

1 Introdução

Desde os tempos do Brasil Colônia a extração de ouro e diamantes proporcionou um acúmulo de riqueza sem precedentes à Coroa Portuguesa. As primeiras atividades minerárias no Brasil datam do século XVII, período em que se inicia o ciclo do ouro. O surgimento deste mineral ocorreu em quase toda colônia, entretanto nenhum sítio foi tão farto como na região que ficou conhecida, apropriadamente, por Minas Gerais. Aglomerando-se às margens dos córregos, os mineradores extraíam o farto ouro aluvial, depositado nos leitos dos rios.

A exemplo do que ocorreu em toda a Colônia, coube aos escravos a mão-de-obra nas atividades extrativistas. A então exploração mineral se dava de forma rudimentar e precária. A tecnologia utilizada na prospecção e concentração do ouro não chegou às minas brasileiras, porque a facilidade com que se obtinha o ouro aluvial não impunha ao minerador a necessidade de aperfeiçoar seus precários conhecimentos. A introdução de técnicas, ainda que primárias, coube aos escravos africanos em razão da experiência acumulada em atividades mineradoras em sua terra de origem.

Com o esgotamento do ouro aluvial, o minerador deparou-se com o desafio extrativo. Os métodos primários utilizados não mais conseguiam vencer as dificuldades de extração, ocasionando o desestímulo dos proprietários de jazidas e o conseqüente declínio da produção. Aos poucos, conforme maior grau de dificuldade em se extrair o ouro, o minerador foi obrigado a aperfeiçoar a metodologia, a partir da qual a exploração artesanal foi, aos poucos, sendo abandonada em detrimento das atividades minerárias de cunho industrial.

A primeira fase da Revolução Industrial (1760 a 1860) significou o início do processo de acumulação rápida de bens de capital, com conseqüente aumento da mecanização. Neste período tiveram especial desenvolvimento, entre outros, a produção em larga escala, o surgimento da máquina a vapor, o desenvolvimento da indústria têxtil e de mineração e a ampliação do mercado consumidor. A burguesia inglesa tinha capital suficiente para financiar as fábricas, comprar

máquinas, adquirir matéria-prima e contratar empregados. Ademais, a Inglaterra possuía além de abundante mão-de-obra, grandes reservas de minério de ferro e carvão mineral – este segundo com jazidas situadas próximas a portos importantes, facilitando o transporte e a instalação de indústrias.

A partir de 1870, a industrialização deu lugar a uma busca frenética por minerais metálicos e as máquinas a vapor provocaram um aumento na demanda por carvão mineral. Segundo McNeill (2003), a exploração de carvão, que em 1800 atingia a casa de 10 milhões de toneladas, foi multiplicada por dez no século XIX e aumentou seis a sete vezes mais durante o século XX.

Entretanto, foi durante a Segunda Guerra Mundial que os chamados Acordos de Washington¹ concederam ao Brasil condições de constituir seus gigantes da mineração e da siderurgia (Souza, 2004) a exemplo da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). Atualmente estas empresas detêm a titularidade das maiores reservas mundiais de minério de ferro localizadas em território brasileiro.

Além de ocupar a primeira posição na exploração/produção mundial de minério de ferro, em 2006, a CVRD alcançou o segundo lugar no ranking mundial das maiores mineradoras, graças aos seus projetos altamente rentáveis e às inúmeras fusões e aquisições de mineradoras, dentro e fora do país.

A estratégia desenvolvida pela CVRD para alcançar esta posição contempla não somente projetos com baixo custo de operação e alta rentabilidade, mas também um eficaz plano de disposição de estéreis², com redução de custos através da otimização na ocupação das áreas, em conjunto com a elevação da altura das pilhas de estéril.

Atualmente já existem projetos de pilhas de estéril com capacidade média para disposição de 200 milhões de metros cúbicos e altura superior a 400 metros.

¹ Os Acordos de Washington consistiam em um decreto firmado entre Brasil e Estados Unidos da América, durante a Segunda Guerra Mundial, em represália ao torpedeamento de cinco navios brasileiros por submarinos alemães. Estes acordos selaram um empréstimo concedido pelos Estados Unidos para a modernização e implantação do projeto siderúrgico brasileiro, além da aquisição de material bélico (Wikipédia^a). Em contrapartida o Brasil assumia o compromisso de fornecer látex e minérios estratégicos à indústria bélica americana. Esses acordos foram decisivos para a criação da CSN e da CVRD.

² Disposição de estéril - todo e qualquer material descartado na operação da lavra, em caráter definitivo ou temporário, como não sendo minério (NBR 13.029/1993).

Em um futuro próximo, estas características serão, provavelmente, comuns às demais mineradoras operantes do mundo.

A necessidade de disposição do material estéril também está condicionada à crescente demanda por fontes energéticas, tais como o carvão mineral e outros combustíveis como relatam Harwood e Thames (1988), após a rápida expansão das minas de carvão nos Estados Unidos.

Como resultante desta expansão, o estudo de pilhas de estéril tornou-se foco de grande interesse de grupos de geotecnia envolvidos diretamente nas atividades de mineração, assim como dos órgãos ambientais, haja vista a exigência de apresentação de projetos conceituais das pilhas de disposição de estéril nos processos de licenciamento ambiental.

As recentes aquisições de mineradoras pela CVRD têm surtido um efeito positivo no que concerne a um maior controle da degradação ambiental, pois, uma vez adquiridas, estas mineradoras passam por processos de adequação às boas práticas gerenciais e ao cumprimento da legislação ambiental pertinente.

Em contrapartida, a aquisição de novas reservas minerais implica na aquisição de passivos ambientais remanescentes, nos quais os extintos aterros (bota-fora³), formados pela deposição de material estéril sem nenhum planejamento, deverão, necessariamente, ser adequados a obras seguras, estáveis, de baixo impacto ambiental e favoráveis ao descomissionamento.

Mais do que isso, essas estruturas deverão integrar-se à paisagem da região em que estão implantadas, como estabelece a certificação ambiental exigida pelo mercado internacional globalizado.

No entanto, muitos desses passivos gerados no passado são hoje cicatrizes que podem ser confirmadas pela existência de cavas abandonadas e antigos “bota-foras” que, em alguns casos, têm sido remediados e transformados em pilhas de estéril – características de uma fase depredatória da mineração em diversos países.

A dissertação ora apresentada desenvolverá as questões que perpassam a problemática específica de uma pilha de estéril temporária constituída por rocha Itabirítica, que, atualmente, apresenta uma elevada pressão hidrostática em sua fundação.

³ Bota-fora - estrutura formada pelo descarte de material estéril, de forma não controlada, sem planejamento, ordem ou controle (NBR 13029/1993).

Pressões desta natureza podem estar relacionadas a diversos fatores, cabendo destacar: o carregamento repentino do solo de fundação sem tempo suficiente para a dissipação do excesso de poro-pressão gerado durante a disposição de estéril; condicionantes geológicos e a ocorrência de eventos mais significativos de recarga do aquífero.

Apresentar-se-á uma caracterização geológico-geotécnica e hidrogeotécnica do local de conformação da pilha nº 5 (PDE-05), a partir de relatórios técnicos, visitas de campo, sondagens, ensaios de campo e laboratório, observando-se a bibliografia existente.

Com base nestes dados, será desenvolvido um modelo conceitual e dois modelos numéricos de fluxo subterrâneo em duas e três dimensões respectivamente, a fim de reproduzir o sistema de escoamento da água subterrânea pelo material estéril e pela fundação da pilha enfatizando, principalmente, os possíveis condicionantes geológicos responsáveis pela geração de pressões hidrostáticas elevadas na fundação desta pilha.

Além desta introdução, a pesquisa dividi-se em oito capítulos. O segundo capítulo sumariza as principais características hidrológicas relatadas na literatura referente as pilhas de estéril. O terceiro capítulo apresenta uma compilação de todas as informações cedidas pela empresa operante da PDE-05 (CVRD). O quarto apresenta a caracterização da área em estudo, focando principalmente as propriedades geotécnicas e hidrogeotécnicas. O quinto capítulo discorre sobre o modelo conceitual proposto. A implementação, análise e interpretação dos resultados dos modelos numéricos em duas e três dimensões bem como a comparação entre seus resultados são desenvolvidas no sexto capítulo. Por fim, são apresentadas as principais conclusões e referências bibliográficas utilizadas, respectivamente.

Nos apêndices A, B e C são apresentados uma seção geológica-geotécnica da área, os gráficos de variação temporal referente ao monitoramento hidrogeotécnico dos PZs e INAs e os resultados dos ensaios de campo e laboratório.

No anexo A e B, apresentam-se os dados de precipitação diária das estações Mina do Andrade e Usina Peti e os perfis de sondagens mencionados neste trabalho, respectivamente.