



Programa de Desenvolvimento Tecnológico para o Setor Mineral Brasileiro (PDTec Mineral)

Proposta

Dezembro de 2018

**Diretoria de Tecnologia e Transformação Mineral
Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
Ministério de Minas e Energia**



Sumário Executivo

Uma vez reestabelecida a segurança jurídica do setor mineral brasileiro por meio da atualização do Código de Mineração, das alíquotas da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM e da Criação da Agência Nacional de Mineração, o próximo desafio para revitalização do setor mineral brasileiro está no seu desenvolvimento tecnológico. São observadas grandes diferenças de aplicação e uso de tecnologia no sistema de produção pelas empresas do setor mineral brasileiro. Enquanto algumas empresas usam e desenvolvem tecnologias de ponta, outras empregam técnicas desatualizadas e ineficientes em toda cadeia operacional. Soma-se a isto a vasta riqueza mineral do solo e subsolo brasileiros com potencial para alavancar o desenvolvimento do País e que demandam um aproveitamento por meio de ferramentas e instrumentos de complexidade tecnológica a serem desenvolvidas e aplicadas.

O objetivo do documento é propor diretrizes para o Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro (PD Tec Mineral). Um dos fatores críticos do modelo é a existência de instituição de gestão técnica que fará toda a governança e gestão dos projetos e que recebe as diretrizes de um Comitê consultivo tripartite, formado por representantes do mercado, da academia e do governo. O programa é composto por projetos atendendo a três grandes eixos: (1) apoio à mineração de pequena escala; (2) pesquisa, desenvolvimento e inovação de minerais e processos alavancadores do desenvolvimento sustentável brasileiro e (3) projetos de P&D colaborativo. O programa inclui os bens minerais convencionais e os estratégicos além de incorporar as tecnologias tradicionais e o desenvolvimento de novas tecnologias.

Para o eixo 1, voltado para as pequenas e médias empresas, recomenda-se que esta instituição seja articulada com atores regionais, que conhecem melhor a realidade econômica, social e as necessidades do setor mineral local. Este eixo tem grande aderência com as recomendações do projeto META, Diagnóstico Sócioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil, programa do MME concluído em agosto de 2018. Para este eixo sugere-se a aplicação de atividades de extensionismo tecnológico principalmente em geotecnia, geologia e beneficiamento, conforme recomendado naquele programa. Para o caso de as empresas optarem por um desenvolvimento específico em seu projeto ou usina, apresenta-se, no anexo 1 deste documento, um catálogo de Centros de Tecnologia Mineral. Ele tem por objetivo prover as informações relativas às instituições

de P&D e prestadoras de serviços de desenvolvimento tecnológico para a mineração. Trata-se de iniciativa inédita no Brasil.

Para o eixo 2 do PDTec Mineral (Desenvolvimento dos Bens Minerais e Processos Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável Brasileiro) sugere-se um modelo de governança constituído de três pilares: a) a gestão de portfólio, b) a gestão do funil de projetos (pipeline) e c) a gestão da rotina dos projetos. A gestão de portfólio, cujo foco é a seleção dos bens minerais e processos, é baseada na Metodologia ADMC (Análise de Decisão Multicritério). Para a seleção dos bens minerais são sugeridas três dimensões de análise: a atratividade econômica, a social e o gap tecnológico. Para cada uma dessas dimensões construiu-se uma matriz de análise, com critérios e parâmetros. Para a seleção dos processos são sugeridas três dimensões similares: o impacto econômico, o ambiental e o gap tecnológico. Após a análise do portfólio, o próximo pilar é a análise do funil de projetos. Cada bem mineral ou processo é desenvolvido por um conjunto de projetos que se complementam. O conjunto é analisado por um comitê em portões (*gates*), constituído por consultores ad hoc, por especialistas de inteligência de mercado e de gestão de tecnologia. O objetivo é acompanhar a execução destes projetos de tal forma que eles, ao final, resultem em real valor econômico e social, com a geração de um novo negócio ou um novo processo. Um dos desdobramentos deste eixo é o fomento ao maior grau de verticalização ainda não adotado pelas empresas no Brasil, agregando maior valor ao produto mineral, a partir das discussões de mercado, de estratégia e do contexto econômico e social brasileiro.

O último pilar da governança do eixo 2 é o da gestão da rotina dos projetos, para o qual faz-se necessária a implantação de um PMO na instituição de gestão. Este documento relaciona em anexo os bens minerais e processos que podem ser considerados como pontos de partida para a seleção. Vários bens minerais já são incluídos em programas do MCTIC (FNDCT, Inova Mineral, entre outros). O objetivo do PDTec Mineral não é se sobrepor a estas iniciativas e sim complementá-las, já que estes programas têm sido eficazes para a geração de novos conhecimentos mas têm sucesso limitado na geração de novos negócios.

O terceiro eixo do PDTec Mineral, o de pesquisas colaborativas, foi inspirado no modelo australiano Amira. Este eixo precisa de grande articulação entre a academia, ICTs e as empresas que têm necessidades comuns e interesse em desenvolver os projetos de forma colaborativa. Este formato de P&D é também uma grande força de aprimoramento do conhecimento aplicado dos docentes e alunos que trabalham nos projetos, assim como dos profissionais das empresas. Trata-se

de importante mecanismo de alavancagem de excelência técnica e de gestão nas empresas e na academia.

Um dos pressupostos deste modelo é o de implantação de forma gradual e estruturada, permitindo readequações à medida que desenvolvido. Um dos principais desafios é sua viabilidade financeira em momento de grande déficit fiscal do País. Algumas alternativas foram discutidas, entre elas um acordo de cooperação técnica entre o MME e MCTIC, segundo o qual o CETEM (Centro de Tecnologia Mineral), com as devidas adequações, poderia fazer o papel da instituição de gestão proposta. Segundo a Lei do CFEM, cerca de 1,8% de seu montante é destinado ao desenvolvimento tecnológico do setor mineral e é aplicado diretamente no CETEM. Estimativas recentes apontam para cifras próximas a R\$50 milhões relativos ao ano de 2018, o que seria um avanço em relação ao orçamento atual do CETEM.

Todo este arcabouço de governança do Programa de Desenvolvimento Tecnológico para o Setor Mineral Brasileiro, desenhado para os próximos anos, deverá ser aprimorado à medida que exercitado. Caberá à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral acompanhar, monitorar o seu funcionamento e propor mudanças visando o continuo aperfeiçoamento assim como a obtenção de informações para a definição de novas políticas públicas para o setor.

Sumário

1. Introdução	5
2. Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro (PD Tec Mineral): Modelo de Governança	9
2.1. Governança do Eixo 1: Desenvolvimento Tecnológico da Mineração em Pequena Escala	11
2.2. Governança do Eixo 2: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação dos Bens Minerais e Processos Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável Brasileiro	12
2.3. Governança do Eixo3: Projetos Colaborativos.....	19
2.4. Comentários finais	21
3. Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro: Conteúdo programático	22
3.1. Eixo 1- Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Mineração em Pequena Escala (MPE).....	22
3.1.1. Empresas estruturadas coletivamente	23
3.1.2. Desenvolvimento tecnológico individual das empresas de pequeno e médio portes. 25	
3.2. Eixo 2- Pesquisas de P&D& I para Bens Minerais e Processos Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável do Brasil.	26
3.2.1. Seleção dos Bens Minerais Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável Brasileiro: 26	
3.2.2. Bens minerais sugeridos para concorrer à seleção.....	28
3.2.3. Seleção dos Processos Minerais.....	30
3.3. Eixo 3 - Pesquisas Colaborativas	31
4. Comentários Finais e Conclusões.....	34
Anexo 1. Catálogo de Centros de Tecnologia Mineral do Brasil.....	35
Anexo 2. Informações Preliminares dos bens minerais sugeridos para seleção	74

1. Introdução

Uma vez reestabelecida a segurança jurídica do setor mineral brasileiro por meio da atualização do Código de Mineração (Decreto 9.406/2018), das alíquotas da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM (Lei 13.540/2017) e da Criação da Agência Nacional de Mineração (Lei 13.575/2017), o próximo desafio para revitalização do setor mineral brasileiro está no seu desenvolvimento tecnológico. O aumento da produtividade, o melhor aproveitamento dos recursos e reservas atuais e a necessária redução dos impactos ambientais só serão possíveis com a adoção de melhores tecnologias e da maior preparação dos profissionais que trabalham nas empresas, na pesquisa e na academia. Acrescenta-se a estes fatos a realidade que os novos depósitos são, via de regra, de maior complexidade que os do passado e que hoje surgem oportunidades de novos bens minerais anteriormente menos relevantes, como, por exemplo, minérios de lítio, cobalto, terras raras, entre outros, que exigem novos conhecimentos e novas tecnologias.

Não é raro se verificar uma crença equivocada entre os leigos que as atividades de exploração mineral são de baixo conteúdo tecnológico e de simples operação. Os depósitos minerais são concentrações anômalas de minerais na crosta terrestre que contenham elementos/metais que possam ser extraídos de forma sustentável e econômica e utilizados em tecnologias que se revertam em benefícios para a sociedade. Os diversos tipos de depósitos minerais formaram-se por processos geológicos que atuaram no interior e na superfície da crosta terrestre durante a evolução do planeta Terra, ao longo de seus 4,5 bilhões de anos. Estes processos geológicos são os mesmos que formam rochas comuns na crosta terrestre. No entanto, depósitos minerais são raros e ocupam menos que 2% da superfície da crosta terrestre, indicando que sua formação ocorre somente sob condições especiais. A definição dos fatores geológicos críticos que conduzem esses processos na concentração de elementos/metais de forma eficiente e anômala na crosta terrestre encontra-se intrinsicamente atrelada às diversas etapas da exploração mineral e descoberta de novos depósitos, o que exige capacitação técnica e tecnológica das empresas. Em todas as etapas subsequentes à exploração mineral e que envolvem a implementação de um novo empreendimento mineral, incluindo sua operação ao longo da vida e em seu fechamento, são imprescindíveis estudos tecnológicos detalhados em várias disciplinas da área de ciências da Terra. Em outras palavras, as tecnologias a serem adotadas em cada empreendimento mineiro são desenvolvidas ou adaptadas para cada caso específico, não sendo, na maior parte dos casos, produtos de prateleira.

Uma realidade dessa indústria é a grande disparidade dos estágios tecnológicos no setor produtivo. Enquanto algumas empresas, especialmente as de grande porte, estão aplicando as tecnologias mais modernas e eficientes para uma operação produtiva, outros setores aplicam métodos artesanais para extração, que são desatualizados e ineficientes. Reduzir esta lacuna muitas vezes verificada no mesmo setor produtivo é, sem dúvida, uma das principais prioridades de um programa de desenvolvimento tecnológico do setor mineral em nível nacional.

Outro desafio é a enorme riqueza mineral do subsolo brasileiro ainda subaproveitado para gerar riqueza e desenvolvimento no País, principalmente dos bens minerais de maior complexidade tecnológica, dos quais o nióbio é uma das raras exceções.

Para cumprir estes e outros desafios em um cenário de grave déficit fiscal, necessitamos adotar novos modelos de governança que resultem em maior eficácia dos dispêndios financeiros governamentais em desenvolvimento tecnológico do setor mineral e de sua alavancagem financeira com participação da iniciativa privada. Temos também que agregar inteligência de mercado e de estratégia à inteligência tecnológica, para aumentar as chances de sucesso das iniciativas.

Diante do acima exposto, a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral apresenta, neste documento, as diretrizes para o Programa de Desenvolvimento Mineral Brasileiro para as próximas décadas.

Na primeira parte é explicado o modelo de governança deste programa, mais inclusivo para o setor produtivo, buscando a articulação entre os setores produtivo, o acadêmico e o governo. Como será visto em capítulo específico, é sugerida a criação de instituição de gestão, porém com conteúdo técnico importante. Esta instituição receberá diretrizes de um comitê consultivo onde os três setores acima são representados.

Os projetos a serem desenvolvidos neste programa podem ser divididos em três eixos:

- Eixo 1: Apoio ao desenvolvimento tecnológico das mineradoras em pequena e média Escalas (MPE);
- Eixo 2: Apoio ao aproveitamento de novos bens minerais e processos considerados alavancadores do desenvolvimento sustentável brasileiro;
- Eixo 3: Apoio aos desafios tecnológicos comuns a várias empresas do setor produtivo nacional, endereçados como pesquisas colaborativas em fase pré-competitiva.

São apresentadas informações sucintas de cada eixo, com seu modelo específico de governança, itens críticos e desafios.

Na segunda parte deste documento é apresentado, ainda em nível geral, uma proposta de conteúdo programático de cada eixo.

Pode-se questionar a ausência de um eixo relativo à demanda de P&D das grandes empresas. Contata-se que estas já têm seus próprios recursos de desenvolvimento tecnológico ou sabem como buscá-los, razão pela qual não foram incluídas no programa, para atendimento de suas necessidades específicas e individuais. No entanto, elas são importantes parceiras no eixo de pesquisas colaborativas, por sua capacidade da mudança da cultura vigente, pela importância na dinamização de fornecedores de produtos e serviços do setor e poderem servir como modelos de desenvolvimento para as outras empresas. Sabe-se que foi um esforço coordenado entre os governos em suas várias instâncias e as grandes empresas de mineração o principal fator para o importante salto tecnológico do setor ligado à mineração da Austrália dos últimos 30 anos, incluindo o atual parque de fornecedores de equipamentos e serviços de alto conteúdo tecnológico daquele país. Uma visão de longo prazo das grandes empresas deveria apontar que um setor mineral mais pujante resultaria em melhor interlocução com o governo e a sociedade em geral, atrairia melhores talentos, fortalecendo um ciclo positivo de desenvolvimento desta indústria e revertendo, em um segundo momento, em seu próprio benefício. Por este motivo, espera-se a adesão das grandes empresas ao Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro, ora proposto.

Também é importante uma estreita interlocução do PDTEC com vários outros órgãos dos governos federal, estadual e municipal, órgãos de fomento, instituições de financiamento (BNDES, FINEP, Embrapii, entre outros), de planejamento (ex: ABDI) para, em conjunto com representantes do setor mineral e da sociedade, formular um programa robusto e que espelhe as necessidades e oportunidades da indústria mineral e da sociedade brasileira. Ele vem se somar aos esforços empreendidos pelo MCTIC, historicamente importantes para a geração de ciência e na formação de RH, mas ainda tímidos na transformação do conhecimento desenvolvido para gerar valor para o setor produtivo. Este é um dos maiores desafios deste trabalho, em especial do eixo 2.

Este programa não inclui os desenvolvimentos tecnológicos promovidos pelos fornecedores de equipamentos e serviços para a cadeia produtiva, pois são acessíveis às empresas em geral e

dependem do próprio P&D daquele setor. Neste conjunto inclui-se grande parte das tecnologias da indústria 4.0, e não são objeto deste trabalho e sim consequência da demanda e oferta do mercado.

Finalmente e não menos importante, buscou-se neste documento cobrir as principais disciplinas da cadeia operacional da mineração, ou seja; pesquisa mineral, geologia de mina, planejamento de mina, lavra, beneficiamento e descomissionamento.

Ao final são feitas recomendações gerais e conclusões, que devem ser sucedidas por um plano detalhado e robusto de implantação. Observou-se, por um levantamento de iniciativas do passado, que muitas vezes estas tiveram sucesso limitado por não terem conseguido o comprometimento de atores importantes ou não terem tido continuidade por agentes de governo em seus vários níveis. Este deve ser uma das principais preocupações do plano de implantação.

2. Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro (PD Tec Mineral): Modelo de Governança

O modelo de governança proposto inicia-se com a existência de uma instituição de gestão técnica, forte e flexível, conforme ilustrado na figura 1 a seguir.

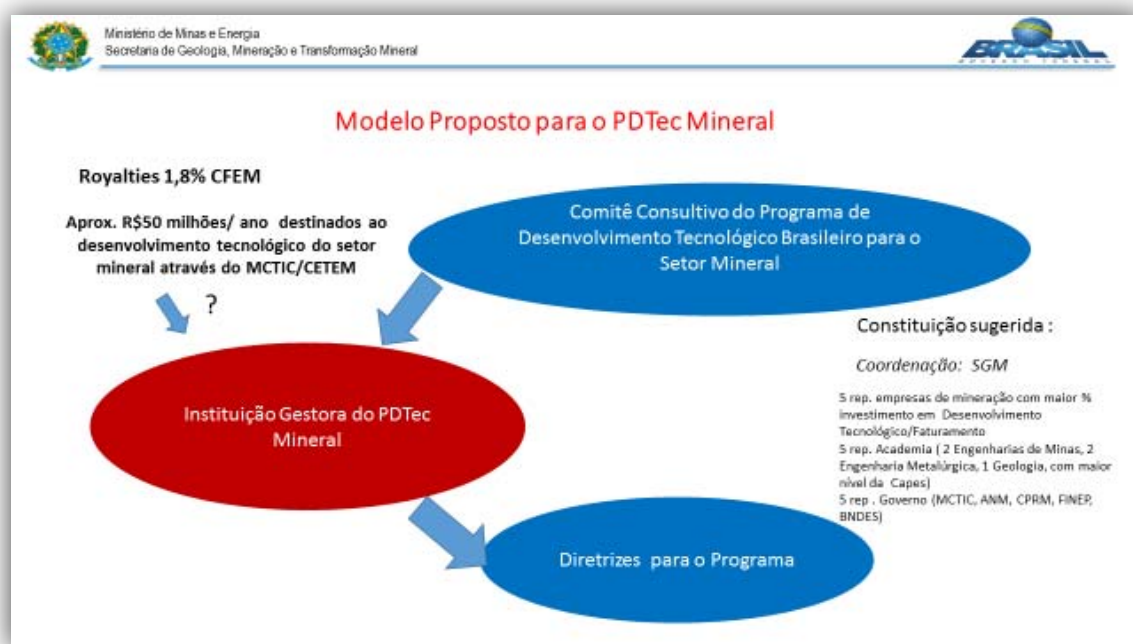


Figura 1 - Modelo proposto de Governança do Plano de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro.

Esta instituição terá o aporte de diretrizes de um conselho consultivo, formado por representantes do setor produtivo, da academia e do governo, que estabelecerá um diálogo e busca de consenso, em alto nível, dos principais atores responsáveis pelo desenvolvimento da mineração do País. Este irá estabelecer as principais diretrizes do programa e orientará nas correções de rumo, caso necessárias.

As regras de constituição e de funcionamento do Comitê Consultivo serão definidas em documento específico. Preliminarmente sugere-se uma distribuição em igual número de cada segmento. As 5 empresas que fariam parte do comitê seriam aquelas mineradoras que mais investem em desenvolvimento tecnológico em relação ao faturamento, o que denota uma cultura empresarial diferenciada.

As academias seriam as mais bem avaliadas pelo sistema da CAPES, sendo duas Engenharias de Minas, duas Engenharias Metalúrgicas e um de Geologia. Entre os representantes do poder público sugere-se o MCTIC, a ANM, CPRM, FINEP e BNDES.

A coordenação deste comitê ficará sob a responsabilidade da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, que zelará pelo seu correto funcionamento e aprimoramento.

Um dos grandes desafios desta proposta é a origem dos recursos financeiros. Uma possível fonte é a parte da CFEM destinada ao desenvolvimento tecnológico do setor, constante na Lei 13.540/2017. Segundo esta lei, 1.8% da CFEM é destinado ao CETEM (Centro de Tecnologia Mineral), instituição ligada atualmente ao MCTI. Estimativas da ANM apontam para cifras de quase 50 milhões/ano, o que é um montante financeiro significativo para o início do programa.

A utilização deste recurso, originalmente destinado ao CETEM, para um programa mais amplo (PD Tec Mineral), depende de celebração de acordo de cooperação técnica entre o MME e MCTI.

Conforme já foi dito na Introdução, o Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral do Brasil pode ser dividido em três grandes eixos de atuação, conforme mostrado na figura 2.

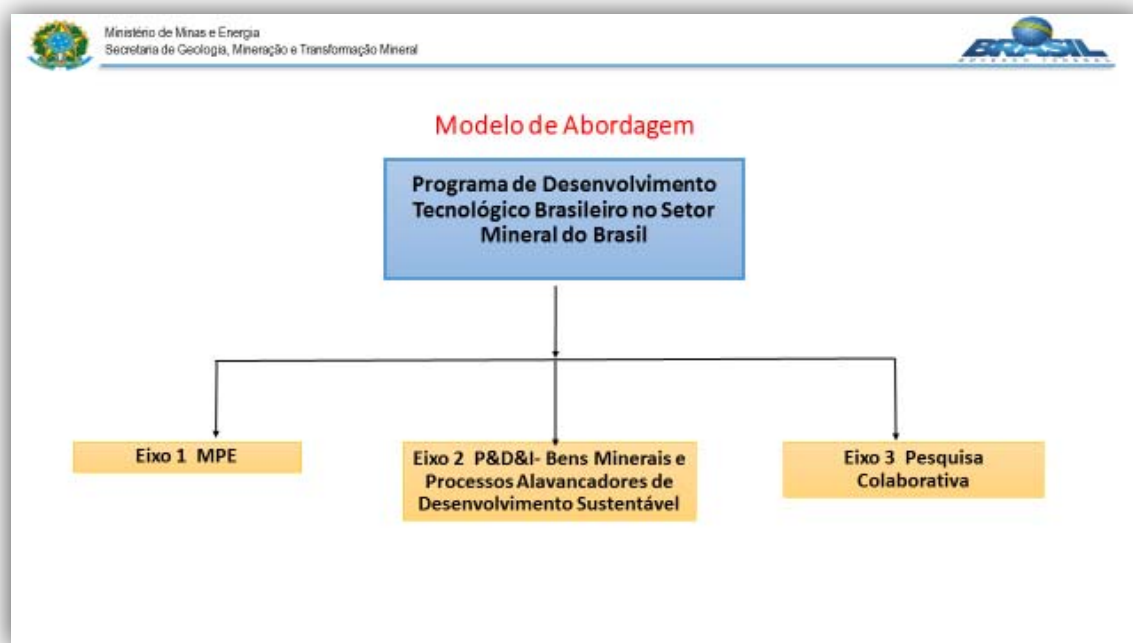


Figura 2 - Os três eixos de abordagem Programa de Desenvolvimento do Setor Mineral do Brasil

De maneira análoga ao Comitê Consultivo principal, cada um dos eixos terá um subcomitê consultivo específico, constituído de tal forma a contribuir com recomendações específicas para cada abordagem, conforme ilustrado na figura 3.

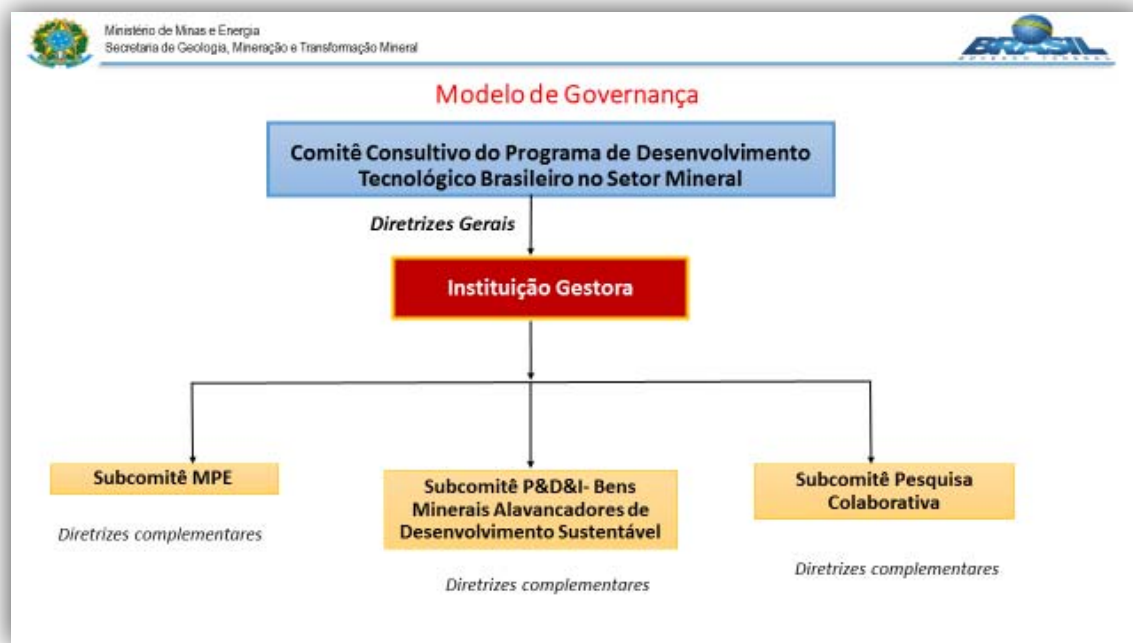


Figura 3 - Comitê e Subcomitês dos três eixos de abordagem do Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro

A seguir são apresentados os principais fundamentos da governança de cada um dos eixos.

2.1. Governança do Eixo 1: Desenvolvimento Tecnológico da Mineração em Pequena Escala

O subcomitê do Desenvolvimento Tecnológico da Mineração em Pequena Escala (MPE) é constituído prioritariamente de instituições estaduais e regionais, o que facilita o diálogo e transferência da tecnologia. Os órgãos e instituições locais sabem bem as necessidades e as formas de interlocução com o setor nas regiões onde atuam e são importantes aliados neste esforço de organização e desenvolvimento. Conforme será explicado posteriormente, este eixo se subdivide em

duas grandes abordagens: a) as ações desenvolvidas para o setor organizado de forma coletiva (Cooperativas e Polos Produtivos) e b) as ações das empresas individuais.

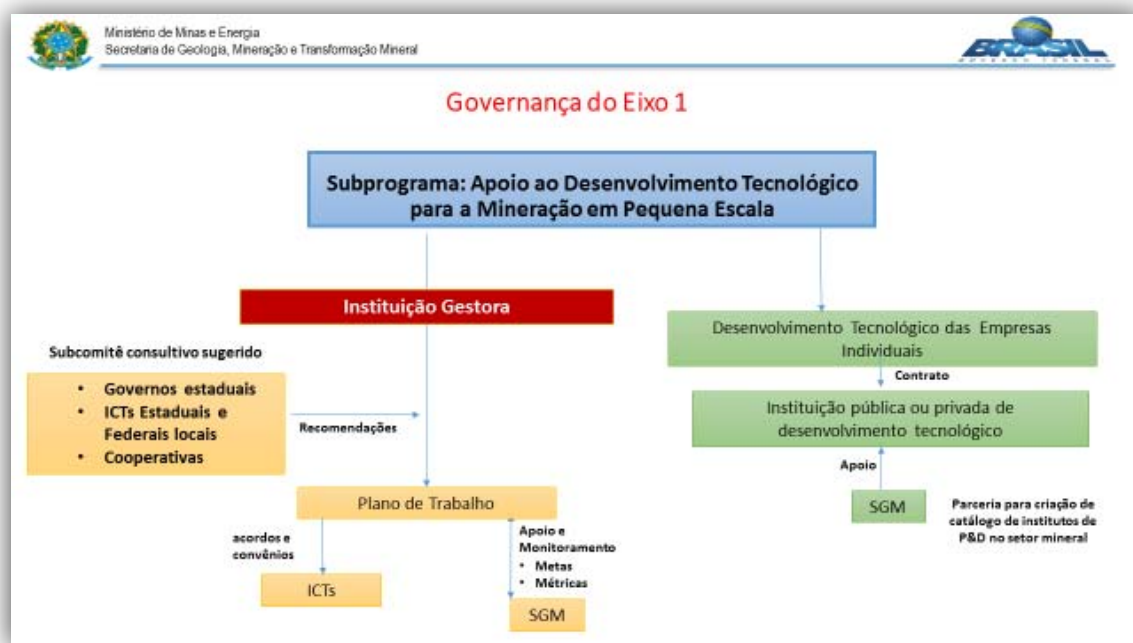


Figura 4 - Governança do Subcomitê do Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico para MPE

2.2. Governança do Eixo 2: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação dos Bens Minerais e Processos Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável Brasileiro

O segundo eixo é a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação de Bens Minerais e Processos Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável do Brasil. São pesquisas mais complexas e de maior risco. O propósito deste eixo é criar novos negócios ou novos processos no setor produtivo. Para apoiar este objetivo é proposta a constituição de um subcomitê consultivo conforme figura abaixo.

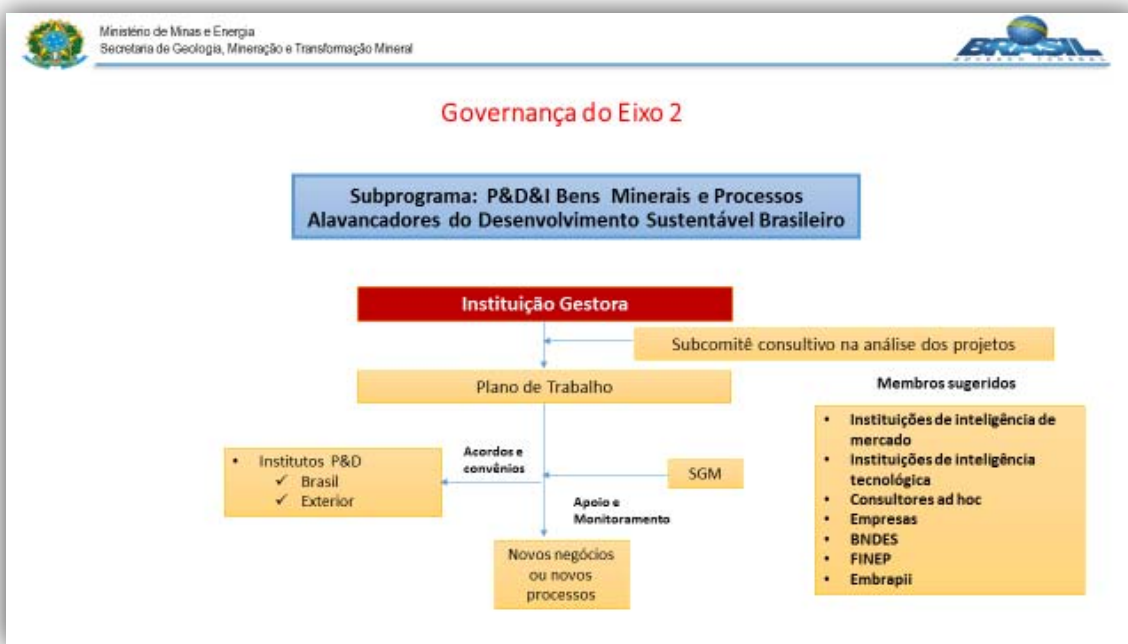


Figura 5 - Modelo de Governança do Subprograma de PD&I dos Eixo 2: Bens Minerais Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável do Brasil

O objeto deste eixo é, de certa forma, muito similar aos dos processos de gestão integrada da inovação das empresas modernas. Este modelo é composto de três pilares complementares: a gestão da carteira de oportunidades (também chamado de gestão de portfólio), a do funil de inovação (também chamada de pipeline) e a de gestão da rotina dos projetos, conforme ilustrado na Figura 6.

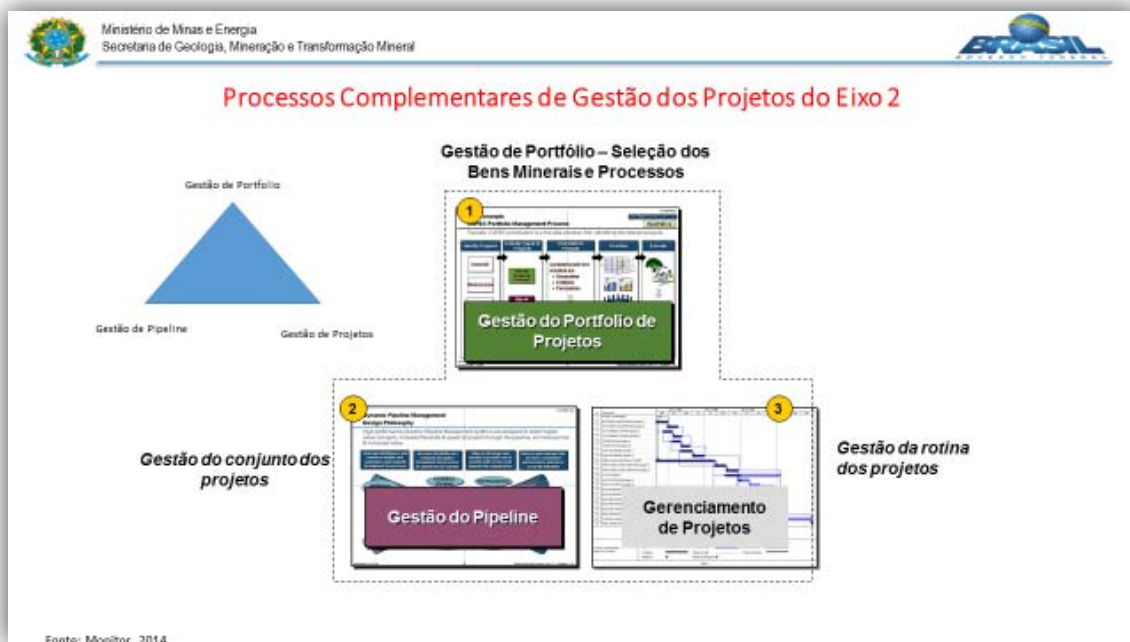


Figura 6 - Processos Integrados da Gestão da Inovação.

O primeiro pilar, que é a gestão do portfólio, é constituído pela definição de quais os bens minerais e processos da mineração serão objeto deste eixo de inovação. Esta não é uma definição trivial, pois dela deriva uma série de desdobramentos de compromissos de médio e longo prazos, ou seja, de equipes de pesquisadores e instalação de infraestrutura específica. Propõe-se que esta definição seja feita pelo Comitê Consultivo, apoiado pelo subcomitê consultivo conforme ilustrado nas Figuras 7 (seleção dos bens minerais) e 8 (seleção dos processos). Esta seleção baseia em análises multidimensionais, também chamado Metodologia ADMC (Análise de Decisão Multicritério). Para os bens minerais, propõe-se que sejam feitas análises nas seguintes dimensões “Atratividade Econômica”, “Atratividade Social” e “Atratividade Tecnológica”. Para os processos propõe-se a análise nas seguintes dimensões: “Impacto Econômico”, “Impacto Ambiental” e “Impacto Tecnológico”, conforme descrito nas figuras 7 e 8 abaixo.

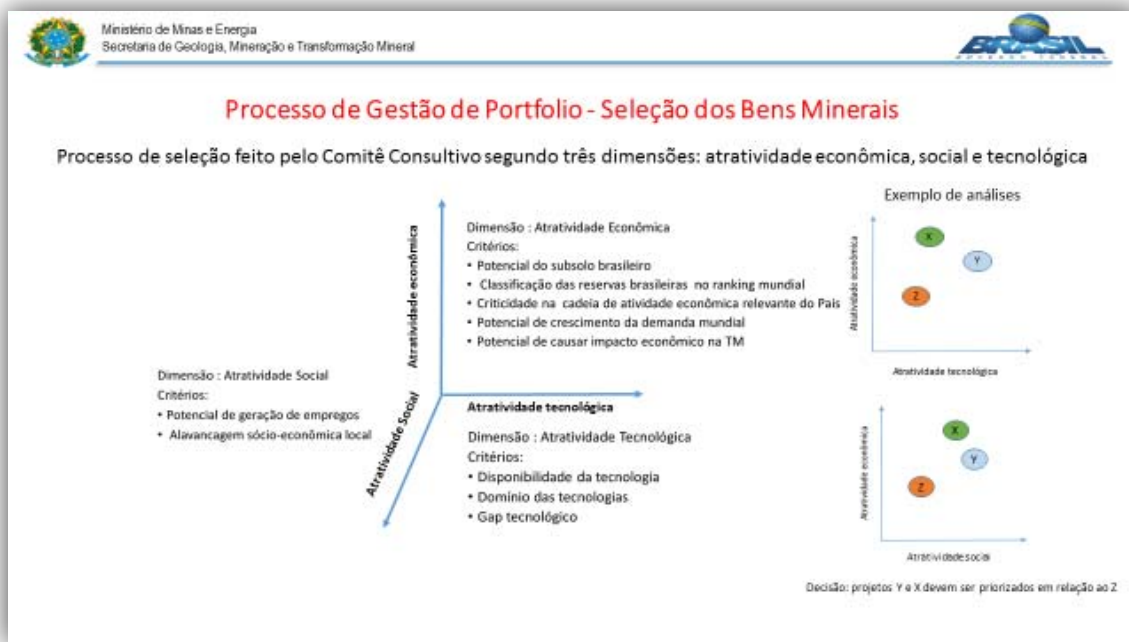


Figura 7- Processo de seleção dos bens minerais alavancadores do desenvolvimento sustentável brasileiro.

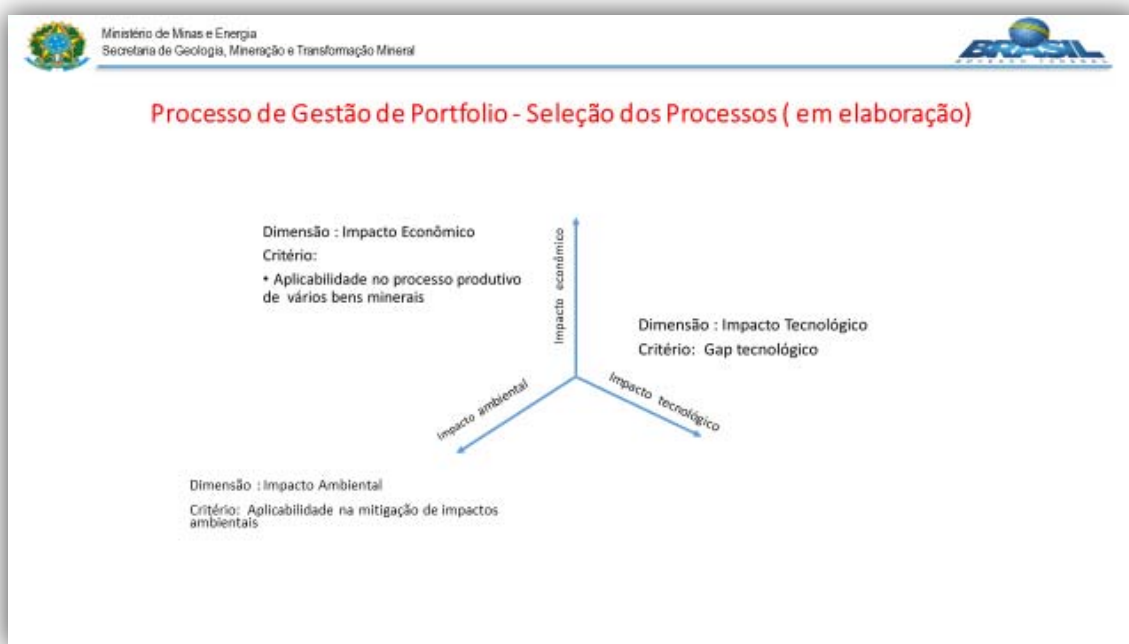
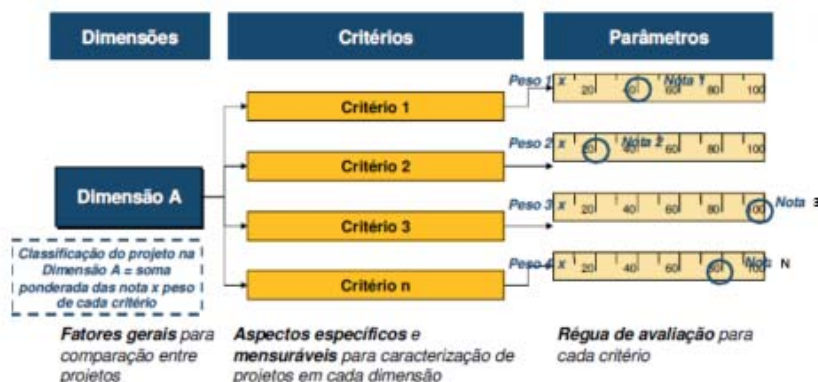


Figura 8 - Seleção dos Processos alavancadores do desenvolvimento sustentável brasileiro.

Cada dimensão é construída a partir de critérios montados em uma matriz ponderada. A figura 9 a seguir ilustra a construção de cada dimensão, composta de critérios e parâmetros.



Metodologia de Análise das Dimensões



Fonte: Monitor, 2014

Figura 9 - Modelo de construção das dimensões de análise.

Para cada critério sugerem-se gradações de classificação, denominados parâmetros. No capítulo 3 será explicada a construção de cada dimensão dos dois grupos (bens minerais e processos).

O segundo pilar é o pipeline, ou do “Funil de Inovação”. Uma vez definidos os bens minerais e processos que serão objeto de subprogramas específicos, estabelece-se para cada um, uma série de iniciativas, que constituem os projetos. À medida que os projetos evoluem, as chances de sucesso aumentam ou diminuem, e, com frequência, são necessárias algumas correções de rumo. Alguns projetos são continuados e outros, descontinuados, conforme mostrado na figura 10.

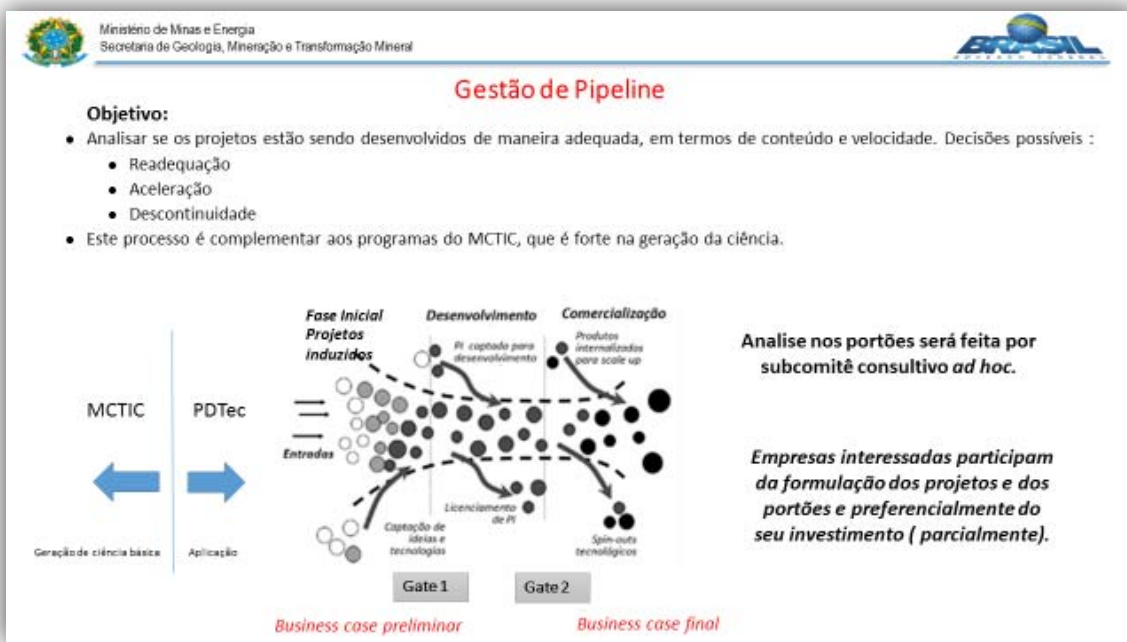


Figura 10 - Funil de Inovação

Este modelo considera que em geral há mais de uma alternativa para o desenvolvimento de uma rota inicial. Estes são submetidos a “portões de análises” (stage gate) para passar para as fases seguintes, reduzindo-se as opções e reorientando-as até gerar um novo negócio ou processo. Estes portões de análise devem ser apoiados por business cases, inicialmente de forma preliminar e tornando-se mais robustos à medida que caminham no pipeline. Neste caminho os projetos menos promissores são descartados e os promissores são reforçados. Estas decisões são muito importantes porque as fases mais adiantadas são geralmente mais onerosas tanto financeiramente como de h/H. Esta metodologia, como ilustrado na figura 10, é complementar ao esforço que tem sido feito pelo MCTI, que tem sido bem-sucedido na construção de conhecimento, mas limitado na sua transferência para o setor produtivo. Em função disto espera-se que os projetos só entrem no funil caso se encontre equacionada a questão de se ter parceiros do setor privado interessados em acompanhar os resultados e que preferencialmente participem financeiramente de seu desenvolvimento. Em função disto sugere-se que no subcomitê deste eixo participem instituições de conhecimento de mercado, de gestão de tecnologia, consultores ad hoc que conhecem o negócio assim como as tecnologias (se necessário) e representantes de órgãos de financiamento do governo para iniciativas de mais alto risco, como BNDES, Finep e Embrapii. Um dos desdobramentos deste eixo é o fomento ao maior grau de verticalização ainda não adotado pelas empresas no Brasil,

agregando maior valor ao produto mineral, a partir das discussões de mercado, de estratégia e do contexto econômico e social do País.

Caso os bens minerais selecionados tenham sido também objeto de programas do MCTI (por exemplo o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos, Inova Mineral, entre outros) é importante um conhecimento prévio sobre as pesquisas desenvolvidas naqueles programas.

Uma questão importante a ser endereçada neste momento é a das regras da propriedade intelectual.

É interessante um balanceamento de “time to market” destas iniciativas, sendo algumas de mais curto prazo e outras de longa maturação.

O terceiro pilar da gestão deste eixo é o da rotina dos projetos e para isto, esta instituição será um escritório de projetos (PMO) para acompanhar os cronogramas e os investimentos.

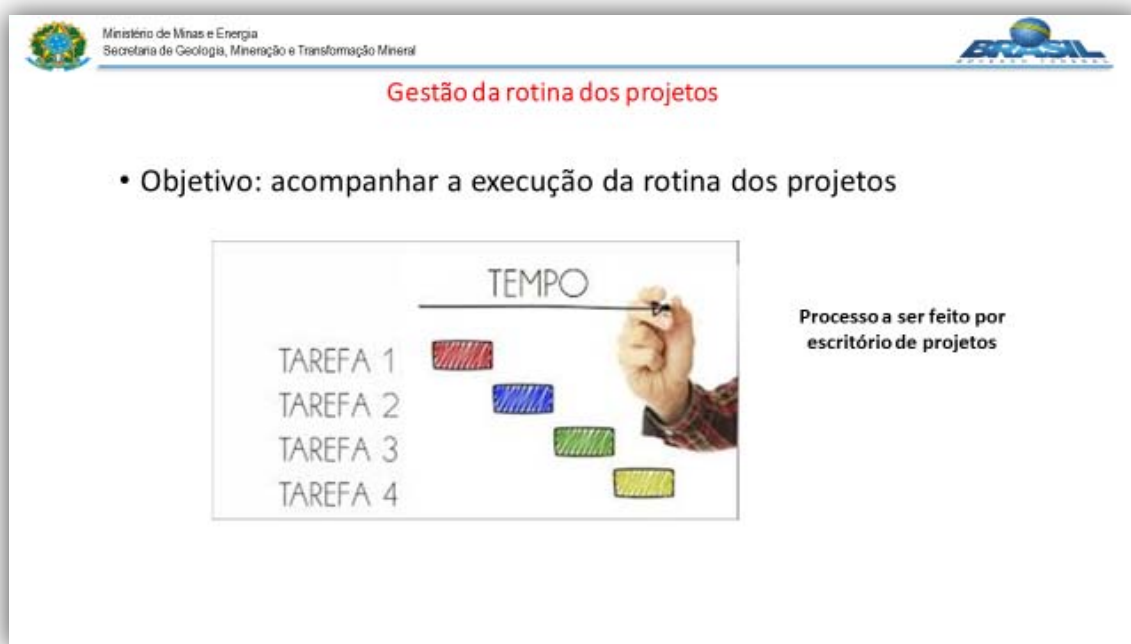


Figura 11 - Gestão da rotina dos projetos de P&D

Uma questão que pode aparecer neste eixo nas fases finais é o da engenharia dos equipamentos e processos caso o projeto chegue às escalas maiores.

2.3. Governança do Eixo3: Projetos Colaborativos

O terceiro eixo do Programa é o de P&D colaborativo, conforme mencionado anteriormente.

A figura 12 a seguir ilustra a governança proposta:

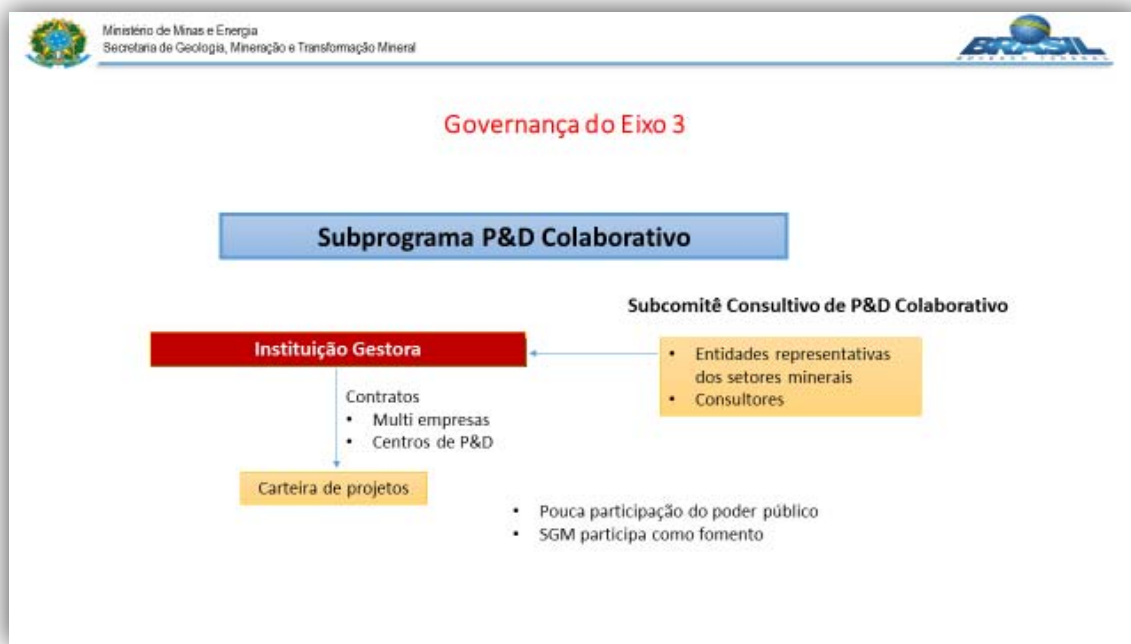


Figura 12 - Governança sugerida para projetos de P&D colaborativo

O coração do sucesso deste modelo de P&D está na forte atuação na gestão dos projetos e na excelência técnica e comprometimento das equipes constituídas. Este eixo tem pouca interferência do poder público. A constituição do subcomitê consultivo sugerida, formado por representantes de setores industriais (por exemplo IBRAM, ABAL, ABIROCHAS, etc) e de especialistas de referência nas tecnologias usadas nos processos produtivos, justifica-se pelo possível apoio ao diálogo das equipes de estudo com as empresas do setor com a academia e a identificação de temas que podem ser objeto do P&D pré-competitivo. O papel do poder público neste caso é o de apoio e articulação com outros programas governamentais de fomento de P&D como bolsas acadêmicas, EMBRAPII, etc.

Este eixo busca trabalhar com propostas de projetos em fase pre-competitiva, ou seja, equipes de pesquisadores, conscientes de problemas ou oportunidades comuns a várias empresas

de mineração e que buscam patrocínio e apoio para aprofundar o conhecimento e buscar as soluções técnica e economicamente viáveis. Para isto, estas equipes terão que ser compostas por profissionais comprometidos com a qualidade da pesquisa e cumprimento de cronograma. Muitas vezes esta equipe é composta de instituições nacionais e internacionais de pesquisa.

Escopos desses projetos poderão ser originados de demandas do setor, percebidas pela instituição de gestão dos projetos em estreito contato com empresas, que procurará grupos de pesquisa nos ICTs habilitados a desenvolver tal projeto de pesquisa. Alternativamente, propostas poderão ser originárias de um ou mais grupos de pesquisa das ICTs, os quais comporão uma minuta com os elementos básicos de um documento preliminar, como escopo, entregáveis, prazo e custo, a qual será ofertada às empresas interessadas.

Em qualquer dos casos acima, após manifestação inicial de interesse de algumas empresas, caberá à instituição de gestão de projetos, junto aos grupos de pesquisa proponentes, montar proposta técnico-financeira detalhada a ser submetida às empresas, para aprovação. Já nessa fase será definido um gestor executivo do projeto, o qual representará a instituição de gestão de projetos, bem como um gestor técnico do projeto, o qual será representante do (s) ICT (s) responsáveis pelo desenvolvimento da pesquisa.

Os projetos serão financiados por mais de uma empresa e executados por uma ou mais instituição de pesquisa. Eles serão geridos profissionalmente, com relatórios sucintos trimestrais, teleconferências semestrais, apresentações anuais em workshops dos avanços realizados naquele período, bem como um relatório final e apresentações dos pesquisadores nas empresas patrocinadoras. Métricas de acompanhamento e engajamento no projeto serão usadas, tanto para avaliar o comprometimento dos pesquisadores em cumprir as metas acordadas, quanto para mensurar o engajamento por parte das empresas participantes.

O modelo de financiamento dos projetos contemplará diferentes categorias e níveis de comprometimento de empresas participantes. Dependendo se a empresa é mineradora ou se é prestadora de serviços ou produtos à mineração, a ela será ofertada um nível de patrocínio distinto do projeto. Além disso, será também contemplada a possibilidade de empresas terem níveis diferenciados de comprometimento financeiro com o projeto. Compatível com o nível de comprometimento financeiro será oferecido um nível diferenciado de benefícios ofertado às

empresas, como realização de estudos de casos dedicados, apresentação de workshops “in company”, etc.

Caberá ao gestor executivo do projeto interagir diretamente com as empresas potencialmente interessadas, bem como com o gestor técnico do projeto. O perfil desejável desse indivíduo é de um técnico já com ampla experiência e conhecimento da indústria, sem necessariamente conhecimento técnico profundo do assunto do projeto. Ele terá o papel de transmitir, no curso do projeto, a percepção de valor das empresas sobre o trabalho em andamento, garantindo que as mesmas sejam comunicadas continuamente sobre desenvolvimentos oriundos do mesmo que possam ser aplicados, potencialmente, nas empresas patrocinadoras. Caberá a esse gestor executivo interagir com as empresas

Por outro lado, o gestor do projeto atuará como interlocutor entre o gestor executivo e, por sua vez, as empresas, e os pesquisadores envolvidos no projeto. Isso possibilitará a profissionalização da gestão, sem comprometimento da qualidade técnica, pois os pesquisadores estarão desimpedidos de envolver-se diretamente com a gestão do projeto. O modelo descrito foi inspirado no Amira International Ltda, instituição privada sem fins lucrativos que presta serviços de P&D colaborativo para a mineração. Tem sede na Austrália, hoje em dia tem atuação global e foi fundada há 58 anos.

2.4. Comentários finais

Todo este arcabouço de governança do Programa de Desenvolvimento Tecnológico para o Setor Mineral Brasileiro, desenhado para os próximos anos, deverá ser aprimorado à medida que exercitado. Caberá à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral acompanhar e monitorar o seu funcionamento e propor mudanças.

3. Programa de Desenvolvimento Tecnológico do Setor Mineral Brasileiro: Conteúdo programático

Em complementação à governança, este capítulo descreve em linhas gerais o conteúdo de cada eixo, que posteriormente será detalhado após a implementação e recomendações do comitê e subcomitês consultivos.

3.1. Eixo 1- Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Mineração em Pequena Escala (MPE)

O conceito de mineração em pequena escala considerado neste eixo é o mesmo utilizado no Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala (MPE), também conhecido como Projeto META, formulado pelo Ministério de Minas e Energia, executado pelo NAP Mineração /USP e apresentado no MME em 28 de agosto de 2018, conforme ilustrado na figura 13. Este diagnóstico engloba todas as Micro, Pequenas e Médias Empresas de Mineração e as minerações artesanais que operam de forma legal. Além do conceito capacidade de ROM (até 1Mt/ano), o diagnóstico considera o baixo conteúdo tecnológico daquelas operações. As MPE representam em torno de 73% das empresas de mineração ativas no Brasil, sendo responsável por cerca de 25% do total de empregos formais na atividade, predominantemente na produção de ouro, pedras coradas, rochas ornamentais, cerâmica vermelha e agregados para a construção civil.



Figura 13 - Visão conceitual usada no relatório do projeto META. Fonte: Relatório final de apresentação.

Os programas de desenvolvimento tecnológico aqui apresentados para atender a este eixo podem ser divididos, grosso modo, em dois tipos: os que visam as microempresas estruturadas de forma coletiva (cooperativas legais de garimpos e polos produtivos) e os que visam as empresas individualmente.

3.1.1. Empresas estruturadas coletivamente

Trata-se de um subgrupo de micro e pequenas empresas que possuem frequentemente aspectos da mineração artesanal que, por sua vez, é caracterizada por baixa produção e frentes de lavra que utilizam tecnologias muitas vezes ineficientes e mão de obra pouco qualificada.

Sua significativa relevância na mineração brasileira e sua especificidade justificam a elaboração de um subprograma específico de apoio ao desenvolvimento tecnológico deste segmento.

Em agosto de 2018 foi concluído o programa do MME, chamado Projeto META, no qual foi elaborado o Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil. As diretrizes do eixo 1 do Programa de Desenvolvimento Tecnológico da Mineração Brasileira, proposto neste documento, são alinhadas com aquelas recomendadas neste projeto.

Como estudo de caso buscou-se o exemplo da Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto. Esta cooperativa está localizada no norte do Estado do Mato Grosso, conta com 5,2 mil cooperados, atua nos municípios de Guarantã do Norte, Matupá, Nova Guarita, Nova Santa Helena, Novo Mundo, Peixoto de Azevedo e Terra Nova do Norte. Produziu 7 toneladas de ouro em 2017. A Coogavepe tem sido considerada referência para o País devido à sua forte atuação de caráter institucional, desde a legalização da atividade, viabilização da assistência técnica aos cooperados, execução de projetos sociais e de educação ambiental, investimento em tecnologia, recuperação de áreas degradadas e um conjunto de alternativas econômicas como a piscicultura, fruticultura e reflorestamento, visando a manutenção de atividades econômicas para a comunidade após o término das atividades minerárias. O modelo bem-sucedido da Cooperativa de Rio Peixoto e fortalecido com este programa é a melhor alavanca para replicação em outras comunidades similares, com todos os seus ganhos legais, sociais e ambientais. Importante ressaltar que em igual magnitude é a relevância em se trabalhar alinhado com a OCB (Organização das Cooperativas do Brasil), que dispõe de uma série de mecanismos e iniciativas que podem auxiliar nesta replicação. Por exemplo um fator chave é a existência de liderança local, forte, ética e reconhecidamente comprometida com a comunidade e com o sucesso da cooperativa. A identificação e fortalecimento destas lideranças em outros locais poderia ser objeto da OCB, entre outros fatores, que justificam a parceria com aquela instituição.

O estudo de caso mostrou-se rico e oferece os seguintes aprendizados:

- a cooperativa já faz a articulação como órgãos estaduais e municipais, como a METAMAT (Companhia de Mineração do Mato Grosso), facilitando o trabalho do grupo de tecnologia;
- a cooperativa já faz parceria com universidades e centro de pesquisa. Foram relatados trabalhos com anteriores e bem sucedidos com o CETEM, que criou uma central de amalgamação, e apoio a estudos da UNICAMP;
- já fazem parceria com ANM através de seu escritório local;

- os próprios cooperados identificaram carências de tecnologias e de expertise técnica, o que facilita muito a construção conjunta das soluções e facilita a mudança cultural muitas vezes decorrentes da inovação tecnológica. Não são raros os casos de desenvolvimentos tecnicamente corretos, mas que são boicotados por não conseguirem transpor a barreira cultural. A necessidade de programas de extensionismo tecnológico já foi identificada, o que também poderia ser objeto deste trabalho conjunto.

Como estes projetos têm caráter regional, priorizou-se neste programa o atendimento das demandas da Região Centro Oeste. Pelos motivos citados anteriormente, sugere-se iniciar a atuação deste eixo com trabalho em conjunto com a COOGAVEPE. A partir desta experiência, outras cooperativas podem ser alcançadas. Além disso, os estados que compõem esta região têm estruturas institucionais e acadêmica voltadas ao setor mineral instaladas ou em instalação, o que é importante para o sucesso das iniciativas do programa. Adicionalmente, esta região tem grande potencial geológico para metais básicos e os governos estadual e municipal têm tratado a mineração como uma das principais alavancas de desenvolvimento econômico e social.

3.1.2. Desenvolvimento tecnológico individual das empresas de pequeno e médio portes.

O desenvolvimento individual dos processos produtivos das empresas de pequeno e médio porte segue o padrão tradicional do setor, qual seja, a contratação direta de consultoria especializada e de estudos e pesquisa em centros de desenvolvimento tecnológico públicos e privados. A SGM, no esforço de fomentar este desenvolvimento, elaborou um catálogo dos centros de pesquisas tecnológicas em funcionamento no País, que se encontra em anexo a este relatório e que será amplamente divulgado pela mídia especializada. Este diretório busca informações sobre as expertises oferecidas por cada centro e a infraestrutura existente. Deve ser visto como um repositório de informações que devem ser constantemente atualizadas e aprimoradas. É a primeira vez que tal informação é disponibilizada para o setor produtivo de forma estruturada. Este levantamento fornecerá um diagnóstico sobre as carências de expertise e infraestruturas na tecnologia mineral brasileira e permitirá ações para sua correção. Além disso, para este eixo, a SGM pode disponibilizar para as empresas informações sobre os instrumentos governamentais de fomento à P&D no MCTIC como a Lei do Bem, programa Embrapii e fontes de financiamento com juros subsidiados ou não reembolsáveis do governo federal. Também são possíveis ações de fomento em nível estadual.

Este catálogo está descrito no anexo 1 deste documento.

Por último e não menos importante, recomenda-se que as empresas ao contratarem serviços de P&D tenham em seu quadro, permanente ou como consultor, profissional experiente que deve acompanhar e orientar as pesquisas realizadas pelos centros externos. Não são raros os exemplos de pesquisas que não obtiveram o resultado esperado por falta deste acompanhamento.

3.2. Eixo 2- Pesquisas de P&D& I para Bens Minerais e Processos Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável do Brasil.

Este eixo envolve pesquisas mais complexas e de mais longo prazo. Conforme já foi explicado em item anterior, recomenda-se a adoção das melhores práticas de gestão integrada da inovação, com três pilares: a gestão de portfólio, a do pipeline e da rotina dos projetos.

A seleção dos bens minerais e dos processos, objeto da Gestão do Portfólio, deverá ser objeto do Comitê Consultivo, a partir de análise multidimensional, também chamada Metodologia ADMC (Análise de Decisão Multicritério).

3.2.1. Seleção dos Bens Minerais Alavancadores do Desenvolvimento Sustentável Brasileiro:

Para a escolha dos bens minerais sugere-se a análise segundo as seguintes dimensões

- Atratividade econômica
- Atratividade social
- Atratividade tecnológica

Cada dimensão é composta de critérios e estes são compostos por parâmetros.

As figuras a seguir apresentam as propostas de construção das dimensões, a serem validadas pelo Comitê consultivo.



Critérios e Parâmetros para Atratividade Econômica (proposta Inicial)

Critério	Peso	Parâmetros		
Potencial do subsolo brasileiro	XX%	Pequeno	Médio	Grande
		0	0	0
Classificação no ranking das reservas mundiais	XX%	Abaixo de 20	Entre 11 e 20	Top 10
		0	0	0
Criticidade em atividade econômica relevante para o País	XX%	Produto não importado ou pouco % de importação	Alto percentual de importação mas de países de baixo risco político	Grande percentual de importação de países de alto risco político
		0	0	0
Potencial de crescimento da demanda mundial	XX%	Crescimento mundial comparativo ou inferior ao GDP	Crescimento mundial esperado pouco maior que o GDP	Crescimento mundial esperado muito superior ao GDP
		0	0	0
Potencial de causar impacto econômico na TM	XX%	Produto de TM com baixa atratividade econômica	Produto de TM com média atratividade econômica	Produto de TM com alta atratividade econômica
		0	0	0

Fonte: Análise SGM

Figura 14 - Construção proposta da Atratividade Econômica



Critério e Parâmetros para Atratividade Social (proposta inicial)

Critério	Peso	Parâmetros		
Potencial de geração de emprego	XX%	Modelo de exploração de empreendimento de grande porte	Modelo de exploração de empreendimento de médio porte	Modelo de exploração de empreendimento de pequeno porte
		0	0	0
Alavancagem sócio-econômica local	XX%	Região impactada de alto IDH	Região impactada de médio IDH	Região impactada de baixo IDH
		0	0	0

Fonte: Análise SGM

Figura 15 - Construção proposta da Atratividade Tecnológica



Critério e Parâmetros para Atratividade Tecnológica (proposta inicial)

Critério	Peso	Parâmetros		
Disponibilidade da tecnologia	XX%	Facilmente disponível no mercado	Disponível no mercado com restrições	Relativamente específico para o bem mineral brasileiro ou pouco disponível no mercado
		0	0	0
Domínio das tecnologias embarcadas	XX%	Grande domínio pelas empresas brasileiras	Médio domínio pelas empresas brasileiras	Pouco dominadas pelas empresas brasileiras
		0	0	0
Gap tecnológico	XX%	Gap relevante em tecnologia que avança em ritmo muito acelerado	GAP relevante mas temos expertise para recuperar em curto prazo	GAP tecnológico inexistente ou facilmente recuperado pela P&D nacional
		0	0	0

Fonte: Análise SGM

Figura 16 - Construção proposta da Atratividade Social

3.2.2. Bens minerais sugeridos para concorrer à seleção

Um exercício do grupo de trabalho da SGM, com base em informações de relevância dos bens minerais, como a mostrada no quadro da Figura 17 e os programas do MCTIC para os minerais estratégico sugeriu a seguinte relação de bens a serem considerados para seleção:

Carvão

- Enxofre
- Fosforo
- Grafite
- Lítio
- Potássio
- Rochas ornamentais
- Tântalo
- Terras raras
- Silício

- Tungstênio
- Zircônia
- Gálio
- Titânio
- Gemas
- Vermiculita
- Diamante



Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral



O BRASIL NO MERCADO MUNDIAL DE MINÉRIOS

"Global Player"	Exportador	Autossuficiência	Importador/ Produtor	Dependência Externa
Nióbio (1°)	Materiais de	Calcário	Cobre	Potássio
Ferro (3°)	Construção	(cimento)	Zinco	Fosfato
Vermiculita (3°)	Caulim	Cromo	Diatomita	Enxofre
Bauxita (3°)	Magnesita	Diamante	Tungstênio	Carvão
Grafita (3°)	Vermiculita	Industrial		Metalúrgico
Caulim (5°)	Mica	Titânio		Terras Raras
	Estanho	Tungstênio		
	Níquel	Talco		
	Manganês			
	Diamante bruto			

Fonte: Ibram

Figura 17 - Posição competitiva dos bens minerais no contexto brasileiro

No anexo 2 são disponibilizadas algumas informações destes bens minerais. Informações mais atualizadas e completas são necessárias para decisão do Comitê Consultivo.

É importante ressaltar que alguns desses projetos serão conduzidos até a fase de transformação mineral, quando esta iniciativa de verticalização fizer sentido econômico.

3.2.3. Seleção dos Processos Minerais

De maneira semelhante aos Bens Minerais, os processos serão analisados sobre a ótica das seguintes dimensões:

- Impacto econômico
- Impacto Social
- Impacto ambiental

A figura a seguir apresenta a proposta de construção da matriz de seleção dos processos minerais.

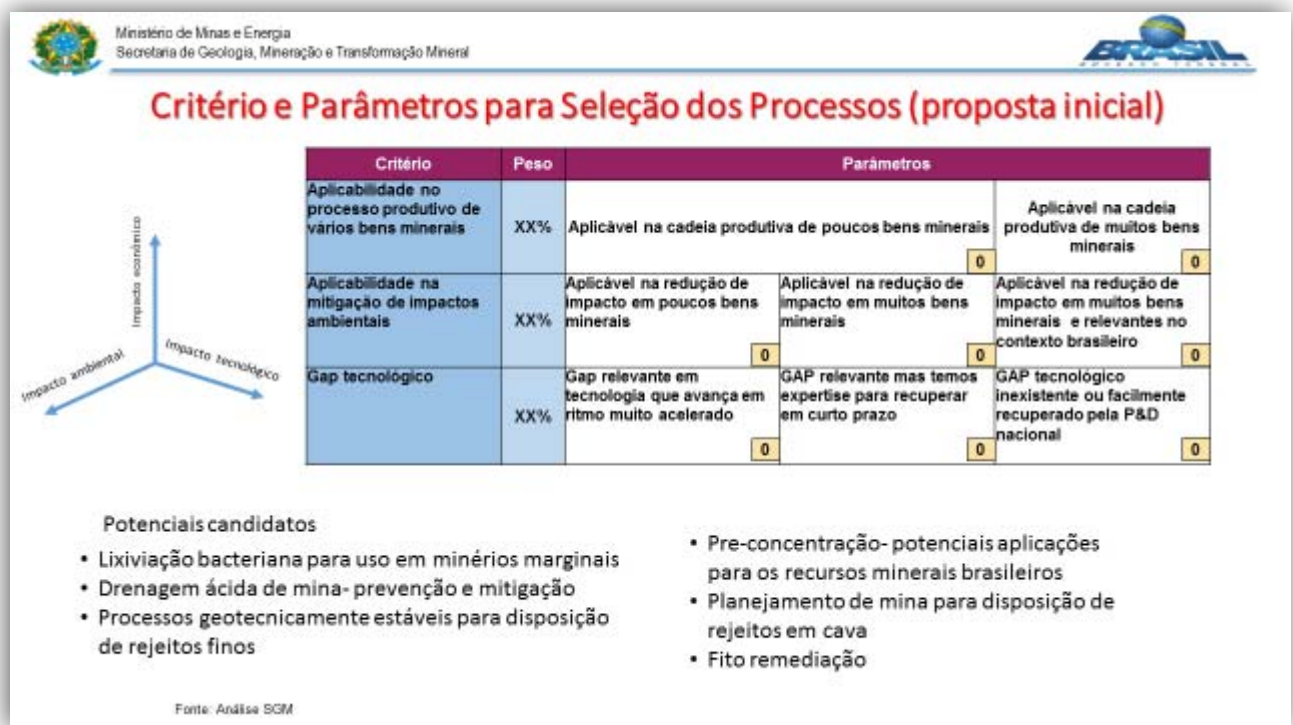


Figura 18 - Construção da matriz de seleção dos processos minerais

A seguir é apresentada a relação preliminar os processos minerais a serem analisados

- Drenagem ácida de mina: prevenção e mitigação;
- Processos geotecnicamente estáveis para disposição de rejeitos finos
- Pré-concentração: potenciais aplicações para os recursos minerais brasileiros
- Planejamento de mina para disposição de rejeitos em cava
- Fito remediação
- Lixiviação bacteriana para uso em minérios sulfetados marginais

3.3. Eixo 3 - Pesquisas Colaborativas

O conteúdo do eixo 3 será construído à medida em que as instituições envolvidas construírem o seu programa de trabalho. Como foi falado anteriormente, este eixo não demanda grande participação de ações de governo.

Uma sugestão inicial seria, por exemplo, projetos de P&D para aumento da recuperação das reservas brasileiras de fosfatos. Estas não têm similar no mundo e demandam pesquisas específicas. Trata-se de um bem mineral considerado crítico como insumo para o agronegócio, sendo que o Brasil importa quase 60% dos concentrados apatíticos e matérias primas intermediárias. As reservas brasileiras são limitadas e mereceriam um esforço estruturado para um maior aproveitamento.

Na tabela da figura 19 a seguir é apresentado o rendimento acumulado médio na cadeia operacional do fosforo. Pode-se constatar que até a produção de concentrado, aproximadamente 50% dos fosforo existente nos recursos minerais é perdido em forma de estéril de mina ou rejeito.

APROVEITAMENTO DO FÓSFORO

APROVEITAMENTO DE FÓSFORO (P ₂ O ₅)			
Etapa	Rendimento na fase	Rendimento acumulado	Perda Total por fase (%)
Prospecção	100	100	-
Lavra	85	85	15%
Beneficiamento	60	51	34%
Manuseio e transporte de concentrado	95-98	48-50	2%
Industrialização	90-97	43-48	5%
Manuseio e transporte do fertilizante	95-98	40-46	4%
Assimilação pelas culturas (uso do fertilizante)	8-10	4-5	40%

Fonte: Ibrafos



Figura 19 - Recuperação dos recursos minerais de fosfatos

Barros¹ sugere algumas abordagens para reduzir as perdas:

- 1) Lavra: Aproveitamento de recursos minerais atualmente descartados por serem considerados refratários (manto de intemperismo e material silicatado), através de desenvolvimento de reagentes de flotação específicos;
- 2) Deslamagem: aproveitamento de material ultrafino, que exigirá desenvolvimento de equipamentos mais apropriados, em parceria com fornecedores de equipamentos e de reagentes;
- 3) Estudos geometalurgicos para adequação das condições operacionais para os diferentes tipos de minério isolados ou em mistura controlada;
- 4) Flotação: desenvolvimento de novos reagentes para aumento da recuperação dos minérios atuais, inclusive para aumentar a recirculação de água de processo;

¹ Barros, Luiz Antonio Fonseca. Tese de Doutorado: Caracterização Tecnológica de Minério Fosfático de Salitre/Patrocínio- MG. UFMG, 2005.

- 5) Produção de ácido sulfúrico de menor preço permitindo maior consumo para aproveitamento de concentrados com maior grau de impurezas, o que significa normalmente maior recuperação metalúrgica na usina. Neste caso é importante o equacionamento de problemas de filtragem da lixívia se houver produção de sílica gel;
- 6) Produção de formas menos solúveis de fertilizante fosfatados com baixo custo

A indústria de produção de concentrados apatíticos no Brasil é bastante concentrada, ressaltando-se as seguintes empresas: CMOC, Mosaic e Yara. Vários centros de pesquisas e academias teriam competências para estes desenvolvimentos, em parceria com o parque de fornecedores de equipamentos e de reagentes situados no Brasil.

Outros bens minerais candidatos a pesquisas colaborativas são, por exemplo, o minério de ferro (em especial a questão da disposição de rejeitos e estéreis de mina), agregados para construção civil, tecnologias de apelo ambiental, tecnologias sociais baseadas em resíduos, tecnologias de aumento de produtividade na lavra, entre outros, temas estes que interessam a um grande número de empresas.

4. Comentários Finais e Conclusões

Esta proposta é um “*work in progress*”. Sugestões e correções de rumo são esperadas e fazem parte da construção de novos caminhos. Não é um modelo simples e de fácil adoção. São caminhos críticos:

- Existência ou implantação de instituição de gestão técnica;
- Disponibilidade de recursos financeiros;
- Capacidade de articulação com órgãos de governo, academia e empresas.

Sugere-se que a estratégia de sua implantação seja bem desenhada, começando por casos mais simples com maior probabilidade de sucesso para criar robustez e crescimento estruturado/orgânico.

Para cada um destes eixos é importante definir o papel da Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, visando o contínuo aperfeiçoamento e a obtenção de informações para a definição de novas políticas públicas para o setor.

Anexo 1. Catálogo de Centros de Tecnologia Mineral do Brasil

1- PRINCIPAIS CENTROS DE TECNOLOGIA MINERAL NO BRASIL

1.1 – Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

<http://www.cetem.gov.br>

Endereço

Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - Brasil - CEP: 21941-908

Telefone: (21) 3865-7222

Fax: (21) 2260-2837

E-mail: cetem.info@cetem.gov.br

O Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), atua no desenvolvimento de tecnologia para o uso sustentável dos recursos minerais brasileiros, com foco na inovação tecnológica para o setor minerometalúrgico.

Áreas de Atuação:

Caracterização de Materiais

- Análises químicas de rochas, minérios e resíduos
- Caracterização mineralógica e tecnológica de minérios e materiais
- Caracterização de rochas ornamentais
- [Identificação e caracterização de pedras preciosas](#)

Tecnologias Minerais

- Lavra e Beneficiamento de rochas ornamentais (lavra, serragem, polimento ...)
- Processamento Mineral (cominuição, flotação, concentração por outros métodos, separação sólido-líquido ...)
- Metalurgia Extrativa (lixiviação, extração por solventes, eletrometalurgia ...)
- Processos Biotecnológicos (biomineração, biometalurgia ...)

Tecnologias Ambientais

- Aproveitamento de resíduos e reciclagem de materiais (mineração urbana, logística reversa ...)
- Tratamento de efluentes industriais
- Recuperação ambiental de solos contaminados e de áreas mineradas

Estudos para a Sustentabilidade

- Economia circular na indústria mineral
- Impactos ambientais e socioeconômicos da mineração
- ACV na indústria mineral

A principal fonte de recursos financeiros para manutenção das atividades do CETEM é o próprio orçamento da União. No entanto, são captados recursos adicionais para o desenvolvimento de projetos de PD&I através de contratos e convênios com instituições parceiras do setor privado, e também através de editais das principais agências de fomento do País.

1.2 – Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT

<https://www.ipt.br>

Endereço

Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Cidade Universitária - Butantã
05508-901 - São Paulo – SP

Telefones: São Paulo: (11) 3767-4456 /4091 /4744 - Franca: (16) 3720-1033

Fundado em 1899, o IPT é uma empresa estatal de pesquisa vinculada a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo e desenvolve pesquisa aplicada para empresas e governos.

O Instituto está disposto em três campi (São Paulo, Franca e São José dos Campos), com área de 102 Km², 66 prédios, 12 Centros Tecnológicos e 39 Laboratórios que atendem coisa de 30 segmentos da indústria como energia, mineração, metalurgia e siderurgia, transportes, petróleo & gás, meio ambiente, construção civil, cidades, saúde e segurança.

O IPT opera diversas opções de fomento não reembolsável, auferindo menores riscos tecnológicos e financeiros às suas parceiras. Como exemplos, o IPT possui projetos BNDES-FUNTEC, FINEP, INOVA Mineral, além de ser uma das unidades pioneiras da EMBRAPPI e possuir duas Unidades ativas atualmente (Materiais de Alto Desempenho e Escalonamento de Processos Biotecnológicos) que, de 2012 a 2018, teve 54 projetos e movimentou quase R\$ 96 milhões em projetos de P&D com o setor produtivo. Sob o ponto de vista de infraestrutura e equipamentos, o Governo do

Estado de São Paulo investiu R\$ 135,4 milhões em programas de modernização laboratorial do IPT entre 2008 e 2012.

Sob a ótica da propriedade intelectual, o IPT teve 288 depósitos de patentes no total, sendo que 20% desses depósitos ocorreram a partir de 2012, evidenciando os resultados técnicos e tecnológicos decorrentes da combinação investimento em P&D e modernização de infraestrutura. A propriedade intelectual

Em mineração, o IPT atua em diversas etapas das atividades de prospecção e pesquisa geológica, estudos de caracterização, lavra – planejamento e operação de mina, beneficiamento mineral e metalurgia extrativa, estudo das operações unitárias, apoio à engenharia conceitual, tecnologias ambientais, barragens de rejeito e metalurgia.

DETALHAMENTO DE COMPETÊNCIAS E INFRAESTRUTURA

1.2.1 PROSPECÇÃO E PESQUISA GEOLÓGICA

a. Prospecção geofísica

- i. Levantamentos geofísicos pelos métodos da eletrorresistividade, potencial espontâneo, sísmica de refração, MASW e radar (GPR) em apoio aos estudos relacionados à segurança de barragens, visando à identificação de zonas de maior percolação, de fluxos subterrâneos preferenciais e de outras feições anômalas no corpo da barragem e na fundação da mesma.

b. Modelamento geológico

- i. Levantamento da Geologia Regional e Local por meio de mapeamentos geológicos de campo/trincheiras ou mapeamentos pré-existentes, ensaios de campo (geofísicos) e laboratoriais (mecânica de rochas).
- ii. Retratação das litologias por meio da análise do mapeamento geológico da área e a representação destas em planta, perfil ou como bloco diagrama.
- iii. Análise da estruturação dos maciços e comportamento geológico regional através de estereogramas.

1.2.2 ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO

c. Caracterização de amostras

- i. Caracterização e determinação de propriedades de permeabilidade, resistência e deformabilidade de solos.
- ii. Ensaios para determinação de parâmetros dinâmicos de solos (módulo de cisalhamento e razão de amortecimento, dentre outros).

- iii. Ensaios para determinação de parâmetros de solos não saturados.
 - iv. Ensaios de caracterização das propriedades físicas dos solos (Granulometria, ensaios de consistência, massa específica dos sólidos, massa específica natural, teor de umidade natural).
- d. Análises químicas e mineralógicas
- i. Identificação de minerais individuais ou em misturas principalmente por microscopia óptica com dupla polarização ou difratometria de Raios X; complementarmente por análise química e microscopia eletrônica de varredura associada a microanálise.
- e. Caracterização de sistemas particulados
- i. Distribuição granulométrica e morfologia de partículas.
 - ii. Estrutura cristalina e polimorfismo.
 - iii. Carga superficial, ângulo de contato, área superficial específica, fluidez e compressibilidade.

f. Petrografia

Análise de rochas, concretos e argamassa e seção delgada com 0,03 mm de espessura em microscópio com dupla polarização e platina giratória. Identifica e descreve as fases presentes em itens como tamanho, forma, relações espaciais entre as fases, estado de alteração, fissuramento e outros. Atende principalmente à produtores e empresas usuárias de rochas para a construção civil.

1.2.3 LAVRA – PLANEJAMENTO E OPERAÇÃO DE MINA

g. Mecânica das Rochas

- i. Ensaios laboratoriais a partir de amostras de testemunhos de sondagem ou blocos de rochas para a produção de corpos de prova, cujo objetivo básico é a avaliação de parâmetros de resistência mecânico da matriz rochosa ou eventuais discontinuidades.
- ii. Realização de P&D para caracterização de parâmetros da fluência estacionária em materiais evaporíticos através de ensaios de compressão triaxial sob alta pressão e temperatura.

- iii. Principais ensaios: resistência à tração direta ou indireta (método brasileiro); Resistência à compressão com determinação do módulo de deformabilidade (elástico) e coeficiente de Poisson; Resistência à compressão confinada (triaxial) com medidas de deformação axial; Resistência à compressão puntiforme; Cisalhamento direto para determinação da envoltória coesão e ângulo de atrito; Caracterização da fluência estacionária com ensaio em câmara triaxial (alta pressão) e sob alta temperatura.

h. Estudos geotécnicos

- i. Modelagens Físicas e Numéricas com base em modelamentos geológicos para avaliação do comportamento do maciço frente às diversas solicitações (carregamento do maciço, alívios gerados por escavações etc.). Análise da estabilidade de taludes em solos e de percolação.
- ii. Mapeamento de blocos de rocha em taludes e análise do potencial de risco em relação às infraestruturas.

1.2.4 BENEFICIAMENTO MINERAL E METALURGIA EXTRATIVA

- i. Processos de tratamento de minérios: desenvolvimento, análise e aperfeiçoamento de processos; determinação da sequência de operações unitárias necessárias à obtenção de um produto adequado à indústria, com melhor aproveitamento do minério e redução de custos.
- ii. Processo biotecnológico para separação e concentração mineral
- iii. Rota de cristalização industrial, precipitação e caracterização de produtos cristalinos.

1.2.5 ESTUDO DAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS

- i. Cominuição e classificação: desenvolvimento de processos de cominuição, avaliação de rotas de cominuição em equipamentos diversos, determinação do consumo energético na cominuição.
- j. Concentração física: desenvolvimento de projetos de P&D para determinação de rotas de processo de concentração mineral e de resíduos industriais.
- k. Flotação: desenvolvimento de projetos de P&D para otimização de processo de flotação, suporte a fabricantes de insumos para otimização de insumos.

- l. Aglomeração de finos: fundamentos da aglomeração; reologia de polpas minerais; determinação de parâmetros e insumos (aglomerantes, dispersantes e floculantes) para otimização do processo; caracterização de aglomerados: propriedades e desempenho em processos metalúrgicos.
- m. Modelamento matemático de Processos Minerais: parceria IPT- USP para estabelecimento de modelamento do desgaste de corpos moedores na moagem de minério de ferro (Projeto Fapesp).
- n. Desgaste de corpos moedores, revestimentos e demais componentes na mineração: o IPT desenvolveu uma metodologia que permite avaliar, quantitativa e qualitativamente, o desgaste de corpos moedores durante o processo de moagem, em escala piloto. Além disso, dispõe de infraestrutura e capacitação que abrange desde a criação das ligas (*alloy design*) e produção de protótipos até a verificação do seu desempenho em instalações piloto. Os resultados permitem realizar a pré-seleção de fornecedores e a indicação do melhor tipo de liga para cada aplicação, resultando em economia em todo o processo.

1.2.6 APOIO À ENGENHARIA CONCEITUAL

- o. Scale-up de equipamentos e definição de rotas de processo: desenho de processos e equipamentos; estudos de viabilidade técnica e econômica de plantas piloto de processos de mineração por rotas tradicionais e biotecnológicas; análise técnica de *roadmappings* tecnológicos e propriedade intelectual para apoio à definição e otimização de rotas de processos extrativos, de processamento mineral e valoração de tecnologias.

1.2.7 TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

- p. Tratamento de efluentes industriais e drenagem ácida
 - i. Saneamento, tratamento de águas para abastecimento, tratamento de águas para efluentes sanitários ou industriais, manejo da água em ambiente construído, aspectos ambientais relacionados às águas de drenagem, fontes alternativas de abastecimento, uso eficiente de água, águas de drenagem e infiltração de água do lençol freático, alternativas de manejo, tratamento e disposição das águas após tratamento; avaliação de equipamentos e sistemas.
- q. Recuperação de áreas degradadas
 - i. Caracterização de áreas degradadas; planejamento da recuperação; desenvolvimento de medidas de recuperação; alternativas para reabilitação de áreas degradadas; e acompanhamento da execução de planos de recuperação.

- r. Estudos de impacto ambiental
 - i. Estudo de impactos ambientais (meio biótico); medidas de mitigação e plano de monitoramento do meio biótico; definição de indicadores e procedimentos metodológicos para o monitoramento dos impactos das atividades de mineração; Avaliação ambiental de alternativa locacional para deposição de resíduos de mineração; análise das funções ambientais de áreas de Preservação Permanente (APP).
- s. Avaliação de Ciclo de Vida – ACV
 - i. Levantamento de dados (literatura e/ou campo) para quantificação dos fluxos de massa e energia que ocorrem nos processos na fronteira do sistema de produto; consolidação de inventários de ciclo de vida de materiais com fluxos unitários; conversão dos fluxos de inventário em indicadores de impacto ambiental por meio de modelos de caracterização; avaliação de incertezas; identificação dos processos que mais contribuem para o impacto ambiental do produto e de pontos preferenciais de melhoria do desempenho ambiental.

1.2.8 BARRAGENS DE REJEITO

- t. Monitoramento de estruturas de barragens
 - i. Avaliação da segurança de barragens em cumprimento à Portaria DNPM nº 70.389 de 17 de maio de 2017.
 - ii. Monitoramento de erosões em margens de reservatórios e rios
 - iii. Monitoramento sismológico de reservatórios (água e/ou rejeitos) em atendimento às exigências ambientais.
 - iv. Ensaios de laboratório para determinação do fenômeno de liquefação dos rejeitos armazenados e da própria barragem.
 - v. Ensaios geofísicos para identificação de caminhos preferenciais de percolação e outras anomalias, no corpo da barragem e na sua fundação.

1.2.9 REJEITOS DE MINERAÇÃO

- u. Desenvolvimento de rotas de aproveitamento e/ou agregação de valor; desenvolvimento de projetos de P&D&I interdisciplinares para o aproveitamento de rejeitos de mineração, visando obter produtos que possam ser recirculados ao processo principal, ou que possam ser insumos para outra indústria (do ramo de mineração ou não) ou um novo produto.
 - i. Rota física

- ii. Rota química
- iii. Rota biotecnológica
- iv. Rota térmica

1.2.10 METALURGIA

- v. Processos metalúrgicos aplicados a concentrados minerais, rejeitos mineração e escórias.
 - i. Desenvolvimento e otimização de processos de redução e pré-redução gasosa ou carbotérmica de concentrados e minérios, redução metalotérmica (aluminotermia, calciotermia, silicotermia, etc.) de concentrados, minérios e óxidos; modificação de escórias para reaproveitamento; estudos de reaproveitamento de rejeitos e escórias; avaliação de rotas de recuperação metálica de escórias e borras
- w. Eletrometalurgia
 - i. Desenvolvimento e otimização de processos de redução eletroquímica de óxidos, sais, em meio de sais fundidos.
- x. Simulação para otimização de processos metalúrgicos
 - i. Utilização de ferramentas computacionais para simulação de processos; simulação termodinâmica, cinética e fluidodinâmica para avaliação de parâmetros de processo tais como temperatura, tempo, velocidades, composições, etc.; avaliação da cinética de reações químicas.
- y. Avaliação de materiais refratários aplicados à siderurgia e metais não ferrosos
 - i. Avaliação da interação entre metal ou escória com refratário; estudo dos mecanismos de desgaste, caracterização dos produtos de desgaste; utilização de ferramenta de simulação termodinâmica para prever produtos de desgaste.
- z. Elaboração e Refino de metais e ligas
 - i. Elaboração de ligas em fornos ao ar, a vácuo e forno de feixe de elétrons para metais refratários. Desenvolvimento de processo de refino de metais por injeção de gases, reação metal/escória; refino a vácuo; solidificação controlada com fornos para até 1 tonelada de metal.
- aa. Obtenção de pós-metálicos
 - i. Desenvolvimento e otimização de processos de produção de pós-metálicos por atomização a ar ou por hidretação-desidretação.
 - ii. Caracterização de pós-metálicos.

- iii. Desenvolvimento de pós-metálicos para aplicação em manufatura aditiva (impressão 3D).
- bb. Fundição
 - i. Desenvolvimento de ligas por *alloydesign* e desenvolvimento do processo de fundição; projeto de moldes; fundição em areia, fundição de precisão e fundição centrífuga; fundição de alumínio por injeção em moldes metálicos. Caracterização química, micro estrutural e de propriedades mecânicas de peças e corpos de prova;
- cc. Processamento termomecânico de ligas
 - i. Avaliação de processos de conformação (laminação, forjamento) de metais; avaliação do desgaste de ferramentas de conformação;

1.2.11 Detalhamento da Infraestrutura

 INFRAESTRUTURA E EQUIPAMENTOS -ÁREA DE MINERAÇÃO IPT	
Tecnologias Ambientais	Drone Phantom 4 advanced GPSMAP 62SC GPS Montana 650 Garmin Software ArcGIS 10.6 para geoprocessamento Drone Phantom 3 Professional Drone inspire com câmera termográfica Sonda Multiparamétrica Phmetro de bancada Turbidímetro Condutivímetro Software de modelagem de águas subterrâneas
Tratamento de Efluentes	Cromatógrafo gasoso para avaliação de Substâncias tóxicas ICP-OES Para avaliação de metais pesados UV-Visível para avaliação de cromo 6
Estudos de Caracterização	Microscópios com câmera digital acoplada Estereomicroscópios com câmera digital acoplada Microscópio petrográfico para observação de lâminas delgadas Ensaio de permeabilidade a carga variável com permeamento de parede flexível (triflex) Adensamento edométrico convencional e com deformação controlada (CRS) Triaxial convencional com sucção controlada e cíclico Triaxial com medições internas a câmara triaxial Celulas de carga e sensores de medição local baseados no efeito hall Bender elements e coluna ressonante
Prospecção e Pesquisa geológica	Software Rockworks, SeisImager, Res2Dinv Software Dips, Oasis Montaj, ReflexW e Surfer Resistivímetro Multimetro com alta impedância de entrada
Planejamento e operação de mina	Software RS2 Slide Plaxis 3D (Tunnel e Foundation) Catman (aquisição e tratamento de dados, Hbm) Scilab Ensaios shimadzu, tipo UH-500kN Ensaios Hecker 4000kN Equipamento para controle de pressão e volume (GDS instruments) de fluidos Ensaios de fluência em celulas triaxiais simultâneas Sala para armazenamento de amostras com controle de umidade (10%)
Barragem de rejeitos	Ensaios de coluna ressonante, bender elements, triaxial cíclico entre outros Softwares (Rocscience) Rs2, Phase 2 9.0, análise de tensão-deformação Slide - análise de percolação pelo MEF e estabilidade de talude de equilíbrio Estação sísmológica com transmissão automática de dados Software Delft-3D: Flow (simulações hidrodinâmicas e de transporte de sedimentos) Wave (modelo de ondas) Equipamentos geofísicos e sísmicos: Eletrorresistividade, potencial espontâneo, Sismógrafo e radar (GPR) Cross-hole, MASW
Rejeitos de Mineração	Equipamentos em escala de bancada e piloto para cominuição (britagem e moagem) Equipamentos em escala de bancada e piloto para classificação, separação granulométrica Equipamentos em escala de bancada e piloto para concentração (densitária, magnética, eletrostática e flotação) Equipamentos em escala de bancada e piloto para aglomeração (pelotização, briquetagem e peletização).
Metalurgia	Fornos de alta temperatura com capacidades de 1 kg a 1 tonelada de material para fusão de metais, ligas, escórias, concentrados e rejeitos Fornos de atmosfera controlada para estudo de redução gasosa e carbotérmica Sistema de injeção de gases em banhos líquidos; forno elétrico (30 kVA) para estudo de redução de minérios e concentrados Fornos de alta temperatura (até 2200 °C) para estudo de fusão de materiais e interação com refratário Equipamentos de análise térmica e gravimétrica (DTA, TG e DSC) de atmosfera controlada e temperatura até 2200 °C Célula eletrolítica de 150 amperes para 1 kg; softwares de simulação termodinâmica FactSage e Thermocalc Softwares de fluidodinâmica Ansys (Fluent e CFX) e Comsol; software de cálculo numérico Matlab Software de fundição Magma; software de forjamento Forge; laminador piloto; prensa de forjamento
Benef. Mineral e Met. Extrativa	Equipamentos em escala de bancada e piloto para cominuição (britagem e moagem) Equipamentos em escala de bancada e piloto para classificação, separação granulométrica Equipamentos em escala de bancada e piloto para concentração (densitária, magnética, eletrostática e flotação) Equipamentos em escala de bancada e piloto para aglomeração (pelotização, briquetagem e peletização). softwares de termodinâmica computacional instalações piloto de fundição, planta piloto de moagem e classificação microscopia para análises microestruturais de componentes antes e após o desgaste. discos de pelotização, peletizadora de matriz vertical, briquetadoras pastilhadeiras máquinas para determinação de resistência à compressão, fornos de redução, DTG.
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	Software MSeExcel Ecoinvent Simapro Gabi, R.
Apoio a Engenharia conceitual	DPL Risk Precision Tools Precision Tree SuperPro Designer PatSnap Questel Orbit MSeExcel

1.3 - Centro de Inovação e Tecnologia – CIT SENAI FIEMG

<https://www7.fieng.com.br/cit/area-de-atuacao/processamentomineral>

Endereço

Av. José Cândido da Silveira, 2000 – Horto - Belo Horizonte - MG - CEP 31035-536

Telefone: (31) 3489-2363

E-mail: isi_mineral@fiemg.com.br

Processamento mineral

Soluções:

- Caracterização geometalúrgica
- Caracterização tecnológica contínua das frentes de lavra
- Caracterização tecnológica de minerais estratégicos
- Desenvolvimento de métodos para o processamento de minérios de baixo teor
- Otimização de processos de cominuição e classificação mineral
- Análise de viabilidade técnica do aproveitamento de Ultrafinos e Rejeitos
- Racionalização do uso de água e energia no processamento mineral

Atuação:

- Desenvolvimento e otimização em processamento mineral
- Otimização de processos existentes e desenvolvimento de rotas alternativas
- Desenvolvimento de processos para obtenção de novos produtos e subprodutos
- Tecnologias para aproveitamento de ultrafinos
- Tecnologias para processamento a seco
- Desenvolvimento de soluções sustentáveis para reutilização de rejeitos e redução do impacto ambiental
- Desenvolvimento de processos para desaguamento, recuperação e reciclagem de água
- Desenvolvimento de processos para aproveitamento de rejeitos
- Tecnologias para reutilização de rejeitos em aplicações de maior valor agregado
- Tecnologias para tratamento de efluentes
- Caracterização mineralógica, química, física e físico-química
- Consultoria tecnológica

Metalurgia e Ligas especiais

Atuação:

- Desenvolvimento de ligas metálicas
- Caracterização microestrutural e mecânica de materiais
- Otimização de produtos e processos metalúrgicos
- Simulação física de processos termomecânicos para obtenção de ligas com propriedades avançadas
- Desenvolvimento de aços para aplicação nos setores de óleo e gás, automotivo, construção civil, metalomecânica, naval, energético, entre outros
- Desenvolvimento de aços inoxidáveis com foco no melhoramento de propriedades
- Desenvolvimento de superligas
- Desenvolvimento de ligas funcionais, como ligas com memória de formas
- Desenvolvimento e otimização de ligas para galvanização
- Análise de falhas

1.4 – Fundação Gorceix

<http://site.gorceixonline.com.br>

Endereço

Campus Bauxita

Endereço: Rua Carlos Walter Marinho Campos, 57 - Vila Itacolomy, Ouro Preto - MG, 35400-000

Telefone: (31) 3559-7100

gorceix@gorceix.org.br

Referência no segmento minero-metalúrgico, a Fundação Gorceix tem como missão contribuir com a formação profissional e com o desenvolvimento científico e tecnológico na área mineral e com as engenharias em geral, sempre tomando como premissa básica a responsabilidade sócio-ambiental.

Desde 1960 a Fundação Gorceix tem apoiado soluções técnicas e econômicas das principais empresas mundiais deste segmento. Com seu sistema de gestão certificado na ISO 9001:2015, a Fundação Gorceix integrou ao seu sistema gestão, a gestão ambiental conforme ISO 14001:2004 e a gestão da responsabilidade social conforme SA 8000:2008.

Em sua sede em Ouro Preto, Minas Gerais, estão as instalações do CT3 - Centro de Treinamento e Transferência de Tecnologia, que reúne os seguintes departamentos:

- DEPEC – Departamento de Pesquisa em Engenharia e Educação Continuada;
- DETEMM – Departamento de Tecnologia em Mineração e Metalurgia;
- DETAP – Departamento de Treinamento Acadêmico e Profissional;
- DEPETRO – Departamento de Geologia do Petróleo;
- DEMAM – Departamento de Meio Ambiente;
- DEPAI – Departamento de Análises e Inovações;
- DEPESP – Departamento de Projetos Especiais;
- DETI – Departamento de Tecnologia da Informação;
- REM – Revista Escola de Minas.

Atuação da Fundação Gorceix no Setor Mineiro-Metalúrgico

No segmento mineiro-metalúrgico, os departamentos DEPEC e DETEMM trabalham conjuntamente no desenvolvimento de estudos e projetos com empresas parceiras formando uma conexão sólida de transferência tecnológica entre a Fundação Gorceix e o setor produtivo.

O DEPEC atua destacadamente em projetos de pesquisa tecnológica, inovação, consultoria, educação e capacitação profissional e melhoria do desempenho dos processos, nas áreas de:

- Novos equipamentos e tecnologias;
- Pesquisa mineral;
- Planejamento de lavra;
- Dimensionamento de frota e pesquisa operacional;
- Desmonte;
- Beneficiamento mineral;
- Fertilizantes;
- Monitoramento e caracterização de barragens de rejeitos;

- Modelamento de esforços em barragens;
- Sinterização;
- Pelotização;
- Redução;
- Aciaria;
- Conformação mecânica;
- Simulação de processos metalúrgicos;
- Não-ferrosos;
- Gestão da manutenção;
- Gestão de ativos;
- Automação e controle;
- Saúde e segurança;
- Logística;
- Resíduos industriais;
- Desenvolvimento de produtos;
- Desenvolvimento de co-produtos;
- Otimização de processos;
- Desenvolvimento de processos resíduo-zero;
- Projeto conceitual de “Centrais Verdes”;
- Eficiência energética;
- Valor em uso de produtos e processos e
- Projetos conceituais de engenharia.

Da associação entre DEPEC e DETEMM são ainda executados projetos de desenvolvimento experimental, ensaios de bancada e testes piloto nas áreas de:

- Otimização de circuitos de tratamento de minério;
- Caracterização tecnológica;

- Pelotização;
- Sinterização;
- Resíduos sólidos;
- Desenvolvimento de co-produtos;
- Propriedades metalúrgicas de matérias primas.

DEPEC

Endereço

Campus Centro

Rua Conde de Bobadela, 142 e 150 (Rua Direita) Centro – Ouro Preto – MG 35400-000

[Telefone](tel:(31)3551-3886) DEPEC: (31) 3551-3886

depec@gorceix.org.br

O Departamento de Pesquisa em Engenharia e Educação Continuada tem como objetivo estimular e facilitar a integração de pesquisadores e consultores da Fundação Gorceix e das mais diversas instituições de ensino e pesquisa do país, em torno de projetos destinados à formação e ao desenvolvimento tecnológico do setor privado, estimulando a interação universidade/empresa.

Os projetos desenvolvidos com as empresas se iniciam sempre com um amplo diagnóstico técnico, realizado por grupo de trabalho composto por representantes da empresa e por especialistas, selecionados dentre os 128 pesquisadores associados do DEPEC.

A partir da década de 2000, o DEPEC tornou-se o maior provedor de cursos corporativos do setor minero-metalúrgico do país, formando pessoal desde a geologia de mina até as operações de exportação, passando por mineração, metalurgia, manutenção, logística, saúde e segurança e meio-ambiente. Em sua trajetória o DEPEC já formou mais de 3000 profissionais em supervisão de mineração, manutenção e logística, mais de 2000 profissionais de áreas corporativas em seu curso básico da cadeia produtiva mineral e; em parceria com a UFOP, mais de 600 especialistas, mestres e doutores, nas áreas de Sistemas Mínero-Metalúrgicos, Pelotização, Engenharia de Materiais, Engenharia de Manutenção e Economia Mineral, atendendo a empresas parceiras, como VALE, SAMARCO, USIMINAS, ArcelorMittal, MUSA, Votorantim, VSB, GEOSOL, SIDOR e Ternium.

Dentro de sua Coordenadoria de Projetos, o DEPEC conta ainda com o Setor de Inovação. No âmbito deste setor, o DEPEC coordena o desenvolvimento de projetos de inovação em conjunto com

a indústria, participando do processo de estruturação do projeto e busca de fomento, pesquisa e desenvolvimento da tecnologia, projetos conceituais e acompanhamento durante implantação da tecnologia. A equipe do Setor de Inovação do DEPEC, entre os anos de 2010 e 2017, já teve aprovados mais de trezentos milhões de reais em recursos de agências de fomento.

Os profissionais do DEPEC atuam fortemente em projetos de assessoria na área minero-metalúrgica, juntamente com outros departamentos da Fundação Gorceix, especialmente o DETEMM, além do DEPAI e do DEMAM. Com a associação dos especialistas do DEPEC e as instalações e o pessoal operacional do DETEMM, a Fundação Gorceix é responsável pela gestão de projetos de pesquisa tecnológica, desenvolvimento experimental, consultoria, ensaios e testes para a melhoria do desempenho dos processos das empresas, nas áreas de Engenharia de Minas, de Produção, Metalúrgica, Geológica, Civil, Ambiental e Mecânica.

DETEMM

Endereço

Campus Bauxita

Rua Carlos Walter Marinho Campos, 57 - Vila Itacolomy, Ouro Preto - MG, 35400-000

[Telefone: \(31\) 3559-7412](tel:(31)3559-7412)

detemm@gorceix.org.br

O Departamento de Tecnologia em Mineração e Metalurgia executa ensaios de bancada e testes piloto para a melhoria do desempenho dos processos das empresas, nas áreas de Engenharia de Minas, Metalúrgica, Geológica e Ambiental.

A equipe técnica do DETEMM, além de altamente qualificada, possui grande experiência em processos minero-metalúrgicos, tornando estes Engenheiros e Técnicos, uma das equipes mais competentes para o alcance dos objetivos dos clientes.

A infraestrutura do DETEMM conta com equipamentos modernos e eficientes para os diversos estudos relacionados ao processamento de minérios, destacando as plantas piloto de flotação em célula e coluna, separação gravítica (jigues e espirais de Humphreys), separação magnética de baixa, média e alta intensidade, moinho de bolas (cargas metálicas e cerâmicas) e equipamentos de britagem e filtragem. Também conta com laboratórios equipados para ensaios de granulometria e granuloquímica, flotação em célula, filtragem, homogeneização e quarteamentos, ensaios de sedimentação, separação magnética de baixa, média e alta intensidade e ensaios gravíticos. O DETEMM tem como clientes empresas do segmento minerometalúrgico mundial de todos os portes.

1.5 – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN – CNEM

<http://www.cdtm.br/?view=default>

Endereço

Av. Presidente Antônio Carlos, 6.627, Campus da UFMG – Pampulha

CEP 31270-901

Belo Horizonte - Minas Gerais, Brasil

TELEFONE: +55 31 3069-3434

Comunicação - E-mail: seg@cdtn.br

[Waldemar Augusto de Almeida Macedo](#) – Diretor

E-mail: wmacedo@cdtn.br

O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) é uma das Unidades de Pesquisa da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), autarquia vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Localizado no campus universitário da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, bairro Pampulha, em Belo Horizonte, o CDTN atua na pesquisa e desenvolvimento, ensino (pós-graduação) e prestação de serviços na área nuclear e em áreas correlatas.

As principais atividades do Centro hoje envolvem as áreas de tecnologia nuclear, minerais e materiais, saúde e meio ambiente. Nas aplicações das radiações e técnicas nucleares destacam-se o tratamento de rejeitos radioativos, monitoração e remediação ambiental, metrologia das radiações, desenvolvimento e produção de radiofármacos, otimização de processos de extração e purificação mineral, nanotecnologia, integridade estrutural e gerenciamento do envelhecimento de componentes mecânicos de instalações de grande porte. Há forte cooperação com os setores de energia, saúde, indústria do petróleo e meio ambiente.

No nível regional, o CDTN tem destacada atuação no desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços especializados para os setores mineral e metalúrgico, além da prestação de serviços radiológicos e da produção de radiofármacos para aplicações em tomografia por emissão de pósitrons (PET).

Considerada uma instituição de pesquisa de grande porte e ocupando uma área de 240.000 m², sendo 42.000 m² de área construída, o CDTN possui o reator nuclear de pesquisa TRIGA, a Unidade

de Pesquisa e Produção de Radiofármacos e o Laboratório de Irradiação Gama, Instalações Piloto para Processamento de Bens Minerais, além de um excelente parque laboratorial com cerca de 50 laboratórios de ensaios físicos e químicos.

O CDTN tem forte atuação na formação de recursos humanos em áreas estratégicas, por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais, reconhecido pela CAPES nas modalidades de mestrado e doutorado acadêmicos, um amplo programa de bolsas de iniciação científica e cursos de curta duração nas suas áreas de competência.

Pesquisa e Desenvolvimento

- Tecnologia Nuclear

 - Tecnologia em Gerência de Rejeitos

 - Tecnologia em Reatores Nucleares

- Saúde

 - Desenvolvimento de novos radiofármacos para medicina nuclear

 - Proteção Radiológica e Dosimetria das Radiações Ionizantes

 - Radiobiologia

- Materiais e Minerais

 - Concentração Física de Minérios e Desenvolvimento de Processos Hidrometalúrgicos

 - Geologia e Matalogênese de Depósitos Minerais

 - Tecnologias Ambientais para aproveitamento de metais de resíduos e de efluentes industriais incluindo drenagem ácida de mina

 - Geologia e Matalogênese de Depósitos Minerais

 - Caracterização, análises químicas e microquímicas de rochas e minerais

 - Análise de Tensões

 - Corrosão e Eletroquímica Aplicada

 - Ensaio Não Destrutivo

 - Fadiga

 - Comportamento Mecânico e Estrutural

 - Materiais Nanoestruturados para Bioaplicações

 - Combustível Nuclear

 - Manipulação Química de Nanotubos de Carbono e Grafeno

 - Nanociência Física de Superfícies e Espectroscopia de Mosbauer

 - Novos Materiais para Sensores de Radiação

Tecnologias de Engenharia de Materiais para Agregação de Valor a Bens Minerais

- Meio Ambiente

Aplicação de Técnicas Nucleares na Indústria do Petróleo

Pesquisas Ambientais

Técnicas Nucleares em Engenharia Ambiental e Indústria

Transporte e Dispersão de Contaminantes na Biosfera

- Comissão de Ética de Uso de Animais

1.6 - Coppe, UFRJ

<http://www.coppe.ufrj.br/>

Endereço

Centro de Tecnologia Rua Horácio Macedo, Bloco G, 2030 - 101 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, 21941-450

E-mail: asscom@adc.coppe.ufrj.br

A Coppe – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – é o maior centro de ensino e pesquisa em engenharia da América Latina. Fundada em 1963, pelo engenheiro Alberto Luiz Coimbra, ajudou a criar a pós-graduação no Brasil e, ao longo de cinco décadas, formou mais de 13 mil mestres e doutores nos seus 12 programas de pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado). Em 2013, a Coppe criou seu 13º programa: Engenharia de Nanotecnologia.

Apoiada em três pilares – excelência acadêmica, dedicação exclusiva de professores e alunos e aproximação com a sociedade –, a Coppe é um centro produtor e irradiador de conhecimento, profissionais qualificados e métodos de ensino. Seus padrões de qualidade no ensino, na pesquisa e na interação com a sociedade vêm sendo adotados como modelos em universidades e institutos de pesquisa em todo o país.

É a instituição brasileira de engenharia com o maior número de notas máximas concedidas pela Capes a cursos com desempenho equivalente aos dos mais importantes centros de ensino e pesquisa do mundo. Metade de seus 12 cursos de pós-graduação incluídos na última avaliação da Capes conquistou o conceito 7 e quatro receberam conceito 6, os mais altos do sistema.

Forma anualmente mais de 500 mestres e doutores. Seus alunos são preparados para lidar com temas de fronteira do conhecimento sem perder o contato com a realidade e as demandas da sociedade.

Pioneira na aproximação academia e sociedade

Possui o maior complexo laboratorial de engenharia da América Latina, com mais de cem instalações de alto nível, nas quais transforma resultados de pesquisa em riqueza para o Brasil. Por meio de contratos e convênios com empresas, governos e entidades não governamentais administrados pela Fundação Coppetec, o conhecimento acumulado na Coppe é diretamente posto a serviço do desenvolvimento econômico, tecnológico e social do país. Desde sua criação, em 1970, a Coppetec já administrou mais de 12 mil contratos.

Sintonizada com o futuro, foi pioneira na aproximação da academia com a sociedade, transformando conhecimento em riqueza para o país. Sua intensa participação no desenvolvimento de tecnologias para a indústria do petróleo contribuiu para tornar o Brasil líder na exploração e produção de óleo em águas profundas. Sua parceria histórica com a Petrobras é uma referência mundial de caso de sucesso entre empresa e universidade.

Desde 1994, a instituição mantém a Incubadora de Empresas da Coppe/UFRJ, que já favoreceu a entrada de mais de uma centena de serviços e produtos inovadores no mercado. Estimulou a criação do Parque Tecnológico da UFRJ, sediado na Cidade Universitária, que reúne centros de pesquisa de grandes empresas e vários laboratórios da Coppe, entre eles o LabOceano, inaugurado em 2003, a primeira instalação do Parque.

Também foi pioneira ao colocar a engenharia e suas tecnologias a serviço do combate à pobreza e às desigualdades sociais. A Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares, criada em 1995, já graduou mais de cem cooperativas. Seu modelo tornou-se referência e vem sendo replicado em vários estados brasileiros e em outros países. A recente criação do Laboratório Herbert de Souza de Tecnologias Sociais vem ampliando a atuação da instituição nessa área.

Atuação internacional

A Coppe se tornou referência nacional e internacional no ensino e pesquisa de engenharia e vem ajudando o Brasil a enfrentar alguns dos mais recentes desafios de sua história recente. No cenário internacional, tem projetos em cooperação com as mais importantes e reconhecidas instituições científicas e tecnológicas. Muitos de seus docentes integram comitês e entidades de pesquisa de vários países e de órgãos multilaterais, como o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) da ONU. Mais recentemente, uma parceria com a Universidade de Tsinghua, na China, resultou na criação do Centro China – Brasil de Mudança Climática e Tecnologias Inovadoras para Energia.

Pioneira em estudos de adaptação às mudanças do clima, a Coppe sedia o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e o Centro Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (Centro Rio+).

Laboratório de Tecnologias Minerais

Pesquisa

- Modelagem matemática de processos de britagem e moagem
- Fundamentos da cominuição: fratura de partículas
- Simulação e controle de processos de cominuição
- Otimização de circuitos industriais de cominuição
- Moagem ultrafina e ativação mecânica de materiais
- Sustentabilidade na cominuição
- Modelagem matemática da classificação

Serviços

- Ensaios padrão de minérios e materiais
- Projeto e otimização de circuitos de britagem e moagem
- Simulações do manuseio de materiais (granéis) usando o método dos elementos discretos (DEM)
- Ensaios e calibração de parâmetros para DEM
- Desenvolvimento de softwares dedicados

1.7 – Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo

<http://www.pmi.poli.usp.br/>

Endereço

Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes, 2373, Butantã, CEP 05508-030, São Paulo – SP, Brasil

Secretaria do PMI

Tel.: +55 11 3091-5435

E-Mail: wfcane@usp.br

Secretaria de Pós-Graduação do PPGEMin

Marisa Paz

Tel.: +55 11 3091-5322

E-mail: marizapaz@usp.br

O Departamento de Engenharia Minas e de Petróleo (PMI) da Escola Politécnica (POLI) da Universidade de São Paulo (USP) é reconhecido no Brasil e no exterior pela excelência no ensino, na pesquisa e na extensão.

Há mais de quatro décadas, o PMI forma mão de obra qualificada para a cadeia de produção mineral, por meio de cursos de graduação, pós-graduação, especialização e treinamento. Desde 2002, passou também a capacitar profissionais para o setor petrolífero, com a criação do curso de Engenharia de Petróleo. A partir de 2012, o curso de graduação e pós-graduação em Engenharia de Petróleo passou a ser oferecido na cidade de Santos.

Na pesquisa, o PMI se destaca por desenvolver trabalhos de cunho científico, acadêmico e também fortemente vinculado ao setor produtivo, voltados para uma melhor compreensão e solução dos problemas enfrentados pelo setor privado. Referências internacionais em suas especialidades, os docentes do PMI estão constantemente envolvidos em projetos de pesquisa junto às principais companhias atuantes na cadeia da mineração e petróleo.

São projetos que, além de gerar produtos e aprimorar processos, contribuem para a melhoria do ensino e da aprendizagem, na medida em que envolvem alunos de graduação e pós-graduação. Esse conhecimento científico-tecnológico também é aplicado em projetos de treinamento de pessoal, consultoria, assessoria técnica, pareceres, laudos técnicos ou periciais, atendendo necessidades específicas das empresas.

Laboratórios

O Departamento conta com Laboratórios equipados para a produção e aperfeiçoamento de técnicas e conhecimentos nas áreas de mineração e de petróleo.

- **Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT)**

As atividades do LCT-EPUSP estão centradas na área de Caracterização Tecnológica de Matérias Primas Minerais e, subordinadamente, de materiais e produtos de processamentos metalúrgicos e químicos, além de resíduos industriais.

- **Laboratório de Controle Ambiental, Higiene e Segurança na Mineração (LACASEMIN)**

As áreas de atuação do LACASEMIN pertencem aos campos da Engenharia Ambiental, da Higiene Ocupacional e da Segurança na Mineração. Atua em cursos de extensão e aperfeiçoamento para empresas e entidades, elaboração e execução de projetos e medições para empresas e indústrias, elaboração de textos de divulgação e textos técnicos associados à engenharia ambiental, segurança e higiene do trabalho.

- **Laboratório de Mecânica de Rochas (LMR)**

Tem como objetivo principal promover e contribuir para o desenvolvimento de pesquisas que levem ao progresso da Mecânica de Rochas e ao desenvolvimento de técnicas para sua aplicação às obras de engenharia.

- **Laboratório de Planejamento e Otimização de Lavra (LAPOL)**

A missão do LAPOL é ensinar e aperfeiçoar as técnicas de planejamento em uso nas principais minerações do Brasil, bem como desenvolver novas técnicas de planejamento e controle da produção.

- **Laboratório de Tratamento de Minérios e Resíduos Industriais (LTM)**

O LTM é o mais antigo laboratório do Departamento. Encontra-se equipado para realização de ensaios descontínuos, segundo diferentes operações unitárias de beneficiamento de minérios (de cominuição e classificação, de concentração). Conta com razoável gama de equipamentos básica e essencial para o tratamento de minérios, em escala, bancada ou piloto, dentre outros.

- **Laboratório de Simulação e Controle de Processos de Tratamento de Minérios (LSC)**

Seu objetivo principal consiste no estabelecimento de um centro de excelência dedicado ao estudo, pesquisa, aplicação e ensino das técnicas de modelagem matemática, simulação e controle de processos de tratamento de minérios.

- **Laboratório de Fenômenos de Transporte e Química de Interfaces Aplicados à Engenharia Mineral (LFQI)**

O LFQI atua na área de tratamento de minérios e efluentes da mineração, fenômenos de transporte e de interface aplicados ao tratamento de minérios, desenvolvimento de reagentes de flotação e recuperação de áreas degradadas pela indústria mineral.

- **Laboratório Integrado de Simulação Tecnológica (LISTEC)**

O laboratório, localizado na unidade Santos, integra diferentes campos do conhecimento no intuito de formar, capacitar, desenvolver pesquisa e extensão voltadas às ciências energéticas. Tem como enfoque particular as simulações tecnológicas utilizadas nas engenharias de petróleo e gás.

- **Laboratório de Simulação e Gerenciamento de Reservatórios de Petróleo (LASG)**

O laboratório, localizado na unidade Santos está voltado para atender alunos de pós-graduação e graduação, visando o desenvolvimento de pesquisas na área de simulação e gerenciamento de reservatórios de petróleo. Busca também dar suporte às disciplinas que requerem o uso de simuladores, bem como às atividades de extensão.

1.8 – UFMG – Departamento de Engenharia de Minas

<http://www.demin.ufmg.br/>

Endereço

Campus - UFMG

Avenida Antônio Carlos, 6627 - Escola da EEUFMG - Bloco 2, sala 4236 CEP 31270-901, Belo Horizonte/Minas Gerais - Brasil

Telefone: +55 (31)3409-1860

A Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais conta com uma estrutura de excelência, caracterizando-se como um polo de ensino, pesquisa e extensão do Estado. Em especial, a graduação em Engenharia de Minas conta com 10 laboratórios, uma média de 300 alunos matriculados nos diversos períodos da graduação e integra o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (nota 6 na CAPES).

Diversos projetos de pesquisa de caráter fundamental e tecnológico são desenvolvidos pelos Professores e alunos de graduação e pós-graduação por meio dos laboratórios da Engenharia de Minas, gerando crescimento econômico através da otimização e criação de processos mais eficientes de lavra, planejamento e beneficiamento para a indústria mineral. São também gerados novos produtos e tecnologias para as empresas de mineração envolvidas, resultando principalmente em mão-de-obra especializada na agregação de valor e na obtenção mais racional dos recursos minerais.

Laboratórios

1 - Laboratório de Caracterização de Minérios e Materiais

O laboratório é utilizado para aulas práticas da graduação e pós-graduação, para trabalhos de conclusão de curso e para projetos de pesquisa e de extensão. O laboratório é composto pelos equipamentos: difratômetro de raios X, espectrômetro de fluorescência de raios X, espectrômetro de infravermelho (FTIR) e microscópio polarizante de luz refletida e transmitida e lupa estereoscópica.

2 - Laboratório de Fenômenos de Interface

O Laboratório de Fenômenos de Interface é o mais antigo laboratório dedicado ao estudo de interfaces no campo da tecnologia mineral no Brasil, remontando à década de 70. No laboratório são desenvolvidos trabalhos de pesquisa de notória qualidade científica pelos alunos do DEMIN e particularmente pelos alunos de mestrado e doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral. Zetâmetro (potencial zeta), tensiômetro (tensão superficial) e células Denver são alguns dos equipamentos disponíveis para as pesquisas.

3 - Laboratório de Geometalurgia e Simulação de Processos

O Laboratório de Geometalurgia e Simulação de Processos atua na área de integração de informações de mina e de usina através de ferramentas computacionais utilizando modelamento matemático. O trabalho de simulação permite a criação de vários cenários possíveis de forma rápida e confiável permitindo que a tomada de decisão seja feita de forma mais segura reduzindo riscos e custos.

4 - Laboratório de Geotecnologias e Geomateriais

O Laboratório de Geotecnologia e Geomateriais é um importante centro de pesquisa para o aproveitamento de estéréis e rejeitos da mineração, localizado em Vespasiano (MG). O Laboratório iniciou suas atividades em 2011, sendo a base para o desenvolvimento de projetos de construção de casas populares a partir de rejeitos, do processo de preparação de metakflex aglomerante de alta resistência e de processos que venham a utilizar metakflex. O Laboratório atua no sentido de encontrar uma aplicação econômica para os volumosos materiais descartados produzidos pelas minas e suas usinas.

5 - Laboratório de Pesquisa Mineral e Planejamento de Mina

O Laboratório de Pesquisa Mineral e Planejamento de Mina tem por finalidade complementar o ensino teórico das disciplinas de planejamento de mina de curto, médio e longo prazo com ênfase em otimização. O Laboratório possui computadores de última geração providos de ferramentas

computacionais para modelagem e simulação de sistemas mineiros através de softwares utilizados na indústria de mineração.

6 - Laboratório de Planejamento Estocástico de Lavra

Computadores de última geração com alta capacidade de processamento numérico e gráfico, para utilização em sistemas de simulação estocástica de lavra, objetivando a mensuração da incerteza geológica associada às atividades de planejamento de lavra.

7 - Laboratório de Tecnologia das Rochas

O Laboratório é especializado em ensaios de mecânica de rochas, sendo utilizado para práticas didáticas, projetos de pesquisa e de extensão. Possui uma infraestrutura completa para a determinação de parâmetros das rochas e realiza testes de compressão uniaxial, testes de compressão triaxial, ensaio de tração, teste de tilt, teste de cisalhamento e índices físicos.

8 - Laboratório de Tratamento de Minérios

Os processos físicos existentes nas usinas de beneficiamento são ensaiados em escala laboratorial e piloto, com taxas de alimentação superiores a 200 kg/hora. O Laboratório possui uma infraestrutura para amostragem (divisor de rifles), classificação granulométrica, britadores, moinhos e equipamentos para concentração gravimétrica (jigues e mesas), magnética (baixo e alto campo) e baseadas em propriedades de superfície (células de flotação convencional, em colunas e *pneufлот*).

9 - Laboratório de Sistemas de Lavra

O espaço reservado para os sistemas de lavra é um novo espaço do Departamento de Engenharia de Minas, instituído em 2018, que será dedicado aos processos simuladores de ventilação subterrânea, exposição dos mais diversos equipamentos de segurança do trabalho e projetos envolvendo geoprocessamento de dados. Atualmente, o Laboratório está construindo parcerias e captando recursos para a implementação desses sistemas.

10 - Laboratório de Processamento Mineral e Meio Ambiente

O laboratório é dedicado às atividades de pesquisa e conta com o apoio de instituições públicas e privadas como a Vale, Petrobrás e CNPq. Possui equipamentos para desenvolver projetos de dessalinização de águas e efluentes, caracterização de reagentes e de rejeitos de barragens e na área de flotação.

1.9 - UFOP – Centro Tecnológico de Geotecnia Aplicada (CTGA)

www.nugeo.ufop.br/

Endereço

Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas

Campus Universitário Morro do Cruzeiro, S/N | Ouro Preto/MG - 35.400-000

Mestrado Acadêmico / Doutorado - TELEFONE - 031 3559-1164

Mestrado Profissional - TELEFONE - 031 3559-1508

O Centro Tecnológico de Geotecnia Aplicada, instalado no NUGEO (Núcleo de Geotecnia) da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) foi planejado para ser um centro de excelência científica para o desenvolvimento tecnológico do estado de Minas Gerais nas áreas de Geotecnia e referência de infraestrutura integrada também para estudos de engenharia aplicada.

O CTGA/UFOP constitui a infraestrutura para a consecução de ensaios de laboratório e de campo, particularmente na área da Geotecnia Aplicada à Mineração, associando estudos de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços. Estes estudos atendem os programas de pós-graduação em Geotecnia da UFOP (Especialização, Mestrado Acadêmico, Mestrado Profissional e Doutorado) e um enorme contingente de empresas de mineração e centros de pesquisa nas áreas de sua atuação. O centro compreende o seguinte conjunto de laboratórios/ infraestruturas de projetos especiais:

- Laboratório de Mecânica dos Solos (Ensaios de Caracterização);
- Laboratório de Mecânica dos Solos (Ensaios Especiais);
- Laboratório de Mecânica das Rochas;
- Laboratório de Geotecnia de Pavimentos;
- Laboratório de Rejeitos;
- Laboratório de Geossintéticos;
- Laboratório de Hidrogeotecnia;
- Laboratório de Cartografia Geotécnica;
- Laboratório de Sedimentometria;
- Laboratório de Ensaios de Grande Porte,
- Laboratório de Modelação Física;
- Laboratório de Simulação Numérica;
- Centro de Geoespeleologia;

- Centro de Controle e Triagem de Amostras
- Sala de Equipamentos para Ensaaios de Campo
- Auditório multimídia, salas de aula, secretaria, salas de docentes e salas para discentes dos cursos de pós-graduação.

O CTGA detém uma grande logística de equipamentos, tanto convencionais como não convencionais, nas áreas da geotecnia aplicada à mineração, que são desenvolvidos no próprio Centro mediante projetos específicos e desenvolvimento de softwares próprios, além de um acervo de 180.000 ortofotos do estado de Minas Gerais. Em função de sua natureza, abrangência e inserção, muitos outros estudos tecnológicos associados são desenvolvidos em parceria com outros laboratórios dos cursos de engenharia da Escola de Minas / UFOP. Cada laboratório integrado ao Centro funciona basicamente como estrutura própria e mantida com base na captação de recursos financeiros de projetos e/ou prestação e serviços específicos, cooptados junto a órgãos de fomento e a diversas empresas de mineração.

A natureza do centro é o investimento no desenvolvimento tecnológico das diversas áreas da geotecnia aplicada à mineração, incluindo caracterização tecnológica e reologia dos materiais, estabilidade de taludes de cavas, escavações subterrâneas, pilhas de estéril, sistemas de disposição e rejeitos, tecnologias de desaguamento de rejeitos, estudos geofísicos e quaisquer outros estudos relacionados à mecânica dos solos, mecânica das rochas, geologia aplicada e tecnologia de rejeitos.

1.10 – Laboratório de Tecnologia Mineral e Ambiental – LTM – UFRGS

<http://www.ufrgs.br/ltn/>

Endereço

Av. Bento Gonçalves, 9500 - prédio 43.819 - Setor 6 - Bairro Agronomia - 91501-970

Secretaria: 51 3308-7880

O Laboratório de Processamento Mineral (LAPROM) está inserido no Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Desde 1988, seus pesquisadores atuam em docência e pesquisa na área de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, estando vinculados aos Departamentos de Engenharia de Minas, de Metalurgia e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM).

Linhas de pesquisa do LAPROM

Beneficiamento Gravimétrico:

- Otimização de rotas de processos gravimétricos;
- Balanço de massas;
- Ensaios de gravimetria;

Tratamento de Minérios e Meio Ambiente:

- Sistemas de concentração e enriquecimento mineral;
- Sistemas de flotação convencional em colunas;
- Tratamento de resíduos.

Avaliação Econômica de Projetos de Mineração:

- Planejamento e otimização da exploração de jazidas minerais;
- Análise de risco em mineração;
- Estudos conceituais e de pré-viabilidade de jazidas;

Análise Multivariada de Dados:

- Utilização das técnicas de Análise em Componentes Principais, regressão múltipla e SIMPLEX como ferramentas de avaliação de desempenho de cargas minerais;

Minerais industriais:

- Utilização da colorimetria na lavra seletiva e no controle do beneficiamento
- Desenvolvimento de cargas minerais para as indústrias de Papel, Tintas, Plásticos e Borrachas

Corrosão, Meio Ambiente e Tratamento de Superfícies:

- Corrosão microbiológica, eletroquímica, microscopia eletrônica de varredura e de força atômica
- Detecção de microrganismos aeróbicos e anaeróbicos que atuam tanto na corrosão de ligas como no meio ambiente - degradação de biodiesel e diesel
- Avaliação de superfícies através de Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV e Microscopia de Força Atômica
- Pesquisas de métodos para remoção de cátions indesejáveis do meio ambiente- nanopartículas de Fe e biolixiviação de minério.

1.11 - Centro de Tecnologia Mineral do IFRN – CT Mineral

Endereço

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte | Reitoria

Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol CEP: 59015-300 Natal - RN

E-mail: comunicacao.reitoria@ifrn.edu.br

Telefone: (84) 4005-0757

Localizado na jurisdição do *Campus* Currais Novos do IFRN, o CTM contará com uma área de aproximadamente 800 m², distribuída em dois laboratórios de pesquisa, uma planta-piloto, uma área de preparação da amostra, seis salas incubadoras, cinco salas para grupos de pesquisa, sala de treinamento, além de um centro de gestão.

O Centro pretende, em parceria com a Fundação Gorceix - da Universidade Federal de Ouro Preto -, concentrar as demandas de aperfeiçoamento de pesquisa mineral na região Nordeste. Em um primeiro momento, seguindo o modelo de gestão da fundação mineira, concentrará projetos de empresas privadas e subsídios técnicos do IFRN, gerando, dessa forma, recursos que serão convertidos para o Instituto e para o estado.

Para a implementação do CTM, o IFRN movimenta pesquisadores e professores de três *campi*: Currais Novos, Parelhas e Natal-Central, além da Funcern. Ao todo, o projeto reúne uma equipe multidisciplinar de profissionais, que conta com químicos, engenheiros químicos, engenheiros de minas, geólogos, engenheiro de processo e engenheiro eletricitista. As atividades são coordenadas pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFRN (Propi).

1.12- SGS GEOSOL

<https://www.sgsgeosol.com.br>

Endereço - Matriz

Rodovia MG010, Km 24,5, bairro Angicos - CEP: 33200 000 – Vespasiano/MG

(31) 3045-0200

Endereço - Filial Brasília

SIA Sul, Trecho 03 – Lote 985, edifício SENAP II, salas 214 a 218 – Setor de Indústria

CEP: 71200-030 Guará – Brasília/DF

Fone: (61) 3201-5285, 3361-9533

E-mail: brasilia@df.sgsgeosol.com.br

Empresa brasileira, resultado de uma joint venture entre a SGS do Brasil e a Geosol Geologia e Sondagens, concentra suas atividades em análises geoquímicas de solos, rochas e minérios, concentrados e ensaios metalúrgicos, bem como análises ambientais de águas, efluentes e resíduos industriais. Completam nosso portfólio serviços nas áreas de Mineralogia e Outsourcing.

Com ampla experiência e um corpo técnico formado por uma equipe de profissionais altamente qualificada, a SGS GEOSOL é reconhecida internacionalmente e seu Sistema de Gestão Integrada assegura um excelente nível de qualidade, segurança, saúde ocupacional, respeito ao meio ambiente e responsabilidade social.

Certificada ISO 9001, fornece serviços de qualidade em química analítica, cumprindo todos os requisitos ambientais aplicáveis, e por isso, também é certificada ISO 14001.

A SGS GEOSOL conta com avançados laboratórios e equipamentos tecnológicos de última geração, que capacitam amplamente seu fornecimento de serviços analíticos, com segurança e excelente controle da qualidade.

Serviços:

Geoquímico

A SGS Geosol oferece uma ampla gama de serviços, cobrindo as demandas de todas as etapas de projetos de exploração mineral, desde a preparação de amostras em laboratório próprio ou dedicado até análises químicas.

Devido à sua estrutura e múltiplas especialidades, a SGS Geosol pode oferecer soluções integradas, cobrindo todo o processo, da coleta da amostra no campo, ao resultado da análise, através da Chain of Custody (C.O.C).

Ambiental

Equipe multidisciplinar composta por químicos, engenheiros ambientais, biólogos e técnicos de laboratório qualificados e treinados e utilização de modernos equipamentos analíticos.

Testes Metalúrgicos

O Laboratório de beneficiamento e Hidrometalurgia da SGS Geosol oferece testes de bancada para definição de rota de processamento, caracterização tecnológica (teste padrão) e modelamento geoestatístico de depósitos minerais de ferro, ouro, cobre, níquel, manganês, etc. Oferece serviços de otimização de plantas industriais por meio de amostragem, balanço de massa e simulação matemática.

Mineralogia

A SGS Geosol possui grande experiência na realização de ensaios mineralógicos, com laboratórios localizados em Belo Horizonte e Brasília. Com suporte de seu laboratório químico, pode oferecer soluções integradas na área de análise mineralógica.

Diamante

A partir da aquisição em 2007 da infraestrutura do laboratório da De Beer's localizado em Brasília, a SGS Geosol tornou-se o primeiro laboratório comercial independente capaz de atender à indústria de exploração de diamantes no Brasil.

Outsourcing

Com vasta experiência na operação de laboratórios de exploração, operação de mina e laboratórios de processo de beneficiamento e metalúrgicos, a SGS Geosol oferece uma solução completa para atender às necessidades de terceirização de serviços de preparação física de amostras e análises químicas.

1.13– Processamento & Caracterização Mineral Ltda. – PCM

<http://www.pcmmineral.com.br>

Endereço

Rua B, 24 Polo Industrial, Antônio Pereira - Ouro Preto/MG, CEP: 35411-000 - Brasil

E-mail: pcm@pcmmineral.com.br

A PCM Processamento e Caracterização Mineral , trabalha com foco na melhoria contínua de seus processos de caracterização tecnológica para minérios ferrosos e não ferrosos, bancada e piloto, análise química e mineralógica.

É uma Empresa destinada à prestação de serviços de amostragem em geral, campo, furos de sondagem, circuitos de britagem, peneiramento, concentração, caracterização tecnológica de minérios ferrosos e não-ferrosos por testes de bancada, planta piloto, microscopia óptica, análises químicas, desenvolvimento e otimização de processos. Também desenvolve projetos de computação gráfica, atualização topográfica e geológica em mapas e acompanhamento de modelamento dos blocos; coordenação e acompanhamento de sondagem com elaboração de plano de pesquisa e descrição de furos; caracterização tipológica do minério, feição de seções verticais e horizontais para modelagem das minas; compilação e filtragem de banco de dados.

Os recursos financeiros são advindos de contratos (Prestação de Serviços de Caracterização Tecnologia em escala de bancada e Piloto) com grandes empresas do setor mineral do Brasil.

Serviços:

Testes de Bancada

- Ensaios de britagem;
- Peneiramento (análises granulométricas);
- Ciclonagem;
- Moagem;
- Dispersão;
- Deslamagem;
- Concentração (circuito fechado e aberto);
- Flotação;
- Remoagem;
- Sedimentação/espessamento;
- Densidade;
- Blaine;

Planta Piloto

Realiza, em grande escala, processos como britagem, moagem, separação magnética, flotação, entre outros processos físicos.

- Ensaios de britagem;
- Peneiramento;
- Moagem;
- Classificação por classificadores espirais e ciclone;
- Deslamagem;
- Flotação em células convencionais;
- Remoagem;
- Separação Magnética baixa, média e alta intensidade;
- Concentração gravimétrica;
- Produção e purificação de concentrados;
- Desenvolvimento de rotas de processo

Microscopia Ótica

- Preparação de seções e lâminas polidas para caracterização macroscópica e microscópica das amostras de minérios.

- Avaliação de conteúdos mineralógicos de concentrados e demais produtos de usinas de beneficiamento, minas e de pelotas;
- Geração de subsídios aos trabalhos interpretativos necessários para a elaboração de um parecer técnico;
- Determinação mineralógica quantitativa e qualitativa;
- Determinação das morfologias dos cristais;
- Determinação do tamanho médio dos cristais de quartzo e hematita;
- Determinação da distribuição de Fe, SiO₂ e Al₂O₃ nos minerais;
- Determinação da porcentagem de poros;
- Tipos petrográficos;
- Categoria do grau de arredondamento do quartzo;
- Formas das partículas. Ex.: prismática, tabular, granular, etc.;
- Liberação do quartzo em lupa binocular;
- Texturas;
- Estruturas;
- Fotomicrografias.

Análises Químicas

- Determinação multi elementar por ICP OES – Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Acoplado Indutivamente;
- Determinação de ferro total e FeO por dicromatometria;
- Determinação de perda ao fogo por gravimetria

2 – OUTROS CENTROS DE TECNOLOGIA MINERAL PESQUISADOS NA INTERNET

2.1 - Instituto SENAI de Inovação em Tecnologias Minerais, em Belém (PA)

<https://www.senaipa.org.br/unidade/instituto-senai-de-inovacao>

Endereço

Av. Cmte. Brás de Aguiar, 548 - Nazaré, Belém - PA, 66035-405

[Telefone](tel:(91)3199-3001): (91) 3199-3001

E-mail: isi.mineral@senaipa.org.br

O Instituto SENAI de Inovação em Tecnologias Minerais, em Belém (PA), oferece soluções em minerais estratégicos e sustentabilidade na mineração.

Segmentos estratégicos: produtores de bauxita, nióbio, fosfato, potássio, níquel, terras raras, minério de ferro e transformadoras de alumínio

Portfólio de serviços:

- Desenvolvimento e melhoria de tecnologias minerais (planta-piloto)
 - Tecnologias para alcance de alta pureza;
 - Desenvolvimento e avaliação da cadeia de processamento mineral com foco em eficiência energética;
 - Tecnologias de minerodutos (vazamentos, desgastes, corrosão);
 - Novas tecnologias para expansão da cadeia de valor de minerais.
- Desenvolvimento de tecnologias limpas de mineração e processamento
 - Prevenção e recuperação de áreas degradadas;
 - Pesquisa sobre manuseio, redução e reutilização de resíduos;
 - Tratamento de resíduos / técnicas de mineração sustentável;
 - Reciclagem de recursos hídricos / processamento a seco.
- Modelagem de processos na mineração e metalurgia extrativa
 - Simulação do layout da cadeia de processamento;
 - Simulação de fluxo de partículas (DEM) no processamento mineral.
- Desenvolvimento da cadeia de valor em minerais estratégicos
 - Análise de rentabilidade, planejamento da exploração, cálculo das reservas, estudos de viabilidade para minerais estratégicos.
- Caracterização de propriedades minerais
 - Análise de propriedades físico-químicas e mineralógicas.
- Tecnologias limpas
 - Tecnologias para manuseio, redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos;
 - Tratamento de efluentes líquidos e gasosos;
 - Soluções em monitoramento de barragens de rejeitos e destinação de efluentes;
 - Prevenção e recuperação de áreas degradadas.
- Desenvolvimento da cadeia de valor mineral
 - Emprego direto de minerais em produtos de alto valor agregado;
 - Tecnologias minerais para a cadeia de valor: concentração, esterilização, purificação;
 - Desenvolvimento sustentável: estudos de impactos e contrapartidas socioeconômicos e ambientais.
- Infraestrutura e logística mineral
 - Busca por soluções de automação/tecnologia da informação para a cadeia mineral;
 - Desenvolvimento e avaliação da cadeia com foco em eficiência energética;

Estudos em transporte de minerais: minerodutos/esteiras, logística terrestre/portuária.

- Segurança na indústria

Melhoria de equipamentos e processos visando redução de acidentes;

Tecnologias para aumento da confiabilidade da indústria e prevenção de riscos.

Fonte: <https://www.senaipa.org.br/unidade/instituto-senai-de-inovacao>. Acesso em 18 de outubro de 2018.

2.2 - Centro Tecnológico SATC – CTCL

<http://www.centrotecnologico.sact.edu.be/apresentacao/centro-tecnologico-sact-ctcl>

Endereço

Rua Pascoal Meller, 73 - Bairro Universitário - CEP 88805-380 - CP 232

Criciúma - Santa Catarina – Brasil

Fone: 55 (48) 3431.7500 - Ouvidoria: 0800.648.7600

O Centro Tecnológico SATC (CTCL) é o setor de pesquisa e serviços da Faculdade SATC, que faz parte da Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina, uma instituição sediada em Criciúma, SC, presente a mais de 50 anos no mercado. Sua estrutura reúne duas grandes áreas de atuação, a SATC Educação e a SATC Tecnologia.

Na área educacional a SATC oferece Educação Básica, Ensino Técnico, Especialização Técnica, Pré-Vestibular, Unidade de Idiomas, Formação Continuada, Ensino à Distância, Graduação e Pós-graduação, além de contar com a parceria FGV (Fundação Getúlio Vargas).

A área tecnológica recebe a designação de Centro Tecnológico SATC (CTCL) e congrega diferentes núcleos de pesquisa e prestação de serviços além de laboratórios e grupos de pesquisa da Faculdade SATC.

Em sua estrutura atual encontram-se o Núcleo de Meio Ambiente - NMA, Núcleo de Conversão Energética Limpa - NCEL, Núcleo de Engenharia e Segurança - NES, Núcleo de Eficiência Energética - NEE, o Centro de Documentação e Rede de Informação do Carvão - CEDRIC, um Escritório de Projetos, uma Incubadora, além do apoio dos laboratórios: LAEC, LAQUA, LABGEO e LAMETRO.

Infraestrutura

A área inicial do CTCL será de 12 mil m² de área construída (aproximadamente), num investimento de cerca de 25 milhões de reais. Sua estrutura física começa a ser construída em 2009.

A área compreende espaço para pesquisadores, núcleos de pesquisa, CEDRIC, laboratórios, hall de apresentação de trabalhos, refeitório, almoxarifado, central de utilidades, vestiário, espaço para armazenamento de amostras, auditório, espaço para testes piloto e planta piloto de gaseificação de carvão mineral.

Núcleos de Pesquisa

Núcleo de conversão energética

Núcleo de eficiência energética

Núcleo de engenharia de segurança

Núcleo de meio ambiente

Fonte: <http://www.centrotecnologico.satc.edu.br/apresentacao/centro-tecnologico-satc--ctcl>.

Acesso em 20 de novembro de 2018.

2.3 – Senai Cimatec

<http://www.senaicimatec.com.br>

Endereço

Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, Salvador/BA, 41650-010

Telefone: 55 (71) 3534-8090

contato@senaicimatec.com.br

A Instituição Científica e Tecnológica (ICT) Senai/Cimatec visa desenvolver um programa avançado de suporte tecnológico para promover a pesquisa aplicada nas tecnologias integradas da manufatura para atender a indústria brasileira.

Destaca-se como principais projetos inovadores na área de competência o desenvolvimento de robôs submarinos, tecnologias para reaproveitamento de rejeitos de minérios, desenvolvimento de plantas piloto, otimização de produtos e processos para os setores de mineração e químico, além de soluções para manufatura enxuta e simulações para processos aeronáuticos.

Uma parceria entre o Senai Cimatec e a Votorantim Metais viabilizou a construção de uma Planta Piloto de Extração de Metais que possibilita a recuperação de metais valiosos presentes em resíduos industriais de mineradoras, barragens, metalúrgicas, siderúrgicas e de cooperativas de reciclagem de lixo.

Localizada no Polo Industrial de Simões Filho, a unidade utiliza tecnologia pirometalúrgica (inédita no Brasil), capaz de permitir a extração de metais dos resíduos. Esse processo inovador utiliza a queima em altas temperaturas para realizar transformações físicas e químicas em minerais, minérios ou metais. Funciona assim: os resíduos passam por um processo de superaquecimento para que sejam extraídos metais que tenham algum valor.

Sua atuação abrange as seguintes áreas:

Processos de Fabricação

- Materiais e Ensaios (Polímeros e Metais)
- Produção, Logística e Qualidade
- Desenvolvimento de Produto
- Manutenção Industrial
- Certificação de Pessoas
- Automação
- Energia
- Engenharia Automotiva
- Desenvolvimento de Software
- Microeletrônica
- Mecânica de Precisão
- Conformação e Soldagem
- Modelagem Computacional
- Gráfica
- Realidade Virtual

Fonte: <http://www.senaicimatec.com.br>. Acesso em 20 de outubro de 2018.

2.4 - Centro de Desenvolvimento de Tecnologias para a Mineração – CDTM, Catalão

Em implantação

A instalação e implantação do Centro de Desenvolvimento de Tecnologias para a Mineração (CDTM) em Goiás, incluindo um Laboratório/Planta Piloto de tratamento e beneficiamento de minérios na cidade de Catalão-GO, tem por objetivo gerar e difundir o conhecimento e inovação tecnológica através de pesquisa básica e aplicada em geologia, tecnologias minerais e tecnologias limpas, além da prestação de serviços tecnológicos que atendam, com inovação e eficiência, a demanda do setor empresarial de mineração no território de Goiás.

2.5 – Polo EMBRAPII/IFES

<https://www.embrapii.org.br/ifes-2/>

Endereço

Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara, Vitória - ES, 29040-780

Tel.: 27 3331-2276

polo.embrapii@ifes.edu.br

A área de competência do Polo EMBRAPII Ifes é em Metalurgia e Materiais, com foco na tecnologia e processos de fabricação e nas propriedades físicas e químicas dos materiais. As soluções tecnológicas visadas são o desenvolvimento de novos materiais e de seus processos produtivos, bem como de modificações e melhorias de propriedades de materiais e otimização de processos já existentes, com ênfase no aumento da sua eficiência e na redução de impactos ambientais.

Competências Tecnológicas:

Metalurgia e Materiais

Linhas de Atuação:

- Filmes finos
- Ligas metálicas ferrosas
- Processos siderúrgicos
- Materiais cerâmicos

Fonte: <https://www.embrapii.org.br/ifes-2/>. Acesso em 7 de novembro de 2018.

Anexo 2. Informações Preliminares dos bens minerais sugeridos para seleção

COBRE

RESERVAS

As reservas mundiais de minério de cobre registraram em 2015 um total de 720 milhões de t em metal contido, quantidade 2,4% superior à de 2014. As reservas brasileiras de cobre lavráveis no ano de 2015 somaram 11,83 milhões de t de Cu contido, apresentando crescimento de 9,1 % frente às do ano anterior, com destaques para os estados do Pará, com 84% desse total, Goiás e Bahia. A produção mundial de concentrado de cobre, em metal contido, alcançou no ano de 2015 uma quantidade de 19,13 milhões de t, registrando um acréscimo de 3,8 % em relação a 2014. Quanto ao metal, em 2015 a produção mundial de cobre refinado (primário e secundário) atingiu 22,87 milhões de t, apresentando um crescimento de 1,7 % frente ao ano de 2014. A China (33,2 %), o Chile (12,0%), o Japão (6,0%) e os EUA (5,0%) foram os principais produtores do metal. A produção brasileira de cobre primário e secundário registrou em 2015 uma quantidade de 265.469 t, correspondendo a 1,4 % da produção mundial de refinado. Segundo o *International Cooper Study Group (ICSG)*, o mercado mundial do cobre apresentou em 2015 um déficit de produção frente ao de consumo da ordem de 163 mil t, devendo esse nível ser mantido para o próximo triênio.

PRODUÇÃO

A produção brasileira de concentrado de cobre alcançou em 2015 um total de 350.940 t em metal contido, apresentando um aumento de 16,5% frente à de 2014, distribuída na maior parte entre os estados do Pará, com 74 % do total, Goiás, com 16,9%, e Bahia, com 7,7%, tendo como principais produtoras as empresas Vale (Sossego e Salobo Metais), Mineração Maracá e Mineração Caraíba, e, como menores, a Votorantim Metais Níquel e a Serabi. A produção nacional de cobre refinado (primária mais secundária) atingiu em 2015 um total de 265.469 t, significando um acréscimo de 12,2% frente ao do ano anterior, tendo como destaque a empresa Paranapanema (Caraíba Metais), que respondeu por cerca de 95% da totalidade do produzido no país. O cobre secundário, obtido a partir de reciclagem de sucatas, apresentou em 2015 uma estimativa de produção da ordem de 24.000 t, quantidade 1,7% superior à registrada no ano anterior.

COMÉRCIO EXTERIOR

Exportação 2017 – 1,2 milhão de toneladas (concentrado); US\$ 2,5 bilhões. Saldo US\$ 1,6 bilhão.

APLICAÇÕES

O setor de condutores elétricos é responsável por 65% da produção brasileiras. O consumo nacional do cobre. Em 2015 registrou por segmento a seguinte distribuição: equipamentos, 31%, construção civil, 30%, infraestrutura, 15%, industrial, 12%, e transportes, 12%.

Fonte: Sumário Mineral Brasileiro/DNPM

DIATOMITA

Produção Brasileira (concentrado)

2015 = 2.830 toneladas (diatomita beneficiada).

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Exportação e Importação (concentrado)

Exportação 2015 = 209 toneladas; US\$ 401 mil

Importação 2015 = 12.536 toneladas; US\$ 12,5 milhões

Fonte: Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Consumo Aparente

2015 = 28.310 toneladas

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Recursos e Reservas no Brasil. Participação brasileira no *ranking* mundial

Em termos de reservas de diatomita, os recursos existentes são suficientes para suprir o mercado mundial. Os Estados Unidos e a China são os maiores detentores das reservas conhecidas de diatomita, cujas reservas lavráveis, somadas, ultrapassam os 360 milhões de toneladas. No Brasil, estima-se que as reservas lavráveis sejam superiores a 36 milhões de toneladas contabilizadas nos Títulos Minerários ativos. As reservas conhecidas brasileiras estavam assim distribuídas historicamente: Bahia (45%), nos municípios de Ibicoara, Medeiros Neto, Mucugê e Vitória da Conquista; Rio Grande do Norte (35%), nos municípios de Ceará- Mirim, Extremoz, Macaíba, Maxaranguape, Rio do Fogo, Nísia Floresta e Touros; Ceará (15%), nos municípios de Aquiraz, Aracati, Camocim, Horizonte, Itapipoca e Maranguape; Rio de Janeiro (1,5%), no município de Campos dos Goitacazes; São Paulo (1%), no município de Porto Ferreira, sendo que os percentuais apresentados podem apresentar pequenas distorções passíveis de revisão.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Parque produtivo

O Estado da Bahia continua participando com a quase totalidade da produção nacional de diatomita.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Municípios produtores

O sumarista não informou a empresa e o município produtor

Aplicação atual e novas aplicações

As indústrias de bebidas são principais consumidores de agente de filtração, seguido pelo setor de graxas e lubrificantes. As indústrias de tintas, esmaltes e vernizes continuaram sendo principais consumidores de agente de carga.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral.

Classificação das empresas produtoras (grande, media ou pequena)

Pequeno porte

ENXOFRE

O enxofre obtido a partir do petróleo representa hoje apenas 28% da produção brasileira, o equivalente a 5% do consumo aparente. A principal fonte de obtenção do enxofre da produção interna é a partir das outras formas, como co-produto do beneficiamento minero-metalúrgico de ouro, cobre, zinco e níquel, participa com 67% do total. A terceira fonte de produção, o enxofre a partir do folhelho betuminoso, representa apenas 4,7% da produção anual.

O enxofre tem como seu uso mais importante e preponderante a indústria de fertilizantes, o que vale afirmar que é um elo indispensável da cadeia do NPK e um integrante constitutivo dos produtos finais fertilizantes utilizados pelos agricultores brasileiros.

É um exemplo típico de um minério insuficiente brasileiro, o País é (e sempre foi) altamente dependente das importações para atender ao seu consumo.

Entretanto, razões legais de caráter ambiental exigem combustíveis mais limpos e o enxofre que é captado pela Petrobras a partir do tratamento dos combustíveis tem crescido muito nos últimos anos, a exemplo do que ocorre em países desenvolvidos. Neles, o enxofre obtido desta forma é a fonte principal de aprovisionamento, sendo até mesmo superabundante, buscando-se atualmente novas aplicações para o seu escoamento.

Nos últimos anos, os preços internacionais do enxofre mostraram um comportamento relativamente estável, com pouca variação entre o preço mínimo e o máximo, destoando do comportamento oscilante observado das principais *commodities* minerais e das outras substâncias da cadeia do NPK. Entretanto, no período de junho de 2007 a julho de 2009, o comportamento dos preços do enxofre sofreu forte instabilidade, tendo variado de US\$ 900/t FOB, no seu máximo, a US\$ 34/t FOB, no seu mínimo.

No Brasil, os maiores produtores de enxofre são a Petrobras (refinarias e Petrobras - SIX), AngloGold Ashanti, Votorantim Metais - Níquel e Votorantim Metais - Zinco (ex-Cia Mineira de Metais, ex-Cia Paraibuna de Metais e ex-Mineração Serra da Fortaleza) e grupo Paranapanema (Caraíba Metais).

Em 2007 a Petrobras produziu 33% do total da produção brasileira de enxofre (petróleo mais folhelho).

Porém, as vendas da produção nacional de enxofre no mercado interno são segmentadas, não abastecendo necessariamente a indústria dos fertilizantes, que representa cerca de 82 % do consumo total.

Este é o caso extremo da Petrobras, que não tem clientes entre as maiores empresas desta indústria, ou dos grupos produtores de metais, como a Paranapanema e o Votorantim, que têm os

fertilizantes como um segundo setor de vendas para a sua produção interna, abastecem setores como o de papel e celulose ou o da indústria química e, suplementarmente, a indústria de fertilizantes.

As importações ficaram predominantemente vinculadas ao consumo das empresas de fertilizantes. As importações de enxofre são geralmente a granel e com a finalidade de obtenção de ácido sulfúrico. Esta importação que visa abastecer de forma direta as grandes empresas de fertilizantes realiza-se principalmente através de fornecedores, empresas exportadoras, não ligadas acionariamente.

Os substitutos para o enxofre ou para o ácido sulfúrico não se tornaram efetivos, principalmente pelo baixo preço deste último. Quanto a novos usos, principalmente em aplicações com outros ácidos existem apenas estudos.

O consumo aparente de enxofre do Brasil, em 2007, foi de 2,7 milhões de toneladas, sendo 2,2 milhões de toneladas de importações e as exportações insignificantes. Em 2008 a quantidade total consumida ficou ao mesmo nível do ano anterior. Desagregando as importações totais por países, encontramos como principais origens das importações brasileiras, em 2006, a Venezuela, com 46%, o Canadá, com 20%, e os Estados Unidos, com 10%. Projetando-se o consumo aparente para o período de 2010-2030 considerando três macro-cenários de evolução da economia (Frágil, Vigoroso e Inovador), além do padrão de consumo *per capita* médio de nações já industrializadas, como uma *proxy* do ponto de saturação do consumo *per capita* brasileiro, verifica-se que teremos necessidade de consumir um adicional de enxofre situado entre mais 50%, mais 100% e mais 150% da quantidade atual, ao se verificar um dos três cenários considerados na projeção. E as nossas fontes internas para a produção brasileira de enxofre, mesmo sendo de difícil estimativa, são certamente completamente insuficientes para suprirem essa necessidade, aja vista que hoje apenas 480.000 toneladas anuais de enxofre são produzidos no país para um consumo de 2.666.666 t (dados de 2008).

Cerca de 69 milhões de toneladas de enxofre são produzidas anualmente no mundo, em todas as suas formas, para serem consumidos pela indústria mundial. A produção mundial pode ser dividida em voluntária (*discretionary*) e forçada (*nondiscretionary*). Na produção voluntária, a mineração de enxofre é o único componente e, na produção forçada, o enxofre, ou o ácido sulfúrico, é recuperado, ou co-produzido, estando completamente atreladas às especificações, normas do produto e ritmo de produção do produto principal. A produção voluntária de enxofre nativo diminui a cada ano, representando apenas 2% da produção mundial. Dos 25 principais países produtores, 18 obtém a sua produção a partir do enxofre recuperado.

Em 2009, com exceção da China, que tem metade da sua produção a partir das piritas, a produção agregada de todos os outros países provém do enxofre recuperado, com o processo de refino de petróleo e do gás natural representando mais de 80%, que adicionado à recuperação no beneficiamento de metais, atinge 98% da produção mundial.

Destacam-se como grandes produtores os Estados Unidos, Canadá, China e Rússia, que representam cerca de 45% da produção mundial. Nos Estados Unidos, a produção se distribui entre enxofre recuperado do petróleo e gás (92%) e o obtido como co-produto dos produtores de ácido sulfúrico (8%), principalmente do refino de cobre (85%), mas também de zinco, chumbo e molibdênio (15%). O Brasil é um inexpressivo produtor mundial, ocupa o 27^o lugar no *ranking* dos

² Na composição dos bens primários importados existem dois produtos relevantes: enxofre a granel (com mais de 90% das importações) e enxofre contido no ácido sulfúrico

produtores.

Os principais países exportadores do mundo são, em ordem decrescente, o Canadá, Rússia, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Cazaquistão, Japão e Irã, representando mais de 70% da produção mundial. Os principais países importadores são a China, Marrocos, Estados Unidos, Tunísia, Índia e Brasil.

Em 2008, a produção mundial teve um pequeno crescimento anual de apenas 0,9%, com os quatro principais produtores apresentando crescimento ainda mais inexpressivo. Já em 2007, a produção mundial de enxofre havia crescido 10%, demonstrando as necessidades adicionais decorrentes da demanda aquecida por alimentos e biocombustíveis em dezenas de países.

Segundo os números oficiais, o Brasil detém apenas 1,2% das reservas mundiais (medidas mais indicadas), calculadas pelo SMB (2008) em 49,0 milhões de toneladas de S contido, sendo um somatório apenas das duas substâncias: enxofre (co-produto) e xisto e outras rochas betuminosas (não se computando os teores contidos de S das reservas de petróleo e gás natural).

Não se conhecem reservas no Brasil de enxofre nativo, e de 1972 em diante, existiu uma pequena obtenção regular de enxofre a partir do folhelho betuminoso. O Brasil, tem importantes reservas de petróleo e gás natural (sem se falar da recente descoberta do pré-sal) e ainda significativas reservas de folhelho betuminoso, controlados pela estatal brasileira Petrobras, mas esta fonte assegura apenas 5% do enxofre que o Brasil necessita em todos os seus usos estratégicos.

O Brasil detém ainda, todos não explorados, grandes depósitos estratiformes da bacia sedimentar de Sergipe, município de Siriri, localidade de Castanhal, com um teor médio de 7,1% de S, descobertos em 1978 pela Petromisa, subsidiária da Petrobras, e expressivos depósitos de enxofre oriundo de piratas (FeS_2) - rejeitos piritosos do carvão mineral, localizados na Bacia do Paraná, e as piratas de Ouro Preto - e ainda o enxofre contido nas reservas de gipsita. Finalmente, novos projetos em ouro, cobre e zinco, quando de sua entrada em produção, poderão adicionar mais reservas ao enxofre brasileiro (ALBUQUERQUE, 2008).

Entretanto a maior aposta brasileira no enxofre está nas crescentes recuperações de enxofre dos combustíveis em atendimento às normas legais, em vigor e pactuadas, e ainda nas produções crescentes de petróleo e gás natural, como as que a Petrobrás planeja, sejam as relacionadas às atuais explorações de petróleo, com um aumento de capacidade nacional de refino em pelo menos 30%, sejam as refinarias que estão ainda em fase de estudo, dedicadas ao petróleo e gás natural do pré-sal.

Fonte: Projeto Estal – Consultora Yara Kulaif – agosto/2009

FOSFATO

O Fosfato, juntamente com o Enxofre e o Potássio, compõe o grupo designado por Agrominerais, sendo todos eles minerais insuficientes, dependendo fortemente de importações para sua utilização no Brasil. São matérias-primas de grande importância, pois estão no elo-base na cadeia dos fertilizantes químicos NPK, insumos fundamentais da agricultura.

A produção brasileira de rocha fosfática está localizada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, próxima aos principais mercados consumidores. Novas minas e projetos estão em estudo ou início de produção nas regiões Nordeste e Sul, porém não se prevê a descentralização da oferta, pois estas jazidas não são de grande envergadura. O parque produtivo compõe-se de 11 minas e 9 usinas, com capacidades de produção predominantemente de portes grande e médio.

Não se trata de um mercado concorrencial, pois existe forte concentração da oferta, um oligopólio composto por três empresas internacionais (Bunge Co., Yara/Trevo e Mosaic/Cargill). A produção brasileira é bastante concentrada, com a maior empresa detendo 53% do mercado, as duas maiores, 79% e as três mais importantes, com 95% – em um típico caso de mercado oligopolizado. Além disso, estas empresas são verticalizadas, atuando com produtos das diversas etapas da cadeia produtiva de fertilizantes até os fosfatados finais.

A formação de preços desta *commodity* tende a refletir movimentos da oferta e demanda internacionais, a que se somam no Brasil atividades de formação artificial do preço com estoques elevados, constituídos a partir das compras por importações. Também o frete marítimo, seus preços e oscilações influenciam os preços da rocha fosfática, uma vez que é componente ponderável de sua composição. Os preços da rocha fosfática sofreram forte oscilação entre 2007 e 2008 por conta de pressões altistas da demanda, mas têm gradativamente voltado a valores mais próximos da média histórica dos últimos anos e que, segundo estimativas do Banco Mundial, aí permanecerão até 2020.

A produção de rocha fosfática não é intensiva em mão-de-obra, empregando pouco mais de duas mil pessoas, sendo quase a metade dessas em regime terceirizado.

O uso principal (68%) da rocha fosfática no Brasil é na indústria de fertilizantes, mas apresenta também um conjunto grande de outras aplicações, como na alimentação animal e nas indústrias químicas.

O Brasil é o 4º maior consumidor mundial, sendo que, em termos regionais, a Ásia do Leste consome cerca de 40% de toda rocha fosfática produzida, tendo este bloco apresentado uma taxa média de crescimento de 8% ao ano, nos últimos cinco anos. O consumo de fertilizantes no Brasil tem crescido muito mais do que a produção agrícola nas últimas décadas como resultado tanto da intensificação do processo produtivo no campo, quanto, mais recentemente, do aumento da produção de biocombustíveis. Foram importadas pelo Brasil 1,7 milhão de toneladas de rocha fosfática em 2007, sendo neste ano as principais origens dessas importações o Marrocos, com 53%, e Togo, com 20%. As exportações brasileiras, de dimensões inexpressivas, foram de produtos intermediários fertilizantes (principalmente compostos químicos), para o Paraguai e Argentina. Entre 1990 a 2007, o consumo *per capita* brasileiro passou de 21,5 para 42 kg/hab/ano, quase três vezes menor do que o dos Estados Unidos, mas duas vezes maior do que o consumo médio mundial.

A produção mundial de concentrado de rocha fosfática é de cerca de 167 milhões de toneladas, com a China produzindo 30% do total, Estados Unidos, 19% e Marrocos, 17%. O Brasil foi responsável por apenas 3,7% da produção mundial. Foram anunciados mundialmente

projetos que, se implementados, acrescentarão, no médio prazo, 57,4 milhões de toneladas à capacidade mundial de rocha fosfática, significando um aumento de 35%. Muitos desses projetos porém podem não ser concretizados pois, utilizados como chamarizes para captação de recursos antes da crise, muitos deles ainda não saíram do papel ou ficaram na primeira pedra inaugural, porque não existe mais atratividade para recursos financeiros desse porte afluírem.

A produção nacional de concentrado fosfático encontra-se na marca de 6,3 milhões de toneladas. Projetos em implantação ou anunciados, se concretizados, poderão adicionar até 4,5 milhões de toneladas/ano, um acréscimo de 70% à produção de 2008, podendo ainda gerar a auto-suficiência em 2013, ou seja, 100% das necessidades de consumo brasileiro sendo atendidas pela produção interna.

As reservas mundiais de rocha fosfática atingem a cifra de 47 bilhões de toneladas, correspondendo a 281 anos do consumo atual. Estas são muito concentradas, com apenas três países, Marrocos, China e Estados Unidos detendo quase 75% das mesmas, sendo inexpressivas as reservas brasileiras. Segundo números oficiais, o Brasil detém, em 2007, 319 milhões de toneladas de contido em P₂O₅ em reservas medidas mais indicadas, localizadas em Minas Gerais (67%), Goiás (14%) e São Paulo (6%). A principal jazida se encontra em Tapira (MG), seguida das reservas de Patos de Minas (MG), Araxá (MG), Catalão (GO) e Cajati (SP). As pesquisas em curso poderão ampliá-las para 350 milhões de toneladas. De toda a forma as reservas brasileiras são mais que suficientes para abastecer a crescente produção anunciada.

Fonte: Projeto Estal – Consultora Yara Kulaif – agosto/2009

GEMAS

O Brasil é conhecido pela diversidade e grande número de ocorrências de pedras preciosas. Constitui o único produtor mundial de topázio imperial, o segundo produtor de esmeralda e até recentemente também o único produtor de turmalina Paraíba. Com exceção de diamante, rubi e safira o país é responsável por cerca de 1/3 da produção mundial de gemas. (Fonte: Projeto Estal/MME Consultores Jeffrey M. Watkins; Afonso Ferreira da Silva Filho; Júlio César Mendes Rogério Silvestre Pereira).

O setor brasileiro de Gemas, Joias e Afins é constituído basicamente por micro e pequenas empresas. Sua cadeia produtiva é formada pela extração de minério, metais preciosos e gemas à Metalurgia dos metais preciosos; Lapidação de gemas e fabricação de artefatos de ouriversaria e joalheria; fabricação de bijuterias e artefatos semelhantes e Comércio Varejista de Joias e Relógios. (Fonte: IBGM - Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos).

RESERVAS e PRODUÇÃO

A análise dos dados referentes às reservas medidas, indicadas e inferidas partiu-se do pressuposto que os parâmetros utilizados nos cálculos das reservas foram os mesmos ao longo do período.

O gráfico da Figura o gráfico abaixo mostra incrementos nas reservas entre 1996 e 1999, respectivamente com valores nas reservas medidas (mais corretas) de 1.297.285 kg para 4.025.477 kg. O valor de 3.472.115 kg observado em 2000 cai abruptamente para 41.394 kg em 2002, voltando a subir entre 2003 (506.159kg) e 2005 onde atinge 2.351.453 kg. Os valores baixos nas reservas entre os anos de 2001 e 2003 não correspondem a incrementos na quantidade da produção no mesmo período.

Ano	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Qde Produzida Benef. / Lap. (1.000 kg)	6.018	8.179	10.005	8.347	9.642	13.594	17.567	51	635	1.424	604	96
Valor (R\$ 1.000)	13.359	22.329	27.314	32.968	72.745	158.228	195.520	61.932	19.654	15.422	17.295	27.468

Fonte: Projeto Estal/DNPM - Anuário Mineral Brasileiro.

A maioria da produção de pedras preciosas no Brasil é realizada por garimpeiros e/ou pequenas empresas de mineração. Apesar da deficiência de dados, calcula-se em torno de 2.000 empresas de lapidação, joalherias, artefatos de pedras e folheados de metais preciosos atuantes no mercado, concentrados principalmente em São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Bahia. A grande produção brasileira de gemas de cor é proveniente principalmente do estado de Minas Gerais, seguido do Rio Grande do Sul, Bahia, Goiás, Pará e Tocantins.

A lapidação em si, bem como a fabricação de obras e artefatos de pedras, é desenvolvida por pequenas empresas consideradas em grande parte como de “fundo de quintal” São poucas as indústrias capazes de garantir qualidade, prazos e tipos diferenciados de lapidação.

COMÉRCIO EXTERIOR

Exportações 2017 – US\$ 211,8

Importações 2017 – US\$ 10 milhões

Superávit - US\$ 201,8 milhões.

GRAFITA

Produção Brasileira (concentrado)

2015 = 81.762 toneladas, ou seja, 7% da produção mundial. 3º produtor no *ranking* mundial.

Fonte: DNPM

Exportação e Importação (concentrado)

Exportação 2015 = 20.798 toneladas – US\$ 24,9 milhões

Importação 2015 = 518 toneladas – US\$ 1,4 milhão

Fonte: DNPM

Consumo Aparente

2015 = 61.482

Fonte: DNPM

Recursos e Reservas no Brasil. Participação brasileira no *ranking* mundial

- Reserva brasileira 2017 = 70 milhões de toneladas
- Reserva mundial = 270 milhões de toneladas.
- Participação brasileira no total mundial = cerca de 26%,
- Brasil detém a 2ª maior reserva mundial ficando apenas atrás da Turquia com 90 milhões de toneladas.

Fonte: USGS: Mineral Commodity Summaries

Parque produtivo

O Brasil tem na América do Sul a principal ocorrência de grafita com reservas localizadas nos estados de Minas Gerais, Bahia e Ceará.

No extremo nordeste de Minas Gerais e no sul da Bahia, os diversos depósitos de grafita, que se situam nas proximidades das cidades de Pedra Azul, Salto da Divisa e Maiquinique, caracterizam a **Província de Grafita Minas–Bahia**, a qual possui reservas da ordem de 52 Mt de minério.

➤ **Província Gráfica de Itapecerica, Minas Gerias**

A região da província gráfica está situada a aproximadamente 4 km, a norte/nordeste da cidade de Itapecerica, MG. Esta situa-se a 180 km de Belo Horizonte.

➤ **Província gráfica de Pedra Azul, Minas Gerais**

A província gráfica de Pedra Azul se localiza na região de médio Jequitinhonha e situa-se somente no município de Pedra Azul a nordeste do estado de Minas Gerais.

➤ **Província gráfica de Maiquinique, Bahia**

A área da jazida de grafita localiza-se na parte sul do estado da Bahia, próximo a divisa com o estado de Minas Gerais, a 14km da sede do município de Maiquinique.

Fonte: Projeto Estal/J.Mendo/MME

Empresas produtoras

No Brasil existem três empresas que extraem e beneficiam a grafita:

➤ **Nacional de Grafite Ltda**

Empresa brasileira, fundada em 1939, a Nacional de Grafite concentra suas atividades na mineração e no beneficiamento do grafite natural cristalino de alta qualidade. Em suas três plantas, todas localizadas próximas a importantes jazidas, no estado de Minas Gerais, Brasil, a Nacional de Grafite beneficia o minério, gerando cerca de 70.000 toneladas anuais de grafite de diferentes características. As três unidades de produção estão situadas nos municípios de Itapecerica, Pedra Azul e Salto da Divisa.

➤ **Extrativa Metalquímica S/A**

Localizada em Maiquinique no estado da Bahia, iniciou em 2002 a sua atividade de exploração e beneficiamento de grafita cristalina natural de alta qualidade. A mina está localizada no topo da Serra do Macal, a cerca de 14km de Maiquinique. Uma região de grande riqueza geológica na divisa de Bahia com Minas Gerais.

➤ **Grafita MG**

A Grafita MG, que lavra minério de grafita nos municípios de Serra Azul e Mateus Leme, em Minas Gerais, produziu 17.307 toneladas de grafita em 2004, com teor de 14% de carbono, que foram destinadas ao mercado após simples moagem, vendida para produtores de ferro-gusa.

Fonte: Projeto Estal/J.Mendo/MME

Municípios produtores

Itapecerica – MG (IBGE)

Área territorial (2017) = 1.040,519 Km²

População: 21.763 habitantes – Densidade demográfica: 20,54 hab/Km²

Pessoal ocupado em 2016 = 3.760 pessoas (17% da população)

Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2016) = 1,9 salários mínimos.

Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade (2010) = 97,9%

Nº de estabelecimentos de ensino fundamental (2017) = 12 escolas

Nº de estabelecimentos de ensino médio (2017) = 6 escolas

IDH 2010 = 0,713.

Fonte: IBGE

Pedra Azul – MG (IBGE)

Área territorial (2017) = 1.619 Km²

População: 24.319 – Densidade demográfica: 14,95 hab/Km²

Pessoal ocupado em 2016 = 2.182 pessoas (8,8% da população)

Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2016) = 1,8 salários mínimos.

Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade (2010) = 97,9%

Nº de estabelecimentos de ensino fundamental (2017) = 18 escolas

Nº de estabelecimentos de ensino médio (2017) = 2 escolas

IDHM 2010 = 0,627

Fonte: IBGE

Salto da Divisa – MG/BA

Salto da Divisa é uma cidade do Estado do Minas Gerais. Os habitantes se chamam saltenses. O município se estende por 937,9 km² e contava com 6 859 habitantes no último censo.

A densidade demográfica é de 7,3 habitantes por km² no território do município. Vizinheiro dos municípios de Jordânia, Santa Maria do Salto e Itagimirim, Salto da Divisa se situa a 56 km a Norte-Oeste de Eunápolis a maior cidade nos arredores. Situado a 173 metros de altitude, de Salto da Divisa tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 16° 0' 58" Sul, Longitude: 39° 56' 53" Oeste. O Salto da Divisa é um município do Parque Nacional do Alto Cariri.

Maiquinique - BA

Área territorial = Km²

População: 8.782 – Densidade demográfica: 17,85 hab/Km²

Pessoal ocupado em 2016 = 1.124 pessoas (11% da população)

Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2016) = 1,7 salários mínimos.

Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade (2010) = 98%
Nº de estabelecimentos de ensino fundamental (2016) = 9 escolas
Nº de estabelecimentos de ensino médio (2016) = 1 escola
IDHM 2010 = 0,576.
Fonte: IBGE

Aplicação atual e novas aplicações

O principal mercado da grafita é a indústria tradicional de refratários (tijolos de alta temperatura e revestimentos utilizados nas indústrias de metais, cerâmica, vidro, petroquímica e cimento). Além desse segmento, a grafita é utilizada na fabricação de baterias (anodo de grafite); na produção de aço, lonas de freios para veículos e lubrificantes.

O Grafeno, “*material milagre*”, Perspectivas de aplicação de novos usos, vêm sendo testado em diversos segmentos da indústria. Derivado do grafita natural, tem propriedades, tais como a dureza 200 vezes maior que o aço, extrema leveza, espessura capacidade de conduzir calor e eletricidade melhores do que qualquer outro material conhecido. melhores do que qualquer outro material conhecido.

Fonte: DNPM

Escala de produção (grande, media ou pequena)

Pequena

POTÁSSIO

Produção Brasileira (concentrado)

2015 = 481.270 toneladas KCl e 304.018 toneladas K₂O

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Exportação e Importação (concentrado)

Exportação 2015 = 16.027 toneladas K₂O – US\$10,4 milhões

Importação 2015 = 4,9 milhões de toneladas (K₂O) – US\$ 2,5 bilhões

Fonte: Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Consumo Aparente

2015 = 5,2 milhões de toneladas. (K₂O)

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Recursos e Reservas no Brasil. Participação brasileira no ranking mundial

No *ranking* mundial das reservas de sais de potássio em 2015, o Canadá (27,0%), a Bielorrússia (20,3%) e a Rússia (16,2%) ocuparam as três primeiras posições. O Brasil apresenta bom potencial em termos de reservas, embora estejam restritas aos estados de Sergipe e do Amazonas. Em Sergipe, nas regiões de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima, as reservas de silvinita (KCl + NaCl) totalizam 62,92 milhões de toneladas. Dessas, 55,20 milhões de toneladas de minério “*in situ*” (teor de 24,26% de K₂O), estão em Santa Rosa de Lima e 7,7 milhões de toneladas estão em Taquari/Vassouras com teor de 14,9% de K₂O, correspondendo a 1,2 milhões de toneladas de K₂O equivalente “*in situ*”, representando a

reserva lavrável. Ainda em Sergipe são conhecidas importantes reservas de carnalita ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). As reservas totais de carnalita (medida + indicada + inferida), reavaliadas, com teor médio de 10,40% de KCl, alcançam cerca de 14,4 bilhões de toneladas. No Amazonas, as reservas de sais de potássio (medidas) são da ordem de 860 Mt.

A produção mundial de sais de potássio foi liderada pelo Canadá (28,4%), Rússia (19,1%) e Bielorrússia (16,8%) e, juntos, somaram 64,3% do total de potássio fertilizante produzido no ano. Esses países e a China configuram os maiores produtores mundiais. O Brasil ocupou em 2015 a 11ª posição.
Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Parque produtivo

A produção de potássio fertilizante no Brasil está restrita ao complexo mina/usina Taquari-Vassouras, em Sergipe (lavra de silvinita) e esteve a cargo da empresa Petrobras Mineração S/A – PETROMISA até outubro de 1991, à época titular da concessão de lavra. Em face à extinção da PETROMISA os seus direitos minerários passaram para a empresa Petróleo Brasileiro S.A - PETROBRAS, através de cessão de direitos. A concessão de lavra, que inclui o complexo mina/usina de Taquari/Vassouras, está arrendada à VALE Fertilizantes S.A. O complexo mina/usina de Sergipe concebido com uma capacidade nominal de produção da ordem de 500 mil t/ ano de KCl, correspondendo a 300 mil t/ano de K_2O equivalente, teve sua capacidade de produção aumentada a partir de 1998 e, desde então, vem apresentando produção superior à meta prevista no projeto base. Assim, em 2015 foram produzidas 481,3 mil t de KCl, correspondendo a 304,0 mil toneladas de K_2O equivalente. No ano 2015, a produção interna de KCl foi um pouco inferior à verificada no ano anterior, quando foram produzidas 492,3 mil t de KCl correspondendo a 311,0 mil t de K_2O equivalente.

A produção interna de cloreto de potássio, embora com pequenas oscilações anuais, vinha apresentado crescimento em um período anterior a 2009. Entretanto, a partir do referido ano vem ocorrendo queda na produção (de 453,0 t de K_2O em 2009, para 304,0 t. de K_2O em 2015). Em função do mercado, em Taquari/Vassouras têm sido produzidos os tipos standard (0,2 a 1,7 mm) e granular (0,8 a 3,4 mm).

Da mina de Taquari/Vassouras, em atividade desde 1985, já foram explotadas cerca de 48,73 milhões de toneladas de silvinita. Em face do método de lavra utilizado, a taxa de extração na referida mina fica próxima de 50% da reserva mineral. Atualmente, a capacidade total instalada da mina é de 3,2 milhões de toneladas/ano (ROM) com exaustão prevista para 2020, após estudos que permitiram ampliar a vida útil da mina. A usina de beneficiamento dispõe de uma capacidade instalada para produção de 850 mil toneladas/ano de KCl..

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Municípios produtores

Taquari/Vassouras – SE

Santa Rosa de Lima - SE

Aplicação atual e novas aplicações

O principal uso do cloreto de potássio é como fertilizante, apresentando-se o setor agrícola como responsável pela maior demanda pelo produto. O sulfato de potássio e o sulfato duplo de potássio e magnésio também são usados, em menor proporção, como fontes de potássio para a agricultura, em culturas específicas.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Em termos mundiais, mais de 95% da produção de potássio é usada como fertilizante, sendo 90% dessa produção na forma de cloreto de potássio. O restante é consumido pela indústria química.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral.

Classificação das empresas produtoras (grande, media ou pequena)

Vale Fertilizantes S.A. – Grande porte.

ROCHAS ORNAMENTAIS

A diatomita é uma matéria prima mineral de origem sedimentar e biogênica, constituída a partir do acúmulo de carapaças de algas diatomáceas que foram se fossilizando, desde o período pré-cambriano, pelo depósito de sílica sobre a sua estrutura. A fixação desta sílica, pelas algas diatomáceas, está relacionada com o ciclo geoquímico de decomposição das argilas, servindo como parte do material de estrutura para estas algas (BREESE, 1994). Algumas das propriedades físicas da diatomita que agregam valor comercial ao produto podem ser exemplificadas, tais como baixa densidade aparente e elevados valores de porosidade e área superficial, especiais para o mercado dos auxiliares de filtração (BREESE, 1994). Outras propriedades não menos importantes também podem ser citadas, como a alta abrasividade, alta capacidade de absorção, inércia química, propriedade isolante e alvura, que também são requeridas em diversas aplicações industriais.

Fonte: CETEM/Silvia Cristina Alves França-Adão Benvindo da Luz-Paulo Francisco Inforçati.

Reserva

Em termos de reservas de diatomita, os recursos existentes são suficientes para suprir o mercado mundial. Os Estados Unidos e a China são os maiores detentores das reservas conhecidas de diatomita, cujas reservas lavráveis, somadas, ultrapassam os 360 milhões de toneladas. No Brasil, estima-se que as reservas lavráveis sejam superiores a 36 milhões de toneladas contabilizadas nos Títulos Minerários ativos. As reservas conhecidas brasileiras estavam assim distribuídas historicamente: Bahia (45%), nos municípios de Ibicoara, Medeiros Neto, Mucugê e Vitória da Conquista; Rio Grande do Norte (35%), nos municípios de Ceará- Mirim, Extremoz, Macaíba, Maxaranguape, Rio do Fogo, Nísia Floresta e Touros; Ceará (15%), nos municípios de Aquiraz, Aracati, Camocim, Horizonte, Itapipoca e Maranguape; Rio de Janeiro (1,5%), no município de Campos dos Goitacazes; São Paulo (1%), no município de Porto Ferreira, sendo que os percentuais apresentados podem apresentar pequenas distorções passíveis de revisão.

Produção

2015 – 2.830 toneladas (diatomita beneficiada).

Comércio Exterior

Exportação 2015 = 209 toneladas; US\$ 401 mil

Importação 2015 = 12.536 toneladas; US\$ 12,5 milhões

Aplicações

As indústrias de bebidas são principais consumidores de agente de filtração, seguido pelo setor de graxas e lubrificantes. As indústrias de tintas, esmaltes e vernizes continuaram sendo principais consumidores de agente de carga.

Fonte: Sumário Mineral 2016/DNPM/ANM.

TÂNTALO

O tântalo é um elemento metálico com características de extraordinária resistência ao calor, alta capacitância elétrica e altíssima resistência à corrosão e à intrusão química. Trata-se de um elemento crítico para a indústria eletrônica.

Reserva

O tântalo (Ta) ocorre principalmente na estrutura dos minerais da série columbita-tantalita (Mg, Mn, Fe)(Ta,Nb)2O6, presentes em rochas graníticas/pegmatitos e alcalinas. As reservas mundiais, em 2015, são de aproximadamente 100 mil toneladas de metal contido. As reservas brasileiras de tântalo contido estão estimadas em 33 mil t. O Brasil e a Austrália são os países com as maiores reservas de tântalo do mundo, com 33% e 66% respectivamente.

As reservas brasileiras de tântalo estão localizadas principalmente na Mina do Pitinga (Mineração Taboca), no município de Presidente Figueiredo-AM, de propriedade do grupo peruano MINSUR S.A. As reservas lavráveis nesta mina são de cerca 175 Mt de minério (columbita-tantalita), com 35 mil toneladas de Ta2O5 contido, ocorrendo ainda criolita (Na3AlF6) e outros minerais portadores de Li, Y, U, Th, TR e Zr, dentre outros. Também existem ocorrências relacionadas à Província Pegmatítica de Borborema situada na região nordeste, destacando-se os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Na Bahia, as ocorrências estão associadas a xistos e pegmatitos da Faixa de Dobramentos Araçuai. No estado do Amazonas, podem ser citadas inúmeras ocorrências no Alto e Médio Rio Negro situadas nos municípios de Barcelos e São Gabriel da Cocheira. Existem também ocorrências nos estados de Roraima, Rondônia, Amapá, Minas Gerais e Goiás.

O Brasil é o segundo maior produtor da substância, com 20% da produção mundial, atrás apenas de Ruanda que possui 45%. A produção mundial, em 2015, diminuiu 3,30% em relação a 2014. No mercado mundial destaca-se também a produção de Congo (Kinshasa) com 15%. Adicionalmente, o mercado é abastecido por materiais reciclados (20%-25%) e por minérios da Rússia, do sudeste da Ásia e pelo 'coltan' (columbita-tantalita) derivado de áreas de conflitos étnicos de países da África Central (Kivu, na RD Congo, militarmente ocupado por Ruanda e Uganda, desde 1998), denominado de 'tântalo de sangue' (*tantalum blood*), como analogia ao *diamond blood*, expressão que ficou conhecida com a exploração ilegal de diamantes em Serra Leoa.

Nos Estados Unidos, o consumo aparente de tântalo cresceu 36% em relação a 2014. As importações dos Estados Unidos tiveram origem nos seguintes países – concentrado de minério de tântalo: 40% do Brasil, 17% de Ruanda e 11 % do Canadá; metal: 29% da China, 28% do Cazaquistão e 15% da Alemanha; resíduos e sucatas: 21% da Estônia, 17% da Indonésia e 14% da China.

Produção

2015 - 268 toneladas de TA contido

2015 – 51.874 toneladas de Fe-Nb

Comércio Exterior

Exportação 2017 de Fe-NB = 80,7 mil toneladas; US\$ 1,6 bilhão.

Aplicações

Tântalo -O consumo brasileiro de tântalo é, principalmente, de produtos industrializados, que são importados de países que detêm tecnologia de ponta. Componentes para indústria eletrônica e concentrados para a produção de ligas e óxidos são os mais consumidos.

O tântalo é utilizado principalmente para fabricação de capacitores. Além do seu uso em telefones celulares, os capacitores em estado sólido também são utilizados em circuitos de computadores, vídeo, câmeras e ainda em eletrônica automotiva, militar e equipamentos médicos. Carbonetos de tântalo são utilizados principalmente em ferramentas de corte, superligas na indústria aeronáutica para a fabricação de turbinas espaciais, produtos laminados e fios resistentes à corrosão e a altas temperaturas são outros casos em que o tântalo pode ser utilizado.

Nióbio - As aplicações de níobio variam desde aços microligados, com aplicações na construção civil, na indústria mecânica, aeroespacial, naval, automobilística, tubulação de óleo e de gás natural, plataformas de petróleo, dentre outras.

Fontes: Projeto Estal; Sumário Mineral Brasileiro/DNPM

TITÂNIO

O titânio está presente em meteoritos e algumas rochas obtidas durante a expedição lunar da Apollo 17 mostraram a presença de 12% de Ti na forma de TiO2. Os minerais que contêm óxido de titânio de interesse econômico são: ilmenita, leucóxênio, rutilo, anatásio e perowskita, todos de origem ígnea.

A ilmenita (FeTiO_2) é o mineral de titânio de ocorrência mais comum e abundante. Apresenta-se na cor preta do ferro, cristalização hexagonal, romboédrica. Teoricamente possui 53% de TiO_2 e 47% de Fe; pode conter pequenas quantidades de magnésio e manganês e, em muitos casos, até 6% em peso de Fe_2O_3 . É um mineral opaco, brilho submetálico, dureza entre 5,0 e 6, 0, possui massa específica entre 4,10 e 4,80 g/cm^3 , pode ser magnética sem aquecimento.

O leucoxênio é geralmente reconhecido como um rutilo ou anatásio em granulometria muito fina, ou mistura dos dois com material amorfo. É um produto de alteração, contendo geralmente acima de 60% de TiO_2 . Ocorre com titanita, ilmenita, perovskita ou outros minerais de titânio.

O rutilo (TiO_2) é um mineral escasso, apresenta-se na cor vermelha e castanha avermelhada a preta, cristaliza-se no sistema tetragonal, tem brilho adamantino a submetálico, dureza 6,00 a 6, 50, massa específica 4,18 a 4,25 g/cm^3 . É um mineral subtranslúcido, podendo ser transparente, composto quase que essencialmente de TiO_2 , podendo conter até 10% de impurezas.

O anatásio (TiO_2). O anatásio, também conhecido como octaedrita, é um produto de alteração do rutilo e da brookita, cristaliza-se no sistema tetragonal, apresenta-se na coloração castanha no estado natural, contém de 98,4 a 99,8% de TiO_2 . A massa específica do anatásio é de 3,9 g/cm^3 , sua dureza varia de 5,5 a 6, 0, tem brilho adamantino.

A perovskita (CaTiO_3) é um mineral isométrico, encontrado usualmente nas rochas metamórficas de alto grau ou em rochas ígneas abissais. Apresenta-se nas cores preta, vermelha ou amarela, contendo de 38 a 58% de TiO_2 , com peso específico 4,01 g/cm^3 , cristaliza-se no sistema ortorrômbico ou monoclinico, mas pode ocorrer no sistema pseudo-isométrico.

RESERVAS

O Brasil, figura como detentor da quinta maior reserva mundial de ilmenita. Outros importantes depósitos de ilmenita ainda não devidamente avaliados ocorrem ao longo da costa brasileira, na forma de depósitos de placeros de praia ou em terraços marinhos, no litoral do nordeste, sudeste e sul do país. A Tabela 1 identifica os registros históricos relativos à evolução das reservas nacionais de titânio, composta por ilmenita, rutilo e leucoxênio.

O país também é o detentor das maiores jazidas de titânio na forma de **anatásio** conhecidas no mundo, avaliadas em 440 milhões de toneladas, com teores médios de 17,7% TiO_2 , que ocorrem nos estados de Minas Gerais e Goiás. A notável tonelagem desse tipo de minério de titânio deve ser registrada como um recurso explorável no futuro, tendo em vista que até o presente, apesar dos investimentos realizados pela Vale, não há comprovação de processos metalúrgicos técnica e economicamente viáveis que permitam a instalação de unidades industriais de processamento para o aproveitamento desse bem mineral. Também são conhecidas reservas de anatásio no Pará. Embora não exista produção comercializada, o minério de titânio que é lavrado como capeamento do minério de fosfato, é estocado em algumas minas de Goiás e Minas Gerais.

APLICAÇÕES

As ligas de titânio com alumínio, molibdênio, manganês, ferro e outros metais como vanádio tem grande aplicação industrial. São muito utilizadas na indústria aeronáutica e militar, quando o

propósito é obter materiais leves e muito resistentes á elevadas temperaturas. Um avião Boeing 747 demanda 43 toneladas de ligas de titânio e o modelo mais moderno da Airbus o A787 incorpora 91 toneladas de ligas de titânio. O emprego de ligas de titânio em bijuterias, relógios, raquetes de tênis, laptops, bicicletas, óculos, etc. está tornando o seu uso cada vez mais freqüente. Entre seus compostos, o de maior uso (95%) é o dióxido de titânio, TiO₂ empregado na fabricação de tintas usada no segmento de construção civil e também para uso artístico. Esse produto também é incorporado na produção de papel, pasta de dente, plásticos, etc.

RECOMENDAÇÕES DO CONSULTOR

Após a realização do presente trabalho, o autor recomenda aos organismos do Ministério de Minas e Energia que estabeleçam mecanismos prévios de comunicação com o objetivo de informar as entidades e corporações envolvidas sobre a realização do estudo, visando facilitar o diálogo com os analistas encarregados do mesmo. A presente recomendação baseia-se na experiência vivida pelo autor, pois entidades de classe e empresas que foram formalmente convidados para confirmar dados coletados em outras fontes ou mesmo para prover informações sobre suas atividades não ofereceram resposta em nenhum momento. Considerando o expressivo volume de reservas minerais de anatásio no país, fonte potencial de titânio que depende do desenvolvimento de processos metalúrgicos que permitam o seu aproveitamento econômico em regime competitivo, o autor recomenda que o Ministério de Minas e Energia, articulado com o Ministério de Ciência e Tecnologia, definam e desenvolvam projetos específicos neste sentido. No futuro o sucesso da iniciativa poderá atrair investimentos em novas unidades de processamento metalúrgico de titânio que modifique a atual situação de dependência da importação, particularmente de dióxido de titânio.

Fonte: Relatório Técnico Projeto Estal – Consultor Juarez Fontana dos Santos

TUNGSTÊNIO

Produção Brasileira (concentrado)

2015 = 690 concentrado (432 t contido), ou seja, 0,5% da produção mundial. Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Exportação e Importação (concentrado)

Exportação 2015 = 370 toneladas – US\$ 370,6 milhões

Importação 2015 = Não houve importação.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Consumo Aparente

2015 = 61 toneladas.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Recursos e Reservas no Brasil. Participação brasileira no ranking mundial

As reservas mundiais de tungstênio estão concentradas em sua maioria em áreas orogênicas tais como os Himalaias, Alpes e no cinturão Pacífico sendo os minérios economicamente viáveis a scheelita e a wolframita. Em 2015, segundo o *United States Geological Survey – USGS*, essas reservas somaram 3,1Mt, sendo que a China é detentora de 1,9Mt. No Brasil, essas reservas são tanto de scheelita, formados em skarns situados principalmente no Estado do Rio

Grande do Norte, quanto de wolframita associada à cassiterita e localizados principalmente no Estado do Pará, sendo que ambos os tipos de depósitos somaram em 2015 cerca de 30.000 toneladas de metal contido.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Parque produtivo

O minério de scheelita foi extraído das seguintes minas: Mina Brejuí, Mina Boca de Lage e Mina Mineração Barra Verde, localizadas no município de Currais Novos/RN; Mina Bodó, no município de Bodó/RN e Minas Bonfim I e II, no município de Lages/ RN pelas respectivas empresas: Mineração Tomaz Salustino; Acauan Mineração Comércio e Serviços (arrendatária da Mineração Boca de Lage e da Mineração Barra Verde); Bodó Mineração (arrendatária da Metais do Seridó) e Mineradora Nosso Senhor do Bonfim.

O minério de Wolframita resultou da Mina Bom Jardim, localizada em São Félix do Xingu/PA através da empresa Metalmig Mineração Indústria e Comércio e da Mina Pedra Petra, localizada no município de Pau D'Arco explorada pela empresa Mineração Pará Tungstênio, via Guia de Utilização.

Fonte: Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Municípios produtores

Currais Novos - RN

Área territorial (2017) = 864,369 Km²

População: 44.664 habitantes – Densidade demográfica: 49,35/Km²

Pessoal ocupado em 2016 = 6.766 pessoas (15%da população)

Salário médio mensal dos trabalhadores formais (2016) = 1,6 salários mínimos.

Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade (2010) = 97,8%

Nº de estabelecimentos de ensino fundamental (2017) = 32 escolas

Nº de estabelecimentos de ensino médio (2017) = 9 escolas

IDH 2010 = 0.691

Fonte: IBGE.

Aplicação atual e novas aplicações

O mercado interno absorve uma boa quantidade dos concentrados de scheelita e wolframita que são destinados ao Estado de São Paulo para serem utilizados pela metalurgia dos não ferrosos, para fundição e para a produção de ferro-ligas.

O tungstênio é um elemento valorizado pelo seu alto ponto de fusão (1.419 graus Celsius), rígido, grande resistência ao desgaste e a corrosão, além de ser bom condutor de calor e eletricidade, levando a aplicações pela indústria metalúrgica, tais como fabricação de caixas pretas de avião e brocas de sondas de perfuração para petróleo dentre outras aplicações. As suas características singulares dificultam sua substituição devido ao aumento do custo de produção das aplicações e/ou diminuição do desempenho do produto, contudo, o molibdênio, o nióbio e o titânio podem ser substitutos.

Fonte: Fonte: DNPM/Sumário Mineral.

Classificação das empresas produtoras (grande, media ou pequena)

Pequenas.

VERMICULITA

Produção Brasileira (concentrado)

2015 = 49.000 concentrado.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Exportação e Importação (concentrado)

Exportação 2015 = 30.852 toneladas – US\$ 8,8 milhões

Importação 2015 = praticamente não houve importação

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Consumo Aparente

2015 = 18.150 toneladas.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Recursos e Reservas no Brasil. Participação brasileira no ranking mundial

Os depósitos brasileiros e mundiais de vermiculita ocorrem principalmente dentro das zonas de complexos máficos-ultramáficos e carbonatitos. No mundo, destacam-se os depósitos de Libby, nos Estados Unidos, considerado o maior do mundo, e o de Palabora, na África do Sul (BIRKETT e SIMANDI, 1999; SIMANDI *et al.*, 1999).

Em 2015, os quatro maiores produtores concentraram 89,7% da produção mundial. A líder na produção de vermiculita foi a África do Sul, com 38,7% da produção, seguida pelos Estados Unidos da América (EUA), com 27%, e Brasil, com 15,7%. O Brasil continua figurando como o 3º maior produtor mundial. O Brasil é detentor de 13,22% das reservas mundiais, sendo que as reservas nacionais encontram-se distribuídas em cinco Estados: Paraíba (19,32%), Goiás (18,44%), Bahia (13,47%), Piauí (0,93%) e Pernambuco (0,04%).

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Parque produtivo

Em 2015, os estados de Goiás (94,2%), Pernambuco (3,7%) e Paraíba (2,1%) foram responsáveis pela produção de 49 mil t de vermiculita beneficiada. O processo de extração da substância no país é executado a céu aberto, parcial ou totalmente mecanizado, ocorrendo uma sazonalidade de maior produção nos meses secos.

Projetos de pesquisas minerais em andamento no Estado de Goiás, município de Ouvidor, tiveram relevantes investimentos, visando um maior detalhamento da jazida.

A empresa detentora dos direitos minerários, a Brasil Minérios Ltda., sediada no município de São Luiz dos Montes Belos, é a maior produtora de vermiculita da América do Sul e uma das maiores do mundo, com pretensão de aumento da produção para 100 mil toneladas/ano até o ano de 2020.

Municípios produtores

São Luís dos Montes Belos - GO

Aplicação atual e novas aplicações

A aplicação da vermiculita está intimamente ligada às suas propriedades físicas, decorrentes de sua estrutura cristalina. Quando expandido, o produto resultante apresenta baixa densidade e alta capacidade de isolamento térmico, acústico e elétrico. Não se decompõe ou deteriora, sendo inodoro, não prejudicial à saúde e também lubrificante, bem como

pode absorver normalmente até cinco vezes seu peso em água. Essas propriedades lhe dão uma extraordinária condição de uso nos campos da construção civil, agricultura, indústrias químicas, equipamentos, materiais especiais e outros.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral.

Classificação das empresas produtoras (grande, média ou pequena)

Brasil Minérios Ltda. é a maior produtora, considerada média

ZIRCÔNIO

Produção Brasileira (concentrado)

2015 = 22.647 concentrado.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Exportação e Importação (concentrado)

Exportação 2015 = 1.601 toneladas – US\$ 2,3 milhões

Importação 2015 = 17.061 toneladas – US\$ 19 milhões

Fonte: Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Consumo Aparente

2015 = 38.107 toneladas.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Recursos e Reservas no Brasil. Participação brasileira no ranking mundial

As ocorrências e/ou depósitos de minério de zircônio no Brasil estão associados aos minerais pesados de titânio, como a ilmenita (FeTiO_3) e o rutilo (TiO_2) e de estanho (cassiterita, SnO_2). Os depósitos primários estão relacionados a depósitos de segregação magmática; relacionados a rochas intrusivas alcalinas e associados a metamorfismo de contato. Os secundários são do tipo *placer* e associados a cordões litorâneos, depósitos marinhos, depósitos de aluviões e paleoaluviões. Tais reservas encontram-se distribuídas nos seguintes estados: Amazonas, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraíba, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e, de forma menos expressiva, nos estados de Tocantins e Bahia.

Em 2015, as reservas globais computadas foram de 78 milhões de toneladas (Mt) de ZrO_2 contido. As principais reservas de zircônio encontram-se na Austrália (65,4%) e África do Sul (18,0%), seguidos de Índia (4,4%) e Brasil (3,1%), com 2,4 milhões de toneladas.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral

Parque produtivo

No Brasil, a produção de minérios de zircônio em 2015 foi de 22.6 mil toneladas, produzidos principalmente na Paraíba e no Rio de Janeiro. As principais empresas produtoras foram: Cristal Mineração do Brasil Ltda. no município de Mataraca - PB e Indústrias Nucleares do Brasil S. A.

Os dados das reservas lavráveis mostram que os teores de ZrO_2 e ZrSiO_4 variam de 0,37% a 67%

Municípios produtores

Mataraca - PB

Aplicação atual e novas aplicações

A maior parte do consumo de concentrado de zircônio no mundo está voltada para os setores de cerâmicas de revestimento e piso, metalurgia e fundição. No Brasil, do zircônio produzido, 99% é utilizado na fabricação de produtos cerâmicos, pisos e revestimentos.

Fonte: DNPM/Sumário Mineral.

Classificação das empresas produtoras (grande, media ou pequena)

Cristal Mineração do Brasil Ltda, considerada empresa grande como produtora de titânio e pequena produtora de zirconita no