

Fundações

e Obras Geotécnicas

Ano 7
Nº 78
R\$ 27

Março de 2017
Rudder
www.revistafundacoes.com.br

OBRAS GEOTÉCNICAS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO

Saiba como barragens, estradas e terraplenagem para áreas industriais podem ser executadas em solo com materiais granulares

BETONEIRAS: papel importante na construção civil

AValiação E GESTÃO de risco ambiental: importância para empresas

MULHERES NA GEOTECNIA: desafios e avanços



OBRAS GEOTÉCNICAS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO

Em áreas onde há atividade de mineração normalmente são executados quase todos os tipos de obras geotécnicas e hidrogeológicas, dentre as quais, destacam-se obras de aterros como: barragens, estradas e terraplenagem para áreas industriais que podem ser executadas em solo ou com materiais granulares; obras de contenção e estabilização de taludes, como cortinas atirantadas, solo grampeado, retaludamentos, telas atirantadas, muros de contenção; por fim, nas minas subterrâneas são feitas escavações de túneis, galerias e a implantação de sistemas de estabilização.

Tanto a geotecnia quanto a hidrogeologia fazem, ou pelo menos devem fazer, parte fundamental dos projetos de mineração, desde as fases de pesquisa até a implantação, operação e descomissionamento das minas, sejam elas, a céu aberto ou subterrâneas.

Para adequar-se à realidade da mineração, as obras são executadas com determinadas especificidades, por exemplo, enquanto fora da mineração as obras sobre solos moles são realizadas sobre terreno natural, na mineração, em alguns casos, essas obras são executadas em reservatórios de rejeitos e/ou aterros de materiais lançados hidraulicamente, e estes, às vezes, têm comportamento semelhante ao dos solos moles.

EXECUÇÃO

Normalmente as áreas de geotecnia e hidrogeologia das empresas mineradoras são focadas na operação dos empreendimentos,

atuando desde as fases de projeto até as fases de monitoramentos durante a operação das minas. Nem todas as empresas mineradoras possuem estrutura própria de geotecnia e hidrogeologia (engenheiros geotécnicos, hidrogeólogos, técnicos especializados etc.), tornando-se necessário e fundamental a contratação de consultorias especializadas.

Esta situação pode gerar uma série de transtornos operacionais tanto em barragens quanto em pilhas de estéril e minas (a céu aberto e/ou subterrâneas), pois devido à complexidade e relevância destas obras é de extrema importância o acompanhamento e monitoramento de todas as etapas (empilhamento de estéril, construção e/ou alteamento de barragens, construção e operação de poços) de forma constante e preferencialmente em todos os turnos da obra.

As obras de mineração seguem, basicamente, o mesmo procedimento de obras civis, porém há um rigor maior no quesito saúde e segurança do trabalho, em virtude da necessidade de um controle mais rigoroso no ambiente da mineração, resultado da maior exposição a riscos de acidentes. As obras, inclusive, são usualmente mais onerosas e morosas, em função da inclusão de processos de mobilização e procedimentos de controle e acompanhamento. Além disso, há um custo elevado com transporte e fretes, pois as áreas de mineração quase sempre são distantes dos centros urbanos.





Arquivo Marcio Leão

Exemplo de área impactada pela mineração. Barragem para contenção de rejeitos inserida na floresta

PECULIARIDADES

Outra distinção de trabalhos feitos na mineração é a escala de algumas obras. No caso de cavas a céu aberto, existem taludes com mais de cem metros de altura que devem ter sua estabilidade controlada por meio de estudos, monitoramentos e inspeções, o que usualmente não ocorre em obras civis.

Além disso, o fator econômico tem impacto significativo em práticas adotadas na operação de uma mina, sendo constantes as avaliações *tradeoff*. Taludes de cavas operacionais, por exemplo, podem não seguir, em curtos espaços de tempo, as recomendações das normas vigentes quanto ao atendimento do fator de segurança, por conta da viabilidade econômica. Por fim, também existe a limitação de escolha, já que uma mina está restringida a ser implantada onde há minério, ou seja, não é possível escolher qualquer lugar para a atividade.



Arquivo Marcio Leão

Antiga área de um garimpo onde se observa a área degradada. Foi elaborado um PRAD para a reabilitação da área, em que a alternativa selecionada foi a revegetação com espécies nativas

Uma diferença marcante entre a área de mineração e as demais áreas em que se pratica a engenharia civil geotécnica são as dimensões. Na área de mineração a céu aberto o tamanho das máquinas e a intensidade das cargas é muito maior do que em outras áreas. Cortes com alturas de 300 m ou 400 m e aterros com 10 a 20 milhões de m³ são comuns dentro de uma mina.

RECUPERAÇÃO

O trabalho de mineração causa diversos impactos ambientais, fazendo com que as áreas, muitas vezes, tenham que ser recuperadas. Geralmente, os tipos de serviços mais utilizados são a reconformação geométrica das áreas, correção de drenagem superficial e a estabilização de taludes e encostas. No caso de recuperação de cavas a céu





Arquivo Marco Leão



Exemplo de lago seco para deposição de resíduo sólido, exibindo gretas de contração

Arquivo Marco Leão



Área degradada devido à implantação de uma barragem de rejeito. Supressão de características naturais do local

aberto, existem os trabalhos de re-conformação de taludes visando o atendimento às normas vigentes quanto à estabilidade, juntamente com a implantação de um sistema

de drenagem superficial. O mesmo conceito é utilizado em pilhas de estéril e acessos operacionais que não terão mais função.

Já as barragens requerem maior

atenção, pois em alguns casos específicos elas podem conter em seu reservatório, substâncias químicas altamente tóxicas. Nestes casos, é necessária a remoção e tratamento de todo o material contaminado ou a proteção adequada deste material, tanto por meio de execução de camadas que formem barreiras hidráulicas e dificulte a comunicação das águas superficiais com o material contaminado, quanto por meio da percolação e da comunicação das águas contaminadas existentes no reservatório com a superfície, pelo efeito da capilaridade.

No caso de barragens de água ou contenção de sedimentos ou rejeitos inertes, avalia-se a melhor alternativa de descaracterização da estrutura, que pode ser desde a sua remoção completa, até a sua manutenção, adequando-se as estruturas de drenagem superficial para atendimento das normas vigentes, bem como os taludes para aumentar a segurança, visto que haverá uma tendência de crescimento do intervalo entre inspeções. Outra forma de reabilitação de áreas impactadas com barragens, no caso de estruturas de pequeno porte é o enchimento do seu reservatório com material sólido, de maneira que não ocorra acúmulo de água ao montante.

A expertise da geotecnia e da hidrogeologia da mineração se destaca nesta área, pois devido ao grande volume de informações e dados oriundos das pesquisas geológicas para fins de cubagem das jazidas é possível elaborar mapas e





Arquivo Marcio Lobo

Aspecto de material remobilizado durante o processo da mineração

modelos geotécnicos e hidrogeológicos que se aproximam muito da realidade do terreno afetado, diferentemente de outros tipos de obras, como a construção de edifícios, por exemplo, em que a pesquisa de subsolo normalmente fica limitada somente ao lote em que o edifício será construído.

Nem sempre são feitas campanhas de sondagem com recuperação de testemunhos, trabalhando-se apenas com RQD (*Rock Quality Designation*) ou descrição de amostras de calha, devido ao alto custo de uma sondagem geológica com recuperação de testemunhos. Os serviços geotécnicos e hidrogeológicos em áreas degradadas por mineração vão desde os projetos de descomissionamento (da pilha de estéril, barragem ou mina) até o monitoramento contínuo destas áreas, independente do futuro que elas tenham.

Existem exemplos práticos de descomissionamento de minas desativadas que proporcionam retornos socioeconômicos e ambientais interessantes para a sociedade, e principalmente para a comunidade local. Dentre estes exemplos pode-se citar a Mina de Passagem, localizada em Mariana (MG). Trata-se de uma mina subterrânea de ouro, em que não há mais atividade de lavra, porém se tornou uma atração turística, gerando oportunidade de empregos e renda.

Ainda, sobre a recuperação de áreas degradadas com a implantação de barragens, caso opte-se por manter a estrutura, contendo água e/ou rejeitos, a empresa deve manter os mesmos procedimentos de inspeção e manutenção preventiva e corretiva exigidos pela legislação vigente, ficando com um passivo por tempo indeterminado. Em todos os casos de recuperação de

áreas degradadas com barragens, deve-se elaborar um estudo para adequação da drenagem superficial e trânsito de cheias pela área, de maneira a garantir o atendimento das normas vigentes e boas práticas da engenharia para obras de descomissionamento.

PRAD

É importante salientar que a mineração, diferentemente de várias outras atividades humanas, não permite a flexibilidade de escolha para a implantação das minas, já que é fundamental que se instale a lavra especificamente nos locais onde haja ocorrência de minérios com volumes e teores que justifiquem economicamente tal investimento. A necessidade de intervenção humana e alteração das características ambientais da região para que a extração mineral seja efetivada, acarreta o surgi-





Soluções da Maccaferri aplicadas em obras de mineração

mento de áreas degradadas durante e após a extração.

Por representar uma atividade econômica e fundamental para a humanidade, detentora de intrínseca

e peculiar relação com o meio ambiente, a imposição da recuperação da área degradada serve como mecanismo de compatibilização com a proteção ambiental. A atividade mi-

neral consolida a concepção de que este segmento produtivo compreende um uso temporal ou transitório do solo e subsolo, cabendo à fase de recuperação, encaminhar a área





afetada pela exploração a um nível de estabilidade que permita um uso futuro da área.

Desta forma, existe o PRAD (Plano de Recuperação de Áreas Degradadas), que contém diretrizes e conceitos que, na época de sua elaboração, foram os mais viáveis e utilizados para a reabilitação de áreas degradadas. Sua principal função é integrar ao meio ambiente uma área anteriormente impactada. Ao final dos trabalhos é necessário que a área recuperada tenha uma função que considere as modificações morfológicas originadas pela mineração. A reabilitação da área pode tanto ser voltada para a reintegração ao ambiente, quanto ter outro fim completamente diferente das condições originais.

Na mineração é recomendável que haja um plano de descomissionamento da mina, que englobe tanto a desativação da lavra, quanto a reabilitação ambiental e a mitigação dos impactos socioeconômicos advindos da cessão da mineração. Além disso, o plano deve contemplar toda a área impactada direta e indiretamente pela atividade.

Existem algumas particularidades sobre este tema no que se refere à mineração. Uma delas é que elaborar um PRAD para ser implantado décadas depois, pode acarretar defasagem quanto às alternativas tecnológicas e as boas práticas da engenharia. Somado a isso, a mudança morfológica causada pela mineração pode modificar completamente o cenário ambiental utilizado para o estudo.

Onde havia uma montanha com o minério, após a sua exploração, restará um grande espaço vazio em que comumente a região mais profunda (fundo da cava) está abaixo do lençol freático, o que resultará na formação de um lago após o encerramento do bombeamento para rebaixamento do nível d'água. Em outras áreas, vales se transformarão em montanhas de material estéril, algumas vezes, empilhados sobre nascentes.

Alguns vales serão represados com barragens e formarão lagos ou depósitos de rejeitos de mineração ou sedimentos carregados das áreas impactadas a montante. Todas estas intervenções modificarão o tênue equilíbrio morfológico e ambiental daquela região e muitas vezes, a melhor alternativa de reabilitação seja tentar adequar a área impactada para imitar as condições previamente encontradas na região.

Por fim, a mineração é muito dependente dos preços e flutuações do mercado. Historicamente, podem-se observar variações nos ciclos de oferta e procura de produtos oriundos da mineração. Existem minas, cuja previsão de exploração era de 20 anos e que estão em operação por mais de 40 anos, ainda com previsão de operação por mais 20 anos, mudando completamente a situação final da lavra originalmente projetada.

NORMATIVA

De uma forma geral, cada PRAD deve se ater às necessidades

locais. No caso de obras de mineração, devem ser previstas todas as medidas necessárias para recuperação e restabelecimento das áreas que são degradadas no processo produtivo. Devem ser elencadas as particularidades bióticas e abióticas desses locais, impactos causados ao meio ambiente, além da sucessão proveniente da atividade exploratória. Assim, o PRAD deve ser embasado teoricamente, contemplando todas as variáveis ambientais de forma que não destoe do ecossistema da região.

O PRAD segue atualmente a resolução normativa N°4/2011 do Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), que define as premissas mínimas e orientações para todas as etapas contempladas no PRAD (elaboração, análise, aprovação e supervisão da eficiência do documento).

Essa norma prevê ainda a elaboração do PRAD simplificado, ou seja, um instrumento que deve atender às particularidades locais, mas que não necessita seguir as diretrizes integrais que regem a elaboração de um documento completo. Cabe ressaltar que, geralmente, cada estado pode especificar regras próprias, em função das características da área a ser explorada ou afetada.

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO

Toda técnica de remediação deve seguir uma estratégia. Nesse âmbito existem as estratégias cor-





Em foco



Divulgação Maccaferri

Soluções da Maccaferri aplicadas em obras de mineração

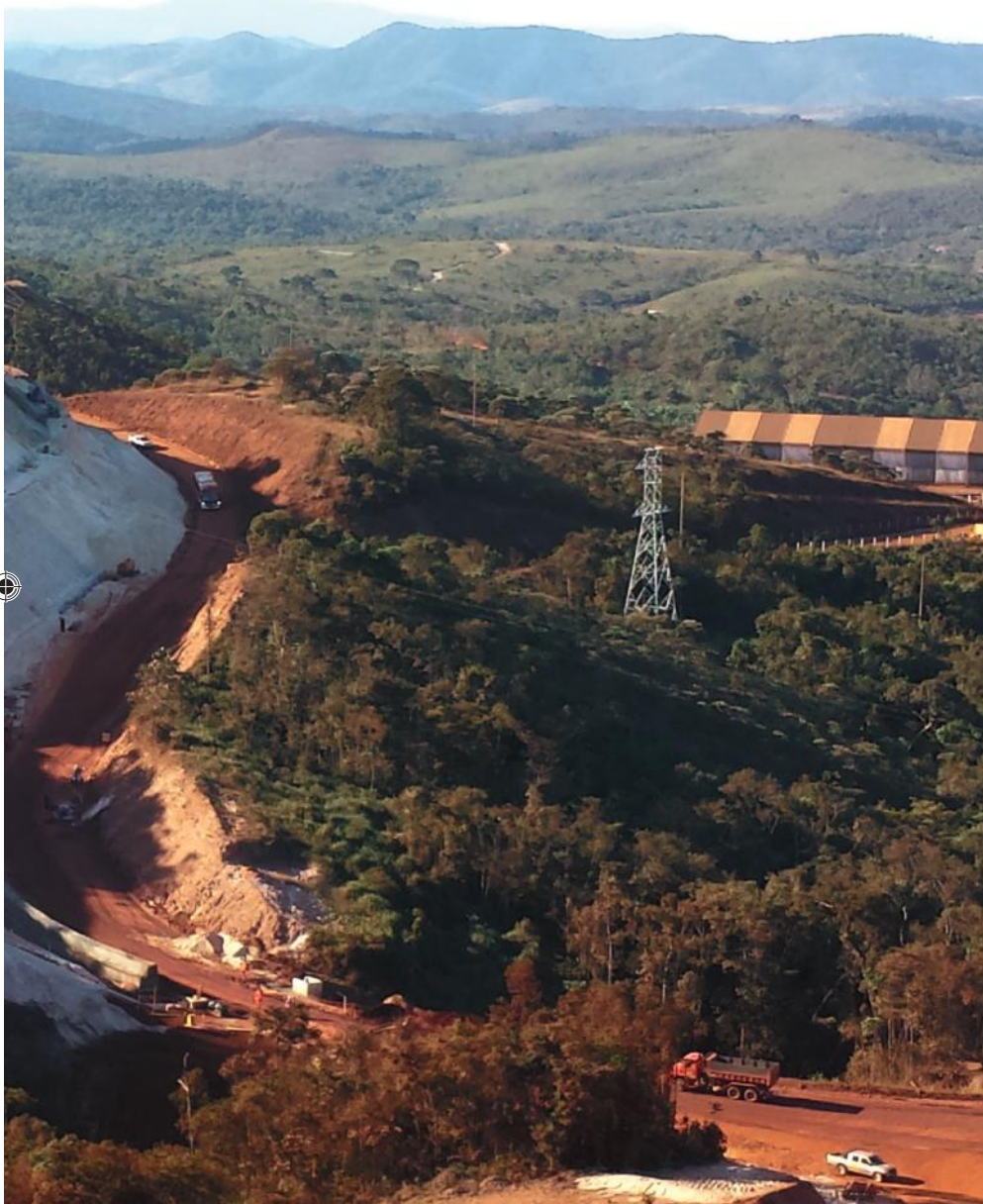
retivas, em que o problema é reconhecido e caracterizado, sendo identificados os locais potencialmente afetados pelo impacto da

atividade. No caso da eliminação de um passivo ambiental, são recomendadas estratégias de cunho preventivo e objetivo, suprimindo

o impacto da contaminação no solo e aquíferos, durante o encerramento das operações.

Considerando a vida útil da





mina, inúmeros passivos ambientais são gerados, comprometendo o tempo de operação caso não seja eliminado, então, nesses

casos é recomendada uma estratégia proativa, visando à solução imediata e previsão de problemas futuros. Podem ser necessárias em

qualquer etapa da atividade. Entretanto, quando há o fechamento de determinada área explorada, há uma maior urgência na adoção de medidas.

Para adoção de uma técnica determinada de recuperação, devem ser considerados os processos físicos, como movimentos de massa e erosão e, os processos químicos, como por exemplo, as drenagens ácidas oriundas da atividade. Desta forma, a mineração deve ocorrer em harmonia com o ecossistema buscando sempre a sustentabilidade.

Em termos de execução, as técnicas podem ser variadas, indo desde alterações nas rotinas operacionais, a ações mais brandas, que contemplam atividades de menor impacto. Nesse âmbito são consideradas passíveis de tratamento as áreas lavradas (cavas, frentes de lavra, trincheiras e galerias), locais para deposição de resíduos sólidos oriundos da exploração (pilhas de minério, estéreis, solos principalmente superficiais, bacias para beneficiamento do minério), espaços destinados à infraestrutura (unidades de beneficiamento, estocagem, além dos escritórios e vias de circulação).

Dessa forma, as técnicas de recuperação devem se ater, principalmente a duas metas distintas: uma recuperação provisória, que se refere às ações para manutenção da atividade, sem que haja uma recuperação definitiva da área; e a recuperação definitiva em si, ou seja, quando já existe a definição





Obras de mineração que utilizaram produtos da Maccaferri

Cliente: Vale S11D

Local: Canãa dos Carajás (PA)

Solução: Terramesh para contenção de talude

Cliente: Anglo American – MG

Local: Barão de Cocais

Solução: SteelGrid para contenção de e proteção de taludes rochosos

Cliente: CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) – MG

Local: Congonhas

Problema: a CSN precisava executar um muro de contenção para ampliação do “Drive Unit”, que é um britador primário em sua mina Casa de Pedra, localizada em Congonhas (MG). A CSN contratou os serviços do Grupo MPE e Araguaia Engenharia para executar o muro com seção crítica de 13 m de altura e 102 m de extensão, o qual deveria suportar um guindaste de montagem de 250 toneladas trabalhando muito próximo ao paramento frontal da contenção. O projeto inicial indicava a solução em concreto à flexão, porém as empresas contratadas buscaram outras soluções que fossem tecnicamente confiáveis, de rápida execução, pois o cronograma já estava atrasado e o custo competitivo para apresentar ao cliente CSN.

Solução: por meio da filial de Belo Horizonte (MG), a Maccaferri do Brasil teve a oportunidade de discutir a solução técnica que contemplava um muro em *Terramesh System* associado com camadas reforçadas pelas geogrelhas MacGrid® WG 200. Devido à rápida execução da solução em *Terramesh System*, a possibilidade de utilização do solo local para o aterro arrimado, a facilidade executiva e o melhor custo em relação à solução inicial de concreto à flexão, a solução Maccaferri foi viabilizada com sucesso, juntamente com um contrato *Turn Key*.

do futuro uso pretendido para o solo. As medidas disponíveis para recuperação podem ser divididas em termos da área-objeto e acabam por estar alinhadas à própria estabilidade da obra geotécnica.

O controle de taludes e das águas é um fator importante para alcançar a estabilidade de áreas mineradas. Em situações de mineração a água (principalmente as subterrâneas) são um dos fatores que mais geram instabilidade. Isto se manifesta por meio

de deslizamentos de superfície e transporte de partículas ou movimentos de massa dos depósitos estéreis e/ou taludes das cavas, em virtude da saturação e/ou das condições lubrificantes da água, causando sedimentação nos cursos das águas. As técnicas para controle da sedimentação nos cursos de água e controle de taludes são as seguintes:

- Instalação de represas ou escavações de lagoas para facilitar a deposição do sedimento proveniente da

lavra, antes que este se deposite nos córregos ou rios;

- Recomenda-se que, caso ocorra problema de assoreamento, deve-se remover do leito natural o entulho já depositado, o que envolverá catação de grandes blocos, limpeza com retroescavadeira etc. O trabalho de desmonte hidráulico é inadmissível sem prévia decantação em barreiras adequadamente dimensionadas e construídas com as mais diversas tecnologias disponíveis. O mais adequado é a construção de barragens com estéril provenientes da mina;

- As áreas já conturbadas devem ser recuperadas progressivamente, sem esperar seu abandono após a mineração. A área minerada deve ficar exposta o mínimo de tempo possível, reduzindo assim, os impactos ambientais e também os custos futuros com as obras de descomissionamento da mina;

- O estéril deve ser depositado de maneira controlada, envolvendo uma camada drenante na base da pilha, algum tipo de drenagem interna, uma base estabilizada de rocha, bancadas que drenem de fora para dentro e para as laterais do depósito;
- A construção de terraços também é reconhecida como uma prática viável para a recuperação de áreas degradadas pela mineração. A formação de terraços aumenta a estabilidade e favorece a recuperação. A largura dos terraços costuma variar de três a 15 m, com uma média de 10 m. A distância vertical varia de oito a 20 m, deve-se evitar o alto grau de declividade entre os terraços;





- Construir terraços ou banquetas com solo compactado e coberto com vegetação vigorosa ao pé das escavações da mineração. Estes terraços diminuirão a velocidade da enxurrada e receberão seus depósitos de sedimentação antes que estes atinjam o curso d'água.

DESAFIOS GEOTÉCNICOS NA MINERAÇÃO

Durante a vida útil de uma mina há muita geração de resíduos sólidos significativos, compostos principalmente por estéréis e rejeitos, o que impacta o meio ambiente qualitativa e quantitativamente. A geração de custo na própria atividade exploratória e produtiva, alinhada ao aprimoramento das técnicas de exploração permitiu o aproveitamento de minérios de baixo teor econômico, gerando um aumento substancial nos volumes de rejeito.

O principal desafio encontrado em projetos geotécnicos aplicados à mineração é reflexo da metodologia de disposição dos materiais, que consideram fatores operacionais e características locais de condicionamento sendo, portanto, projetos únicos, apesar de terem uma base teórica semelhante. Outro ponto são as diversas metodologias disponíveis para disposição do rejeito, garantindo grande heterogeneidade em termos de propriedades geotécnicas que devem ser contempladas nos projetos.

As barragens de contenção têm sido escolhidas como principal es-

Estágios de recuperação das áreas degradadas (Adaptado de Sánchez, 2005)



Sánchez, 2005

trutura para a disposição final desses materiais, devido ao próprio material gerado (estéril e rejeito de beneficiamento). Em contrapartida há o impacto ambiental e os elevados custos envolvidos, principalmente nos processos de contenção e aproveitamento da água no processo produtivo, resultando em um grande desafio na recuperação dessas áreas.

Uma alternativa adotada por empresas no mundo e também brasileiras trata da disposição de resíduos em áreas já mineradas, por meio da codisposição ou disposição combinada (rejeitos e estéréis). Vale lembrar que essa e outras alternativas demandam estudos geológico-geotécnicos detalhados baseados na planta de beneficiamento e nas condições de disposição do rejeito.

Outro desafio encontrado durante a execução de uma obra

geotécnica e/ou hidrogeológica em áreas de mineração, tem sido a falta de mão de obra especializada e com experiência necessária para acompanhar as obras. Na mineração muito tem se falado em falta de “senioridade”, ou seja, no Brasil não há muitos profissionais sêniores suficientes para atender a todas as demandas de geotecnia e hidrogeologia, principalmente nas obras e serviços ligados as barragens e as atividades de rebaixamento de lençol freático. Isso também afeta os órgãos de licenciamento ambiental, principalmente a nível estadual, dificultando e atrasando as análises de processos ligados a mineração.

VANTAGENS E LIMITAÇÕES

As principais vantagens das atividades de geotecnia e hidrogeologia na mineração são as possibilidades





de aumento das reservas de minério, uma vez que, os projetos levem em consideração e deem a devida importância às premissas geotécnicas e hidrogeológicas das minas, permitindo avanços de lavra mais audaciosos e com a devida segurança operacional e ambiental.

Ainda falando-se em vantagens e desvantagens dos estudos e obras geotécnicas e hidrogeológicas na mineração, podemos destacar a questão do uso futuro das áreas mineradas, já que, a estabilidade (taludes, saturação do solo, qualidade das águas, etc.) é a principal premissa para definição de novos usos da área após a devida regeneração, conforme representado no diagrama adaptado de Sanches, 2005.

PRODUTOS E TECNOLOGIAS

A empresa Maccaferri dispõe de uma linha completa de geossintéticos produzidos no Brasil, como geomembranas, geogrelhas, geotêxteis e geocomposto para drenagem, dentre outros. Além da linha de produtos confeccionados em malha hexagonal de dupla torção, como gabiões, sistema de contenção para solo reforçado Terramesh e um completo sistema denominado MacRo (*Maccaferri Rockfall Protection*) de malhas metálicas de alto desempenho e barreiras de impacto para controle e combate contra queda de rochas.

Para o gabião existem inúmeras aplicações, sendo geralmente usado para formar estruturas flexíveis, permeáveis e monolíticas, tais como

muros de contenção, canalizações retangulares e trapezoidais e grandes contenções para britagem. Recentemente as malhas que confeccionam os gabiões receberam um novo revestimento metálico chamado Galmac® 4R, que proporciona maior durabilidade e vida útil, além de maior desempenho técnico e funcional as obras geotécnicas, diminuindo eventuais intervenções e manutenções, o que é muito importante para o segmento da mineração, que preza por eficiência em suas obras.

IMPACTO

Considerando que a questão ambiental, de longa data, vem sendo negligenciada em diversos empreendimentos e em anos recentes vem gradativamente ganhando espaço é irreversível a prática de estudos e desenvolvimento de projetos sustentável em obras de grande impacto como a mineração. Não é possível deixar de minerar, já que é um dos setores básicos de grandes economias mundiais, inclusive a brasileira, mas isso deve ser feito de forma sustentável.

No ano de 2013, o PIB (Produto Interno Bruto) da atividade chegou a 5% do percentual nacional e apesar da especulação do crescimento ser lento ou rápido para os próximos anos, a mineração ainda se faz presente na geração de recursos importantes para o desenvolvimento nacional, pois agrega produtos essenciais à sociedade, fornecendo bens minerais que resultam em produtos e serviços, permitindo o desenvolvi-

mento de áreas despovoadas ou de pouco desenvolvimento.

Como toda atividade que necessita o manejo de grandes áreas, o impacto ambiental é muito grande, podendo ser inerentes ou não à atividade, gerando impasses e embates entre as mineradoras e a sociedade, quando não é devidamente remediado. Nesse sentido é necessário unir a atividade mineradora com a sustentabilidade, por meio de conceitos como a utilização dos recursos não-renováveis, admitindo que exista seu restabelecimento sob taxa natural, potencializando a eficiência na utilização desses recursos, além de manter a geração de resíduos ao meio ambiente em níveis adequados.

Atualmente existem no Brasil, principalmente em Minas Gerais (estado tipicamente minerador) diversos fóruns, grupos multidisciplinares e projetos de pesquisas com o objetivo de estudar e desenvolver uma mineração cada vez mais sustentável, principalmente para as comunidades que serão muito impactadas, do ponto de vista socioeconômico, após a exaustão das minas, a exemplo do QFe2050 (Quadrilátero Ferrífero) que vem sendo desenvolvido pela Escola de Minas da UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto) e do Projeto Nova Mineração pela parceria FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) / CEFET-MG (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais). ■





> **EDUARDO ANTONIO GOMES MARQUES** é geólogo pela UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), possui mestrado e doutorado em Geologia pela mesma instituição. Atualmente é professor titular da UFV (Universidade Federal de Viçosa) nas disciplinas Geologia de Engenharia e Mecânica das Rochas (graduação) e Geologia para Engenheiros, Mecânica das Rochas Avançada e Impactos Ambientais em Obras de Engenharia (pós-graduação). É colaborador em diversas revistas como: *Soil & Rocks*, *Engineering Geology*, *Journal of Geological Resource and Engineering* e da Revista *Geotecnia*, sendo ainda membro do Conselho Editorial da Editora UFV.

> **FABIANO JERÔNIMO MOREIRA SOSSAI** é engenheiro civil pela UFV, (2003) e mestre em Engenharia Civil (2006) também pela mesma instituição. Atua na coordenação e elaboração de projetos na área de mineração desde 2003. É sócio-diretor, engenheiro e consultor de obras geotécnicas na empresa GEOFT Engenharia e Consultoria.



> **MARCIO FERNANDES LEÃO** é geólogo pela UFRJ, possui MBA (Master of Business Administration) em Gerenciamento de Projetos pela USP (Universidade de São Paulo), É mestre em Geotecnia pela UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), mestre e doutorando em Geologia de Engenharia e Ambiental, pela UFRJ. Atualmente é pesquisador do LEMETRO (Laboratório de Experimentos em Mecânica e Tecnologia de Rochas) da UFRJ, membro do Conselho Editorial e coordenador da seção "Geotecnia Ambiental" da Revista *Fundações & Obras Geotécnicas*.

> **MARCUS VINÍCIOS ANDRADE SILVA** é geólogo pela Escola de Minas da UFOP, especialista em Hidrogeologia pela UFBA (Universidade Federal da Bahia) e pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela PUC-Minas (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais). Atualmente é hidrogeólogo sênior da empresa Vale Fertilizantes S.A. e professor de Hidrogeologia do Instituto Minere. Paralelamente às atividades profissionais desenvolve projetos científicos ligados à geologia e hidrogeologia de terrenos cársticos como sócio pesquisador do Instituto do Carste e participa do Projeto Nova Mineração da FAPEMIG/CEFET-MG.



> **SANDER ELIAS RODRIGUES** é engenheiro civil e mestre pela UFOP e especialista em Gestão de Projetos pela FDC (Fundação Dom Cabral). Atualmente é o coordenador responsável pelo desenvolvimento dos mercados de Mineração e Ambiental na empresa Maccaferri Brasil.

