

## REABILITAÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS MINERADAS

O produto mineral doméstico é responsável pela geração de cerca de US\$ 7,5 bilhões no Brasil. No entanto, muitas vezes, as atividades de mineração estão mais associadas a um cenário desolador, que inclui buracos gigantes e corpos d'águas adjacentes poluídos, do que a seus benefícios econômicos.

Para mudar esse panorama, o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e o Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET), centro de pesquisas do governo federal canadense, firmaram convênio que visa contribuir para o aprimoramento das técnicas adotadas no Brasil para reabilitação ambiental de áreas que já foram mineradas.

O trabalho inclui o diagnóstico ambiental de áreas que sofreram impactos da indústria de mineração, o estudo de questões associadas à estabilidade física e química de resíduos dessa indústria, o controle das drenagens ácidas geradas por minas, a descontaminação de águas superficiais e subterrâneas, a revegetação de áreas mineradas e a implantação de procedimentos para certificação de desempenho ambiental, segundo normas da série ISO 14000.

“O projeto permitirá a formulação de propostas para a reabilitação de áreas impactadas pela mineração no Brasil, recuperando-as para novos usos econômicos ou para o lazer”,

afirma Paulo Sérgio Soares, pesquisador do CETEM e diretor técnico brasileiro do projeto. Para ele, “o CETEM, por meio dessa iniciativa em parceria com a indústria minero-metalúrgica brasileira em sua busca pela sustentabilidade ambiental, contribui, assim, para a melhoria da qualidade de vida no país”.

No que diz respeito à questão operacional, especialistas do CETEM e do CANMET reúnem-se periodicamente com representantes das empresas envolvidas no projeto. Nessas reuniões, são diagnosticadas demandas ambientais específicas dessas empresas, discutidas possíveis soluções a serem adotadas e promovidos palestras e programas de treinamento.

Segundo Soares, um dos maiores desafios para a reabilitação ambiental de áreas mineradas é a incorporação, à prática das empresas, de técnicas que permitam a reabilitação progressiva dessas áreas. Em outras palavras, que possibilitem que sua exploração econômica ocorra simultaneamente com a

recuperação ambiental. “É necessário ter em mente que os investimentos feitos no meio ambiente fazem parte do próprio futuro do negócio da mineração”, afirma Soares. No Canadá, em alguns casos, a legislação prevê que a companhia mineradora seja responsável pela qualidade ambiental em torno da área minerada, mesmo depois que suas atividades se encerram no local.

Atualmente, participam do projeto: a Cia. Riograndense de Mineração, no município de Candiota (RS), e a Cia. Paraibuna de Metais, em Juiz de Fora (MG). Em breve, pretende-se ampliar o leque de empresas envolvidas. Participam, ainda, agências ambientais estaduais. “O objetivo principal de nosso projeto é multiplicar a consciência ambiental no setor mineral e isso só é possível se envolvermos três parceiros: a instituição que está disponibilizando a tecnologia – no caso, o CETEM –, a entidade que está absorvendo a tecnologia – a empresa – e os órgãos que fiscalizam e licenciam

essas empresas – as agências ambientais”, sintetiza Soares. O projeto iniciou-se em setembro de 1998 e será desenvolvido ao longo de três anos. Conta com financiamento parcial da Canadian International Development Agency e intervenção da Agência Brasileira de Cooperação do Ministério das Relações Exteriores. Informações: página 3 deste informe e [www.cetem.gov.br/canmet](http://www.cetem.gov.br/canmet)



## EDITORIAL

Estamos iniciando o ano 2000 trabalhando na definição de nossa Programação Trienal de Pesquisas para o período 2000-2002. Em outubro do ano passado, foram consultados diversos órgãos públicos federais e estaduais, associações empresariais e científicas, e cerca de 100 empresas do setor minero-metalúrgico.

Com os subsídios recebidos e com as propostas dos pesquisadores do Centro, estamos finalizando uma primeira versão da Programação, para submetê-la ao crivo do Conselho Técnico-Científico do CETEM. Haverá, ainda, um projeto especial de modernização e melhoria das práticas de gestão do Centro. São esses os nossos desafios iniciais, neste ano histórico para o Brasil. É, também, um ano de mudanças para o CETEM. Vinculado, inicialmente, aos CPRM-DNPM, no âmbito do MME, no período 1978-1988, a partir de 1989, o CETEM passou a ser um dos institutos do CNPq. Neste trimestre, como os demais institutos, passa a vincular-se diretamente ao MCT, subordinado à Secretaria de Coordenação das Unidades de Pesquisa.

**Fernando Freitas Lins, diretor do CETEM**

### EXPEDIENTE

ESTE É UM INFORMATIVO TRIMESTRAL DO CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM), CENTRO DE PESQUISAS VINCULADO AO CNPq/MCT. **DIRETOR** FERNANDO FREITAS LINS **DIRETOR ADJUNTO** JULIANO PERES BARBOSA **DEPTO. DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS** ADÃO BENVINDO DA LUZ **DEPTO. DE METALURGIA EXTRATIVA** RONALDO SANTOS **DEPTO. DE QUÍMICA INSTRUMENTAL** MARIA ALICE DE GOES **DEPTO. DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO** CARLOS CESAR PEITER **DEPTO. DE ADMINISTRAÇÃO** COSME REGLY **EDITORA E JORNALISTA RESPONSÁVEL** LUISA MASSARANI **PROJETO GRÁFICO** PATRÍCIA SALLES **REVISÃO** GISELE SAMPAIO **EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA** VERA LESS **ILUSTRAÇÃO** VICTORVANI SOARES **COLABORARAM NESTA EDIÇÃO** JACKSON DE FIGUEIREDO NETO E ROBERTO B. E. TRINDADE **ENDEREÇO** UFRJ, RUA 4, QUADRA D, ILHA DO FUNDÃO, CEP 21941-590. **TELEFONE** (021) 560-7222 **TELEFAX** (021) 290-9196 E 590-3047 **E-MAIL** cetem.info@cetem.gov.br **HOME-PAGE** <http://www.cetem.gov.br/>

## SUSTENTABILIDADE DO COBRE

Os desafios tecnológicos impostos pelos princípios do desenvolvimento sustentável à indústria extrativa mineral foram a base dos debates ocorridos nas Jornadas CYTED-XIII, realizadas com o IMAAC COPPER FORUM, na cidade do Porto, Neves Corvo (Portugal), Aznalcollar e Rio Tinto (Espanha), de 23/10 a 3/11 de 1999. Tendo como estudo de caso a sustentabilidade do cobre, o encontro reuniu acadêmicos, profissionais e empresários que puderam observar trabalhos realizados em minas e em lavrarias. A escolha do cobre se deu por conta das discussões do G-7, lideradas em grande parte pela Alemanha, que visam coibir o uso de tubulações do metal naquele país.

No encontro, foram abordados: conceitos gerais do desenvolvimento sustentável, seus reflexos nas indústrias extrativas minerais, os desafios tecnológicos impostos a essas indústrias, novos mecanismos de ordem econômica que visam a uma equidistribuição de responsabilidades, instrumentos legais alavancadores ou refreadores de compromissos comunitários, os papéis crescentes das comunidades locais e regionais nas definições de escopo e abrangência dos investimentos minerais, as forças inibidoras ou promotoras do comércio de bens minerais e *commodities* em geral, problemas e soluções encontrados na mineração em áreas ambientalmente sensíveis, problemas e soluções para drenagens ácidas oriundas de descartes de mineração e necessidade de protocolos de descomissionamento mineiro.

“A decisão de realizar as Jornadas CYTED com o Fórum muito contribuiu para

que houvesse amplitude de interesses e discussões sobre a temática, bem como possibilitou a abertura de uma senda pragmática de exposição de problemas que alguns dos participantes estavam envolvidos, buscando soluções e/ou orientações”, avalia Roberto Villas-Bôas, pesquisador titular do CETEM.

Para a viabilização do encontro, houve conjugação de esforços entre o Programa Ciência y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) e a United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), por meio do International Materials Assessment and Application Centre (IMAAC), sediada no CETEM. A Coordenação Nacional do CYTED em Portugal e o Ministério da Ciência e Tecnologia de Portugal financiaram as atividades.

A promoção ficou a cargo do Subprograma CYTED-XIII e Conselho do IMAAC (Villas-Bôas é o coordenador internacional do CYTED-XIII e *chairman* do IMAAC), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Manuel Fonseca Almeida, coordenador em Portugal), da Escuela Superior de Minas de Madrid (Benjamin Calvo, coordenador na Espanha, assessorado por J. Antonio Botin, da mesma instituição).

O evento contou, ainda, com a promoção do Comité Panamericano de Minería, Metalurgia y Materiales (COPAM), também por meio de Villas-Bôas, presidente da entidade, e da Organización Latinoamericana de Minería (OLAMI), via Gildo Sá Cavalcanti de Albuquerque, vice-presidente da OLAMI e pesquisador do CETEM.

## TEMPOS MAIS QUE MODERNOS

A indústria automobilística em breve poderá deixar de ser um cenário para uma hipotética versão nova de *Tempos Modernos*, filme de Charles Chaplin que ilustrou a forma de produção em série, com tarefas repetitivas, concebida por Henry Ford no início do século 20. Isto porque o processo de construção de um carro está cada vez mais complexo e multidisciplinar, requisitando que especialistas trabalhem em conjunto na construção de cada exemplar. “De uma certa maneira, estamos voltando à forma de produção em grupo pré-Ford, na qual a montagem pode ser também um processo criativo”, avalia Heloisa de Medina, pesquisadora do CETEM.

Segundo Medina, a indústria automobilística brasileira já foi a mais completa

entre os países de industrialização recente, com grande rede de fornecedores de autopeças. Esta, no entanto, se desfez, porque se desatualizou tecnologicamente, tanto pelo avanço da eletrônica, como pelas exigências de alta qualidade e menor impacto ambiental. “Assim, com a aceleração do processo de inovação e a demanda crescente por novos materiais automotivos, a única saída para o parque industrial automotivo do país se manter competitivo é associar-se a universidades e centros de pesquisa, para buscar desenvolver tecnologias, processos e materiais novos adequados aos projetos de automóveis que aqui chegam necessitando de adaptações a condições nacionais”, diz.

## BRASIL E CANADÁ UNEM ESFORÇOS

No que diz respeito às atividades de mineração, Brasil e Canadá têm muito em comum: ambos possuem recursos naturais amplos e uma tradição histórica longa na área. Além disto, dois órgãos governamentais com os mesmos fins – o CETEM e o Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET) – mantêm atividades conjuntas já há quase duas décadas. Como parte desse intercâmbio, Errol van Huyssteen, diretor técnico canadense do projeto para reabilitação de áreas mineradas (veja pág. 1), esteve em novembro no Brasil, ocasião em que concedeu esta entrevista à jornalista Luisa Massarani e a Ricardo Melamed (CETEM).

### ***A atividade mineradora pode gerar impactos no meio ambiente. Como é possível reduzir tais impactos?***

Podemos separar os problemas de uma mina em dois grupos: os químicos e os físicos. Os impactos químicos, em geral, estão relacionados com a própria natureza dos minérios com os quais estamos trabalhando e dos reagentes usados para processá-los. Para minimizar tais impactos, nós observamos o que é produzido no processo, quais são as substâncias químicas usadas etc. Uma possibilidade é modificar o processo de maneira a envolver substâncias químicas menos agressivas ao meio ambiente. Por exemplo, em vez do óxido de manganês, agente oxidante forte usado para tratar um determinado minério, podemos utilizar a oxidação sob pressão. A atividade mineradora pode também estar relacionada a problemas físicos. Antigamente, no Canadá, costumava-se fazer mineração subterrânea próximo à superfície, o que muitas vezes levou ao colapso da estrutura física. Atualmente, tentamos identificar quais são as áreas instáveis e inseguras para as pessoas que trabalham nas minas.

### ***E os rejeitos que são gerados pela mineração?***

Um dos grandes problemas da mineração relaciona-se com os minérios que contêm sulfetos. Os rejeitos decorrentes dessa atividade também contêm sulfetos e estes podem se oxidar e ser dissolvidos gerando efluentes extremamente ácidos. Muitas vezes, o mesmo ocorre nas paredes das minas,

que também contêm sulfeto. Esse fenômeno, chamado drenagem ácida, é muito prejudicial para o meio ambiente, afetando, por exemplo, os animais que vivem próximo à mina. O problema pode persistir durante anos. É preciso, portanto, desenvolver estratégias para controlar a produção de acidez, bem como para eliminar esses rejeitos ácidos de uma maneira adequada. Investigamos a área minerada, para localizar e isolar as vias de contaminação existentes. Essa contaminação pode ser por infiltração, chegando à água subterrânea, ou por água superficial.

### ***Quais são as principais diferenças entre o Brasil e o Canadá no que diz respeito a problemas ambientais gerados pela mineração?***

Tanto o Brasil como o Canadá têm uma indústria de mineração muito forte e ambos têm potencial grande de recursos naturais, por exemplo, um grande número de minas de ouro. Isso é o que temos em comum. Os princípios de reabilitação permanecem os mesmos, mas temos características diferentes de clima. No Canadá, o clima é temperado, com frio e neve. No Brasil, há uma época de chuvas e outra mais seca. Para minimizar os impactos ambientais relacionados à atividade de mineração, precisamos levar em conta a bioflexibilidade, ou seja, é fundamental existir uma flexibilidade que considere as particularidades do local. Com relação às técnicas para redução das taxas de oxidação de rejeitos sulfetados,



por exemplo, no Canadá, usa-se frequentemente dispô-los sob águas em grandes lagos. No Brasil, dependendo do local, pode ser difícil usar essa estratégia.

### ***O que o Canadá e o Brasil ganham ao firmar um acordo conjunto?***

Basicamente, compartilhamos as informações. As duas partes se beneficiam, especialmente nesse caso de transferência de tecnologia, em que cada um tem sua história e podemos trocar experiências.

### ***Qual a recomendação que o senhor daria para se conseguir uma boa prática de mineração, do ponto de vista ambiental?***

A regulamentação associada ao diálogo é muito importante na indústria de mineração. Uma experiência que estamos tendo com muito sucesso é a de colocar sentados à mesma mesa operadores de minas, cientistas e pessoas que elaboram as regulamentações, para que discutam uns com os outros e entendam o processo como um todo. Isso é importante porque é muito fácil criar regulamentações inapropriadas ou impraticáveis. Esperamos que esse modelo possa ser adequado também para o Brasil. E o CETEM pode ter um papel importante nesse processo, fazendo a ponte para o diálogo entre os diferentes indivíduos e organizações e, ao mesmo tempo, transferindo tecnologia para o pessoal das minas e colocando os legisladores a par das necessidades da atividade.

## ECONOMIA NA EXTRAÇÃO

Nova técnica de tratamento de imagens digitais pode ser uma aliada para baratear a separação de minerais valiosos do restante do minério. A novidade é resultado de pesquisa realizada por Claudio Schneider, da Universidade de Utah (EUA), Reiner Neumann e Arnaldo Alcover Neto, ambos do CETEM.

No processamento de minérios, estes são inicialmente moídos. “Além de ser uma das etapas mais caras do processo, é necessário descobrir o quanto se deve triturar”, diz Neumann. “Se moer pouco, é insatisfatória a liberação do mineral

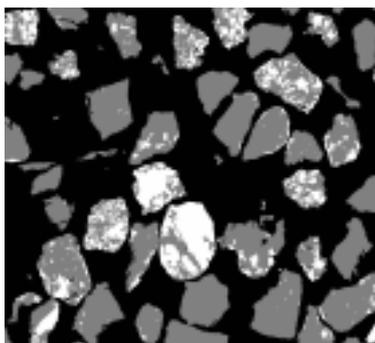


Imagem ternária de partículas de monazita (branca), ganga (cinza) e resina (preto).

valioso; se moer demais, geram-se partículas muito pequenas que não respondem bem aos processos”, afirma.

## RECICLAGEM MENOS TÓXICA

O chumbo, substância encontrada em baterias de carros, pode ser reciclado em novas unidades econômicas e não poluentes instaladas em cidades brasileiras que concentram grande número de automóveis. A idéia é defendida por pesquisadores do CETEM, que estão propondo o uso de rota alternativa para o reaproveitamento da substância.

Atualmente, no Brasil, pelo menos duas empresas reciclam o chumbo. Ambas ficam em São Paulo e usam a

rota pirometalúrgica, ou seja, realizada em temperaturas altas. “Embora seja um processo consagrado no setor, ele exige investimentos razoáveis e tem o inconveniente de gerar um resíduo tóxico, que não pode ser liberado no meio ambiente”, diz Roberto B. E. Trindade, pesquisador do CETEM.

Já na rota hidrometalúrgica – processada em soluções aquosas –, todo o material produzido é reaproveitado, evitando a geração de resíduos tóxicos. Além disso, os equipamentos são de

porte menor que os usados no processo tradicional e requerem investimentos menores. A nova técnica permite, ainda, que as unidades de reciclagem sejam montadas de forma modular, de maneira que cresçam conforme a demanda. A tecnologia está sendo testada no CETEM, para ser disponibilizada aos interessados.

“É importante que as pessoas se preocupem cada vez mais em reciclar”, destaca Trindade, lembrando que a reciclagem permite reduzir a

Na nova técnica, os pesquisadores transformam as medidas obtidas em imagens de microscópio eletrônico de varredura em medidas tridimensionais. A partir daí, analisam o espectro de liberação dos diferentes minerais conforme o tamanho da partícula, tendo subsídios para decidir o quanto o material deve ser moído.

A tecnologia permite, também, simular em computador o circuito completo do processamento mineral. “Com isso, pode-se propor mudanças e avaliar se elas são de fato adequadas”, diz Neumann.

quantidade de resíduo produzido. No que se refere à quantidade de energia gasta, Trindade cita um exemplo positivo: para produzir o alumínio reciclado, são necessários apenas 5% da energia requisitada para fabricar esse metal primário, ou seja, obtido diretamente dos minérios. “Algumas tecnologias de reciclagem em desenvolvimento ainda não são economicamente viáveis”, diz. “Mas não devemos pensar só nos resultados imediatos e, sim, nas possibilidades em longo prazo; é preciso considerar, também, os benefícios que essas tecnologias trazem para o meio ambiente”, conclui.

## CONEXÃO

Estas são as dicas de sites na Internet, livros e congressos, fornecidos por Roberto B. E. Trindade, pesquisador do CETEM:

- Departamento de Minas da Universidade de British Columbia: <http://mining.ubc.ca/cgi-bin/redirection/count.pl>
- Departamento de Ciência dos Materiais da PUC/Rio: <http://www.dcm.puc-rio.br>
- Instituto Geológico e Mineiro de Portugal: <http://www.igm.pt/>
- Programa Brasileiro de Reciclagem: <http://www.reciclagem.ibict.br>
- Sociedade Brasileira de Química: <http://www.s bq.org.br>
- Minerals Engineering 2000, conferência anual a ser realizada em 13-15/11/2000, em Cape Town, África do Sul. Informações: [www.min-eng.com/ct2000.htm](http://www.min-eng.com/ct2000.htm) <<http://www.min-eng.com/ct2000.htm>>
- *The recycling of non-ferrous metal*, Michael E. Henstock, ICME/International Council of Metals and the Environment, Ottawa, 1996, [info@icme.com](mailto:info@icme.com). O livro apresenta dados interessantes sobre um assunto que deverá estar cada vez mais na moda: reciclagem de materiais. Não esgota o assunto, mas é um bom ponto de partida.

## ACONTECEU NO CETEM

- ✓ V Workshop Brasil/Suécia e I Workshop Brasil/Suécia/Finlândia em tecnologia mineral, em 29/11/1999.
- Na ocasião, Eric Forssberg (Lulea University of Technology) e os demais membros da delegação sueca/finlandesa realizaram visitas técnicas em algumas minerações brasileiras acompanhados por pesquisador do CETEM.

NAVEGUE NA PÁGINA DO CETEM  
<http://www.cetem.gov.br/>