

www.inthemine.com.br

UMA PUBLICAÇÃO FACTO EDITORIAL

the inmine

Ano XIV | 2019 | Nº81 | R\$ 25,00 **GESTÃO DE PROCESSOS E TECNOLOGIA PARA MINERAÇÃO**



ESPECIAL REJEITOS

GERAÇÃO CONTROLADA COM DESTINAÇÃO SEGURA

Sistemas de gestão, tratamento e destinação de rejeitos da mineração em operações no Brasil

PERSONALIDADE

EVILMAR FONSECA, DIRETOR INDUSTRIAL DA MINERAÇÃO PARAGOMINAS, NO PARÁ

LEGISLAÇÃO

CONSIDERAÇÕES SOBRE A AUTORIZAÇÃO DA MINERAÇÃO NA FAIXA DE FRONTEIRA

BALANÇO

DADOS CONSOLIDADOS SOBRE O DESEMPENHO DO SETOR MINERAL BRASILEIRO EM 2018

TECNOLOGIA

APLICAÇÃO DE POLÍMEROS PARA O AUMENTO DA VIDA ÚTIL DE COMPONENTES



2020

**THE WORLD'S PREMIER
MINERAL EXPLORATION
& MINING CONVENTION**

March 1 - 4

Metro Toronto Convention Centre
Toronto, Canada



REGISTER AT pdac.ca/convention

Purchase an All Access Pass and enjoy unlimited programming, networking events & more!

EXPAND YOUR NETWORK

25,000+ attendees
from 132 countries

**GAIN INSIGHTS FROM
INDUSTRY EXPERTS**

780+ speakers

ACCESS TO CAPITAL

2,500+ investors

PROMOTE YOUR BUSINESS

1,100+ exhibitors



Teck



**2020
Diamond
Sponsor**

DESTAQUES DA EDIÇÃO**08****LEGISLAÇÃO
CRITÉRIOS**

Questões importantes sobre a mineração na faixa de fronteira

09**MERCADO
RESÍDUOS (PARTE II)**

Os desafios do reaproveitamento de rejeitos da mineração de ferro

12**SETORIAL
BALANÇO**

Dados sobre o desempenho do setor mineral em 2018

17**INOVAÇÃO
AEROLEVANTAMENTOS**

O potencial do uso de VANT's na modelagem de depósitos minerais

32**TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE MATERIAIS**

A aplicação de polímeros para ampliar a vida útil de componentes

27**PERSONALIDADE
ENTREVISTA**

Formado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ele saiu de uma empresa de autopeças para trabalhar em uma mina de ouro da Vale, no Pará. Descobriu sua vocação na vida e nunca mais deixou a mineração. Depois da Vale, BHP-Billiton e CSN (Cia. Siderúrgica Nacional), está há dois anos como diretor industrial da Mineração Paragominas, no município paraense homônimo, pertencente à norueguesa Hydro. Nesta entrevista exclusiva à In the Mine, Evilmir Fonseca fala do período em que a mineradora teve sua produção reduzida em 50% e da decisão de manter todo o seu quadro de funcionários, apesar das condições restritivas. Fala também da operação da mina, política de segurança no trabalho e programas e projetos na área de sustentabilidade, entre outros temas. E afirma ter ambição de deixar um legado: o de mostrar que é possível fazer uma mineração sustentável, segura e de excelência.

Foto Divulgação/Jaguar Mining

**19 | CAPA****BARRAGEM TURMALINA (MG), DA JAGUAR MINING**

A dependência de barragens para a disposição de rejeitos da mineração e resíduos industriais ainda é enorme na mineração brasileira. Mas não tanto quanto era há alguns anos. A busca por novas tecnologias de tratamento e redução do volume desses materiais vem se intensificando ultimamente. Há projetos de novas minas, inclusive, que já são concebidos sem a instalação de barragens. A adoção de tecnologias como a filtração, espessamento, lixiviação mecânica e ciclonação, entre outros, é crescente. Em paralelo, algumas empresas investem na pesquisa de alternativas de aproveitamento de rejeitos para a fabricação de agregados, argamassa, cimento e fertilizantes de solos.

EDITORIAS - DESTAQUE

05	MINEPROSPECÇÃO Sistema autônomo de suprimentos
06	MINEAGENDA Simpósio de Geologia do Nordeste
06	MINEBOOK Licença social para operar e seus desafios
06	MINEWEB O patrimônio da Ecton Mine Educacional Trust
07	MINEMARKET Reabertura da mina de níquel Santa Rita
34	MINEGALERIA Robô explorador de minas inundadas

SUMÁRIO

editora
FACTO www.editorafacto.com.br

REDAÇÃO

Comentários, dúvidas, sugestões, críticas e informações sobre o conteúdo editorial da **In The Mine** e mensagens para a seção MINE MAIL - leitor@inthemine.com.br.
Correspondência: Rua Pereira Stéfano, 114, cj 911/912 - São Paulo (SP) - 04144-070
 Tel.: (11) 3477-6768

ASSINATURA

Serviços de Vendas por Assinaturas
 Tel.: (11) 3477-6768
 assinaturas@inthemine.com.br

PUBLICIDADE

Para anunciar na **In The Mine**
 publicidade@inthemine.com.br
 Tels: (11) 3477-6768
 Taís Malta (gerente comercial)
 tais@inthemine.com.br

LICENCIAMENTO

Para licenciar o conteúdo editorial da **In The Mine** em qualquer mídia, ou fazer reprints das páginas da revista, o e-mail é: atendimento@inthemine.com.br.
 Nenhum material pode ser reproduzido de qualquer forma sem autorização por escrito.

www.inthemine.com.br

A revista In The Mine - Gestão de Processos e Tecnologia para Mineração, é uma

publicação bimestral da **Editoria Facto**, dirigida aos profissionais e empresas das áreas de Mineração, Meio Ambiente e Equipamentos.
Redação e Publicidade - Pereira Estéfano, 114 - cj 911/912, CEP 04144-070 - São Paulo (SP).
www.editorafacto.com.br

Editor e Jornalista responsável

Wilson Bigarelli (MTB 20.183)
editor@inthemine.com.br

Redação Tébis Oliveira (Editora de Sustentabilidade e Novos Projetos), Fernando Rezende e Marisa Santos
tebis@inthemine.com.br

Fotógrafos Betho Rocha (MG) e Gildo Mendes (SP)

Ilustradores Heder e Moacyr Vasquez

Direção de arte Ari Maia

Publicidade Taís Malta (gerente comercial)

Circulação 10 mil exemplares



A PALAVRA DO EDITOR

QUESTÕES DA MINERAÇÃO

O modelo que inspirou a criação do DNPM, hoje ANM - Agência Nacional de Mineração -, foi do Geological Survey Bureau of Mines, norte-americano, voltado a questões de tecnologia, saúde e segurança ocupacional, com funções de fomento e qualificação da mineração para torná-la competitiva. Agora como agência, a ANM deve seguir o modelo, também americano, de autonomia financeira e técnica, de órgão de estado e não de governo.

Na questão de Terras Indígenas, foi construído um hibridismo na Constituição Federal de 1988, tornando executiva uma casa que é legislativa. Diz o parágrafo 3º do artigo 231 que só o Congresso Nacional pode autorizar a pesquisa de riquezas minerais em terras indígenas. Só que não é o Congresso e sim o Executivo a instituição de autorização. Concordo com o Elmer Salomão, que foi diretor do DNPM: as empresas devem procurar áreas menos complexas para minerar. Ao contrário das Faixas de Fronteira, em que não há problemas, inclusive da parte dos militares. A velocidade em avançar nessa discussão dependerá da percepção de que uma oferta está inadequada e precisa ser aumentada.

Já a RENCA é uma unanimidade, mas não acontece. Porque o Ministério das Minas e Energia é 101% energia e menos 1% minas. No que tem toda razão. Um apagão derruba um governo, enquanto a mineração não derruba ninguém. É preciso perceber qual é o peso político específico do setor. A prioridade absoluta da mineração tem que ser o município, onde ela é fundamental.

Na pesquisa mineral, precisamos de uma regulamentação adequada que trate a descoberta de uma jazida como PD&I (Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação), com a União fornecendo estímulos fiscais e financeiros para que se revelem as riquezas minerais.

O maior desafio da mineração como um todo é o da integração, da mediação, da licença social para minerar. É preciso considerar os stakeholders e acreditar na maturidade das pessoas em decidir se querem ou não a mineração. Precisamos caminhar para abrigar, de fato, o mote ambientalista "pensar global e agir local".

José Mendo Mizael de Souza (in memoriam)

Obs.: Trechos extraídos de entrevista com Mendo, realizada pela editora Tébis de Oliveira, em março de 2010, que continuam atualíssimos ainda hoje

MINE MAIL

inmine (www.inthemine.com.br)

Posts mais clicados

- Desafios do reaproveitamento de rejeitos
- Analisadores XRF e scanners de sondagem
- O engenheiro que foi da mina à cátedra
- Alerta para barragens e áreas de risco
- FLSmith lança alimentador híbrido
- A leveza e a arte da engenharia
- LI da Vale Verde é prorrogada
- Seequent amplia portfólio de análise
- Lego lança miniatura de escavadeira de 800 t
- Triagem gera ganhos em mina de diamante
- Vale suspende disposição de rejeitos em Itabira

REDES SOCIAIS

-  facebook.com/inthemine
-  @intheminet
-  youtube.com/user/revistainthemine
-  linkedin.com/company/in-the-mine?trk=biz-companies-cym
-  plus.google.com/u/1/+revistainthemine/posts

Aos editores,

Acusamos o recebimento da edição da revista In the Mine, ao mesmo tempo em que, em nome do senhor Alexandre Vidigal de Oliveira, Secretário Nacional de Geologia, Mineração e Tecnologia Mineral do Ministério de Minas e Energia, agradecemos a valorosa contribuição para o Setor da Mineração do país.

Erlene Maria Lima,
Chefe de Gabinete da SGM/MME

Prezada Erlene,
 Nossos agradecimentos pelo retorno, desejando sempre que a SGM, junto ao MME e a ANM, possam incentivar o desenvolvimento sustentável da mineração brasileira, criar oportunidades aos investidores, apoiar a pesquisa mineral e a inovação tecnológica, bem como a atuação responsável das mineradoras. Minhas saudações
 Tébis Oliveira,
 Editora de Novos Projetos e Sustentabilidade

Leitor Envie dúvidas, críticas e sugestões para:
editor@inthemine.com.br

MINEPROSPECÇÃO

Foto IFRN/Divulgação



→ INOVAÇÃO MINERAL

Foi inaugurado em 2 de setembro passado, o Centro de Tecnologia Mineral José Yvan Pereira Leite, em Currais Novos (RN). Com 800 m², a unidade teve investimentos de cerca de R\$ 7 milhões para a instalação de dois laboratórios de pesquisa, uma área para preparação de amostras, seis salas incubadoras, cinco para grupos de pesquisa e uma para treinamento, além de uma miniplanta de processamento e análise mineral (foto), uma das seis hoje existentes no país. No local haverá também um Museu Virtual de Minérios, que reproduz o museu existente no Campus Natal-Central do IFRN (Instituto Federal do Rio Grande do Norte). O CT Mineral oferecerá serviços de administração, preparação e análise de amostras, testes físicos e serviços metalúrgicos, de tratamento mineral e caracterização de minerais e materiais. A implantação do órgão foi uma iniciativa do IFRN, das universidades federais UFRSA e UFRN e da UERN, estadual, e conta com parcerias com fundações como a Funcem, Fapem e Gorceix.

→ MODELO AMAZON

A SHYFTinc, empresa de engenharia de Sudbury, Ontário (EUA), está desenvolvendo o projeto ADMMIT - entrega automatizada de materiais de minas e tecnologia de inventário, na sigla em inglês. Trata-se de um sistema autônomo que rastreia, entrega e gerencia suprimentos para mineradoras em tempo real, da compra ao consumo, nos moldes do modelo de distribuição da Amazon. A solução é composta por um contêiner de armazenamento móvel (SmartCube), que detecta a colocação ou remoção dos materiais; PAC's, veículos autônomos que transportam os materiais em minas a céu aberto ou subterrâneas; e uma plataforma comum para armazenamento e atualização das informações de forma instantânea. A estimativa da empresa é de uma redução de custos entre US\$ 16 e 32 milhões/ano em grandes mineradoras.

→ MAPAS COM IA

A empresa canadense de prospecção mineral GoldSpot Discoveries desenvolveu um processo que combina ciência de dados, inteligência artificial e machine learning para o mapeamento de depósitos minerais. O método foi aplicado recentemente na mina de ouro El Penon, da Yamana Gold, no norte do Chile, para a criação de um mapa litológico preditivo. O estudo utilizou conjuntos de dados multidisciplinares, geológicos, geofísicos e geoquímicos para identificar áreas mineralizadas conhecidas na mina em testes cegos (foto), priorizando metas de perfuração. Os resultados obtidos baseiam-se em uma pontuação de prospectividade de 0 a 1. Com uma pontuação acima de 0,9, os algoritmos de machine learning conseguem identificar 86% de todos os depósitos minerais existentes na área de cobertura do mapeamento. Em uma mina em Quebec, no Canadá, por exemplo, para uma prospectividade de 0,99, os algoritmos geraram 1.047 km² de alvos.

Foto Goldspot/Divulgação

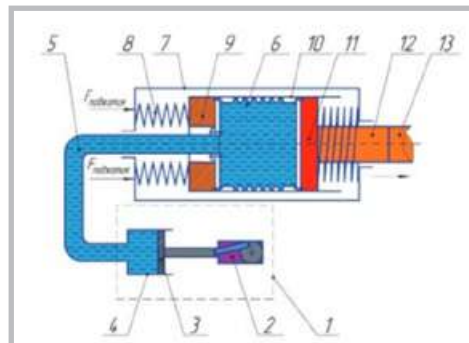
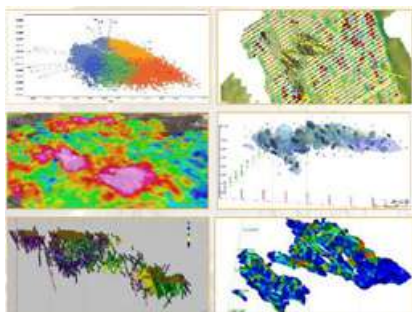


Foto Boletim da Politécnica de Tomsk

→ NOVO MECANISMO DE IMPACTO

Pesquisadores da Universidade Politécnica de Tomsk, na Rússia, criaram uma plataforma de perfuração em que o impacto da broca muda conforme a resistência da rocha. Hoje, segundo o estudo, a forma como os pulsos de potência das perfuratrizes são gerados e a curta duração de seu impacto reduzem a profundidade de penetração da broca, conforme a variação do grau de dureza da rocha, e acabam quebrando ou danificando a ferramenta. O modelo, baseado na teoria do impacto de onda, emprega juntas especiais com roscas nos tubos de perfuração e tem um mecanismo que garante a transmissão mais eficaz da potência de choque para a penetração da rocha. Além da maior eficiência, a tecnologia reduz custos operacionais e de manutenção, aumentando o intervalo entre as inspeções na coroa de brocas e diminuindo a frequência de sua substituição. O equipamento também dispensará o uso de um compressor ou estação de óleo, o que facilitará sua movimentação e transporte. A próxima etapa do grupo de pesquisa é criar um protótipo industrial. O novo mecanismo (foto) é composto de um gerador de impulsos de potência hidráulica sem martelo (1); acionador (2); êmbolo (3); cilindro hidráulico (4); elemento elástico (5); fole (6); invólucro (7); mola (8); massa inercial (9); cilindro de potência hidráulica (10); êmbolo de mola (11); eixo da broca (12) e coroa de perfuração (13).

MINEAGENDA

THE MINING SHOW | Feira

5 e 6 de novembro
Dubai - Emirados Árabes

MINING E MINERALS EXPO | Feira

5 a 7 de novembro
Kiev - Ucrânia

GEOBASE | Seminário Geotécnico

8 e 9 de novembro
Cruz das Almas - BA

GEOLOGIA DO NORDESTE | Simpósio

11 a 15 de novembro
Aracaju - Sergipe

GEONE | Simpósio de Geotecnia

13 de novembro
Recife - PE

XVI SEMINÁRIO NACIONAL

APLs de Base Mineral
18 a 20 de novembro
Santa Gertrudes - SP

ARGENTINA ORO & PLATA 2019

Seminário
26 e 27 de novembro
Buenos Aires - Argentina

MINEWEB APPS

**ECTON MINE**

O Ecton Mine Educational Trust foi formado com o objetivo principal de promover a educação em geologia aplicada, mineração e extração mineral para alunos de escolas e universidades na região de Ecton, área histórica onde fica uma das principais minas das Ilhas Britânicas, hoje um patrimônio do país. A extração de cobre e chumbo em Ecton Hill terminou em 1891 e estima-se que tenham sido lavradas mais de 100 mil t, principalmente de minério de cobre. O site traz a história do local e do Parque Nacional Peak, onde está a mina, programação de cursos, referências a estudos e projetos, informações sobre a manutenção da mina e restauração de edificações, além de uma galeria de fotos (www.ectonmine.org).

MINEBOOKS

LICENÇA SOCIAL PARA OPERAR

Lançado durante a Exposibram 2019, em Belo Horizonte (MG), o livro Licença Social para Operar e Avaliação de Impacto Social é objeto de uma ampla pesquisa envolvendo estudos de especialistas do Canadá e Austrália e visa apontar os desafios nas relações entre empresas de mineração e comunidades locais. A obra traz modelos e índices de gestão que integram as características específicas do contexto local e facilitam a interação com as comunidades envolvidas, resultando em uma LSO mais fortalecida. A autora Ana Lúcia Frezzatti Santiago é advogada, mestre e doutora em Economia, Empresa e

Sociedade pela Universidade de Alicante, Espanha, e pela FEI-SP. Possui 20 anos de experiência de campo na atuação em projetos corporativos e pesquisas científicas sobre interações corporativo-comunitárias e, atualmente, é diretora da ESA Socio-ambiental Consulting e integra o Grupo de Pesquisa sobre LSO no pós-doutorado da FEI. A partir de 2020, Ana Luiza assumirá a coordenação de projetos na América Latina na VOCONIQ, startup australiana que atua em 09 países com empresas e comunidades, para a construção de confiança e consolidação de relacionamentos. editoraetrato.com.br

MINEMARKET

Foto Grupo Volvo/Divulgação



Caminhão autônomo Volvo em mina de calcário na Noruega

→ CAMINHÕES EM ALTA

No terceiro trimestre de 2019, o Grupo Volvo registrou vendas líquidas de 98,7 bilhões de coroas suecas (SEK), equivalentes a cerca de US\$ 9,87 bilhões, um crescimento de 7% em relação ao mesmo trimestre de 2018. No segmento de caminhões pesados, o crescimento foi de 6% no período (SEK 64,4 milhões em vendas líquidas). No Brasil, a participação da Volvo nesse mercado aumentou 52% nos primeiros nove meses deste ano, em comparação ao mesmo período de 2018 (54.863 contra 36.155 unidades). Esse incremento das vendas no país foi maior que o da América do Norte (16%) e o do Japão e Europa (6% cada). Houve redução de 1% nas vendas para a China e de 32% na Índia. No segmento de equipamentos de construção, houve retração na entrada de pedidos de compra: 14.885 máquinas no 3T19 (-9% que no 3T18), entre equipamentos de médio e grande porte (11.349) e compactos (3.536). Nos primeiros nove meses do ano, foram 62.216 máquinas, 3% a menos que no 3T18. A fabricante também divulgou a criação da Volvo Autonomus Solutions, com foco no desenvolvimento, comercialização e expansão de modelos autônomos, e a marca de um milhão de unidades de clientes conectadas no mundo, entre caminhões, ônibus e equipamentos de construção entregues.

M I N E M A R K E T

Foto Largo Resources/Divulgação



Instalação do novo moinho de bolas na mina Maracás Menchen

→ RECORDE TRIMESTRAL

A Largo Resources também divulgou a produção do 3T19 da mina Maracás Menchen, da Vanádio de Maracás, na Bahia: 2,9 mil t de pentóxido de vanádio (V2O5), com taxa média global de recuperação de 78,1%. O resultado equivale a um aumento de 17% em relação ao trimestre anterior e de 15% em relação ao 3T18. No período foram extraídas 167,3 mil t de minério, contendo 1,52% de V2O5. A britagem foi alimentada com 329 mil t, com teores contidos de 1,15%, devido ao processamento de estoques de minério de grau inferior acumulados durante os primeiros anos de operação. A produção de concentrado foi da ordem de 92,6 mil t com grau de 3,26% de V2O5. O projeto de expansão da mina está em fase final de comissionamento, após a entrada em operação do novo moinho de bolas em setembro passado, o que deve elevar a produção de V2O5 para 1.000 t em outubro.



Foto Salviano Machado

→ RETOMADA I

Dois anos depois de ter a extração mineral suspensa por decisão judicial, a operação do complexo de ferroníquel Onça Puma, da Vale, no Pará, está sendo retomada. Outra decisão judicial paralisou a atividade de refino em junho passado. As medidas liminares foram suspensas no início de setembro por uma decisão do ministro José Antonio Dias Toffoli, presidente do Supremo Tribunal Federal (STF). A refinaria já está em ramp up, utilizando minério estocado. A mina aguarda a contratação e o treinamento de novos funcionários. A liminar de junho atendeu a uma ação impetrada pelo povo indígena Xikrin, que denunciou a contaminação do rio Caetité com rejeitos de níquel, afetando três aldeias da etnia. Em sua decisão, o presidente do STF determinou também a liberação de valores depositados em juízo, que estavam bloqueados em favor da Vale, aos índios Xikrin e Kaiapó.

→ DESISTÊNCIA

Pouco depois de anunciar a reabertura de Onça Puma, a Vale informou o desinvestimento de 20% na PT Vale Indonésia (PTVI), produtora de níquel, juntamente com a outra acionista, Sumitomo Metal Mining. As empresas detêm, respectivamente, 58,7 e 20,1% de participação na mineradora que, com o acordo firmado com o governo do país, passará a ser de cerca de 59%. As ações liberadas serão adquiridas pela Inalum, empresa estatal que supervisiona os investimentos públicos da Indonésia no setor de mineração. No 3T19, a PTVI produziu 19,8 mt de mate de níquel, a maior produção nesse período do ano desde 2017.



Foto Divulgação

→ RETOMADA II

Também foi reiniciada a operação da mina de níquel Santa Rita, em Itagibá (BA), paralisada desde maio de 2016, quando a Mirabela Nickel, de um grupo de investidores australianos, foi liquidada. Hoje, a mina pertence à Atlantic Nickel, empresa do grupo britânico de investimentos Appian Capital Advisory. A retomada do empreendimento foi oficialmente realizada com um desmonte de rochas em agosto passado. A operação foi terceirizada para o Consórcio Santa Rita, liderado pela R&D Mineração e Construção, em parceria com a EMPA Serviços de Engenharia, a SEMEP Logística e Construção, a Metal Ar Engenharia e a Master Perfurações e Desmontes. Durante três anos, o consórcio responderá pela execução dos serviços de perfuração, desmonte de rochas, escavação, carregamento e transporte de minério e estéril. A planta de beneficiamento de Santa Rita, composta por instalações de moagem, flotação e filtragem, além da britagem, possui capacidade para processar cerca de 6 Mtpa de minério, visando a produção de concentrado de níquel.



Por
*William Freire**

Mineração em Faixa de Fronteira

A mineração está, finalmente, sendo reconhecida e tratada pelo Governo Federal como segmento econômico importante e estratégico para o país.

Uma das questões relevantes que deve entrar em pauta é a mineração na Faixa de Fronteira.

A atenção com atividades estratégicas na Faixa de Fronteira ocorre em muitos países pelas mais diversas razões.

No Brasil, são cento e cinquenta quilômetros de largura, com mais de quinze mil quilômetros de extensão. Alcança onze unidades da Federação e quase seiscentos municípios, que abrigam cerca de dez milhões de habitantes. A título de comparação, no Peru são cinquenta quilômetros.

Há mais de 3.200 direitos minerários registrados na Faixa de Fronteira para as mais diversas substâncias. Sobre esse assunto, nesse curto espaço, há algumas considerações relevantes.

A primeira é que não há razão para tratar a Faixa de Fronteira no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul com os mesmos critérios da Faixa de Fronteira que faz divisa com a Venezuela ou com a Colômbia, por exemplo.

A segunda é observar situações em que a Faixa de Fronteira coincide com terras indígenas, o que demandará tratamento jurídico específico.

A terceira é a necessidade de se atentar que a competência do Conselho de Defesa Nacional não é igual à com-

petência do extinto Conselho de Segurança Nacional.

A Constituição de 1967 dispunha que competia ao Conselho de Segurança Nacional — CSN dar assentimento prévio para o estabelecimento ou exploração de indústrias que interessassem à segurança nacional. A mesma regra da Constituição de 67 foi repetida no Decreto-Lei 1.135, de 1970.

Em 1979, a Lei 6.634 dispôs que a mineração em Faixa de Fronteira dependia de assentimento prévio do CSN.

Pelo art. 91, § 1º, inciso III da atual Constituição da República, compete ao Conselho de Defesa Nacional propor os critérios e as condições de utilização de áreas indispensáveis à segurança do território nacional e opinar sobre seu efetivo uso, especialmente na faixa de fronteira e nas áreas relacionadas com a preservação e a exploração dos recursos naturais de qualquer tipo.

A Lei 8.183, de 1991, que dispõe sobre a organização e o funcionamento do CDN, naturalmente repetiu as competências que já constavam na Constituição.

Chegou o momento, portanto, de questionar se (i) o assentimento prévio do Conselho de Segurança Nacional ainda é obrigatório em razão da competência do CDN e se ainda é necessário; e (ii) se as atividades na Faixa de Fronteira devem merecer regulação idêntica para todo o espaço, sem considerar as peculiaridades das regiões que protege. ■

¹ WILLIAM FREIRE é advogado formado pela UFMG. Professor de Direito Minerário em diversos cursos de pós-graduação. Autor de vários livros sobre Direito Minerário e Direito Ambiental, entre eles o Código de Mineração Anotado, o Comentários ao Código de Mineração, o Direito Ambiental Brasileiro, Fundamentals of Mining Law e o Gestão de Crises e Negociações Ambientais. Publicou mais de cem artigos e proferiu dezenas de palestras sobre Direito Minerário, inclusive no exterior. É Árbitro da CAMARB, CAMINAS e Diretor do Departamento do Direito das Minas e Energia do Instituto dos Advogados de Minas Gerais. Fundador do IBDM — Instituto Brasileiro de Direito Minerário.



ANM

Por **Mathias Heider***

Desafios do Reaproveitamento dos Resíduos da Mineração de Ferro

Parte II

4. Outros fatores críticos por tipo/uso de produto

USO	ASPECTOS CRÍTICOS
Agregados para construção	Caracterização tecnológica, desempenho/segurança nas obras e impacto social na cadeia de agregados, barreiras regulamentadoras no uso final (residências, estradas, etc) pelos órgãos públicos
Pavimentação	Impactos no custo, caracterização tecnológica, testes de durabilidade e segurança da pavimentação, barreiras regulamentadoras no uso final
Blocos e peças de concreto	Durabilidade e segurança da peça de concreto, uniformidade do insumo (resíduo da fração grossa do rejeito), cor das peças de concreto, maior peso das peças
Argamassa	Qualidade assegurada e uniformidade do produto, caracterização tecnológica
Pigmentos	Avaliação do seu uso na indústria de tintas – conformidade e relação custo-benefício, custo
Areia industrial	Beneficiamento específico e restrições de aplicação, minerais contaminantes
Pozolana para estradas	Alimentação da usina no processo de transformação para pozolana: variação do insumo e seu impacto na qualidade final e das suas aplicações (cimento, rodovias, etc)
Pozolana para cimento	Consumo de cimento na cadeia da construção civil, qualidade uniforme da pozolana
Pellet feed de alta sílica	Necessidade de desenvolvimento de mercado, ajuste na logística e processo produtivo na usina
Pelota de alta sílica	Necessidade de desenvolvimento de mercado, ajuste na logística e ajuste no processo da usina de pelotização (qualidade granulométrica, química e física)
Pelotas para jardinagem	Mercado restrito e baixo volume
Vidros	Presença de óxidos de ferro e baixo volume
Polímeros	Baixa escala de utilização, custo e qualidade final do produto
Produtos químicos (sais férricos)	Tecnologia e adequação do processo de obtenção e seu custo final
Cerâmica	Dificuldade de definir níveis de percentual aceitável na argila de acordo com a sua composição e impacto no produto final e na cadeia de argila
Ladrilhos hidráulicos	Escala muito pequena de produção
Remineralizadores	Necessidade de pesquisa e caracterização dos resíduos
Areia/esferas propantes para fraturamento hidráulico na indústria de petróleo	As areias/esferas utilizadas como “propantes” na indústria de petróleo devem atender a especificações rigorosas, como: pureza, granulometria, esfericidade e arredondamento; resistência ao esmagamento, condutividade, etc; logística; ajuste do processo produtivo na pelotização. A vantagem é o valor agregado deste produto e seu mercado potencial.
Rochas artificiais	Padronagem de cor do resíduo para resinagem, aceitação de mercado, baixa escala

5. Casos bem sucedidos e tendências

Entre casos bem sucedidos de reaproveitamento de resíduos da mineração de ferro, citamos a Ferro +, Vallourec e a Minerita (que recicla cerca de 15% do seu rejeito na fração grossa produzindo pavers e blocos de concreto). No geral, as empresas mineradoras de ferro estão pesquisando o aumento da eficiência do processo produtivo, melhorando a recuperação do minério de ferro. As empresas avaliam o uso das cavas para colocar os rejeitos e a lavra sequencial.

Uma das principais tendências é o processo de beneficiamento e empilhamento a seco. Existem diversos fatores a serem considerados no empilhamento a seco como Parâmetros Geotécnicos (distribuição do tamanho dos grãos, densidade, teor de umidade, força de cisalhamento, compressibilidade, permeabilidade, etc), Clima, Altitude, Evaporação, Geometria e Altura das pilhas. O fator crítico é a disponibilidade de locais (e sua distância) para disposição a seco da fração mais grossa (fração silicosa) do minério de ferro e a estabilidade desse material (considerando ainda o impacto das chuvas e das infiltrações) e seu comportamento geotécnico. No caso da fração fina (lamas), a disponibilidade de áreas para barragens e a disposição do material que foi filtrado, de forma que ele não sofra o impacto das chuvas. Qual a distância de transporte e necessidade de área para o armazenamento deste material? Qual o Capex e Opex desta operação? Quais os riscos envolvidos? Qual a reação das comunidades? É uma grande questão e um desafio para o setor mineral, que abrem uma enorme janela de oportunidade para a PD&I/academia e fornecedores de produtos e serviços.

6. Matriz SWOT

Análise SWOT: Forças/Fraquezas/Ameaças/Oportunidades - Resíduos da Mineração de Ferro

Ameaças/difícultadores

- Alta incidência de impostos e tributos: falta de incentivos fiscais;
- Passivo ambiental elevado/imagem pública negativa do setor;
- Proximidade com áreas urbanas/conflitos com comunidades;
- Extrapolação da atuação de agentes públicos e privados;
- Descompasso das ações governamentais com a evo-

lução/necessidades do setor/falta de integração de políticas públicas;

- Distância do mercado consumidor;
- Custos de classificação, moagem e secagem e armazenamento conforme destino e uso dos resíduos;
- Limitações logísticas (custo, distância de transporte, impactos nas rodovias, etc) e gargalos logísticos;
- Complexidade em estabelecer um modelo de aproveitamento dos resíduos (quem vai utilizar, quem vai investir, quem vai financiar, quais as rotas tecnológicas, etc);
- Concorrência com outras cadeias produtivas (rochas ornamentais, bauxita/alumina, agregados, ardósias, quartzitos, cerâmica, siderurgia, etc) no reaproveitamento dos resíduos;
- Complexidade na metodologia de avaliação e certificação de estradas construídas com os resíduos da mineração de ferro (principal potencial de uso dos resíduos da mineração de ferro);
- Barreiras regulamentadoras e regulatórias.

Logística

- Impacto nas estradas (elevação do tráfego e dos acidentes).

Oportunidades

- Geração de emprego pelas mineradoras e em decorrência do reaproveitamento dos resíduos;
- Articulação e maior diálogo da mineração com os setores envolvidos (ao longo das cadeias produtivas);
- Redução de passivo ambiental;
- Desenvolvimento de novos polos produtores de agregados a partir dos resíduos do ferro;
- Perfil empreendedor de novas empresas de menor porte;
- Novas rotas tecnológicas de lavra e beneficiamento voltadas para reaproveitamento dos resíduos;
- Melhor conhecimento da geologia e suas potencialidades, possibilitando melhoria no reaproveitamento dos resíduos;
- Formação de RH no setor de mineração para atender às demandas dos resíduos da mineração (Geotecnia, beneficiamento, planejamento, projetos, academia, etc.);
- Crescente disseminação dos conceitos da Economia Circular;
- Monitoramento e controle mais eficaz de barragens e pilhas de estéril;
- Desenvolvimento de PD&I no setor;
- Formação de consórcios entre mineradores e parcerias;
- Maximização da recuperação da água.

Logística

- Gerenciamento e crescimento do setor de logística e de sua importância e integração aos diversos modais;
- Mudança dos modais de transportes (hidroviário, ferroviário etc.).

Forças (Pontos fortes)

- Divulgação ao público sobre características, benefícios e importância da reutilização dos estéreis da mineração;
- Crescente aceitação do governo da importância do reaproveitamento dos resíduos;
- Disponibilidade de matéria prima (resíduos) para diversos usos;
- Geração adicional de caixa para as empresas;
- Melhoria da segurança das barragens e das pilhas - redução do risco ambiental e de acidentes;
- Sustentabilidade e responsabilidade social do setor mineral;
- Parcerias entre empresas de mineração na gestão dos resíduos;
- Aumento da competitividade das empresas decorrente das inovações adotadas;
- Melhoria da recuperação do minério de ferro no beneficiamento.

Fraquezas (Pontos fracos)

- Necessidade de caracterização tecnológica em face da variação dos rejeitos e estéreis e do respectivo uso;
- Posturas reativas nas demandas das comunidades em relação aos resíduos e seus riscos associados perante situações críticas com barragens de rejeito;
- Variabilidade dos rejeitos e estéreis impactando nos processos produtivos e respectivas utilizações, dificultando a obtenção de uma amostra representativa;
- Segregação do rejeito decantado nas barragens para fins de controle de qualidade e uniformização da alimentação dos processos dos subprodutos, contribuindo para a elevação da dificuldade para obter uma amostragem representativa dos resíduos da mineração de ferro;
- Complexidade em estabelecer um modelo de reaproveitamento dos resíduos de ferro compatível com a alta escala de produção;

- Baixo grau de estruturação administrativa das empresas produtoras perante a gestão dos resíduos da mineração.

7. Considerações finais

Existem diversas ações que podem apoiar a viabilização do reaproveitamento dos resíduos da mineração de ferro. A realização de inventário dos resíduos, com a quantificação de todos os estoques nos âmbitos regional e nacional, e a formação de bolsas de resíduos de mineração nas Federações de Indústria (FIEMG, FIESP, etc) podem elevar a reutilização deste material. Além dessas, desenvolver pesquisa tecnológica (PD&I) para melhoria do processo produtivo do minério de ferro e nas frações grossa e fina de seus rejeitos. A integração das entidades de PD&I e dos estudos relativos ao reaproveitamento dos resíduos e a divulgação das boas práticas de gestão dos resíduos têm um grande potencial de agregar sinergias e redirecionar pesquisas.

Outra medida positiva é estimular estudos e metodologias para a avaliação técnico-econômica da viabilidade da recuperação de resíduos da mineração de ferro. Um estudo de viabilidade traria uma maior segurança para a realização de investimentos no reaproveitamento desse material. O planejamento de uso futuro de minérios marginais para reaproveitamento, com sua segregação (evitando a diluição com outros tipos de estéril), que já revelou algumas práticas exitosas no setor mineral (ita-biritos compactos), o reaproveitamento de subprodutos (rochagem, feldspato, etc), bem como a disposição de minérios com baixo teor em pilhas separadas (manganes), têm hoje um mercado inexistente há décadas atrás quando foram produzidos. Há, ainda, pilhas de minério de anatásio (MG e GO) aguardando uma rota tecnológica e financeira viável, que poderá reposicionar o Brasil como um player global na produção de titânio.

O desenvolvimento da gestão dos resíduos da mineração e de tecnologias para seu reaproveitamento é um caminho que exige uma postura cada vez mais colaborativa entre todos os agentes do setor mineral. E construir uma visão de futuro faz parte dessa proposta, visando a melhoria da sustentabilidade e competitividade da mineração. ■

Veja o artigo na íntegra e referências bibliográficas em www.inthemine.com.br

* Mathias Heider é engenheiro de minas da ANM

Por Redação ITM

INVENTÁRIO DA MINERAÇÃO EM 2018

Indicadores do setor no ano passado sobre produção, preços, arrecadação, balança comercial e mão de obra

Com base na consolidação das informações disponibilizadas pela ANM (Agência Nacional de Mineração) através dos Informes Minerários, além de apresentações de órgãos como o Instituto Brasileiro de Mineração, reunimos os principais indicadores da mineração brasileira para o ano de 2018.

Dessa publicação constam dados atualizados dos títulos emitidos para lavra garimpeira e regimes de extração mineral. Outros indicadores são o Índice de Produção Mineral, positivo em quantidade no segundo semestre e em preço nos dois períodos do ano; o Valor da Produção Mineral, superior ao de 2017 e as Arrecadações da CFEM (Contribuição Financeira sobre a Exploração de Recursos Minerários) e da Taxa Anual por Hectare (TAH), com comparativo entre 2018 e 2017, por principais substâncias minerais e estados com maior participação.

No indicador Balança Comercial, seguem os totais de exportações e importações de 2018, comparados a 2017, saldo do comércio exterior, valores e distribuição dos principais produtos exportados e importados, com seus respectivos destinos e origens.

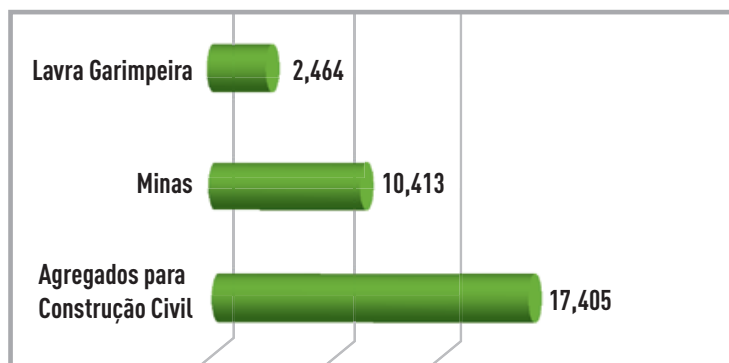
Em termos de Mão de Obra, há o estoque e saldo semestrais de trabalhadores dos setores de extração e beneficiamento mineral, assim como os principais estados que geraram saldos positivos e negativos de vagas.

TÍTULOS MINERÁRIOS

Entre 1975 e 2018, foram emitidos pela Agência Nacional de Mineração (ANM) 2.464 Permissões de Lavra Garimpeira (PLG), 10.413 Portarias de Lavra e 17.405 Licenciamentos para extração de substâncias de uso imediato na construção civil - areia, cascalho, saibro, argila e rochas britadas e aparelhadas (Figura 1).

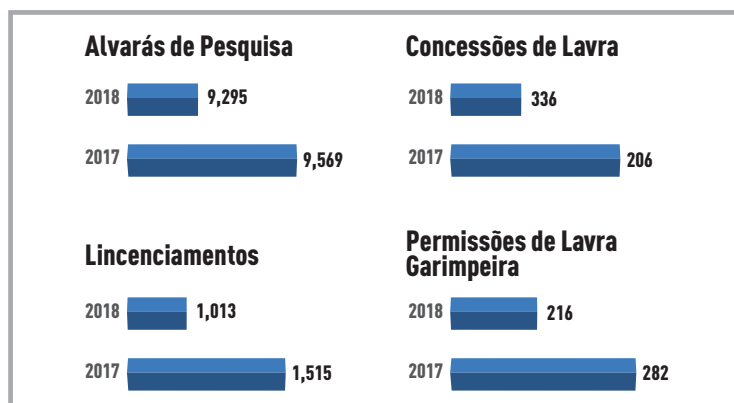
Figura 1: Total de Títulos Minerários Emitidos (1975-2018)

Fonte: ANM



Somente em 2018, foram emitidos 216 PLGs (66 a menos que em 2017), 336 Portarias de Lavra (130 a mais que em 2017) e 1.013 Licenciamentos (502 a menos que em 2017). Também decresceu a emissão de Alvarás de Pesquisa, de 9.569 em 2017 para 9.295 em 2018 (Figura 2).

Figura 2: Comparativo da Outorga Anual de Títulos Minerários (2017-2018) Fonte: ANM





Obtenha a solução ideal para os rejeitos de acordo com sua necessidade

As soluções para disposição de rejeitos estão sendo constantemente aprimoradas. E sabemos que cada planta tem suas características específicas, o que torna cada solução praticamente única. E é exatamente por isso que você precisa de um parceiro com experiência e com diferentes soluções provadas e aprovadas.

Há inúmeros benefícios para a parceria com um único fabricante, capaz de fornecer a solução completa para desaguamento, manuseio, homogeneização e disposição dos rejeitos. Inicialmente, você terá acesso a uma completa avaliação, que proporcionará a definição da solução ideal, com base nas necessidades e

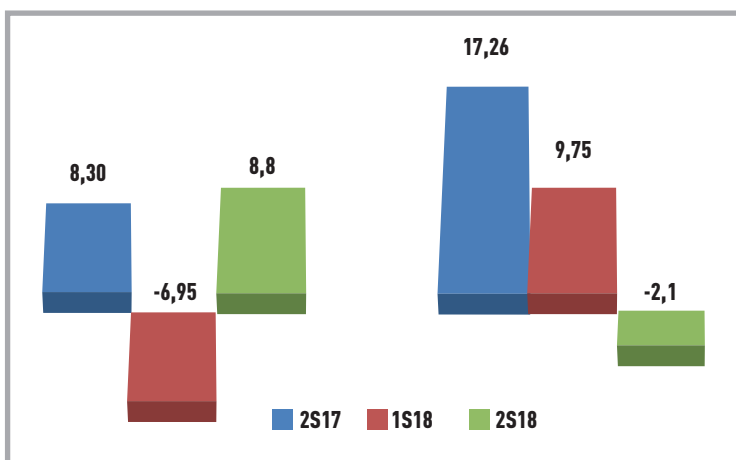
disponibilidades específicas de seu projeto. Nós fazemos análises comparativas de soluções, a fim de oferecer os melhores processos e tecnologias, capazes de aprimorar a segurança e minimizar riscos e impactos ambientais de sua operação.

[FLSmidth.com](https://www.flsmidth.com)

ÍNDICE DA PRODUÇÃO MINERAL

O IPM, que mede a variação da produção mineral beneficiada no país, excluídos os setores de petróleo e gás natural, em termos de volume e preços de mercado, registrou crescimento no segundo semestre de 2018 em relação ao semestre anterior. O aumento foi de 8,80% em quantidade e de 9,75% em preços. O volume produzido no período recupera a retração de 6,95% verificada no primeiro semestre do ano em comparação ao segundo semestre de 2017. No caso dos preços, o bom resultado acompanha o crescimento já verificado no primeiro semestre, de 17,26%, sobre o segundo semestre de 2017 (Figura 3).

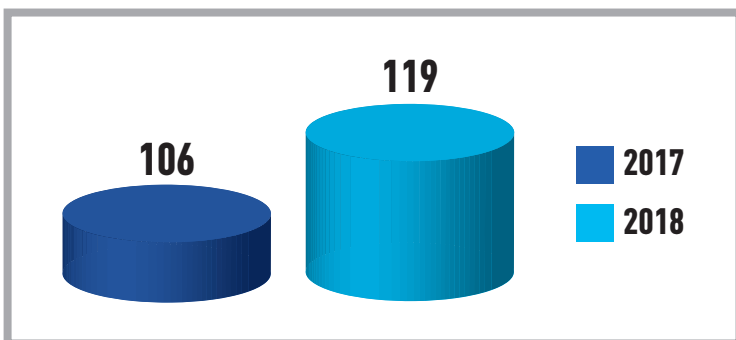
Figura 3: Evolução da Variação do IPM (%)



Obs.: Em termos de preço e quantidade, comparando um semestre ao anterior

Fonte: SRDM/ANM

Figura 4: Valor da Produção Mineral Brasileira Comercializada (R\$ B) 2017-2018



Obs.: Valor da produção vendida, consumida ou transferida para industrialização

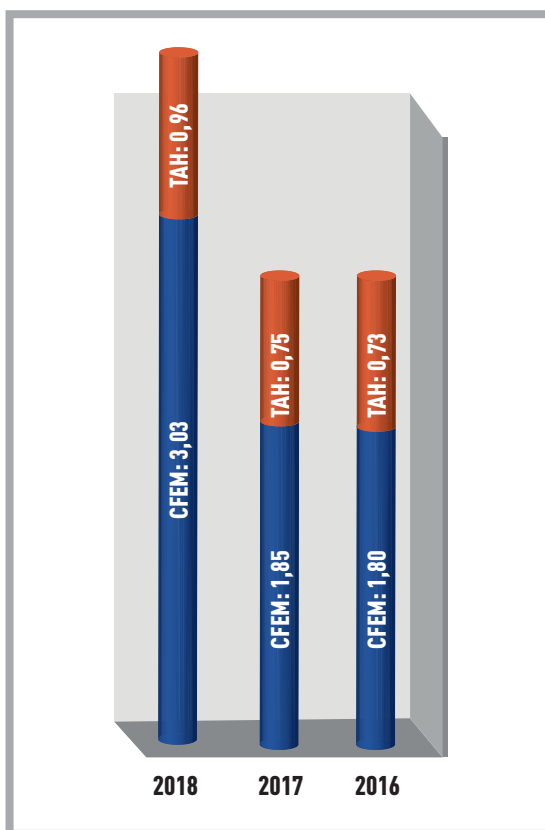
Fonte: SRDM/ANM

O Valor da Produção Mineral (VPM) no ano foi de R\$ 119 bilhões, um crescimento nominal (sem descontar a inflação do período) de cerca de 12,3% sobre o de 2017, próximo de R\$ 106 bilhões (Figura 4). As substâncias que mais contribuíram para esse aumento, em termos de produção, foram ferro, níquel, nióbio e ouro. Os maiores aumentos de preço ocorreram nas cotações de zinco, manganês, potássio, carvão, ouro e alumínio.

ARRECADAÇÃO

A CFEM (Contribuição Financeira pela Exploração de Recursos Minerais) recolheu perto de R\$ 3 bilhões, pouco menos que o dobro do que foi arrecado em 2017 e 2016 (R\$ 1,85 e R\$ 1,80 bilhão, respectivamente). Também a arrecadação da Taxa Anual por Hectare aumentou para R\$ 960 milhões, contra R\$ 750 milhões em 2017 e R\$ 730 milhões em 2018 (Figura 5).

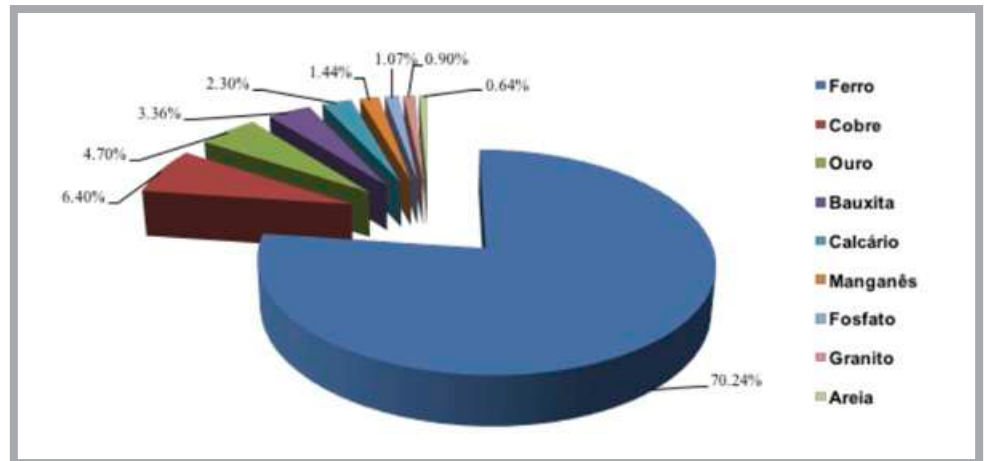
Figura 5: Evolução da Arrecadação da CFEM e TAH 2016-2018 (R\$ Bilhões)



Fonte: ANM

Figura 6: Participação das principais substâncias na arrecadação de CFEM (2018)

Fonte: ANM



No caso da CFEM, 70,24% do montante arrecadado veio do minério de ferro (Figura 6), seguido de longe pelo cobre (6,4%), ouro (4,7%), bauxita (3,36%), calcário (2,30%), manganês (1,44%), fosfato (1,07%), granito (0,9%) e areia (0,64%). Os estados que mais contribuíram para o recolhimento do tributo foram Minas Gerais, com 43,2%, e Pará, com 42,63%.

Já a arrecadação da TAH é mais equânime entre os principais estados: Pará (15,75%), Mato Grosso (14,34%), Bahia (14,22%), Minas Gerais (13,28%), Goiás/DF (8,23%) e Amazonas (5,84%).

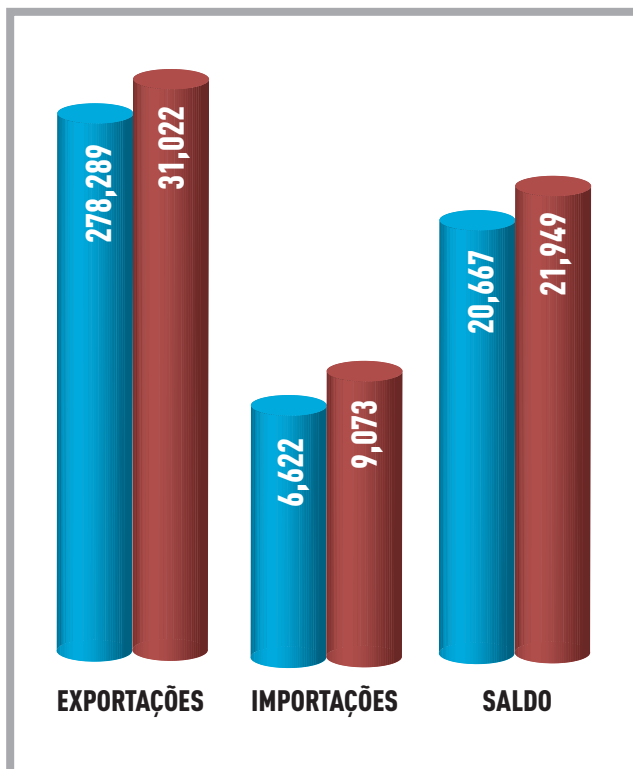


Figura 7: Comércio Exterior de Bens Minerais (US\$ M) 2017-2018

Fonte: SRDM(ANM)/MDIC

BALANÇA COMERCIAL

As exportações de bens minerais em 2018 totalizaram US\$ 31 bilhões. Como o valor das importações foi de US\$ 9,1 bilhões, o saldo da balança comercial do setor ficou em cerca de US\$ 22 bilhões. Comparado a 2017, houve um aumento das exportações de US\$ 3,7 bilhões e das importações de US\$ 2.451 bilhões, resultando em um saldo positivo de US\$ 1.282 bilhões (Figura 7).

O principal destino dos bens minerais brasileiros é a China (12,9%). Com participações bem distantes seguem-se os Estados Unidos, Japão, Países Baixos (Holanda), Malásia, Reino Unido, Índia, Coreia do Sul, Alemanha e Itália. Do total exportado, 8,45% é enviado a outros países. No caso das importações, os produtos são originários principalmente dos Estados Unidos, Canadá, Rússia, Austrália, Peru, Colômbia, Israel, Belarus, Chile, China e Alemanha. Pouco mais de 4% vêm de outros países.

O minério de ferro lidera o ranking de exportações, com participação de 65,2% no total. Na sequência estão o ouro (9,1%), cobre (8,5%) e ferronióbio (6,6%). Também integram esse rol as pedras naturais e revestimentos ornamentais, manganês, alumínio e caulim.

As maiores importações são de carvão (US\$ 3,4 bilhões), potássio (US\$ 3,1 bilhões), cobre

Tabela 1 - Principais Substâncias Exportadas e Importadas (US\$) 2018

Fonte: ANM

EXPORTAÇÕES		IMPORTAÇÕES	
SUBSTÂNCIA	VALOR	SUBSTÂNCIA	VALOR
Ferro	20.220.359.405	Carvão	3.382.935.234
Ouro	2.814.054.268	Potássio	3.135.242.882
Cobre	2.640.254.444	Cobre	712.706.514
FerrióniÓbio	2.030.988.961	Enxofre	351.426.370
Pedras Naturais(1)	736.616.098	Zinco	276.318.134
Manganês	406.787.419	Rocha Fosfática	140.375.057
Alumínio	269.280.619	Pedras Naturais(1)	23.341.866
Caulim	170.344.049	Ouro	5.315.673
Outros	1.732.902.389	Outros	1.044.925.479
Total	31.021.587.652	Total	9.072.587.209

(US\$ 713 milhões), enxofre (US\$ 351 milhões), zinco (US\$ 276 milhões) e rocha fosfática (US\$ 140 milhões). As exportações de outros bens minerais somam US\$ 1,7 bilhão, enquanto as importações são da ordem de US\$ 1,04 bilhão (Tabela 1).

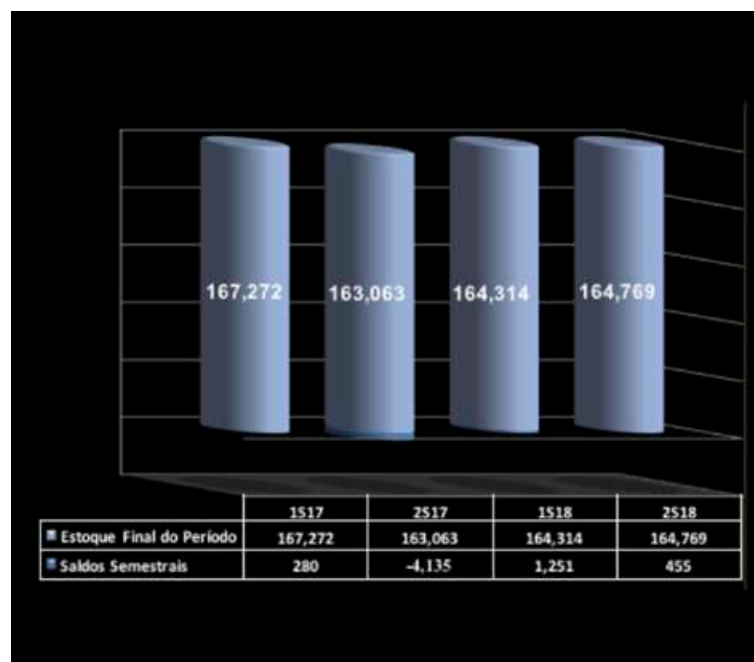
MÃO DE OBRA

Após o final do segundo semestre de 2018, o estoque final de mão de obra do setor de extração mineral era de 164.769 vagas. Embora um pouco maior que o registrado no semestre anterior, ainda é bem menor que o estoque de 172.588 postos verificado dois anos atrás (1S16), quando 4.166 vagas haviam sido perdidas. Nos dois semestres do ano os saldos são positivos: 1.251 postos no 1S18 e 455 no 2S18 (Figura 14).

Os estados que mais geraram vagas de trabalho no período foram Pará, Bahia, Minas Gerais, Ceará, Amazonas, Alagoas, Piauí e Santa Catarina. As maiores perdas se deram no Espírito Santo, São Paulo, Goiás, Amapá e Rio Grande do Sul.

(* Exceto Petróleo e Gás Natural. Inclui extração de carvão mineral, extração de minério de ferro, extração de minerais metálicos não ferrosos, extração de pedra/areia/argila (além de ardósia, granito, mármore, calcário e dolomita, gesso e caulim, cascalho, pedregulho, saibro, basalto, britamento de pedras e outros materiais para construção), extração de outros minerais não metálicos (para fabricação de adubos, fertilizantes e outros produtos químicos; extração e refino de sal marinho e sal-gema; extração de gemas e outros - grafita, quartzo, amianto, talco, turfa, etc. - e atividades de apoio à extração de minerais
Obs.: Os dados do 2S17 são preliminares
Fonte: CAGED (Ministério da Economia)

Figura 14: Saldo e estoque semestrais de mão de obra do setor de extração mineral (*) 2017/2018



Obs.: Valor da produção vendida, consumida ou transferida para industrialização

Fonte: SRDM/ANM



Por *Gláucia Cuchierato*

Foto Divulgação

SOB O GRANDE OLHO DIGITAL

Foto Rodolfo Pedroso Garcia/GeoSupply



Cada vez mais presente nas diversas etapas do ciclo de vida da indústria mineral, os aerolevantamentos realizados por veículos aéreos não tripulados (VANTs)¹ podem fornecer informações de forma precisa, rápida, em alta resolução e com maior segurança para as equipes de campo.

Na edição 77 desta revista foi apresentada pesquisa realizada pela Consultoria Accenture² sobre o vetor de crescimento das tecnologias digitais priorizadas na mineração e, dentre elas, destaca-se a utilização de VANTs, que são utilizados com a seguinte frequência de adoção por empresas no mundo:

Exemplos de modelos gerados após processamento de imagens

De forma geral, a operação dos VANTs consiste na realização de levantamento aerofotogramétrico com sobreposição das imagens para geração de modelos de ortomosaicos, modelos digitais de superfície e de terreno, curvas de níveis e nuvem de pontos em 3D.

Dentre os usos mais comuns de dados geológicos, geotécnicos e hidrológicos obtidos através dessa metodologia estão o mapeamento de estruturas e análise de estabilidade de taludes e frentes de lavra, cálculo de volume de pilhas (estéreis, estoques de produtos), controle e monitoramento ambiental, estudos de Dam Break (avaliação das bacias de contribuição e detalhamento das zonas de salvamento), avaliação de infraestrutura e logística, além de inspeções com diversas finalidades rotineiras e especiais. Os veículos, em geral equipados com sensores digitais configurados para fotogrametria, podem também embarcar sensores hiperespectrais e multiespectrais, além de coleta de dados geofísicos através de sensores magnéticos, gerando diversas camadas de informações.

As câmeras digitais embarcadas nos veículos captam imagens e vídeos em alta resolução e, pela multiplicidade de tomadas em curto espaço de tempo - com

Exploração mineral	Desenvolvimento de mina	Operação de lavra	Processamento mineral	Logística
32%	30%	41%	24%	19%



Uso de VANTs é ampliado para monitoramento de barragens

geoespacialização entre cada uma delas (com sistema de georreferenciamento de alta precisão – embarcado ou posicionado no solo) -, é possível, após a correção de distorções decorrentes de projeções e ortorretificação, obter densas nuvens de pontos. A resolução espacial e o nível de detalhamento dos resultados variam conforme a relação entre altitude de voo e distância focal. Após o processamento das imagens em softwares especializadas, os dados são transformados em modelos bi e tridimensionais – dentre os principais produtos resultantes estão ortomosaicos RGB, modelos digitais de superfície, modelos digitais de terreno e mapas planialtimétricos (curvas de nível).

Em um levantamento realizado em campo, para uma área de cerca de 90 hectares foram obtidas mais de 900 imagens. Com tempo para coleta de duração aproximada de 3 horas, com delimitação de pontos de controle e checagem em solo, o método produz nuvens de mais de 80 milhões de pontos e resolução GSD (Ground Sample Distance) menor que 5cm/pixel – excelente equação

comparativa entre a velocidade da aquisição de dados, a qualidade da informação obtida e o efetivo aumento de eficiência para estudos de grandes áreas na mineração.

SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Diante do cenário recente, com a grande demanda de aporte de conhecimento para a otimização da segurança de barragens de rejeitos, especialmente em áreas onde há restrições ao acesso de equipes técnicas, e expressa determinação corporativa para diminuição da exposição dos riscos associados, o uso de VANTs está expandindo sua contribuição, com alternativas interessantes.

“Com os resultados obtidos após processamento das imagens é possível aplicar diversos filtros para análise de terreno detalhada para destaque de feições de interesse presentes nas estruturas de disposição de rejeitos monitoradas”, comenta o Geólogo MSc Rodolfo Pedroso Garcia (IGcUSP), diretor da GeoSupply, especialista no uso desta tecnologia. Ele destaca ainda que os principais objetivos dessa análise são:

- avaliação da qualidade do maciço pela detecção de trincas, deformações e erosões;
- verificação da eficiência do sistema de drenagem, pela eventual presença de sedimentos e vegetação nas canaletas, erosão no contato entre a canaleta e o maciço, entupimento, entre outros pontos de atenção na inspeção;
- avaliação da qualidade do sistema de praiamento, para tratamento de pontos de acúmulo de água e feições erosivas;
- planejamento de atividades, entre outros.

Com o monitoramento geotécnico e hidrogeológico de estruturas, a aplicação dos diversos filtros e a evolução das feições de interesse ao longo do tempo é possível estabelecer o mapeamento em 4D e o acompanhamento seguro da evolução do ciclo de vida da barragem. ■

¹Nota: A ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) destaca em seu website que “o termo ‘drone’ é uma expressão genérica utilizada para descrever desde pequenos multirrotores rádio controlados comprados em lojas de brinquedo até Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) de aplicação militar, autônomos ou não. Por este motivo, o termo não é utilizado na regulação técnica da ANAC. São chamados aeromodelos os equipamentos de uso recreativo, enquanto os VANTs são aqueles empregados em finalidades não recreativas.” ²https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/pdf-51/accenture-digital-in-mining-progress-and-opportunity.pdf

Obs.: O artigo “Coleta e Análise Higtech”, publicado na edição 80, teve a contribuição do geólogo Emílio Evo Magro Correa Urbano, que defendeu a tese “Gênese do Jazigo de Ferro de Moncorvo e Avaliação do Uso de Equipamentos Portáteis de FRX e DRX para a Exploração desse Tipo de Jazigos”, na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (disponível em https://www.researchgate.net/profile/Emilio_Evo_Urbano).

Gláucia Cuchierato é Geóloga e Mestre em Recursos Minerais pelo IGc-USP, Doutoranda em Engenharia Mineral pelo PMI-EPUSP.

Diretora Executiva da GeoAnsata Projetos e Serviços em Geologia, atua em consultoria e treinamento em qualidade da informação de projetos de mineração.

GERAÇÃO CONTROLADA COM DESTINAÇÃO SEGURA

Barragens e seus sistemas de gestão e tendências para o tratamento, disposição e reaproveitamento de rejeitos e resíduos

A dependência de barragens para a disposição de rejeitos da mineração e resíduos industriais ainda é enorme na mineração brasileira. Mas não tanto quanto era há alguns anos. A busca por novas tecnologias de tratamento e redução do volume desses materiais vêm se intensificando nos últimos anos. Há projetos de novas minas, inclusive, que já são concebidos sem a instalação de barragens, como é o caso da mina Braúna, da Lipari, na Bahia.

A disposição a seco dos rejeitos e resíduos em pilhas tem sido a alternativa mais considerada e implementada por mineradoras, com o emprego de métodos diversos como a filtragem, adotada pela AngloGold Ashanti, CBA, Jaguar Mining e Lipari e a Nexa Resources. Na Imerys, o processo

utilizado é o de espessamento, em bacias de sedimentação e clarificação. A INB (Indústrias Nucleares do Brasil), por sua vez, avalia a implantação de um processo de lixiviação mecânica para maior recuperação metalúrgica de urânio, reduzindo o volume de rejeitos gerados em sua operação. A Apoena está implantando neste ano um sistema de ciclonação, que diminuirá em 30% a disposição de rejeitos sólidos na Barragem EPP, em Pontes e Lacerda (MT).

Outra proposta é o reaproveitamento dos rejeitos existentes e que ainda serão gerados. AngloGold, CBA, Imerys e Nexa avaliam, desenvolveram ou já testaram produtos para aplicação na construção civil (agregado e argamassa), como insumo na fabricação de cimento ou fertilização de solos, por exemplo.

DISPOSIÇÃO TOTAL A SECO



Barragem Cuiabá, em Sabará (MG)

A AngloGold Ashanti adotou recentemente o processo de disposição a seco de seus rejeitos em três de suas unidades: a de Cuiabá, em Sabará, onde a tecnologia já alcança 50% dos rejeitos, a de Córrego do Sítio, em Santa Bárbara (cerca de 40%) e na Planta do Queiroz, em Nova Lima (15%), todas em Minas Gerais.

A meta, segundo o gerente sênior de Geotecnia da mineradora, Márcio Fernando Mansur Gomes, é aplicar o método à totalidade das operações. Para isso, em 2018, a empre-

sa abriu um processo de licenciamento para implementar um novo processo de filtragem. Na mina Cuiabá, o primeiro filtro, com capacidade de processar 70 tph de rejeitos, começou a operar em outubro. Outros dois equipamentos serão comissionados até o final do ano. No final de outubro, um filtro similar passa a funcionar em Córrego do Sítio. Já em Serra Grande, o projeto de filtragem, que considera as características da composição do rejeito, está na fase de desenvolvimento de engenharia.

A empresa possui seis barragens em Minas Gerais e uma em Goiás. No estado mineiro, na Planta do Queiroz, estão Cocuruto, Rapaunha e Calcinados, de alçamento a jusante. A unidade Cuiabá possui a Barragem Cuiabá (a jusante). Outros dois reservatórios ficam na unidade Córrego do Sítio - CDS I (a



Márcio Gomes, gerente sênior de Geotecnia da AngloGold Ashanti

jusante) e CDS II (de linha de centro). Em Goiás, na cidade de Crixás, está Serra Grande, construída no método a montante. As barragens contam com piêzômetros, indicadores de nível de água e marcos de superfície e são monitoradas por uma equipe interna, que avalia as condições da estrutura, o nível de água e o funcionamento do sistema de drenagem. “A segurança das barragens é prioridade para a AngloGold Ashanti. Tanto que todas contam com fator de segurança

acima do valor estabelecido em norma e atendem às exigências dos órgãos regulamentadores e fiscalizadores nas esferas municipal, estadual e federal”, afirma Gomes.

Segundo o gerente, a AngloGold também estuda o reaproveitamento dos rejeitos. Um dos produtos, já utilizado com sucesso em obras civis internas da empresa, como na nova portaria do Centro Educacional de Educação Ambiental, em Nova Lima, é o agregado Flotabase.

CICLONAGEM



Barragem EPP, da Apoena, em Pontes e Lacerda (MT)

No Mato Grosso (MT), a produtora de ouro Apoena possui quatro barragens de rejeitos. Uma delas, EPP, fica na zona rural de Pontes e Lacerda, é de alteamento a jusante e tem capacidade para a disposição de 4,5 Mm³ de material. As outras três - Dique de Finos (420 mil m³), Casarão (54 mil m³) e Cabeceiras (66 mil m³) foram construídas em etapa única na zona rural de Vila Bela da Santíssima Trindade, estão ativas, mas não recebem rejeitos há dois anos.

O padrão de monitoramento é o mesmo para todas as estruturas. Segundo Vanessa Aparecida Apostólico, coordenadora de Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA) da mineradora, as barragens contam com um sistema de

vídeo que acompanha sua operação 24 horas por dia, inspeções diárias por uma equipe interna e semestrais por consultores externos especializados. A cada bimestre é realizada uma medição batimétrica para confirmar os volumes de sólido e água existentes e, trimestralmente, é feita a coleta de amostras de água de poços à jusante dos reservatórios para análise de parâmetros por laboratório externo certificado.

O sistema de instrumentação é composto por 21 piezômetros; 7 poços de índice de nível d'água; 27 marcos topográficos superficiais; 2 pluviômetros; 2 evaporímetros e 2 medidores de vazão de percolação.

A empresa desenvolveu um projeto para reduzir em 30% o aporte de rejeitos sólidos na barragem EPP, através de um processo de ciclonagem. “Realizamos testes em 2018 e iniciamos a implantação neste ano, com conclusão prevista para 2020”, diz a coordenadora de SSMA.



Vanessa Aparecida Apostólico, coordenadora de SSMA

FILTRAGEM E APROVEITAMENTO

Na Cia.Brasileira de Alumínio (CBA) foi gerado, em 2018, um volume de 1.607 toneladas de rejeitos de mineração e resíduos industriais. Nas unidades de mineração, os rejeitos da lavagem da bauxita são transportados por tubulações

específicas e lançados nas barragens de maneira uniforme, para garantir a estabilidade e segurança da estrutura. A água dessas barragens, depois de tratada, é reaproveitada em caminhões-pipa para umectação das vias internas das minas, visando o controle da poeira resultante do tráfego de caminhões e equipamentos.



Barragem da CBA, em Mirai (MG)

A CBA possui duas barragens de rejeitos de mineração, em Mirai e Itamarati de Minas (MG). Ambas foram construídas em etapa única e, atualmente, só a de Mirai recebe rejeitos. O sistema de monitoramento, que inclui as duas barragens de resíduos industriais, conta com mais de 100 instrumentos de verificação e com inspeções diárias, por uma equipe de operações, e quinzenais, por profissionais especializados.

Uma empresa independente, especialista em geotecnia, avalia mensalmente as condições de segurança dos reservatórios, realiza inspeções semestrais e ministra regularmente treinamento teórico e prático para empregados próprios e terceirizados que executam atividades no local. A empresa possui um Sistema de Gestão da Segurança de

Barragens (SIGBAR), adotado para garantir a manutenção, inspeção e integridade física dessas instalações, que possuem, ainda, um Plano de Segurança de Barragens (PSB) e um Plano de Atendimento a Emergência (PAE).

Segundo Leandro Campos de Faria, gerente de Sustentabilidade da CBA, nos últimos três anos, foram investidos cerca de R\$ 20 milhões em pesquisa e desenvolvimento de projetos relacionados à barragem do Palmital, em Alumínio (SP), que recebe cerca de 1,6 mtpd de resíduos não-perigosos do processo de conversão da bauxita em óxido de alumínio. Um dos principais projetos é o de filtros-prensa, para desaguamento dos resíduos, que vai estender a vida útil do reservatório ao alterar a forma de disposição do material, de wet disposal (com baixa concentração de sólidos) para dry disposal (75% de concentração de sólidos).

Com investimentos de R\$ 300 milhões e previsão de conclusão em 2022, o projeto será implementado em três etapas. A primeira consiste de um sistema de bombeamento, composto por um conjunto de tubulações que transporta a lama vermelha da refinaria para as estações de filtragem, onde ela será filtrada por tecnologias de prensagem para a recuperação de solução cáustica. "Os resíduos sólidos da filtragem são levados por correias para um pátio de acondicionamento temporário. Daí, com o uso de escavadeiras e caminhões, seguem para a Barragem do Palmital. A fração líquida retorna para reaproveitamento na refinaria, reduzindo a necessidade de insumos e de água nova", explica Faria.



No presente, a maior parte dos rejeitos de mineração são desaguados por sedimentação estática em bacias de rejeitos. O impacto ambiental nesses enormes reservatórios é dramático. Esse método de descarte também resulta em perdas de água de processo por evaporação, podendo ser ainda mais significativo em áreas onde a disponibilidade de água fresca não é facilmente acessível.

Rejeitos de mineração não precisam ser armazenados desta forma. Existe um crescente uso de técnicas de desaguamento de rejeitos minerais.

O uso de centrífugas **FLOTTWEG** possui uma série de vantagens sobre outras tecnologias.

Baseado em questões como impactos ambientais, espaço requerido para o tratamento e custos de investimento, segurança e robustez na operação, a separação mecânica de sólidos e líquidos por força centrífuga em equipamentos **FLOTTWEG** está se tornando cada vez mais relevante e presente na mineração moderna e processamento de minerais.



Leandro Campos de Faria, gerente de Sustentabilidade da CBA

Também na Barragem do Palmital, em 2017, foi implantado um projeto de Hi-Causticization, reduzindo em mais de

60%, até hoje, o volume de água superficial do reservatório, que retorna ao processo industrial.

Em outra frente, a CBA estuda a viabilidade comercial do uso dos resíduos sólidos da produção da alumina para fabricação de cimento. No projeto piloto, desenvolvido em parceria com a Votorantim Cimentos, o resíduo que é gerado após o processo de filtragem e depositado na barragem, será transformado em pozolana, um insumo para a produção de cimento, substituindo em até 20% o emprego de clínquer.

BACIAS DE SEDIMENTAÇÃO



Foto: Divulgação

Bacia 06, de sedimentação de rejeitos, em Barcarena (PA)

Em Barcarena (PA), a produtora de caulim Imerys não utiliza barragens e sim bacias para a disposição dos cerca de 206,7 mil m³ de rejeitos gerados por sua operação. Desse total, 68% são rejeitos iniciais da etapa de beneficiamento, cuja disposição é feita em uma bacia de sedimentação. O restante (66,1 mil m³) é enviado para a bacia de clarificação. Ao todo, a mineradora possui 11 bacias de rejeito, nove inativas e duas em operação. O método construtivo é o que difere esses reservatórios das barragens tradicionais. Em lugar de um barramento único, eles possuem quatro paredes, que garantem um maior controle técnico de sua estrutura e eliminam a contribuição de água das adjacências. Nenhuma das bacias teve alteamento. Seu monitoramento

é realizado por 137 instrumentos geotécnicos, entre piezômetros e indicadores de nível de água, além de 39 marcos de recalques.

O gerente de Operação da Planta e Bacias da Imerys, Gilberto Corrêa, diz que já foram implantados três projetos de recuperação na mineradora. O primeiro projeto consiste na captação de 10 kdmt/ano do material disposto na bacia de clarificação, que são transformados em matéria prima na retroalimentação do processo. O segundo projeto recupera em torno de 40 kdmt/ano das perdas não contabilizadas que impactam na bacia de sedimentação. O último consiste na recuperação, através do circuito do espessador, de 68,5 kdmt/ano dos rejeitos gerados nas etapas de separação magnética e dos efluentes oriundos da filtragem e do porto. Também segundo Corrêa, existem estudos para o reaproveitamento do material disposto na bacia de sedimentação para a fabricação de argamassa e metacaulinita, entre outros produtos.



Gilberto Corrêa, gerente de Operação da Planta e Bacias da Imerys

DESCOMISSONAMENTO

Foto: Divulgação



Barragem de Rejeitos, da UTM, em Caldas (MG)

A INB (Indústrias Nucleares do Brasil) possui duas unidades de mineração com operações de lavra e beneficiamento de minério de urânio em fases distintas. Na URA (Unidade de Concentrado de Urânio), localizada em Caetité (BA), a Mina Cachoeira, a céu aberto, foi paralisada em 2014 e, atualmente, está sendo desenvolvida a Mina do Engenho, com operação prevista para 2020. A UTM (Unidade de Tratamento de Minérios), em Caldas (MG), encerrou suas atividades em 1995 e está em fase de descomissionamento.

Na URA há 18,9 Mt de rejeitos, entre estéril, minério esgotado e polpa adensada do tratamento de efluentes. Na UTM, o volume é de 110,4 Mt, entre estéril, minério esgotado e fração sólida do tratamento de águas marginais. Juntas, as unidades somam 129,3 Mt de rejeitos estocados (Tabela 1).

Rogério Mendes Carvalho, diretor de Recursos Minerais da INB, explica que o estéril é disposto em encostas, em pilhas executadas por via seca, pelo método ascendente. O depósito desse material é projetado de modo a garantir sua estabilidade física, com rede de drenagem superficial e de fundo, o que permite o gerenciamento dos líquidos resultantes de precipitações pluviométricas que incidem em sua área de captação.

Os líquidos coletados nos drenos de fundo (que se infiltraram na pilha de estéril) são direcionados para uma Bacia de Sedimentação de Finos, impermeabilizada com manta de PEAD, para que possam ser monitorados. No caso de chuvas intensas, é prevista a liberação desses líquidos para o meio ambiente, caracterizando-os como efluentes. Mas essa situação só ocorre se as concentrações de radionuclídeos (U-nat, Ra-226 e Pb-210) apresentarem valor abaixo de certos níveis de referência estabelecidos junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

O chamado minério esgotado é o minério britado e lixiviado na Usina de Beneficiamento, resultando em um rejeito com baixo teor de urânio. Na URA, esse minério é disposto em pilhas no depósito de estéril, onde fica encapsulado entre a encosta do terreno e o estéril, estando sujeito ao mesmo tipo de controle deste. Na UTM, é depositado em uma barragem de rejeitos.

Os efluentes líquidos da Usina de Beneficiamento são tratados e lançados na forma de polpa, em ponds, diques do tipo anelar com drenos permeáveis em suas laterais e fundo, que permitem a coleta da fração líquida da polpa e sua posterior reciclagem ao processo produtivo. Dessa forma,

Tabela 1: Rejeitos de Mineração da INB

UNIDADE	MATERIAL	LOCAL DE ESTOCAGEM	VOLUME (Mt)
URA	Estéril	Depósito de Estéril e de Minério Lixiviado	16,7
	Minério Esgotado		2,0
	Polpa Adensada do Tratamento de Efluentes	Ponds (Bacias Impermeabilizadas)	0,2
	Total URA		
UTM	Estéril	Pilhas de Estéril BF-4 e BF-8	108,2
	Minério Esgotado	Barragem de Rejeitos	2,1
	Fração sólida do tratamento de águas marginais		0,1
	Total UTM		
Total Geral			129,3

apenas a fração sólida da polpa fica depositada nos ponds, no caso da URA. Na UTM, a fração sólida do tratamento de águas marginais, assim como o minério esgotado, é disposta na barragem de rejeitos.

Essa barragem foi construída no início da década de 1980, em uma área formada por rochas argilosas impermeáveis, que impedem percolações importantes de efluentes líquidos em direção às águas subterrâneas naturais, conta Carvalho. A estrutura é composta de um barramento com eixo curvo, com 380 m de raio e 435 m de comprimento, e concavidade voltada para jusante. Seu corpo é constituído por um maciço de enrocamento compactado, com 42 m de altura máxima e núcleo argiloso inclinado para montante.

A barragem conta com sistemas de filtros e transições entre o núcleo argiloso e os enrocamentos de montante e de jusante, ambos conectados a um tapete de drenagem horizontal que capta as águas percoladas pela barragem e pela fundação, conduzindo-as para jusante, onde elas são tratadas, juntamente com as águas superficiais, antes de serem restituídas ao curso d'água natural.

O reservatório não recebe rejeitos desde 1995, quando a operação da UTM foi encerrada, mas seu monitoramento continua sendo feito e prosseguirá após seu descomissionamento. Há 23 piezômetros pneumáticos de resposta rápida da poropressão gerada - 9 no núcleo argiloso, 2 no tapete drenante e 12 na fundação -, que foram instalados para controlar o comportamento da estrutura durante seu processo construtivo. Outros 20 piezômetros tipo Casa-grande, instalados no núcleo argiloso de montante, têm por objetivos monitorar a barragem durante sua fase operacional e após seu descomissionamento. Há ainda uma placa medidora de vazão para saída de água do tapete drenante;



Rogério Mendes de Carvalho, diretor de Recursos Minerais da INB

um datalogger para medir a vazão na saída do tapete drenante; 25 marcos topográficos; uma régua linimétrica e outro datalogger, para medição do nível de água da barragem. Carvalho diz que todos os depósitos de rejeitos da URA são considerados depósitos finais, sendo descomissionados ao longo da vida útil da unidade. O Depósito de Estéril e Minério Lixiviado é recoberto com argila e topsoil (solo) e depois revegetado com espécies nativas, mesmo processo que está sendo estudado para os ponds. Na UTM, a remediação da área está prevista no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), enviado pela INB ao Ibama. Do documento constam opções de destinação do estéril e descomissionamento da barragem sem prever o aproveitamento dos rejeitos, segundo o diretor.

Para reduzir o volume de rejeitos gerados na URA, está sendo avaliada a implantação de um processo de lixiviação dinâmica, que vai otimizar a recuperação metalúrgica do urânio. “Esse método irá substituir o atual processo de lixiviação em pilha (heap leaching). Assim, os teores residuais de urânio que permanecem nos rejeitos serão substancialmente reduzidos”, explica Carvalho.

PROCESSO PIONEIRO

A Mina Braúna, produtora de diamante da Lipari, gera 804 mtpa de rejeitos destinados à pilha de estéril, já que a mineradora não possui barragens. Esse método de disposição é resultado, segundo Jeã de Lima Silva, gerente geral de Mineração, do investimento em uma tecnologia de ponta para a geração de rejeitos com baixa umidade e elevada taxa de recuperação de água. Como o processamento do minério não utiliza nenhum tipo de produto químico, os rejeitos são



Jeã de Lima Silva, gerente geral de Mineração da Lipari



Sistema de recuperação de água na Mina Braúna

classificados como Não Perigosos, conforme a NBR 10004:2004. Além disso, a maximização da recuperação de água é vital para a operação, localizada na região do semiárido baiano.

“Toda a fração do rejeito fino (< 0,3 mm) é direcionada para um espessador, onde grande parte da água é recuperada pelo overflow. O underflow alimenta a centrífuga com 37% de sólidos e vazão em torno de 40 m³/h. A separação do sólido da água é realizada por uma centrífuga, o que maximiza a recuperação do insumo no processo produtivo”, explica o gerente. A tecnologia, pioneira na mineração brasileira, garante índices de recuperação de água superiores a 95%, reduzindo de forma significativa a captação de água nova e eliminando a necessidade de uma barragem de rejeito.

PASTE FILL E FILTRAGEM

Na produtora de ouro Jaguar Mining, as 838 mil toneladas de rejeitos geradas por ano são empilhadas a seco ou dispostas em barragens, três delas ativas e uma inativa, todas em Minas Gerais (MG), nas cidades de Caeté, Conceição do Pará e Itabirito (veja Tabela 2). Os rejeitos cianetados passam por um processo de descontaminação.

Segundo o gerente geral de Suprimentos e Sustentabilidade da mineradora, Roberto Piragibe, as barragens contam

Tabela 2: Barragens da Jaguar Mining

NOME	LOCALIZAÇÃO	MÉTODO CONSTRUTIVO	CONDIÇÃO
Moita	Caeté/MG	Jusante	Ativa
RG2W	Caeté/MG	Montante	Ativa
Turmalina	Conceição do Pará/MG	Jusante	Ativa
Paciência	Itabirito/MG	Jusante	Inativa

Fonte: Jaguar Mining

Foto: Jair Campos Júnior



Roberto Piragibe, gerente geral de Suprimentos e Sustentabilidade da Jaguar Mining

com inspeções diárias por turno de trabalho e por uma inspeção quinzenal, realizada em conjunto com a Diefra Engenharia e Consultoria, empresa terceirizada. O monitoramento das estruturas é feito através de piezômetros, medidores e réguas de nível de água, drenos de fundo, medidores de precipitação, marcos de deslocamento e evaporação. Os dados coletados nas inspeções e instrumentos geram

Foto: Jaguar Mining



Barragem Turmalina, em Conceição do Pará (MG)

um relatório trimestral da condição de estabilidade dos reservatórios e um Relatório de Inspeção de Segurança Regular (RISR) por auditor externo e são reportados ao SIGBM (Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração), da ANM (Agência Nacional de Mineração) quinzenalmente. A mineradora tem investido em tecnologias para alterar a forma de disposição dos rejeitos e reduzir seu volume de geração. Entre esses projetos, Piragibe destaca o emprego do método Paste Fill no Complexo MTL (Mina de Turmalina), para o empilhamento de 97% e disposição em barragem de apenas 3% dos rejeitos gerados. Já na Mina Roça Grande, que integra o Complexo de Mineração Caeté (CCA), está sendo instalado um sistema de filtragem de rejeitos, com início de operação prevista para 2020.

TRÊS MÉTODOS

Foto: Divulgação



Barragem Aroeira, da Nexa, em Vazante (MG)

A Nexa Resources atualmente emprega três métodos de disposição de resíduos em suas operações: empilhamento a seco (dry stacking), com vistorias e gerenciamento contínuos; backfill (retorno à mina para preenchimento da cava) e barragens, com técnicas de revestimento e/ou compactação e sistema de monitoramento geotécnico e ambiental. Algumas operações podem combinar um ou mais métodos de disposição. O Projeto Aripuanã, em desenvolvimento no Mato Grosso (MT), por exemplo, terá os rejeitos processados e empilhados a seco. Já a mina em Cerro Lindo, Peru, processa os rejeitos a seco e opera desde seu início num formato combinado com o método backfill.

A empresa possui 23 estruturas de disposição de rejeito no Brasil, entre ativas e inativas, três delas com empilhamento a seco, todas em Minas Gerais (MG). As barragens são

compactadas e utilizam o método de alteamento a jusante e por linha de centro (quando aplicável). Nenhuma delas é de alteamento a montante e 14 reservatórios nunca passaram por processo de alteamento.

A gestão de barragens da Nexa segue diretrizes internacionais, como as da International Commission on Large Dams (Comissão Internacional de Grandes Barragens), entre outras. O monitoramento das estruturas é realizado por equipes técnicas através de visitas diárias, com a medição das instrumentações geotécnicas (piezômetros e medidores de vazão e nível de água), controles ambientais, inspeções visuais e topográficas. Todos os dados coletados no monitoramento são analisados e interpretados periodicamente, com emissão de relatórios mensais por uma empresa de consultoria externa. A Nexa conta, ainda, com consultorias técnicas para a revisão e implementação de seus projetos. Além da gestão e manutenção das barragens, a mineradora trabalha para a redução e reaproveitamento dos rejeitos de mineração já há algum tempo. Uma das soluções desenvolvidas pela empresa foi implementada na unidade de Morro Agudo (MG), que completará 10 anos em 2020 sem a geração de rejeitos. A mina produz minério de zinco, chumbo e também pó de calcário agrícola (PCA), utilizado para correção da acidez do solo. O diferencial desse produto é a presença de zinco, nutriente fundamental para o desenvolvimento das plantas. Também há outros projetos em testes, alguns deles em parceria com startups, como o emprego de rejeitos na fabricação de granitos sintéticos, insumos para processos da indústria de óleo e gás e painéis laminados para o setor de construção.

UM METALURGISTA E SEU LEGADO À MINERAÇÃO

Por **Tébis Oliveira**

Formado em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), ele saiu de uma empresa de autopeças para trabalhar em uma mina de ouro da Vale, no Pará. Descobriu sua vocação na vida e nunca mais saiu da mineração. Depois da Vale, BHP-Billiton e CSN (Cia.Siderúrgica Nacional), está há dois anos como diretor industrial da Mineração Paragominas, no município paraense homônimo, pertencente à norueguesa Hydro. Até o final de fevereiro de 2018, Evimar Fonseca comandava uma produção de mais de 11 Mtpa de bauxita destinada à refinaria de alumina Alunorte, em Barcarena, que junto com a produtora de alumínio Albras, compõe o negócio da Hydro no Brasil. Essa situação mudou radicalmente, então, quando a Alunorte teve 50% de sua operação embargada devido à suspeita de vazamento de rejeitos em rios e igarapés da região.

Foi um período bastante desafiador, lembra Fonseca: mesmo cortando a produção pela metade, a mineradora precisava manter um custo competitivo, gerar caixa para pagar suas obrigações e obter resultados positivos. Ainda assim, decidiu não demitir nenhum de seus 1.417 funcionários. Quase 1,5 ano depois, em setembro passado, o último embargo da Alunorte foi derrubado e a Mineração Paragominas já opera com 75% de sua capacidade nominal.

Esse é um dos temas tratados por Fonseca nesta entrevista exclusiva à In the Mine. Outros são o histórico da mineradora, sua operação, política de segurança no trabalho e os programas e projetos na área de sustentabilidade. O diretor comenta, ainda, o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), proposto pelo Ministério Público Federal (MPF) para indenização às comunidades do Território Quilombola do Jambuaçu, em Moju, uma das cidades por onde passam o mineroduto e uma linha de transmissão de energia da mineradora. Por fim, o metalurgista e torcedor do Cruzeiro, de Minas Gerais, diz que suas maiores realizações são o casamento, os três filhos e sua carreira na mineração. Aos jovens engenheiros recomenda: estudem continuamente, respeitem e valorizem as pessoas, independente de seu cargo ou posição, façam sempre a coisa certa e avaliem qual legado deixarão para a sua empresa e a sociedade. No caso dele, esclarece, esse legado é o de mostrar que é possível fazer uma mineração sustentável, segura e de excelência.

Foto: Divulgação



ITM: Quando e porquê a Hydro veio para o Brasil?

Fonseca: A Hydro é uma empresa de mais de 100 anos, com uma história muito forte e bem fundamentada. Nos anos 2000, ela entendeu que para atuar de uma forma mais estratégica deveria ter a gestão sustentável de toda a cadeia do alumínio: da mina ao produto final. É nesse contexto que a Alunorte foi adquirida em 2011 e, por extensão, a Mineração Paragominas. Quando olhamos para a Mineração Paragominas, a Alunorte e a Albras, onde a Hydro tem uma participação de 51%, temos um exemplo de verticalização da indústria no Pará. Na época, com a queda dos preços das commodities, várias empresas passaram a focar em seus ativos principais e a se desfazer de outros, o que tornou o momento adequado para a aquisição, pela Hydro, do negócio alumínio no Brasil.

ITM: Como surgiu o projeto da Mineração Paragominas?

Fonseca: A região do Pará é muito rica em bauxita, com mais de 5,2 bilhões de toneladas ou 88% das reservas do minério no Brasil que, por sua vez, detém a terceira maior reserva mundial. No estado, temos a Mineração Rio do Norte (MRN), a Mineração Juriti, da Alcoa, a Mineração Paragominas e o Projeto Alumina Rondon, da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), ainda em desenvolvimento. A existência desse platô de bauxita no Pará era conhecida desde a década de 1970, mas as pesquisas e estudos das reservas e recursos só foram intensificados por volta dos anos 2000. Verificou-se que, na região específica de Paragominas, há uma bauxita mais rica, com uma camada de estéril um pouco menor e de fácil aproveitamento. A Vale, então, iniciou o projeto da Mineração Paragominas, que teve seu start up em 2007 e foi concebido para alimentar uma refinaria cativa já existente, a Alunorte.

ITM: Quais são as especificações do mineroduto implantado com a mina?

Fonseca: O mineroduto tem uma extensão de 244 km e passa por sete municípios. Consiste de uma tubulação de 24 polegadas com 2 estações de bombeamento, uma na mineradora e uma em Tomé-Açu, na altura do km 116. Ao todo, são 13 bombas de deslocamento positivo - 7 na Estação 1 e 6 na Estação 2 - com potência de 1.900 HP, que enviam a polpa do minério até a estação de desaguamento, em Barcarena. O sistema conta também com 4 estações de monitoramento da pressão do mineroduto ponto a ponto, on line e 24 horas por dia, o que é fundamental sua operação segura e sustentável. Foi o primeiro mineroduto de bauxita do mundo, com investimentos de R\$ 647 milhões, na época, para a construção da Estação 1, da tubulação e da Estação de Desaguamento. A

Estação 2 foi construída posteriormente.

ITM: Além do mineroduto, havia a opção por outros modais de transporte?

Fonseca: A opção pelo modal rodoviário causaria um impacto ambiental enorme e praticamente insustentável, pelo aumento expressivo do tráfego de caminhões na rodovia Belém-Brasília e nas vias locais. Em termos de energia empregada e volume transportado, o mineroduto é o modal mais eficiente. Nosso mineroduto tem capacidade para 35 mil tpd, o que equivale a um tempo de transporte de 38 h para levar a polpa da mina à refinaria. Um caminhão carrega apenas 35 t. Outra opção seria o modal ferroviário, mas ela exigiria uma outra dinâmica e um projeto inclusive maior que a própria mineração em si. O mineroduto alia alta eficiência operacional, sustentabilidade, baixo OPEX e menor impacto ambiental.

ITM: Quais são as características geológicas do depósito de Paragominas?

Fonseca: A ocorrência de bauxita se dá principalmente em platôs com espessuras de 1 a 3 m a profundidades entre 5 e 15 m (camadas de solo, latosolo, laterita e bauxita). Portanto, sua lavra é feita em áreas de grandes extensões, mas não a grandes profundidades, facilitando a recuperação ambiental imediatamente sequencial. Na região de Paragominas, a bauxita foi formada no período Paleógeno, entre 65 e 25 milhões de anos atrás, e é constituída principalmente por gipsita ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), com teores entre 40 e 50% de alumina aproveitável. Na Mineração Paragominas, especificamente, temos reservas para mais de 50 anos de operação, mantidos os níveis atuais de produção, com teores variando entre 40 e 48% de alumina aproveitável.

ITM: Como é realizada a lavra?

Fonseca: Antes da lavra, contamos com entidades independentes que realizam um estudo da fauna e da flora da área que será minerada. Esse conhecimento anterior assegura que possamos deixar os locais em condições melhores que as originalmente existentes, visto que muitos deles já foram explorados no passado com outro objetivo econômico. Após o resgate de animais, se for o caso, fazemos a supressão vegetal da floresta, que já é secundária, e a retirada da camada de solo, rica em nutrientes, que é acondicionada para reutilização no reflorestamento. Na sequência, retiramos a camada de estéril (argila e laterita) e o minério.

ITM: Qual é a frota de equipamentos empregada nessa operação?

Fonseca: Possuímos 150 equipamentos de mina. São 17 tratores de esteiras de grande capacidade, modelo D11 Caterpillar, 5 escavadeiras hidráulicas, 3 caminhões de 150 t, 3 mineradoras de superfície e 54 caminhões rodoviários de 38 e 44 t, além de pás-carregadeiras, motoniveladoras, caminhões pipa e comboios de lubrificação, entre outros.

ITM: Como é feita a recuperação da área lavrada?

Fonseca: Após a lavra, a área é reconfirmada com o depósito do estéril anteriormente retirado e reflorestada com o uso de três técnicas: regeneração natural, nucleação ou plantio natural. A definição da técnica mais adequada é um trabalho que foi construído ao longo do tempo com base nos estudos do Consórcio BRC, formado pelas universidades estadual e federal do Pará (UEPA e UFPA) e de Oslo, na Noruega. Cada hectare lavrado deve ser recuperado nos dois anos seguintes. Um grande indicador de que a recuperação ambiental é bem realizada é o retorno dos animais às áreas reflorestadas, processo que acompanhamos através de câmeras instaladas ao longo dessas áreas e na floresta.

ITM: Como é o processo de beneficiamento da bauxita?

Fonseca: É um processo relativamente simples, que consiste na redução do tamanho do minério em três etapas de britagem e em sua moagem, com um moinho SAG e dois de bolas, e classificação, através de peneiras e ciclones. Os finos do minério (overflow) seguem para a barragem e o underflow (material mais grosso) vai para o mineroduto. É um processo basicamente físico, de lavagem da bauxita, sem a adição de qualquer reagente químico. A usina tem capacidade para processar cerca de 16 Mtpa de ROM gerando 11,4 Mtpa de produto, equivalente a 70% de recuperação, e cerca de 5 Mtpa de rejeitos. Embora a recuperação seja alta, estamos trabalhando para aumentá-la, com novas tecnologias e sistemas especialistas, e também estudamos alternativas para recuperar a alumina contida nos rejeitos.

ITM: Qual é o tratamento dado aos rejeitos?

Fonseca: Ao sair da usina, o rejeito passa por espessadores que recuperam a água nele contida para reutilização na planta. O rejeito adensado é destinado a dois sistemas de barragens: o mais antigo, chamado de Barragem do Vale ou B1, de 2006, e o mais novo, de 2017, composto pela Barragem RP1. A B1 possui 31,8 m de altura, capacidade máxima de volume de 51,5 Mm³, com ocupação atual de 46,5 Mm³, e alteamento predominantemente a jusante e linha de centro. A RP1 tem altura de 13,5 m, capacidade máxima de

volume de 11,6 Mm³, com 3,1 Mm³ já depositados, e terá seu alteamento, quando realizado, feito com a construção de um dique de partida.

ITM: São estruturas de baixa altura...

Fonseca: Sim, de baixa altura e grande extensão, mais seguras que os sistemas tradicionais por permitirem a secagem mais rápida do rejeito. O projeto de engenharia, aliado às características do rejeito e ao clima do Pará, que contribui para níveis de evaporação elevados, faz com que a secagem do material ocorra entre 40 e 45 dias após sua disposição. O rejeito sai com cerca de 35% de sólidos do fundo do espessador e atinge mais de 65% após 45 dias. Para maior eficiência do processo, há uma rotatividade na destinação dos rejeitos entre os sistemas e vários pontos de disposição em cada um, o que melhora o espalhamento do material. Após a secagem é possível até mesmo caminhar sobre essas áreas.

ITM: De que forma a paralisação da Alunorte, no início de 2018, afetou a operação da Mineração Paragominas?

Fonseca: Como os sistemas são integrados, a redução em 50% da produção da refinaria, que durou quase 1,5 ano, automaticamente afetou a produção na mineradora. Com a redução da produção, o custo real por tonelada sobe significativamente. Mesmo assim tivemos que manter nosso custo competitivo, gerar caixa para pagar nossas obrigações e, ainda, obter resultados positivos. Apesar desse momento bastante desafiador, decidimos pela manutenção dos funcionários. Com a retirada do embargo da produção da refinaria, já estamos operando com 75% de nossa capacidade nominal.

ITM: Como foi assegurada a manutenção dos funcionários?

ITM: Começamos com a concessão de férias coletivas em vários períodos, passando à suspensão dos contratos de trabalho, negociada com o sindicato da categoria. Com a suspensão dos contratos, o funcionário recebia do governo entre 80 e 90% do salário, mantendo seu vínculo com a empresa já que não perdeu benefícios como o plano de saúde. No início do processo tínhamos 1.417 funcionários diretos e 1.133 indiretos. Durante as férias coletivas e a suspensão dos contratos, ficaram entre 400 e 450 funcionários. Também repassamos alguns serviços terceirizados aos empregados da mineradora. Com essas medidas conseguimos manter todos os postos de trabalho, aumentamos o engajamento dos funcionários e mudamos a percepção das pessoas sobre a responsabilidade da empresa.

ITM: Vocês têm investido em novas tecnologias?

Fonseca: Temos várias inovações implantadas, como a operação remota dos tratores de esteiras em locais da mina onde há maior vibração do equipamento. Contamos com um sistema de telemetria para coleta, via satélite, das informações da frota, e com o sistema de despacho, já utilizado na maioria das minas, para alocação dinâmica dos equipamentos para maior produtividade. Há, ainda, os sistemas anti-fadiga, que detecta sinais de cansaço do operador, prevenindo acidentes, e anti-colisão, que amplia a visibilidade do operador evitando colisões com equipamentos de pequeno porte. Em fase de testes, temos uma ferramenta de realidade aumentada na manutenção, que permite ao mecânico visualizar a uma distância segura as partes superaquecidas das máquinas. Também estamos estudando o uso de equipamentos autônomos e elétricos, nesse segundo caso para reduzir as emissões de gases poluentes. As minas de bauxita, por estarem sobre platôs, são muito receptivas à adoção de novas tecnologias, mas elas devem considerar sempre o aspecto humano, a integração das pessoas.

ITM: A produção ainda é exclusiva para a Alunorte?

Fonseca: Tudo vai para a Alunorte, que produz alumina. Essa alumina vai para a Albras e para outras refinarias da Hydro no mundo. O produto final da Albras é destinado à região Sudeste do Brasil e também ao mercado externo. A mineradora foi projetada para produzir 9,9 Mtpa. Em 2017, já elevamos em cerca de 15% esse volume e temos, ainda, oportunidades de ganhos marginais para um aumento de 1,5 Mtpa. Mas isso depende da demanda e do aumento da capacidade da Alunorte. Nas condições atuais do mercado, com a queda das cotações e a recente crise EUA-China, uma expansão no curto prazo é pouco provável.

ITM: Qual é a política de Saúde e Segurança no Trabalho na mineradora?

Fonseca: Ela associa um sistema de gestão robusto de todos os processos à liderança pelo exemplo. A responsabilidade pela segurança não é apenas dessa área específica, mas minha e de todos os gerentes operacionais. Com essa metodologia, reduzimos expressivamente nossa taxa de frequ-

ência de acidentes (número de acidentes por milhão de horas trabalhadas), entre empregados próprios e contratados, nos últimos cinco anos. Em 2018, apesar da crise que vivemos e que tornou as pessoas mais tensas devido à redução da produção, ela foi de 0,58, ou dois eventos de baixa gravidade no ano, em uma instalação com mais de 2,5 mil funcionários. É um número de classe mundial. Há cerca de cinco anos, a taxa variava entre 5.0 e 4.5 (10 ou 12 acidentes no ano).

ITM: Quais os principais programas sociais da empresa?

Fonseca: Estamos cada vez mais empenhados em realizar ações estratégicas, consistentes e alinhadas às demandas dos municípios. Neste ano, fizemos um estudo socioeconômico na região da mineradora e do mineroduto, que apresentamos ao poder público local para discutir como pode ser a atuação da Hydro. Temos outros programas também, como o de incentivo ao voluntariado empresarial em várias instituições na cidade; o de inclusão digital para uso de l-pads nas escolas; o de educação ambiental

para mais de 2,5 mil estudantes; o de apoio à casa familiar rural, na região do mineroduto, visando fortalecer as associações produtoras, e o de desenvolvimento e qualificação de fornecedores locais. Há também o programa AMesa, em parceria com o Centro de Empreendedorismo da Amazônia, que desenvolveu uma plataforma digital para conectar agricultores familiares de Paragominas e Barcarena a consumidores, como o restaurante da própria Hydro. Hoje, o programa inclui 250 agricultores em mais de 7 comunidades agrícolas e quase 100 estudantes da universidade federal (UFPA) e estadual (UEPA) e da escola técnica do Pará (ETEEPA). Mais de 20 estabelecimentos privados foram consultados e oito contratos já foram fechados.

ITM: Como está a questão do TAC proposto pelo MPF em relação ao Território Quilombola de Jambuaçu?

Fonseca: A Mineração Paragominas discorda do posicionamento do MPF nessa questão. Entendemos que cabe um TAC quando a empresa infringe a legislação, o que não é o caso. A Hydro atua respeitando a legislação vigente, as normas nacionais e internacionais, tem um canal aberto com a comunidade



A mineração deve pensar além de seu tempo. Eu não vejo uma mineração sustentável que não esteja integrada às comunidades locais

quilombola e com todos os órgãos envolvidos, como a Fundação Cultural Palmares, o MP e os poderes locais. Temos um plano consistente para aprimorar mais ainda o desenvolvimento dessas comunidades e daquela região. A Hydro quer uma solução definitiva, consensual e sustentável para as 15 comunidades do Território de Jambuaçu. Estamos dialogando com as comunidades e instituições para construir um plano comum de longo prazo e não imediatista. O que é um interesse genuíno nosso.

ITM: Por favor, fale do Consórcio de Pesquisa de Biodiversidade Brasil-Noruega.

Fonseca: O consórcio BRC já está extrapolando os limites da mineração, de forma que o poder público de Paragominas tem interesse em aplicar as técnicas desenvolvidas para a mineração na recuperação de áreas agrícolas e nascentes de rios. Até hoje, o consórcio já resultou em 26 projetos de pesquisa, 9 dissertações de mestrado, 4 doutorados, 2 teses de pós-doutorado e em mais de 90 alunos de graduação, 150 profissionais envolvidos e 30 artigos publicados sobre descobertas científicas de espécimes da região únicas no mundo. É um investimento de mais de R\$ 40 milhões, que já recuperou 2.200 ha de áreas e preserva mais de 270 espécimes da flora e 200 da fauna local. Esse projeto demonstra como fazemos a recuperação ambiental de forma sustentável, baseada em ciência e com o apoio de órgãos independentes. É um projeto que não deve ser só da mineração, mas da sociedade.

ITM: Na sua visão, como será a mineração do futuro?

Fonseca: A mineração deve pensar além de seu tempo. Eu não vejo uma mineração sustentável que não esteja integrada às comunidades locais. A comunidade precisa querer a mineração ou não haverá mineração. Todas as ações que citei fazem parte da estratégia de, cada vez mais, reduzir a distância entre o imaginário social, a comunidade e a mineração. Em termos operacionais, vejo uma mineração que vai utilizar cada vez mais tecnologia em todos os aspectos, mas que não pode esquecer que tecnologia sem a inclusão das pessoas não funciona. Com isso, haverá a percepção de que a mineração está aqui para criar uma sociedade mais viável. ■



PERFIL

Nasceu em Nova Era (MG), em 1969. Já era uma região de mineração

Mora em Paragominas, no Pará

Trajatória Acadêmica: Engenheiro Metalurgista e Mestre em Metalurgia pela UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), com especialização em Mineração pela USP (Universidade de São Paulo) e em Finanças pela UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro)

Trajatória Profissional: Dez anos na Vale, em operações de minério de ouro, ferro e cobre, nas regiões Norte e Sudeste. Quatro anos na BHP-Billiton, em minério de ferro. Um ano na mina Casa de Pedra e outras mineradoras menores da CSN (Cia.Siderúrgica Nacional), em Minas Gerais, também de minério de ferro. Dois anos em mineração de bauxita na Hydro

Família: Casado há 30 anos, com três filhos de 8, 11 e 14 anos

Time de Futebol: Está difícil, mas sou cruzeirense

Hobby: Jogar tênis, andar de bicicleta em trilhas, ouvir música e ler

Um "mestre" ou "ídolo": Minha mãe, Dona Luzia. Durante toda a vida e, hoje ainda, com mais de 80 anos, ela nunca desistiu de seus sonhos.

Maior decepção até hoje: Prefiro esquecer. Vamos em frente.

Maior realização até hoje: Meu casamento fantástico, meus filhos e minha carreira na mineração

Um projeto: Mostrar que é possível fazer mineração sustentável, segura, de excelência e que possa contribuir para uma sociedade mais viável. Tenho a ambição de deixar esse legado

Um "conselho" aos jovens engenheiros: Estudem continuamente. Respeitem e valorizem todas as pessoas independente de sua posição ou do cargo que ocupem. Façam a coisa certa, mesmo que dê mais trabalho ou gaste mais tempo. Cuidado com os atalhos. Por fim, ao final de suas carreiras, avaliem qual legado deixaram para a sua empresa e para a sociedade



Por
Leonardo Pereira de Andrade

APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE MATERIAIS NO AUMENTO DA VIDA ÚTIL DE COMPONENTES INDUSTRIAIS

Parte I

É notório que alguns dos componentes empregados atualmente nos processos industriais vêm sofrendo desgaste excessivo devido a fatores como o aumento da utilização, a baixa qualidade de produtos e/ou serviços de manutenção e operação, a falta de expertise da mão de obra empregada nos processos produtivos, o decréscimo de reservas com minerais livres de contaminantes e as propriedades mecânicas dos metais. Frente a este cenário é perceptível que dentro das indústrias existem grandes perdas, sejam elas financeiras, de produtividade, de segurança, dentre outras, que acarretam em retrabalhos e na insatisfação dos profissionais devido à baixa performance de máquinas e equipamentos. A aplicação da engenharia de materiais, por meio de estudos diversos, desenvolveu técnicas para a utilização de produtos como o caso dos polímeros, visando aumentar a vida útil de componentes, tendo como consequência subconjuntos e/ou máquinas e equipamentos que corroboram para a mudança deste cenário.

Para contextualizar o objeto deste artigo é importante dirimir sobre os conceitos e fundamentos que norteiam a engenharia e o uso dos polímeros e como,



Foto: Divulgação

Bomba preparada para aplicação do polímero

juntos, eles podem mudar as características físico-químicas, de forma a agir nas estruturas dos materiais visando o aumento do ciclo de vida de componentes industriais. Partindo de uma abordagem focada nos preceitos de Callister e Rethwisch (2016), faz-se necessário separar e conceituar ciência de materiais e engenharia de materiais. Especificamente, a ciência de materiais envolve a investigação das relações entre as estruturas e as propriedades dos materiais. Em contraste, a engenharia de materiais, com base nas correlações estrutura-propriedade, projeta a estrutura de um material para obter um conjunto predeterminado de propriedades. A partir dessa perspectiva



Foto: Divulgação

funcional, o papel de um cientista de materiais é o desenvolvimento ou sintetização de novos materiais, ao passo que um engenheiro de materiais é chamado para criar novos produtos e ou sistemas a partir de materiais existentes desenvolvendo, para tanto, técnicas para o processamento e aprimoramento destes materiais.

A palavra polímero é originada do grego, cujo significado é “muitas partes” (poli: muitas, mero: partes). Usualmente, o termo “plástico” é utilizado para designar os materiais poliméricos. Todavia, seu uso, de maneira genérica, não é apropriado. Plástico significa: “capaz de ser moldado”. Embora os materiais assim designados não tenham, necessariamente, essa propriedade, a apresentaram em algum momento de sua fabricação, quando moldados. Pode-se entender, então, que os polímeros são capazes de adquirir condições plásticas a partir da ação do calor e da pressão. Para Shackelford (2017), quimicamente, os polímeros são materiais naturais ou sintéticos, geralmente de origem orgânica, compostos por cadeias com altos pesos moleculares, sendo obtidos a partir de reações químicas de polimerização, formando estruturas moleculares que consistem na repetição de pequenas unidades chamadas de meros. São exemplos de polímeros o polietileno, o polipropileno, o PVC, o Neoprene, a Borracha Natural, a Borracha Fria, o Orlon e o Teflon, dentre outros.

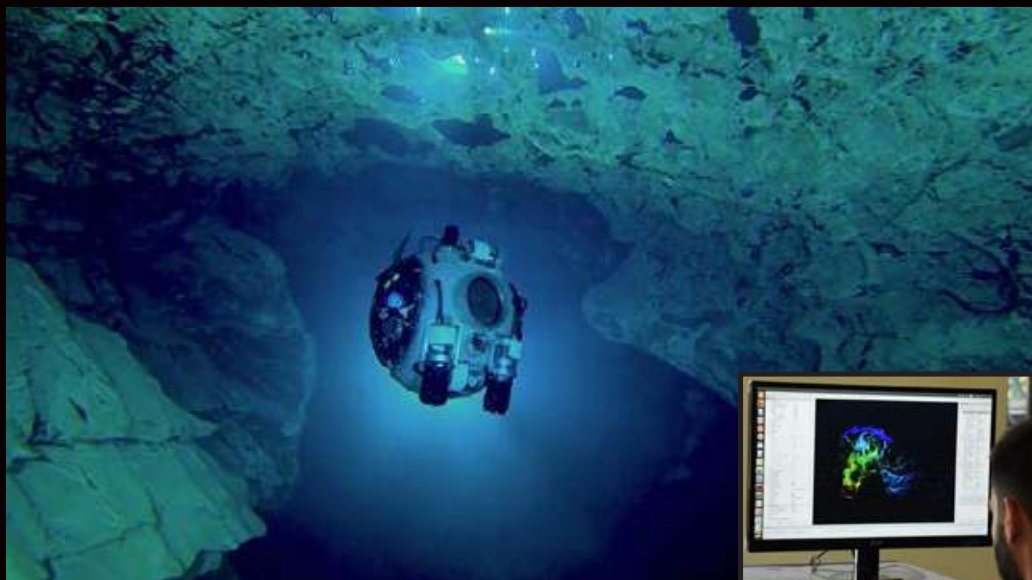
Bomba após aplicação do polímero

Durante a realização deste estudo foi possível acompanhar trabalhos de engenharia e desenvolvimento de materiais em plantas de mineração no Brasil, Chile e Peru, visando avaliar o uso dos polímeros para aumentar a vida útil de componentes industriais. Variáveis como Segurança nas Operações, Oxidação, Corrosão, Desgaste, Dureza, Ciclo de Vida, Tempo Médio entre Falhas, Disponibilidade Física do Ativo e Ganhos Financeiros foram medidos e comparados antes e depois do emprego dos polímeros. Os resultados mostram que este é um caminho a ser seguido e foram identificadas empresas e instituições que já possuem departamentos de pesquisa focados no tema. As fotos apresentadas demonstram alguns equipamentos de um dos processos de mineração pesquisados onde foi aplicado um tipo especial de polímero para aumentar sua vida útil e disponibilidade, reduzindo os tempos entre falhas.

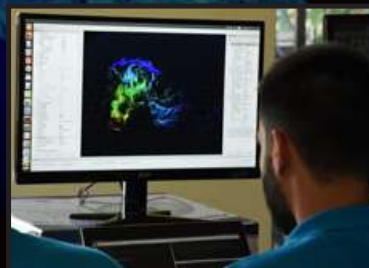
Finalizando, é importante ressaltar que a segurança das operações vem sempre em primeiro lugar, e existe uma correlação direta, pois quanto menos falhas, maior vida útil e menores os riscos de acidentes, seja pela falha em si ou pelas ações para corrigi-las. Para Kepner e Tregoe (1997), é feita uma abordagem diferenciada e inovadora sobre como tratar as falhas e como, a partir de diagnósticos de alto nível, é possível retroalimentar os processos e melhorar as condições de materiais e serviços. Assim, “para estabelecer ações que possam evitar ou reduzir as chances de um problema potencial, é necessário antes saber qual é a causa provável do problema. Se esta não for removida, há grandes chances de que o problema aconteça novamente”. Mas essa parte irá compor outro estudo. ■

[1] Leonardo Pereira de Andrade é gerente de Manutenção da Planta de Beneficiamento do Sistema Minas-Rio da Anglo American, graduado em Administração pela FUNCESI / Itabira, mestre em Administração – Linha de Pesquisa Estratégia e Competitividade – FEAD /BH e doutorando em Projetos – Linha de Pesquisa Organização e Tecnologia Industrial pela UNINI /México

ROBÔ EXPLORADOR



Fotos UNEXMIN/Divulgação



Após quatro anos, dois protótipos, cinco testes e um inventário bastante abrangente de minas inundadas na Europa, termina em 31 de outubro o projeto UNEXMIN, focado em geologia, robótica e desenvolvimento de tecnologia e financiado pelo programa de pesquisa Horiz, da União Europeia, por 5 milhões de euros. Participaram do projeto entidades de sete países europeus, entre universidades, centros e fundações de pesquisa, órgãos de serviço geológico, a federação europeia de geólogos e empresas ligadas às áreas de tecnologia e sistemas computacionais, entre outras.

O primeiro protótipo do UX-1, um robô de exploração mineral, chamado de UX-1a foi desenvolvido, montado, testado e aprimorado em março de 2018, nas minas de feldspato e quartzo de Kaatiala, na Finlândia, e de mercúrio, em Idrija, na Eslovênia. No ano seguinte, veio o UX-1b. Juntos, eles passaram por testes nas minas de urânio em Urgeiriça, Portugal; Ecton, de cobre, no Reino Unido; e na caverna Molnár János (fotos), em Budapeste.

Os modelos operam a uma profundidade máxima de 500 m e possuem forma esférica, diâmetro de 0,6 m, peso de 112 kg, autonomia de até 5 h e velocidade máxima de 1 a 2 km/h. O consumo de energia varia entre 250 e 400 W e os propulsores têm potência de 2 a 5 Kgf. Todos contam com amostrador de água, unidades de medição de condutividade, pH e de campo magnético, além de câmeras multiespectrais e acústicas, scanners a laser, sonares, sistemas de controle de pêndulo e flutuabilidade, pilhas recarregáveis, casco de proteção e computador de bordo.

O UX-1 realizou o mapeamento autônomo das minas, coletando informações geológicas em condições inviáveis ao acesso humano. Sua performance abriu potenciais cenários de exploração, caso a Europa se decida pela reabertura das minas que contêm ocorrências de lítio, ferro, cobre, níquel, zinco, ouro, nióbio, prata e manganês, entre outras substâncias minerais.

minegaleria



OPERAÇÕES COMPLEXAS COM **EXPERTISE E SEGURANÇA**



Viva o Progresso.



■ Pás-carregadeiras Liebherr L 538 / L 556 / L 580

- Baixo consumo de combustível e menor desgaste de freios devido ao sistema de translação hidrostático
- Alta produtividade e elevada carga de tombamento devido à montagem diferenciada do motor
- Menor desgaste dos pneus por meio da regulagem gradual da força de tração
- Caçambas entre 2,3 m³ até 14,0 m³

