais em cumprir prazos de execução de projetos e pouco interesse na solução de problemas concretos; tradição das empresas nacionais em contratar serviços de empresas de consultoria e/ou de importar tecnologias acabadas; pouco interesse das empresas em projetos cooperativos, resultante da necessidade e/ou síndrome do sigilo.

A desatenção das instituições acadêmicas nacionais na solução de problemas concretos do setor produtivo e na oferta de cursos de formação continuada de pessoal resulta, em grande parte, dos critérios adotados no MEC e MCT para valorizar o salário do pesquisador e na conceituação nacional de dedicação exclusiva, entendida predominantemente como sacerdócio acadêmico. Estes critérios valorizam essencialmente a publicação de trabalhos de cunho puramente científico em revistas internacionais, orientação de teses e dissertações e o número de horas/aula ministradas nos cursos de graduação e pós-graduação.

Em consequência, há pouco interesse do professorado na realização de pesquisas de cunho pragmático/empresarial e na oferta de cursos de formação continuada. Ambas atividades não lhes dão créditos para

valorização salarial e acadêmica.

Uma das maiores dificuldades na aproximação universidade/empresa reside na avaliação dos pesquisadores dedicados a atividades de interação universidade-empresa e à investigação e solução de problemas do setor empresarial. Enquanto realizações não acadêmicas, como patentes, processos, sistemas, produtos, serviços etc., não forem adequadamente valorizadas na concessão de bolsas, auxílios e outras formas de apoio a pesquisadores, haverá dificuldade em promover essas atividades na intensidade desejada.

DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

Em consequência dos importantes investimentos realizados pelas agências governamentais de fomento, em especial pelo PADCT, as principais instituições de pesquisa do Setor Mineral adquiriram elevada capacidade laboratorial, em muitos casos comparável à de instituições de primeira linha em outros países. Igualmente, os investimentos realizados pelo CNPq, CAPES e, em menor grau, por outras instituições em capacitação de recursos humanos, resultaram na formação de número expressivo de doutores e mestres nas diferentes subáreas do Setor Mineral. Os resultados desses esforços estão substanciados na crescente produção acadêmica dos pesquisadores e na presença cada vez mais marcante da comunidade brasileira no cenário internacional, na forma de publicações e de participação em eventos e comissões internacionais.

Também em termos de produtos, processos e serviços, houve crescimento significativo nas instituições acadêmicas do Setor e, mais particularmente, nos institutos/ centros de pesquisa. No entanto, a interação com o segmento empresarial é ainda pouco eficiente, estando muito aquém das necessidades da aplicação de C&T para a promoção de inovações que permitam aumentar a produção e a competitividade das empresas brasileiras.

A débil capacitação em P&D na Região Amazônica e a necessidade de sua ocupação ordenada tornam o desenvolvimento técnico-científico da Amazônia uma responsabilidade a ser assumida por toda a comunidade nacional.

A base nacional de recursos humanos nas instituições do Setor Mineral precisa ser ampliada e aperfeiçoada. É insuficiente a disponibilidade de técnicos de nível médio e superior, especialmente os capacitados para atuar em laboratórios de grande porte. Há também carência na oferta de cursos de especialização e de capacitação continuada de pessoal. Na pós-graduação predominam teses e dissertações em geral de interesse mais remoto para o setor empresarial.

Existe também falta de pessoal técnico de nível superior e médio nas universidades/institutos de pesquisa para operar laboratórios e equipamentos sofisticados em rotina. Além disso, há carência de recursos para

modernização e manutenção de equipamentos e para material de consumo, o que impede o pleno aproveitamento dos equipamentos já adquiridos.

Apesar do PADCT III ter balizado o apoio a projetos cooperativos universidade/empresa, ainda não se consolidaram no país grupos e/ou redes cooperativas temáticas de P&D em questões estratégicas do Setor Mineral.

Também o intercâmbio tecnológico mineração/petróleo é muito incipiente, havendo no entanto condições e boa vontade para incrementá-lo, com maior benefício para o Setor Mineral.

As empresas nacionais de pequeno e médio portes do Setor Mineral carecem, em geral, de apoio econômico e técnico-científico para promover inovações, adaptar processos e ensejar a atualização/aperfeiçoamento de seu corpo técnico.

DESAFIOS E OPORTUNIDADES

CARÊNCIAS E DESAFIOS

Para o período de 1998-2010 o Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral Brasileiro – PPDSM (SMM/MME 2000) projeta elevação dos fluxos de investimentos pelas empresas de prospecção mineral e de mineração para patamares da ordem de US\$ 340 milhões/ano (prospecção mineral) e US\$ 2,4 bilhões/ano (desenvolvimento mineiro). Para que tais previsões se confirmem é necessário que o setor governamental e a comunidade técnico-científica brasileira superem importantes desafios de P&D, entre os quais se destacam ampliação significativa do conhecimento geológico das províncias minerais e dos seus recursos minerais (em especial na Amazônia), desenvolvimento tecnológico necessário ao aproveitamento dos depósitos minerais, fortalecimento da competitividade da indústria mineral nacional pela inovação tecnológica, em particular nas pequenas empresas, minimização dos efeitos ambientais na mineração e viabilização do desenvolvimento sustentável.

Não obstante exista razoável capacitação laboratorial e de pesquisa nas universidades/institutos de pesquisa e centros tecnológicos – instituições elegíveis para receber recursos públicos federais – inúmeros desafios e gargalos devem ser equacionados. Entre outras ações, deve ser: 1) promovida maior articulação com o setor privado para estimular a sinergia empresa/universidade/governo, inclusive gestão compartilhada dos recursos; 2) empreendido esforço nacional de P&D e RH para resultados sócio-econômicos; 3) incentivado o crescimento de pequenas e médias empresas na área mineral através de apoio técnico e inovações; 4) ampliado e aprofundado o grau de conhecimento geológico/metalogenético do território nacional, atraindo investimentos para o Setor; e 5) estimula-

da a atualização da capacitação dos profissionais do Setor.

A Figura 3 explicita os principais gargalos e desafios a serem equacionados e vencidos com apoio dos recursos do Fundo Mineral.

Fig. 3 – Carências de P&D e RH do Setor Mineral Brasileiro e Desafios a Serem Vencidos

Carências	Desafios
Descontinuidade e baixo valor dos investimentos em P&D e RH.	Estabelecer fluxo adequado e constante de recursos para apoio a P&D e RH em programas/projetos prioritários e estratégicos para o Setor.
Falta de tradição no Setor Mineral em planejamentos estratégicos universidade/ governo/empresa, identificando gargalos, linhas prioritárias de pesquisa para projetos cooperativos. Tradição de apoio a projetos isolados com indução genérica ou de geração espontânea.	Induzir projetos-plataforma tripartite em temáticas estratégicas selecionadas pelo Comitê Gestor, visando ações de P&D e RH. Priorizar nos editais as linhas de pesquisa detectadas por plataformas aprovadas ou montadas pelo CGE/MCT.
Dominância dos investimentos de P&D em projetos de capacitação laboratorial (3/4 dos recursos do PADCT), sem compromisso na solução de questões técnico-científicas concretas (visando os meios e não os fins).	Centrar o apoio a P&D em projetos com compromisso de resultados concretos em linhas de pesquisa estratégicas e prioritárias, pré-definidas. Embutir recursos para modernização e manutenção de equipamentos e material de consumo vinculados a projetos com produto concreto.
Limitado envolvimento, em algumas subáreas do Setor Mineral, da comunidade acadêmica na solução de problemas técnico-científicos de P&D de interesse do setor empresarial. Limitado interesse da área empresarial nos resultados das pesquisas das universidades brasileiras.	Induzir maior envolvimento das universidades em projetos de P&D de interesse empresarial. Conceder bolsas de mestrado e doutorado e apoio financeiro vinculados a linhas ou temas de pesquisa considerados prioritários. Apoiar a maior divulgação das teses junto às empresas.
Insuficiência quantitativa, e por vezes qualitativa, dos cursos de aperfeiçoamento continuado de pessoal oferecidos pelas instituições acadêmicas nacionais. Preferência das empresas por cursos de atualização de curta duração.	Encontrar fórmulas que permitam gratificar os docentes que promovem cursos de atualização profissional de curta duração. Financiar, também, tais cursos através de instituições não-acadêmicas de desenvolvimento técnico-científico e formação de pessoal sem fins lucrativos.
Pouca disposição das universidades e das empresas nacionais para projetos cooperativos e multi-institucionais de porte. Existência de raros e embrionários grupos cooperativos de pesquisa. Preferência de cada orientador em ter seu projeto individual de pesquisa, envolvendo somente seus orientandos. Preferência das empresas em contratar P&D com empresas de serviço e/ou importar tecnologias acabadas.	Promover a aproximação universidade/ governo/empresa desde a fase de definições estratégicas, identificação e proposição de projetos de P&D e RH, até a execução, acompanhamento e avaliação dos projetos. Estabelecer parcerias. Convidar líderes profissionais com visão técnico-científica para participar dos comitês de planejamento e avaliação do MCT.
Cooperação internacional em C&T orientada por interesses internos de grupos de pesquisa, com seleção de parceiros internacionais dirigida por ofertas externas.	Reorientar o processo de cooperação internacional em C&T, objetivando a obtenção de resultados específicos, bem como a seleção de parceiros de contextos geológicos e geoeconômicos assemelhados.

<p>Conhecimento geológico/metagenético da Região Amazônica (60% do Brasil) insuficiente para a tomada de decisão para investimentos em prospecção mineral na região. Capacitação técnico-científica instalada na região muito limitada. Poucas pesquisas visando a geração/adaptação de equipamentos, métodos e procedimentos adequados à região.</p>	<p>Criar programas cooperativos, facilidades e incentivos capazes de atrair a comunidade nacional de P&D para atuar na Amazônia, sempre que possível em parceria com pesquisadores locais, de forma a conferir à região maior atratividade e competitividade para exploração/exploração mineral.</p>
<p>Critérios adotados pelo MCT para conceder bolsas de produtividade aos professores/pesquisadores baseados somente em publicações e orientação de dissertações/teses. Concessão de bolsas de doutorado e mestrado em temáticas predominantemente de livre arbítrio dos orientadores e orientandos.</p>	<p>Criar mecanismos de incentivo financeiro para pesquisadores e ofertar bolsas de doutorado vinculadas a projetos prioritários e estratégicos.</p>
<p>Inexistência de diagnósticos adequados de carências e de planejamento estratégico em P&D e RH para empresas de pequeno porte do Setor, com vistas a inovação e/ou apoio tecnológico. Carência de estudos de mercado para pequenas empresas.</p>	<p>Promover plataformas e painéis de grupos de especialistas universidade/governo/empresa, por segmento ou área industrial, para detectar gargalos e oportunidades e definir ações e projetos de inovação e/ou apoio tecnológico. Elaborar estudos de mercado que sejam orientativos para as empresas.</p>
<p>Pequeno e médio empresário do Setor Mineral normalmente com pouco conhecimento das normas técnicas e procedimentos comerciais vigentes no mercado internacional, dificultando melhor colocação do produto brasileiro.</p>	<p>Difundir entre o empresariado nacional os diversos aspectos técnicos, econômicos e comerciais praticados, relativos à sua área de produção, visando certificação que possibilite maior competitividade ao produto.</p>
<p>Carência de número adequado de pesquisadores e técnicos de apoio nas instituições nacionais de pesquisa do Setor Mineral dedicados exclusivamente a projetos de P&D.</p>	<p>Alocar aos projetos estratégicos bolsas de desenvolvimento tecnológico industrial (DTI), de recém-doutor (RD), de pesquisador visitante (PV) e de apoio técnico (AT).</p>
<p>Regiões de garimpos, suas mazelas e oportunidades. Aproveitamento dos rejeitos de áreas garimpadas e recuperação ambiental. Pequenos depósitos primários não explorados.</p>	<p>Incentivar pesquisas no sentido do aproveitamento dos rejeitos dos garimpos e da minimização/remediação dos danos ambientais. Apoio técnico-científico a projetos de aproveitamento de pequenos depósitos minerais.</p>
<p>Participação modesta do setor produtivo no co-financiamento e co-execução de projetos de P&D.</p>	<p>Promover a aproximação governo/empresa com vistas ao planejamento e execução conjunta de projetos de P&D.</p>
<p>Apoio a projetos de P&D com base predominantemente no mérito científico, independentemente de terem ou não caráter estratégico.</p>	<p>Apoiar prioritariamente iniciativas de P&D que potencializem a transformação de idéias e inovações em produtos.</p>
<p>Geração insuficiente de ciência básica e/ou pesquisas inovadoras em áreas do Setor Mineral brasileiro.</p>	<p>Atender a demanda espontânea (balcão) para projetos de P&D de elevado caráter científico e potencial inovador.</p>
<p>Descompasso no tempo de tomada de decisões, liberação de recursos e execução de projetos, entre empresas por um lado e governo/universidade por outro.</p>	<p>Acelerar o tempo de tomada de decisões e de liberação de recursos por parte das agências financiadoras, e de execução de projetos por parte das instituições acadêmicas. Cumprir os cronogramas pré-definidos.</p>

SITUAÇÃO DO FINANCIAMENTO À PESQUISA CIENTÍFICA E DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO SETOR MINERAL BRASILEIRO

Os mais importantes programas e instituições federais de financiamento a P&D nas últimas décadas para o Setor Mineral foram: PADCT, RHAЕ, CNPq, CAPES, DNPM, FINEP (FNDCT).

O Programa PADCT constitui-se na mais importante fonte de projetos de P&D para as geociências e tecnologia mineral (incluindo exploração mineral, lavra, meio ambiente, metalurgia e economia mineral) de todos os tempos. Investiu no setor US\$ 75.000.000,00 nos 12 anos em que esteve ativo, o que equivale a R\$ 11,8 milhões por ano. Inativo desde 1998, inicia no momento a retomada de investimentos em P&D para o Setor Mineral e deverá constituir-se em um dos maiores parceiros do Fundo Setorial Mineral.

O programa RHAЕ vinha alocando cerca de 90 bolsas/ano para empresas e instituições do Setor Mineral, no valor aproximado de R\$ 2,7 milhões por ano, as quais viabilizaram muitos projetos de P&D de interesse do setor empresarial. Com a criação dos Fundos Setoriais, o programa RHAЕ deverá atuar em conjunto com os mesmos, complementando com recursos humanos os projetos estratégicos selecionados.

O CNPq, no passado uma importante fonte de apoio a projetos de P&D, teve nos últimos anos seus recursos para P&D fortemente reduzidos. No único edital para projetos de P&D lançado em 2000, o CNPq atendeu apenas 4,3% dos recursos demandados pelas geociências (demanda de R\$ 11.973.000,00 x atendimento de R\$ 512.000,00).

A CAPES apóia somente bolsas para formação de pessoal em nível de pós-graduação, além de conceder auxílio para apoio a cursos.

Até 1999, o DNPM investia em P&D (distritos mineiros, meio ambiente, desenvolvimento da produção) da ordem de R\$ 7,5 milhões. Em 2000, embora programados, constarem do PPA e possuírem dotação orçamentária e financeira, tais recursos para P&D não tiveram o destino previsto. Manifestações do novo Diretor-Geral do DNPM, recentemente empossado, indicam que o referido órgão voltará a investir no fomento à exploração mineral, à tecnologia mineral e ao meio ambiente na mineração.

A FINEP (FNDCT), no passado também importante financiadora de P&D nas instituições de pesquisa do Setor, nos últimos anos não tem disponibilizado recursos a fundo perdido.

O recém lançado Fundo Setorial Mineral irá destinar ao Setor Mineral neste ano apenas R\$ 2,6 milhões, valor que significa pouco mais de 10% dos recursos anteriormente existentes. Observa-se, pois, forte dicotomia no que tange ao apoio a P&D e RH entre os setores petrolífero e mineral. Enquanto no primeiro o CTPetro investe anualmente mais de R\$ 200.000.000,00 em P&D e RH, o CTMineral investirá somente R\$ 2.500.000,00.

Embora ainda não o desejável, o quadro geral de disponibilidade de recursos financeiros para projetos de P&D para o Setor Mineral em 2001 é, porém, bem mais favorável do que sugerem os poucos recursos provenientes do Fundo Setorial Mineral (CFEM). Isto se deve à retomada dos financiamentos de projetos dos componentes acadêmicos (GTM) e industrial (CDT) do PADCT e a possibilidade de destinar recursos do Fundo Verde-Amarelo para projetos universidade/empresa do Setor Mineral.

Considerando essas fontes adicionais, as possibilidades de liberação de recursos para o Setor em 2001 são as abaixo listadas:

1. Lançamento de Edital geral CTMineral/PADCT-GTM no valor de R\$ 4 milhões;
2. Lançamento de Edital CTMineral/PADCT-CDT no valor de R\$ 8 milhões;
3. Possibilidade de aprovar projetos universidade-empresa, de interesse do Setor Mineral, junto ao Fundo Verde-Amarelo.

Esta última possibilidade não tem, *a priori*, limite de recursos para projetos propostos pelo Setor Mineral. O limite será definido pela qualidade, importância estratégica, significado sócio-econômico e capacidade de competir com projetos de outros setores.

O panorama sombrio que víamos em fins de 2000, no que se refere a recursos para projetos de P&D&I para o Setor Mineral, limitados na ocasião em recursos da ordem de R\$ 2,5 milhões provenientes da CFEM, transformou-se substancialmente para melhor. Resta, porém, dar estabilidade às fontes de financiamento e garantir volume de aplicações e o respeito ao planejamento essencial às ações de C&T no Setor Mineral.

Resumo

Uma visão panorâmica de C&T no Setor Mineral Brasileiro é apresentada incluindo o significado econômico do Setor e a caracterização das principais instituições acadêmicas dos centros tecnológicos do País e suas principais linhas de pesquisa. É feita análise crítica das principais fontes governamentais de financiamento à P&D e RH, com ênfase no PADCT e seu significado para as geociências e tecnologia mineral. A interação universidade-empresa é abordada e considerada apenas embrionária. Destaque especial é dado às carências e desafios de P&D no Setor Mineral, os quais são discutidos sucintamente. É discutida a situação do financiamento à P&D, concluindo serem necessárias fontes adicionais de recursos para atender as necessidades de desenvolvimento do Setor Mineral brasileiro.

Abstract

Following a brief appraisal of the Brazilian Mineral Sector Economic significance, an overview of science and technology in the Sector is presented. Academic institutions and technological research centres are characterized, including their main research and development and human resources training area analysed, emphasizing PADCT

and its relevance to earth science and Mineral Technology in Brazil. Problems and challenges of R&D in the mineral sector are discussed and need for R&D funding is stressed in order to take advantage of opportunities to enhance growth of mineral production in Brazil.

O Autor

ONILDO JOÃO MARINI. É Geólogo, graduado pela UFRGS, com doutorado pela UNESP. Professor Titular da UnB aposentado, Gerente Executivo da Agência para o Desenvolvimento da Indústria Mineral de Brasília – ADIMB. Atualmente é Gerente do Fundo Setorial Mineral do Ministério da Ciência e Tecnologia.