

FECHAMENTO DE MINA CASO MINA VERDINHO

Andre Cezar Zingano - Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS;
andrezin@ufrgs.br

Jair Carlos Koppe - Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS;
jkoppe@ufrgs.br

Jorge Gavronski - Universidade Federal do Rio Grande do
Sul/UFRGS;jorge.gavronski@ufrgs.br

Roger Romão Cabral -Agência Nacional de
Mineração/ANM;roger.cabral@anm.gov.br

Resumo

Fechamento de mina é um assunto que vem sendo discutido cada vez mais. Para demonstrar o problema, é apresentado o caso da Mina Subterrânea de Carvão, Mina do Verdinho/Criciúma, que paralisou suas atividades em 2015 causando impactos ambientais, sociais e jurídicos. O trabalho descreve a situação no site, as perspectivas das minas da região e o trabalho desenvolvido pela Agência Nacional de Mineração com a assessoria da UFRGS para aprimorar a legislação brasileira sobre a questão.

Palavras-chave: descomissionamento; mina; carvão; impactos

Abstract

Mine closure is an issue that is being discussed more and more. To demonstrate the problem, we present the case of the Underground Coal Mine, Mina do Verdinho / Criciúma, which paralyzed its activities in 2015 causing environmental, social and legal impacts. The work describes the situation on the site, the prospects for the region's mines and the work carried out by the National Mining Agency with the assistance of UFRGS to improve Brazilian legislation.

Keyword: decommissioning; mine; coal; impacts

INTRODUÇÃO

A mineração é classificada como de alto impacto no meio ambiente, pode criar riqueza, mas também grandes distúrbios. Entre os seus aspectos mais controversos estão o potencial de

acidentes, como os registrados ao longo da história, e as alterações na qualidade de água e no ar na sua região de influência. A atividade depende de uma jazida com reservas finitas que vai operar por um tempo limitado. Seus efeitos, entretanto, normalmente persistem no tempo, depois de finalizadas as atividades de mineração.

Como fica a situação social e ambiental após a finalização da atividade de mineração é uma questão que vem sendo discutido com maior intensidade nos últimos 10 anos. Em termos mundiais, é uma tendência que as instituições reguladoras de governo, imponham requisitos crescentes às empresas para iniciar um novo projeto de mineração, condicionado a existência de um plano que minimize os impactos do empreendimento quando ocorrer a paralisação, por razões econômicas, legais ou esgotamento da jazida.

O fechamento da mina encerra as atividades de desativação e reabilitação das áreas impactadas, marcando o início da fase de monitoramento e manutenção das medidas implantadas. Diversos posicionamentos são apresentados e discutidos em congressos, tem sido consenso que o plano de fechamento deve acompanhar toda a vida operacional de uma mina, para ser bem sucedido ao final.

No presente, poucas minas foram fechadas de acordo com algum plano preconcebido. As ações de fechamento ainda são confundidas com atos para reabilitar áreas perturbadas. A experiência ainda é raramente compartilhada com profissionais do setor e o conhecimento adquirido, nesse domínio, ainda carece de uma abordagem sistemática. Lembramos que os textos de engenharia de minas publicados há vinte anos raramente mencionavam o “descomissionamento” ou o fechamento como estágios ou marcos na vida útil de uma mina.

Para dar luz ao assunto esse artigo tem como objetivo apresentar como referência a área abandonada da mina subterrânea de carvão, “Mina do Verdinho” no Estado de Santa Catarina, município de Forquilha que cessou suas atividades em 2015 com forte comoção social deixando grandes passivos ambientais.

HISTÓRICO DO EMPREENDIMENTO, LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS DO PROBLEMA

As jazidas de carvão, em Santa Catarina, se localizam na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná nas áreas das bacias hidrográficas formadas pelos rios Tubarão, Urussanga e Araranguá (Krebs/CPRM, 1995). A mineração *no local*, ocorre desde o final do século dezenove. Durante os anos da primeira e a segunda grandes guerras o carvão na região teve grande destaque, pela impossibilidade de importações, e propiciou condições para a consolidação da indústria carbonífera. Entre os anos de 1930 e 1960 a produção do carvão ocorria em cerca de oitenta pequenas empresas e era destinada principalmente ao transporte ferroviário e à navegação. Contribuíram para o fortalecimento da cadeia produtiva, a construção da Ferrovia Dona Tereza Cristina, a partir de 1884, e os portos de Laguna e Imbituba. Cabe observar que 25% do carvão minerado eram aproveitados e os 75% restantes era rejeito depositados sem técnica especial ou legislação seguindo a lógica econômica de cada minerador.

Segundo o DNPM, no período de 1972 a 1989 ocorreu 80% da extração do carvão ROM (*Run of mine*). Nesse tempo, o carvão passou a ser explorado em minas de grande porte com extração mecanizada e construção de novas usinas de beneficiamento.

Depois, em 1990, o governo federal fomentou a desregulamentação da atividade ligada a cadeia produtiva do carvão. Estabeleceu, entre outras medidas, o fim da obrigatoriedade de consumo do carvão nacional pela indústria siderúrgica, a importação de carvão com alíquota

zero, privatização da empresa estatal Cia Próspera, subsidiária da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e a sua retirada das atividades ligadas ao carvão nacional. Nesse contexto, foi desativada toda a parte estatal do complexo carbonífero em Santa Catarina: foram fechadas unidades de extração (minas) e beneficiamento (Lavador de Capivari de Baixo). Também, a Petrobrás desativou a Indústria Carboquímica Catarinense (ICC) e o porto de Imbituba parou de exportar o carvão metalúrgico. O complexo formado pelas usinas termelétricas foi privatizado e a ferrovia, concedida à iniciativa privada. As empresas mineradoras reduziram 60% seu faturamento e foram fechadas várias minas, com a demissão de milhares de trabalhadores. Estima-se tenha reduzido de mais de 30 mil para menos de cinco mil o número de trabalhadores das minas em poucos anos, entre 1980 e 1992 (SANTOS, 2008).

Somente a partir de 1997, a indústria do carvão na região alcançou uma relativa estabilização com a conclusão da Usina Jorge Lacerda IV, que aumentou o consumo de carvão energético e garantiu a continuidade do setor na região. Atualmente a Usina Termelétrica Jorge Lacerda que consome apenas carvão produzido no Brasil é o maior complexo termelétrico a carvão da América Latina. A energia produzida é distribuída no sistema nacional de transmissão de energia controlado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Cabe registrar também na história da região o acidente, em 1984, que se configurou como uma grande tragédia da mineração brasileira. Uma explosão matou 31 trabalhadores. Segundo perícias realizadas, o acidente teria acontecido pelo acúmulo de gás metano e estaria associado à falta de ventilação adequada na mina. Até os dias de hoje muitos acidentes continuam ocorrendo nas minas de carvão da região, apesar do avanço nas tecnologias, legislação e desenvolvimento dos controles governamentais.

A partir das décadas de 1980 e 1990 os temas ambientais começam a ser incorporados a necessidade de conciliar a produção e uso do carvão mineral com a preservação do meio ambiente. A indústria do carvão havia configurado passivos ambientais em cerca de 5.000 hectares e nos recursos hídricos da região. Em 1993 o Ministério Público Federal (MPF) moveu uma ação pública (ACP nº 93.8000533-4) contra as empresas mineradoras alcançando também a cadeia produtiva composta pela ferrovia, empresa siderúrgica e a usina termelétrica. Alcançou também o Governo da União por entender não ter executado a fiscalização de forma eficiente. O objetivo principal da ação do MPF foi obrigar a recuperação ambiental dos passivos deixados pela mineração que teve como consequência os “Termos de Ajustamento de Conduta” firmados que obrigaram o setor carbonífero a adequar o controle ambiental das diferentes etapas dos processos de produção, e mitigar, conforme um plano de trabalho, os passivos ambientais das décadas anteriores.

No presente, a cadeia produtiva do carvão em Santa Catarina se apresenta com dificuldades de sobrevivência e dificuldades para viabilizar e licenciar novos projetos mineiros. O complexo das usinas termelétricas, controlado pela ENGIE Brasil Energia, principal consumidor do carvão, está com muitas das suas plantas térmicas em fim de vida útil, algumas com mais de 50 anos de operação, que apresentam dificuldades de competitividade face a baixa eficiência das usinas antigas. A continuidade da operação, depende de uma determinação legal presente nas tarifas de luz dos consumidores. Recursos da “Conta de Desenvolvimento Energético (CDE)”, incentivo para as térmicas antigas que utilizam carvão, cujo prazo de aplicação expira em 2027. Caso os investimentos de modernizações não sejam feitos, poderá provocar a desativação do parque térmico de 1.227MW até 2027. Nesse caso, toda a cadeia produtiva do carvão na região será comprometida com conseqüente perda de movimento econômico, desemprego nas regiões mineradoras afetando cerca de 21 mil empregos diretos e indiretos (Zancan, 2019). Diante da situação, as mineradoras e a cadeia produtiva não investe em novas tecnologias e modernização das operações. Os elevados recursos econômicos necessários para a “Compliance Ambiental” – parecem não ser viáveis com as usinas antigas.

As recuperações do passivo ambiental deixado pela atividade carbonífera na região dependem dos recursos gerados pela cadeia produtiva em atividade. Neste contexto devemos ressaltar que muitas minas já se encontram com suas reservas próximas da exaustão e que o licenciamento de novas minas está condicionado pelo Ministério Público a existência de legislação que permita securitizar os novos passivos ambientais gerados.

O fechamento das usinas e das seis minas em atividade, pode repetir em escala muito maior o ocorrido com a paralização da Mina do Verdinho da Carbonífera Criciúma em 2015 que deixou empregados sem rescisão, dívidas com fornecedores, grande passivo ambiental e processo jurídico que se arrasta, ainda longe de finalizar.

CASO DA 'MINA DO VERDINHO'

A “Mina do Verdinho” foi uma mina de carvão cujas reservas foram exauridas após aproximadamente 30 anos de lavra no subsolo.

A empresa “Carbonífera Criciúma”, abandonou suas instalações no site localizado no município de Forquilha próximo à cidade de Criciúma, em uma área rural com áreas de cultivo de arroz no seu entorno (Figura 1). Foram abandonadas as instalações de acesso ao subsolo (plano inclinado, poço vertical) e as galerias com equipamentos.

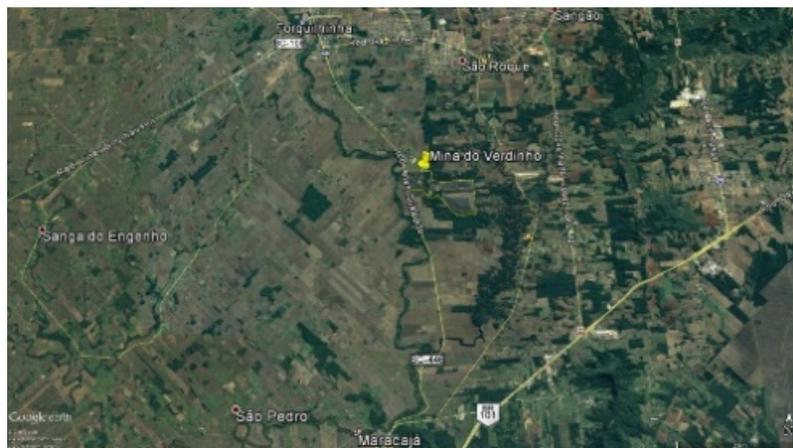


Figura 1 - Localização da Mina do Verdinho. A mina está localizada em área rural do município de Forquilha, SC.

Na superfície foram abandonadas escritórios, oficinas, instalações de beneficiamento e as áreas de deposição de rejeitos, bacias de decantação e canais de drenagem (Figura 2).

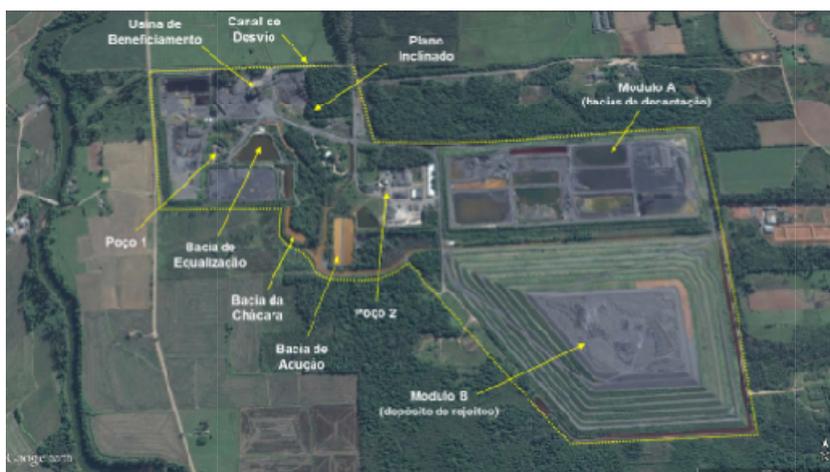


Figura 2 – Vista aérea da Mina do Verdinho com as instalações de superfície, os depósitos de rejeitos, as bacias de decantação e os canais de drenagem.

EMPRESA MINERADORA E HISTÓRICO

No primeiro semestre de 2015, a empresa concessionária Carbonífera Criciúma S.A., paralisou a produção do carvão, remanescendo os empregados sem pagamento rescisório e dívidas com fornecedores. Teve como consequência também, a paralização de todas as atividades para mitigar danos ambientais como tratamento de efluentes, manutenção de depósitos de estéril e bacias de decantação, monitoramento ambiental das águas de superfície e do aquífero subterrâneo superficial.

Um grupo de mineiros procurava manter o sistema de bombeamento operando com a esperança da retomada das atividades de lavra, e resgate de equipamentos para ressarcimento dos pagamentos devido pela empresa.

Em fevereiro de 2016, a inspeção da Agência Nacional de Mineração/ANM relatou que não havia técnicos responsáveis trabalhando, não existência de Plano de Fechamento de Mina, depósitos de rejeitos grosseiros sem cobertura com potencial gerador de drenagem ácida, escorregamento em taludes das bacias de decantação e potencial de instabilização. Na ocasião, foi constatado que o sistema de bombeamento no subsolo estava atendendo apenas 20% da necessidade e ocorrência de alagamentos nas galerias. A ventilação em subsolo era precária, o sistema de escoramento estava sem inspeção e já apresentava sinais evidentes de falta de manutenção. Na ocasião, foi lavrado pela ANM um auto de interdição. O auto foi embasado no fato de que pessoas estavam acessando o subsolo sem condições de segurança, expondo assim suas vidas a riscos de acidentes fatais.

O bombeamento parcial da mina do Verdinho foi mantido até o dia 21/07/2016 quando houve a interdição pelo Ministério Público do Trabalho (Termo de Interdição 350818/0721/2016) com a identificação que havia situação de grave e iminente risco à saúde e integridade física dos trabalhadores. Toda a água bombeada nesse período foi jogada nos cursos d'água sem nenhum tipo de tratamento.

O Ministério Público Federal (MPF) ajuizou, em 2016, uma ação contra os sócios da mineradora. A ação alcançou também as empresas que compravam o produto da mina e a Cooperativa de Eletrificação, responsável pela rede elétrica do local. O MPF também chamou para responder à ação a União, a ANM, o Estado de Santa Catarina, a Fundação do Meio Ambiente do Estado (FATMA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) e os municípios de Criciúma e Forquilha. O MPF sustentou

que se os danos ambientais fossem concretizados, haveria consequências gravíssimas e imensuráveis ao meio e à saúde pública.

A ação foi acolhida pela justiça e teve sentença condenatória aos acusados, em primeira instância, que recorreram. O processo segue tramitando na 4ª Vara Federal de Criciúma.

Posteriormente, o Ministério Público designou um perito para avaliar as condições da Mina Verdinho que apresentou seu relatório em julho de 2018.

Após isso, praticamente a situação não mudou no local. Uma parte da área, na superfície, foi autorizada para lavrar o rejeito pelo MPF local. A mina ficou totalmente inundada, não tendo ocorrido “surgências” na superfície. O monitoramento de vários poços definidos no âmbito desse projeto continuou a ser feito e novos dados foram adicionados aos já conhecidos.

“TERMO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA’ TDCCOM A UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DOSUL

A ANM visando o seu melhor assessoramento para a situação firmou com a UFRGS em abril de 2018 o projeto denominado “Estudo para avaliação de Plano de Fechamento de Minas” que se estendeu até 31/12/2019. O objetivo foi a realização de estudos técnicos sobre planos de fechamento de mina, em especial voltado à mineração de carvão. Foram consideradas soluções e alternativas para o descomissionamento de uma mina subterrânea visando o aperfeiçoamento das ações de controle e fiscalização da ANM para o desenvolvimento sustentável da mineração do país.

ATIVIDADES REALIZADAS RELATIVAS AO PROJETO

A equipe técnica da UFRGS realizou várias reuniões com técnicos da ANM, com empresas e instituições governamentais e privadas ligadas à mineração discutindo temas voltados ao fechamento de minas, abandono de minas e questões ambientais e de sustentabilidade da mineração.

Foram realizadas visitas ao site da Mina do Verdinho e reuniões técnicas na cidade de Criciúma com os grupos de trabalho do Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina.(SIECESC) e Sociedade de Assistência aos Trabalhadores do Carvão (SATC)

Foram realizados vários encontros entre pesquisadores, técnicos da ANM e empresas de mineração, relativo a fechamento de Mina, visando o aperfeiçoamento da legislação e a ação de fiscalização da Agência Nacional de Mineração. Essa ação permitiu a apresentação da proposta de aperfeiçoamento da NRM 20.4 – Norma Regulamentadora de Mineração, no seminário organizado em conjunto com a ANM, nas dependências da UFRGS em 13/12/2018, participaram do seminário vários técnicos das empresas mineradoras do Brasil.

Considerando a tradição mineira e experiência normativa, reconhecida mundialmente do Chile foram realizadas em novembro de 2019, reuniões técnicas e visitas às instalações mineiras, universidades e organizações governamentais desse país pelos pesquisadores da UFRGS e técnicos da ANM. Destacamos que no Chile a legislação de fechamento de mina está em vigência desde 2011. Além das reuniões, foi feita uma visita técnica na Mina de Chuquicamata, uma das maiores minas do mundo, onde foram observadas as ações de fechamento de mina em andamento e a evolução do controle em barragens de rejeitos.

Ao final de dezembro 2019 foi apresentado um relatório final sobre a situação ambiental atual na área da mina do Verdinho com a indicações de medidas mitigadoras dos impactos ambientais que existem na área.

Os principais documentos que serviram de base para o trabalho foram:

- Relatório sobre proposição de tratamento e controle de águas de superfície e subsolo, sob coordenação do prof. Jair Koppe
- Relatório de equipe de peritos para o MP e Justiça Federal, coordenado pelo Perito Carlyle Torres Bezerra de Menezes
- Relatórios de monitoramento do SIESESC para a ENGIE, coordenado pelo Eng. Marcio Zanuz
- Relatórios da ANM sobre a área em estudo
- Arquivos da empresa que foram resgatados dos profissionais que trabalharam na empresa Carbonífera Criciúma S.A antes do abandono.
- Dados do monitoramento da água subterrânea e lençol freático em termos de variação do nível de água na área da mina do Verdinho realizada pela equipe do SIESESC.

Para aumentar o conhecimento da situação no site da Mina do Verdinho, foram realizados os seguintes trabalhos:

- Levantamento topográfico e fotográfico da área;
- Estimativas dos volumes de rejeitos dispostos na superfície da mina do Verdinho, avaliação da área já coberta por vegetação da pilha de rejeitos;
- Mapeamento das drenagens da pilha e de superfície;
- Teste de drenagem ácida do rejeito;
- Medida de poder calorífico do rejeito;

Construção de mais um poço de monitoramento de nível d'água e qualidade em áreas que ainda não estavam contempladas por monitoramento. O monitoramento foi acompanhado.

Considerações sobre questões relevantes estudadas no “**Termo de Cooperação Técnica**” **TDC com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA: A DÚVIDA DO BOMBEAMENTO

Uma das questões colocadas inicialmente era a necessidade de bombeamento ou não das águas da mina do Verdinho. Os principais aspectos mencionados para a necessidade de bombeamento estavam relacionadas com: (i) necessidade de remoção de equipamentos que ficaram no subsolo; (ii) necessidade de acessar áreas já lavradas e com processos de desabamento para tentar isolar painéis no subsolo e, também, para selar fraturas diminuindo o processo de interação entre o aquífero profundo e o superficial; (iii) necessidade de remover óleo mineral do subsolo, presente principalmente nos transformadores para evitar uma maior contaminação das águas subterrâneas; (iv) decisão de manter permanentemente ou parcialmente o bombeamento das águas de mina para evitar surgências na superfície pela interação entre o aquífero profundo com o superficial.

A outra possibilidade era deixar a mina inundar, prática usual na maioria das minas fechadas de carvão em Santa Catarina ou em outros países como USA, Inglaterra, Alemanha, Polônia, França, África do Sul.

Considerando-se os cenários foi apresentada uma análise das duas condições avaliando para o caso particular qual a melhor solução a ser adotada. Para isso, foram feitas considerações sobre as características geoquímicas dos processos envolvidos, o modelo hidrogeológico, a qualidade da água dos aquíferos existentes, o potencial de poluição e de surgência de águas de mina em superfície, as condições de segurança operacional e os

principais aspectos para efetivação de bombeamento e tratamento da água de mina para diferentes cenários.

GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS DE MINAS DE CARVÃO

Água subterrânea é usualmente conhecida como a água que ocorre no ambiente geológico situado abaixo da superfície do terreno. Considerando essa concepção, água de mina nada mais é do que um tipo de água subterrânea a qual está submetida aos mesmos processos geológicos do que uma água “normal” subterrânea. A composição dessas águas de mina pode ser altamente variável, algumas são alcalinas, outras ácidas, podem ser ricas em alumínio, ferro ou outros metais ou mesmo serem limpas, com poucos metais e pH neutro. Portanto, cada água subterrânea ou de mina tem uma assinatura geoquímica particular, derivada da interação de vários processos ao longo do caminho de fluxo dessas águas.

Ocorre a interação da água com a rocha que ela percola, gerando processos geoquímicos que tendem a resultar em consumo de O_2 e CO_2 dissolvido, elevação do pH e produção de alcalinidade e liberação de cátions base. Também, podem ocorrer misturas de água de diversos aquíferos, p.e, mistura com formações de águas salinas ou misturas com águas superficiais salinas, ou de aquífero profundo com o aquífero superficial.

As principais reações envolvendo água e fases minerais em subsolo são: dissolução, troca de íons, reações ácido-base e redox. As reações ácido-base são muito importantes, pois afetam os minerais mais comuns formadores de rocha como feldspatos e carbonatos. Essas reações tendem a consumir CO_2 e elevar o pH, liberar alcalinidade de bicarbonatos e cátions base. Frengstad & Banks (2000) indicam que em águas subterrâneas normais esse tipo de reações é dominante, resultando em águas neutras a ligeiramente alcalinas, dominadas por cátions base (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+) e bicarbonatos.

No ambiente de água subterrânea, o conteúdo de minerais oxidáveis (pirita) é tão baixo ou o acesso de espécies oxidáveis é tão pobre, que reações ácido-base (as que consomem prótons) dominam sobre as reações de oxidação e redox. Por isso, águas subterrâneas normais tem tipicamente pH neutro a ligeiramente alcalino, dominado por cátions base e bicarbonato.

Quando se escava uma mina em subsolo é introduzida uma rápida circulação de oxigênio e água em profundidade na geosfera e nas zonas que podem ter alta concentração de minerais oxidáveis (sulfetos), permitindo dessa forma que reações de oxidação dominem. Surge então um dos caminhos para produção de drenagem ácida de minas (DAM). Essa reação pode ser representada pela oxidação da pirita.

A qualidade de uma água de mina é muito difícil de ser prevista, tendo em vista que muitas variáveis podem interferir. Mas, de um modo geral, pode-se estimar que águas de mina ácidas e contaminadas são características de locais não saturados, com rápida saída de água e disponibilidade de oxigênio (Figura 3).

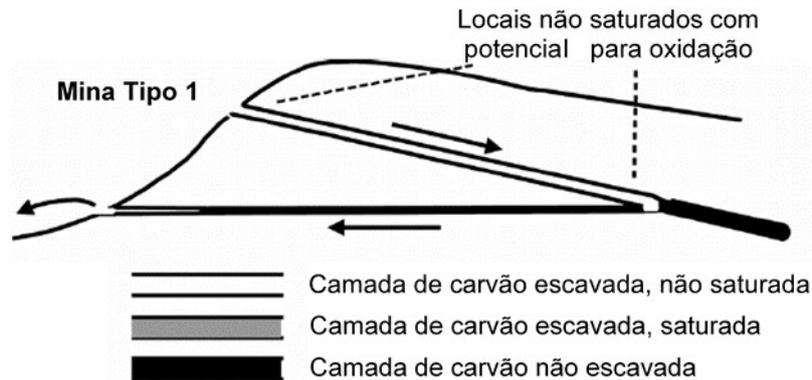
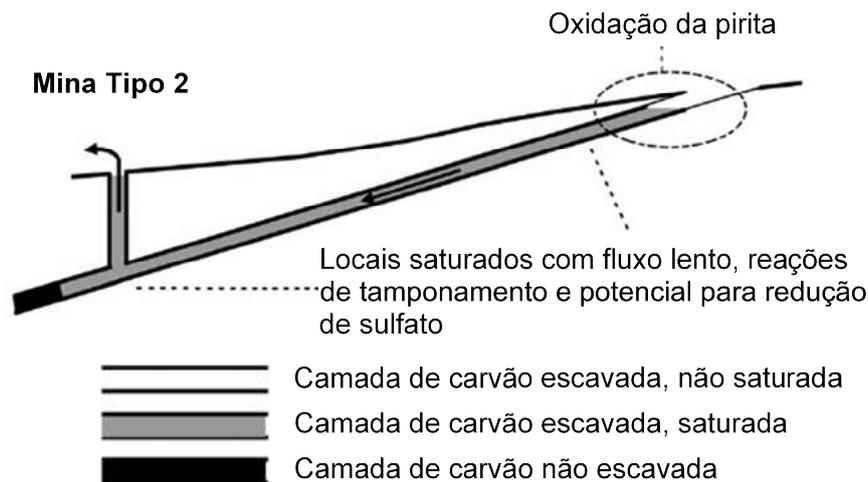


Figura 3 – Águas agressivas produzidas em áreas não saturadas sob condições de escavações drenadas. A surgência que ocorre na topografia tende a ser ácida com contaminantes produzidos pela oxidação da pirita nas camadas de carvão nas áreas não saturadas.

Minas de carvão inundadas, com restrito acesso de oxigênio e fluxo de água lento são frequentemente caracterizadas por águas de mina mais neutras (Erro! Fonte de referência não



encontrada.).

Figura 4 – Águas de mina com características mais neutras surgem à jusante quando as condições de saturação e fluxo lento de água são atendidas.

HIDROGEOLOGIA DA MINA DO VERDINHO

Para uma adequada compreensão do problema que envolve as águas da mina do Verdinho e, também, para o estabelecimento de um adequado plano de fechamento de mina foi necessário se conhecer a hidrogeologia local. A partir dos dados disponíveis foi construído um modelo conceitual representado na Figura 55.

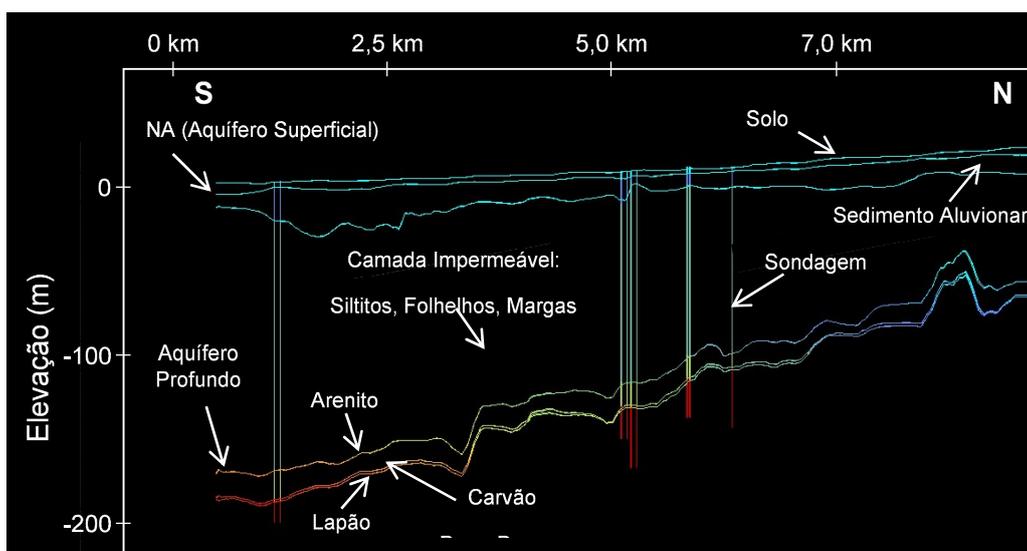


Figura 5 – Modelo hidrogeológico conceitual da mina do Verdinho.

Dois aquíferos são reconhecidos na mina do Verdinho: um superficial, vinculado a rochas aluvionares recentes e outro profundo diretamente relacionado com a camada de carvão Barro Branco, lavrada pelo método de câmaras e pilares. Uma camada de rochas impermeáveis separa os dois aquíferos representadas por siltitos, folhelhos e margas das Formações Palermo e Irati.

Schneider (2006) em sua dissertação de mestrado caracteriza a área como tendo um relevo suave (declividade de 1% para Sul, cotas de superfície variando de 10 a 20 m acima do nível do mar) drenado por duas microbacias, rio Mãe Luzia e rio Sangão, ambas tributárias da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá. A área está inserida em depósitos sedimentares de idade Quaternária, formando um extenso sistema de leques aluviais capeados por sedimentos argilosos associados à planície fluvial. Esse pacote de sedimentos encontra-se sobreposto a sequência Gonduânica de idade Pale-Mesozóica, conhecida como sequência Vulcano sedimentar da Bacia do Paraná, repousando sobre o escudo cristalino representado por granitoides de idade Proterozóica. Os aquíferos freáticos estão associados a dois pacotes sedimentares: os arenitos Permo-Carboníferos da Formação Rio Bonito e aos seixos Quaternários dos leques aluviais da Planície do Rio Mãe Luzia. Entre eles existia uma separação por pacote de rochas sedimentares impermeáveis, porém, com o avanço da mineração caminhos de conexão foram estabelecidos entre os dois aquíferos por meio de furos de sondagem, plano inclinado e poços e, até mesmo por lavras antigas com recuperação de pilares que com fissuramentos decorrentes do colapso de pilares e teto permitiu a interconexão desses aquíferos nas áreas afetadas.

O aquífero profundo está condicionado por arenitos laminados e arenitos do teto e da lapa da camada de carvão Barro Branco e o aquífero superficial está contido essencialmente nos depósitos aluvionares. Um espesso pacote de material impermeável separa os dois aquíferos. (Para permitir uma melhor visualização a figura está com um exagero vertical de 25x).

O monitoramento do aquífero relacionado com os leques aluviais, aquífero superficial, era feito por 17 piezômetros (

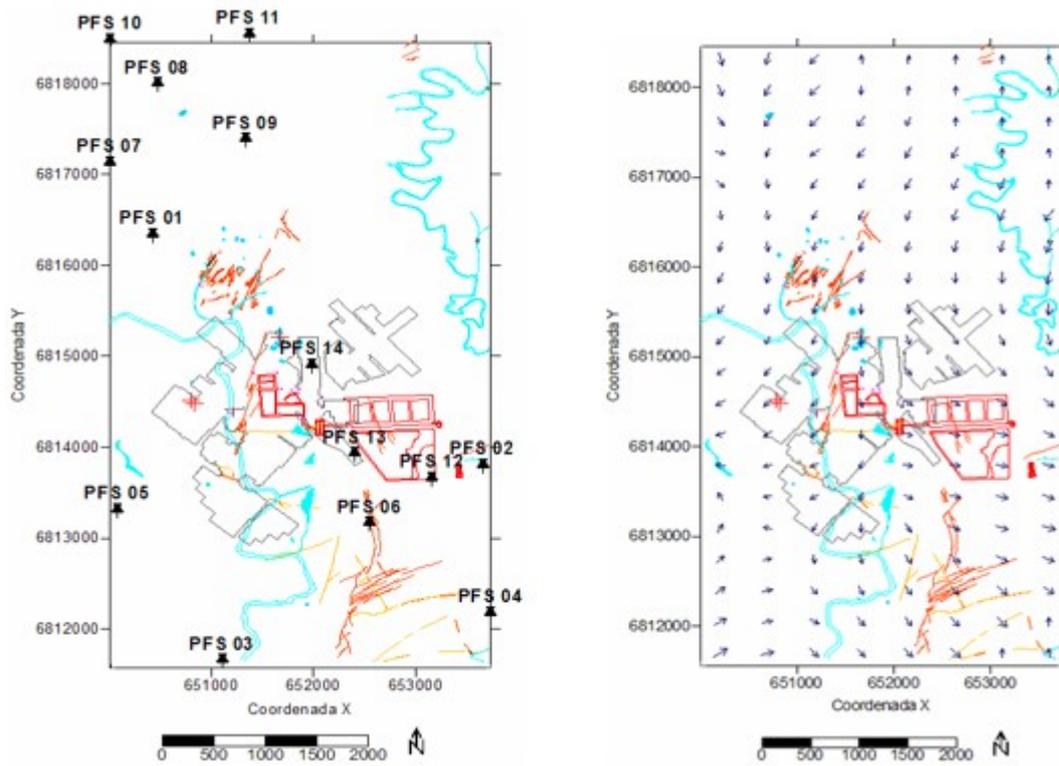


Figura), sendo medidos o nível freático, pH, acidez, ferro total, manganês total, sulfatos e condutividade elétrica.

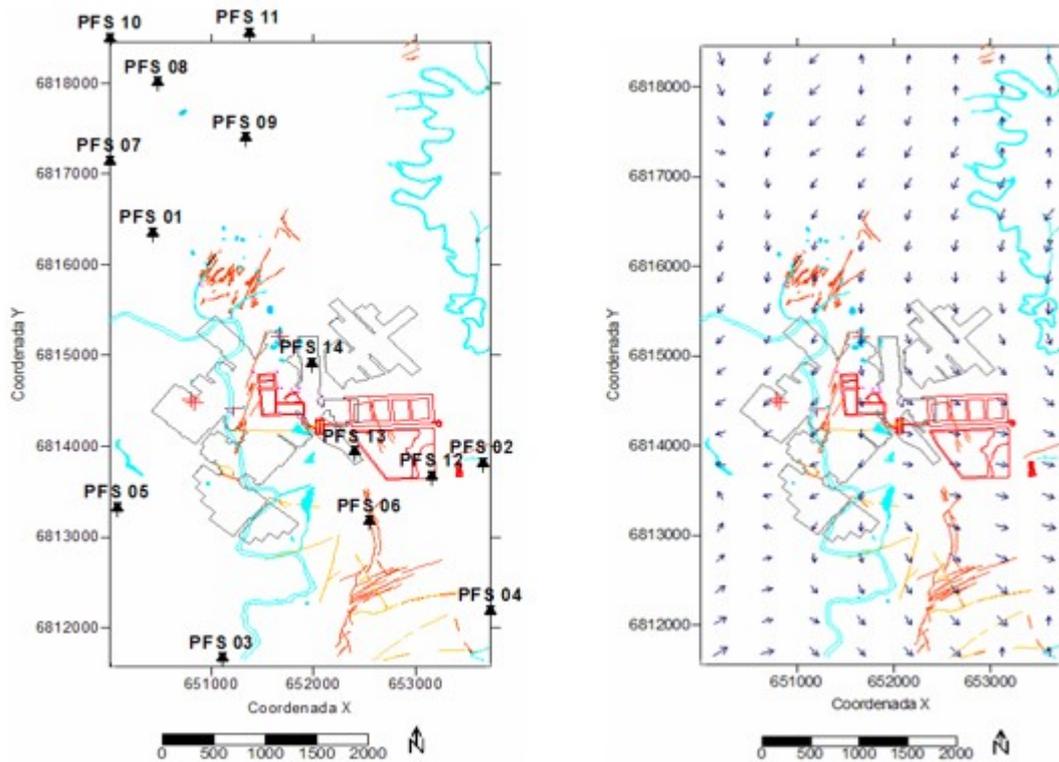


Figura 6 - Localização dos piezômetros (área da mina do Verdinho) e vetores de fluxo do nível freático.

Com os dados disponíveis (Menezes et al., 2008) foi possível construir um mapa de vetores de fluxo do nível freático (

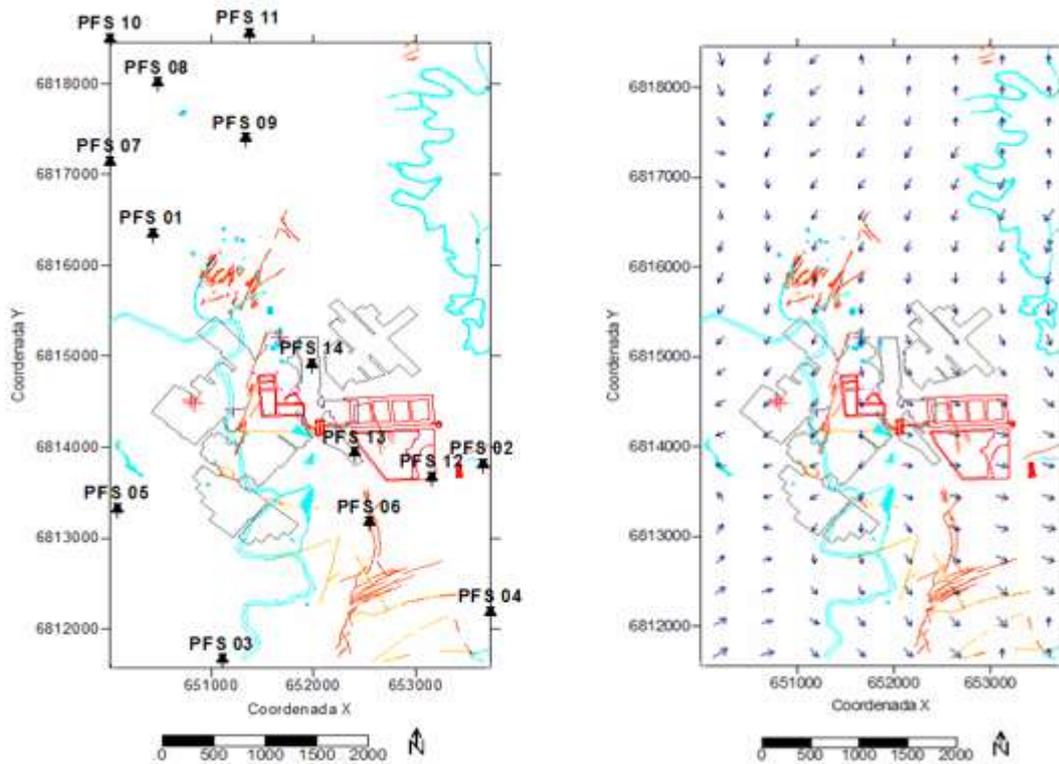


Figura), onde se observa uma dominância do fluxo no sentido do Norte para o Sul. Mapas de isovalores foram construídos para os demais parâmetros no período de coleta de dados de 2006 a 2007, onde foi possível perceber a variação dos contaminantes ao longo do tempo, em muitos casos revelando fontes difusas diversas de influências sobre a qualidade da água nos locais amostrados. Para entender melhor essa situação foi escolhida o parâmetro pH no período de outubro de 2006 a setembro de 2007.

A Figura 7 mostra a variação observada em três meses distintos do pH e do fluxo do freático. Observa-se que as variações do pH não dependem essencialmente das áreas de mineração, o que indica influência de outros fatores externos.

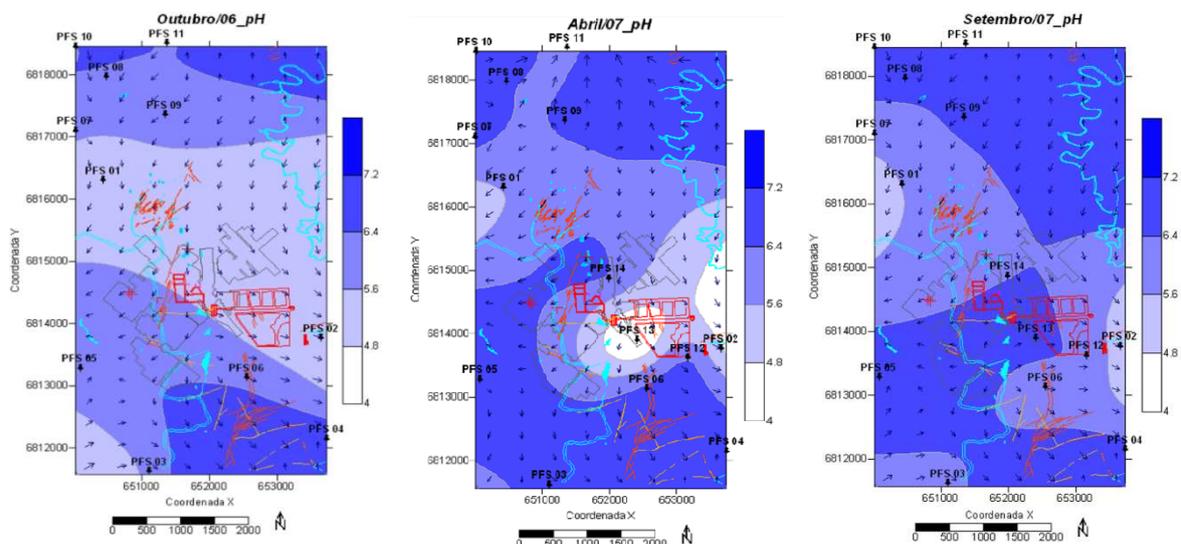
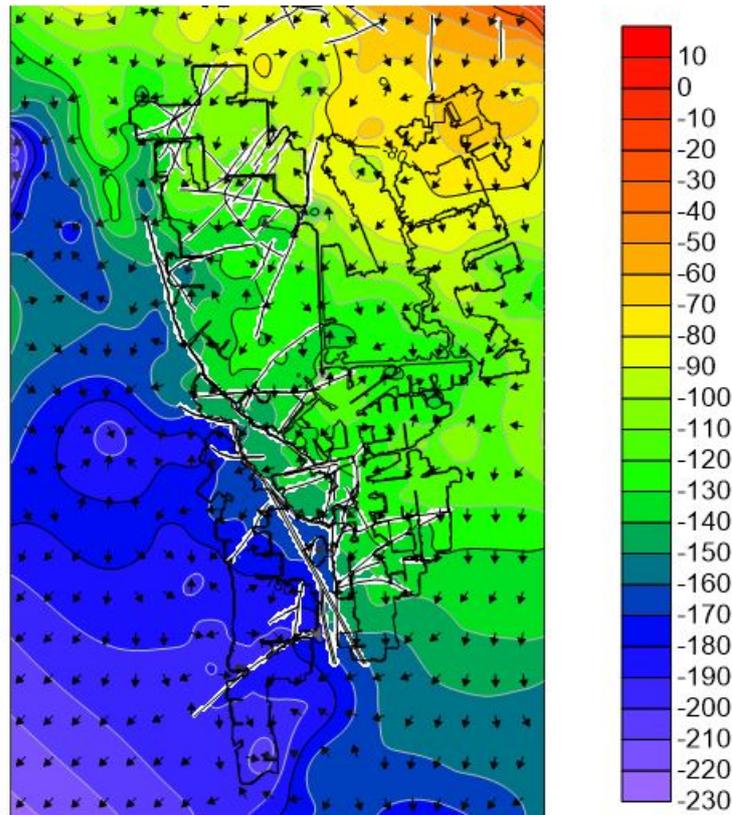


Figura 7 – Variações dos vetores de fluxo do freático e do pH no aquífero superficial.

Em relação ao aquífero profundo não existiam dados de monitoramento do seu nível, porém, os dados das cotas da capa da camada Barro Branco permitiram traçar o mapa de fluxo das águas desse aquífero (Figura 8). O fluxo de água do aquífero profundo é



predominantemente de NE para SW, localmente ocorre o fluxo de N para S.

Figura 8 – Vetores de fluxo do aquífero profundo na mina do Verdinho (Márcio Zanuz, SIESESC, 2016, gerado no Surfer®, dados da Carbonífera Criciúma S.A.).

A partir dos furos de sondagem existentes foi possível modelar as diferentes camadas que constituem o depósito de carvão da mina do Verdinho. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**9 mostra a superfície que representa a capa do lapão ou o piso da camada de carvão Barro Branco. Observa-se que várias falhas intersectam as camadas sedimentares mais antigas, gerando um rebaixamento dos blocos mais ao Sul da área. Dessa forma, o fluxo de água do aquífero profundo é, predominantemente, para o Sul, com derivações devido ao controle estrutural.

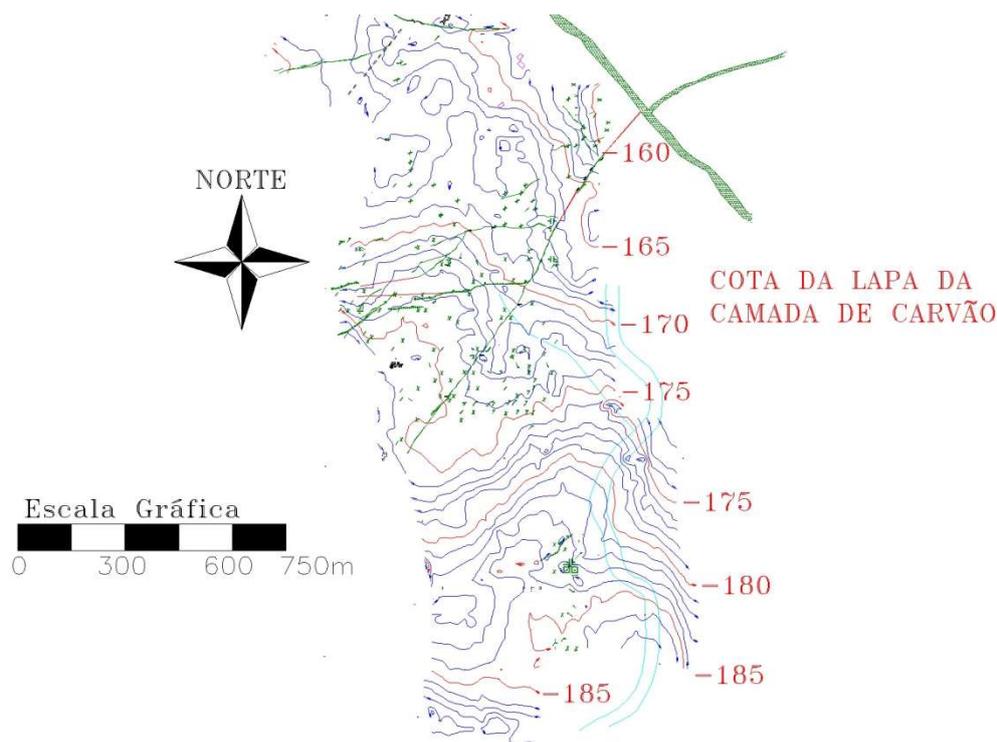


Figura 9 – Representa o piso da Camada de carvão Barro Branco

SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES PARA UM ADEQUADO FECHAMENTO DA MINA DO VERDINHO

O fechamento da mina deverá considerar duas situações específicas: (i) a mina em subsolo, com processo de alagamento, onde restaram alguns equipamentos e (ii) a superfície da mina onde estão as instalações, equipamentos, depósitos de rejeitos, bacias de decantação, estradas de acesso e pátios de serviço.

As etapas do fechamento de mina compreendem:

Descomissionamento, que corresponde as operações necessárias para garantir a desativação da mina, visando devolver o local para outros usos pela comunidade:

1. Reabilitação da área, onde os impactos causados sobre o meio ambiente são reparados;
2. Monitoramento e manutenção, representado pelo acompanhamento dos efeitos posteriores sobre o meio ambiente, após o encerramento das atividades de mineração e reabilitação da área;
3. Pós-Fechamento, corresponde a parte final do processo com a liberação da área para outras finalidades.

No contexto da NRM-20 da ANM, legislação atualmente ainda em vigor, que trata dos quesitos mínimos que devem ser apresentados para elaboração do Plano de Fechamento de Mina, destaca a necessidade da empresa concessionária apresentar os seguintes documentos:

- Relatório dos trabalhos efetuados na área.
- Caracterização das reservas remanescentes.
- Plano de desmobilização das instalações e equipamentos do empreendimento, bem

como o destino a ser dado a esses elementos.

- Atualização da topografia e dos mapas de mina, incluindo as áreas recuperadas e por recuperar.
- Detalhamento dos depósitos de rejeitos e estéreis.
- Programas de monitoramento, plano de controle de poluentes e efluentes de um modo geral, destino final da área recuperada.
- Cronogramas de implantação dos diversos processos de fechamento da mina.

No caso da Mina do Verdinho, considerando que a área foi abandonada pela Carbonífera Criciúma e que nenhuma providência foi tomada por ela para proceder ao fechamento da mina, indicamos como o mínimo de ações necessárias para encaminhar o seu fechamento.

SUGESTÕES PARA O SUBSOLO

Considerando-se a inviabilidade da retirada de equipamentos e contaminantes pelos riscos de acidentes em um ambiente comprometido pela falta de manutenção e redistribuição de tensões decorrentes da ascensão do nível de água do aquífero profundo, associados ao baixo risco de ocorrer vazamentos de óleo mineral, ou ocorrer surgências do aquífero profundo recomendou-se a não retomado bombeamento das águas de mina, deixando a mina inundar. O trabalho considerou que após o período de recuperação do nível de água do aquífero profundo deveria ocorrer um equilíbrio das águas de subsolo com melhoria de sua qualidade. Dessa forma, recomendou as seguintes medidas:

1. Deixar a mina inundar (já se encontra inundada).
2. Instalação de pelo menos dois piezômetros para monitoramento das águas do aquífero profundo e manter monitoramento
3. Retirada dos cabos de energia que alimentavam a mina em subsolo e selagem desses furos.
4. Selagem dos furos de sondagem que ainda não foram fechados e possíveis de localização.
5. Construção de barreira de concreto dos poços de acesso da mina e de ventilação.
6. Construção de barreira de acesso no plano inclinado.
7. Manutenção dos piezômetros existentes (17) que monitoravam o aquífero subterrâneo superficial para avaliação do nível d'água e qualidade da água.

SUGESTÕES PARA A ÁREA SUPERFICIAL

Os depósitos de rejeito foram analisados no escopo do trabalho em termos de aproveitamento econômico para utilizar na indústria ou para ser relavado e entregue para uso na termoelétrica. A viabilidade econômica e os licenciamentos ambientais, devem ser avaliados com as empresas que realizam esse tipo de serviço. A Carbonífera Criciúma tinha um plano de beneficiar a pilha de rejeito grosso.

Com respeito ao material que vai permanecer na área superficial, dois aspectos principais devem ser abordados, o potencial de geração de drenagem ácida decorrente da percolação de água pelos depósitos de rejeitos e bacia de decantação e as condições de estabilidade desses depósitos e das bacias de decantação.

Para diminuição do potencial de geração de drenagem ácida a necessidade de efetivação da cobertura do depósito de rejeitos grosseiros e das bacias de decantação. O material de cobertura deve ser argiloso, garantindo o isolamento dos rejeitos que deverá ficar contido e confinado nesses envelopes impermeáveis. O material a ser utilizado para cobertura deverá ser caracterizado geotecnicamente para uma definição adequada de qual deverá ser a espessura da camada, a forma de disposição e o grau de compactação. Os dados servirão, também, para efetivar a análise de estabilidade de talude.

Parte do material de enchimento das bacias de decantação poderá vir do material de demolição dos escritórios, oficinas e plantas de serviço da mina que serão gerados durante a remoção deles. O restante do material poderá ser de solo residual da região com baixa permeabilidade. O material de cobertura dos sedimentos das bacias de decantação deverá ser o mesmo utilizado para cobertura do depósito de rejeitos. Nessa nova condição, os depósitos das bacias de decantação não serão mais enquadrados como barragem, mas, sim poderão ser classificados como depósitos de rejeitos.

A cobertura desses depósitos cessará a geração de drenagem ácida diminuindo os riscos de contaminação dos aquíferos da região. De qualquer forma, existe a necessidade complementar de executar-se canais de drenagem nesses locais para remover as águas da chuva da superfície dos depósitos, diminuindo o tempo de residência da água sobre eles e com isso diminuindo a possibilidade de infiltração das águas no depósito.

CONCLUSÕES

A atividade de mineração gera emprego e renda, reduz as disparidades regionais, gera novas fronteiras econômicas e geográficas podendo ter grande participação no desenvolvimento conforme pode ser visto em países como Canadá, Austrália e Estados Unidos. Entretanto quando a atividades de mineração não é adequadamente realizada provoca impactos sociais e ambientais de grande intensidade. A imagem negativa da mineração deve-se a história de acidentes ao longo dos tempos e aos impactos sociais e no ambiente. Sabe-se que o uso de tecnologias modernas garante a conformidade com práticas ambientalmente amigáveis. No entanto, existem muitos exemplos de impactos negativos gerados pela mineração com falta de conformidade com as leis ambientais que contribuem para desconfiança entre as populações locais e aquelas localizadas nas proximidades.

O trabalho realizado no “**Termo de Cooperação Técnica**” mostra que os recursos hídricos da região foram afetados, pela área industrial da mina do Verdinho, pelo efeito da drenagem ácida das pilhas e depósitos de rejeito, mas os estudos indicam que esse efeito irá reduzir até cessar, quando as agentes de drenagem ácidas forem completamente lixiviadas (o que demandará muitos anos) ou quando ações de reparo forem efetivados.

Nesse caso é importante fazer a proteção dos depósitos por meio de aterro com solo argiloso compactado de forma a evitar ou reduzir a percolação de água nessas pilhas e depósitos de rejeito, reduzindo a drenagem ácida.

Os estudos e monitoramento mostraram que a água subterrânea dos aquíferos profundos não vão extravasar pelas aberturas da mina do verdinho (poços e plano inclinado), porque as cotas das saídas dessas aberturas estão acima da cota do nível d'água que está estabilizado. Portanto, não há a necessidade de bombeamento ou tratamento dessa água.

Com relação a estabilidade das estruturas de mina e pilhas, essas se mostram com

estabilidade sem sinal algum de movimento.

Portanto, o trabalho de fechamento de mina necessário é o “descomissionamento” das pilhas e depósitos de rejeito por meio de aterro de argila compactado e plantação de vegetação rasteira. Alternativamente deverá ser verificada, através de um estudo específico de viabilidade econômica, do aproveitamento dos rejeitos. Essa atividade poderia gerar recursos para as ações de recuperação ambiental no site.

As edificações que sobraram devem ser demolidas ou reaproveitadas para outras atividades econômicas, mas isso irá depender do novo proprietário da área.

Como consideração final devemos salientar que nos próximos anos, várias minas que estão em operação na região de Criciúma chegarão à exaustão da reserva. A forma como esses fechamentos vão ocorrer será um farol para o setor de mineração no Brasil que vai afetar os custos relacionados a fase de fechamento, os benefícios considerados pela sociedade e os riscos avaliados pelos investidores.

A sociedade cobra cada vez mais das Instituições reguladoras uma atuação mais eficaz na segurança operacional das atividades de mineração, na saúde e segurança do trabalhador e na minimização dos impactos ambientais.

Como resposta a essa demanda, no contexto das atividades do Termo da Cooperação Técnica realizada entre o então DNPM e UFRGS, foi proposto também “Estudos para Avaliação de Plano de Fechamento de Mina” para assessoramento, junto aos técnicos da Agência, no aperfeiçoamento da NRM-20.4 e a elaboração de um manual de procedimentos para análise de plano de fechamento de mina. Assim sendo, uma nova proposta de aperfeiçoamento da NRM 20.4 e 20.5 foi elaborada com a assessoria da UFRGS.

No período de 24/04/17 a 24/06/17, foi para consulta pública a proposta de resolução para o aperfeiçoamento normativo das NRM 20.4 e 20.5, das Normas Reguladoras da Mineração - NRM, elaborada pela equipe técnica do então DNPM e da UFRGS.

Em julho de 2017 foi elaborado um relatório de avaliação das contribuições recebidas da consulta pública (abril a junho/2017). Após esse período, o DNPM realizou inúmeros workshops com empresas (Vale S.A, Votorantim, etc), universidades (UFRGS, UFPE), órgãos ambientais estaduais (SEMAD/MG) e entidades relacionadas ao setor mineral (SIECESC, IBRAM, etc.) bem como visitas técnicas a projetos de fechamento de mina para tomada de subsídios acerca da nova proposta de normativa,

A partir do Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, do novo Regulamento do Código de Mineração, assessorado em sua elaboração pelo ainda DNPM em fase de instalação da ANM, ratificou a necessidade de agilizar o aperfeiçoamento da NRM 20.4, tendo em vista as inovações apresentadas nos artigos do referido Decreto abaixo descrito:

“Art. 5º A atividade de mineração abrange a pesquisa, a lavra, o desenvolvimento da mina, o beneficiamento, a comercialização dos minérios, o aproveitamento de rejeitos e estéreis e o fechamento da mina.

§ 2º O exercício da atividade de mineração implica a responsabilidade do minerador pela recuperação ambiental das áreas degradadas.

§ 3º O fechamento da mina pode incluir, entre outros aspectos, os seguintes:

I - a recuperação ambiental da área degradada;

II - a desmobilização das instalações e dos equipamentos que compõem a infraestrutura do empreendimento;

III - a aptidão e o propósito para o uso futuro da área; e

IV - o monitoramento e o acompanhamento dos sistemas de disposição de rejeitos e estéreis, da estabilidade geotécnica das áreas mineradas e das áreas de servidão, do comportamento do aquífero e da drenagem das águas”.

O Setor de Fiscalização do ainda DNPM, em 19/11/2018, finalizou e apresentou uma minuta de resolução para o aperfeiçoamento normativo da NRM 20.4 e 20.5, sobre Fechamento de Mina.

A nova proposta visa atualizar, melhor definir e padronizar os procedimentos e parâmetros técnicos a serem desenvolvidos na elaboração e efetivação do PFM, bem como facilitar as ações de fiscalização na execução e evoluções desse Plano ao longo da vida útil da mina, e ainda, estabelecer procedimentos para avaliação e efetivação de pedidos de renúncia de títulos de lavra.

Em 11/06/2019, após a instalação da Agência Nacional de Mineração, a proposta foi encaminhada à nova Superintendência de Regulação, para os procedimentos cabíveis.

Em 11/07/19 a Superintendência de Regulação da ANM, encaminhou à Procuradoria Federal Especializada para avaliação dos aspectos jurídicos.

Em 08/08/19, a Procuradoria Federal Especializada - PFE, concluiu que a minuta de resolução encaminhada pela Superintendência de Regulação de Desenvolvimento da Mineração da ANM estava adequada no que diz respeito à constitucionalidade, à legalidade e à compatibilidade com o ordenamento jurídico, em especial com relação às normas da Lei Complementar nº 95, de 1998.

Porém para uma melhor adequação e finalização, a Superintendência de Regulação de Desenvolvimento da Mineração da ANM, em julho de 2020, decidiu e efetivou mais uma tomada de subsídios com o setor mineral, e em outubro, encaminhou novamente a minuta final para Procuradoria Federal Especializada –PFE, onde está atualmente em fase de avaliação final das adequações para sua publicação.

REFERÊNCIAS

Alexandre, N.Z; Krebs, A.S.J. Fontes de poluição no Município de Criciúma, SC. Porto Alegre:

CPRM. Série Degradação Ambiental, v. 8. Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina – PROGESC, 1995

GOULARTI FILHO, A.; FARIAS DE MORAES, F. Formação, expansão e desmonte parcial do complexo carbonífero catarinense. **Revista História&Perspectivas**, v. 1, n. 40, 29 ago. 2009.

Banks, H. (2004) **Geochemical processes controllingminewater pollution**. Proceedings of the Groundwater Management in Mining Areas, Hungary, p 17-42.

Frengstad& Banks (2000) – **Evolution of high-pH Na-HCO₃ groundwaters in anorthosites: silicate weathering or cation exchange?** In: Sililo et al. (eds) Groundwater: Past Achievements and future challenges, Proc. XXXII Congress of the Inter. Ass. of Hydrogeologists, Cape Town, Balkema, 493-498.

Johnstone, A.; Dennis, I.; McGeorge, N. (2013) – **Ground water stratification and impact on coal mine closure**. North West University, South Africa, 6p.

Menezes, L. A. P.; Silva, S. N.; Costa, J. F. C.L.; Koppe, J. C.; Schneider, C. H. **Análise dos**

resultados do monitoramento hidrogeoquímico no lençol freático quaternário situado na área de abrangência da UM II – Verdinho In: V Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto e V Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea, 2008, Belo Horizonte. V Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto e V Congresso Brasileiro de Mina Subterrânea. Belo Horizonte: IBRAM, 2008. v. 1. p. 1-14.

Santos, Juliana Vamerlati Santos (2008) Um Olhar Sócio Ambiental da História: A trajetória do movimento ambientalista e seus conflitos com a atividade carbonífera no sul de Santa Catarina (1980-2008).

Schneider, C. H. (2006). **Controle da drenagem ácida de minas na mineração de carvão de Santa Catarina: caso da Mina UMII – Verdinho**. Dissertação de mestrado do PPGE3M, UFRGS, Porto Alegre, 133p.

Younger, P. L. (2000) – **Predicting temporal changes in total iron concentrations in groundwaters flowing from abandoned deep mines: a first approximation**. Journal of Contaminat Hydrology 4, 47-69.

Younger, P. L.; Banwart, S.A.; Hedin, R.S. (2002) – **Mine water: hidrology, pollution remediation**. Kluwer, Dordrecht, 442 pp.

Zancan, Fernando Luiz - Associação Brasileira do Carvão Mineral - ABCM Brasília/DF – 06 set 2019. Speech Title - Ministério de Minas e Energia.