

Cadastramento técnico das barragens da mina de manganês do azul, região de Carajás, com a utilização de imagens de satélite

Jairo Ebersson Azevedo de Andrade¹

Nailton Alves da Gama Júnior²

¹ Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM
CEP 41750-300 - Salvador- BA, Brasil
jairo.andrade@dnpm.gov.br

² Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM
CEP 41750-300 - Salvador - BA, Brasil
nailton.gama@dnpm.gov.br

Abstract. The present study focuses primarily on developing a technical registration, using satellite images of tailings dams in the region of Carajás Mineral Complex. Which stand the mine Manganese Blue (Case 818.153/1971 DNPM), which are located in the municipality of Parauapebas / PA. This study appears as a pilot project and may be extended for a technician registration of tailings from mines throughout the state of Para, and comes against the positive initiatives of the State Foundation on the Environment - FEAM, the state of Minas Gerais, which has promoted since 2002 the Program Management of Dams and Waste in compliance with the Regulatory Determinations In 62/2002, 87/2005, 124/2008 and 131/2009, the State Council for Environmental Policy - COPAM, where among actions of this program, we highlight the Registration of Dams in the State of Minas Gerais. Another legal framework is of paramount importance to Law No. 12.334/2010, recently signed by President Lula, which establishes the National Policy for Dam Safety, which reinforces the need for information search and consolidation of these, aiming at developing public policies to the subject. The technical registration of tailings dams, using geoprocessing tools, aims to search the brief description of each, its design parameters, construction, operation and monitoring. These data can be consolidated into a technical collection or database to facilitate access to this information as a tool primarily for the inspection area of the National Department of Mineral Production - DNPM.

Palavras-chave: technical registration, tailings dams, satellite images, registro técnico, barragens de rejeitos, imagens de satélite.

1. INTRODUÇÃO

A discussão sobre o tema “barragens de rejeitos” vem se acirrando a cada dia, tomando proporções e assumindo a verdadeira importância que se deve dar a questão, devendo ser proporcional a grandeza e complexidade dos empreendimentos mineiros. A gestão e segurança de barragens de rejeitos tem sido um motivo de preocupação constante no mundo, nos últimos anos, em virtude da ocorrência de acidentes com rupturas de consequências catastróficas, que têm resultado em elevado número de mortes, perdas econômicas substanciais e graves impactos ambientais. Acidentes em barragens de rejeitos continuam insistentemente a ocorrer com frequência de pelo menos 1 acidente grave por ano.

Várias entidades internacionais têm trabalhado para a conscientização dos proprietários e tem produzido contribuições sobre a segurança das barragens de rejeitos, como por exemplo, o Banco Mundial que através do IFC, exige para conceder financiamentos, que a segurança de barragens de rejeitos seja objeto de gestão específica atendendo a requisitos mínimos. No histórico de acidentes reportados pela Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD), as principais causas de rompimento de barragens são problemas de fundação, capacidade inadequada dos vertedouros, instabilidade dos taludes, falta de controle de erosão, deficiências no controle e inspeção pós-operação e falta de procedimentos de segurança ao longo da vida útil da estrutura. Na maioria dos casos, a ruptura da barragem causa dano

ambiental em virtude da descarga descontrolada de substâncias, o que representa um perigo iminente ou um risco potencial para o meio ambiente e, em alguns casos, à vida humana.

Parte da responsabilidade e contribuições para a gestão e segurança das barragens de rejeitos recai e deve ser compartilhada pelos órgãos de fiscalização do âmbito municipal (Secretarias de Meio Ambiente), estadual (órgão ambientais, Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Pará - SEMA/PA, Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais - FEAM/MG, Fundação Meio Ambiente de Santa Catarina - FATMA/SC, etc.) e federais como o DNPM, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA, Instituto Chico Mendes da Biodiversidade - ICMBio, Agência Nacional de Águas - ANA, Ministério da Integração Nacional - MIN, etc.), sempre lembrando que para tal, os mesmos devem trabalhar em articulação. Uma das ferramentas importantes para os órgãos de fiscalização na área de gestão e segurança das barragens de rejeitos são a informação e consolidação de todos os dados técnicos pertinentes a área, num banco de dados de fácil acesso e compreensão, preferencialmente em um ambiente ou software GIS, onde além das informações e dados técnicos se possa se trabalhar com os dados georeferenciados e imagens de satélite ou radar das barragens de rejeito. Neste sentido e direção que o trabalho apresentado se propõe, a de uma forma inicial ou piloto buscar, depurar e consolidar as informações e dados técnicos georeferenciados dos parâmetros de projeto, construção, operação e monitoramento, gestão e segurança, das barragens de rejeitos de região do complexo mineiro de Carajás, no estado do Pará, onde a atividade mineradora é base econômica.

2. OBJETIVOS

- Realizar cadastramento técnico, com utilização de imagens de satélite, das barragens de rejeitos das minas de manganês do Azul (Processo DNPM 818.153/1971), do complexo minerador Carajás.
- Realizar uma pesquisa no processo minerário da mina alvo, buscando informações sobre gestão e segurança de barragens de rejeitos, como também, nas legislações e normatizações sobre o tema;
- Verificar in loco, junto às equipes técnicas da área de gestão e segurança de barragens de rejeitos da mina alvo, quais os acervos de dados e informações técnicas que existe a disposição da fiscalização do DNPM;
- Verificar a possibilidade da evolução do trabalho para um cadastro único, com as informações georeferenciadas e de sensoriamento remoto, unidos em um ambiente ou software GIS.

3. MÉTODO

3.1. LEVANTAMENTO PRÉVIO DE INFORMAÇÕES

O trabalho foi iniciado com a busca de informações sobre barragens de rejeitos, no processo minerário e principalmente nos Planos de Aproveitamento Econômico – P.A.E.'s 818.153/1971 (mina de manganês do Azul) localizadas em Parauapebas/PA, ou a busca de algum projeto adicional que possa ter sido juntado ao processo minerário sobre o tema.

Além de vistas e da pesquisa no processo, se buscou informações na legislação e normatização vigente no Brasil, como por exemplo: as Normas Reguladoras de Mineração – NRM's (Portaria DG DNPM Nº 237/2001) do Departamento de Produção Mineral - DNPM, Deliberações Normativas Nºs 62/2002, 87/2005, 124/2008 e 131/2009 do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, NBR 13028 - Mineração - Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e preservação de

água, NBR 13030 - Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, e a Lei Nº **12.334/2010** que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. (BRASIL, 2010; BRASIL 2001; BRASIL 2002; BRASIL 2005; BRASIL 2008, BRASIL 2009).

3.2. TRABALHOS DE CAMPO

Após o levantamento de dados iniciais se fez necessário o estudo in loco das áreas, com o objetivo de coletar dados de campo e informações, com as equipes técnicas de barragens de rejeitos da mina em estudo. Os trabalhos de campo foram realizados pelo Especialista em Recursos Minerais – Geólogo Jairo Ebersson Azevedo de Andrade e o Especialista em Recursos Minerais – Engenheiro de Minas Nailton Alves da Gama Júnior (Superintendência DNPM/BA), no período de 13/09 a 18/09/2010, que se deslocaram para a região de Carajás, região sul do estado do Pará, no municípios de Parauapebas/PA.

Na mina, utilizamos a sistemática de identificar as equipes técnicas envolvidas na gestão de segurança de barragens de rejeitos, onde após a identificação procedemos à coleta de informações técnicas e dados georeferenciados disponíveis sobre o tema, como responsáveis técnicos pela elaboração dos projetos, execução da construção, operação e supervisão/monitoramento das barragens, auditorias externas realizadas e existência de manuais de operação e planos de ação emergencial ou de contingência.

Posteriormente a coleta de informações no escritório da mina, procedemos à parte de campo para coleta de coordenadas geográficas, com a utilização do GPS de navegação marca GARMIN, modelo 60 CSX, procedendo ao caminhamento no contorno das barragens de rejeitos, em seus principais pontos como ombreiras, vertedouros, canais de fulga, flautas, barramentos, etc...

3.3. CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES

Com todos os dados em mãos, inicia-se a organização das informações através da descrição da área das barragens de rejeitos, com os dados gerais, fundação, maciço da barragem, monitoramento, características do sistema, estruturas de extravasão, dados técnicos e instrumentação para controle e monitoramento. Todos esses dados foram lançados de forma objetiva numa planilha em forma de cadastro, que segue em anexo, com as informações mais significativas e relevantes. Com os dados de geopressamento, foram elaborados mapas com a utilização do programa ArcGIS 9, versão 9.2. Complementando e ilustrando as informações e a descrição da área das barragens de rejeitos, seguiram-se em anexo as fotos, cortes dos barramentos, imagens satélite ALUS PALSAR, mapas das barragens.

4. RESULTADOS

4.1 DESCRIÇÕES DA ÁREA DA BARRAGEM DO AZUL

A Barragem do Azul fica situada aproximadamente cerca de 4 km a norte do corpo Este da Mina de Manganês do Azul, na Serra dos Carajás, no Complexo Carajás, município de Parauapebas - PA. A finalidade desta estrutura é a contenção de rejeitos provenientes da Mina do Manganês do Azul e o fornecimento de água industrial. FERRARI (2005) descreve que a barragem inicial é do tipo homogênea de terra, constituída de maciço de solo argiloso compactado. O arranjo geral é composto pela barragem principal de terra fechando o vale, um sistema extravasor principal de superfície livre posicionada na ombreira direita e uma barragem de terra secundária para fechamento entre o extravasor principal e a ombreira

direita. O sistema da Barragem do Azul foi projetado para ser executado em três etapas. A primeira com a construção da barragem inicial seguida de dois alteamentos pelo método de jusante. A barragem inicial e o alteamento intermediário para 5 anos de vida útil e a etapa final para 10 anos. Atualmente, se encontra praticamente esgotada a capacidade inicial de contenção de rejeitos da primeira etapa, sendo os projetos para o 1º alteamento já elaborados e as obras se encontram em andamento. Foi elaborado um prolongamento do dreno de pé para reforço, devido às excessivas vazões de percolação e do baixo fator de segurança, próximo de 1,2.

No projeto inicial da barragem recomendou-se a remoção da camada de solo aluvionar até ser atingida a camada de solo residual no leito do rio e implantação de trincheiras de vedação na região das ombreiras. Porém a limpeza de fundação não fora executada de acordo com o projeto, pois foi constatada a presença deste tipo de solo durante a implantação do reforço. Novamente, no projeto do reforço foi sugerida a remoção completa da camada de solo aluvionar. No entanto, conforme foi observado durante as escavações para implantação do alteamento da barragem, este material não foi removido. Na fase atual, 1º alteamento, durante a implantação do prolongamento do dreno de pé, o solo mole está sendo retirado.

A barragem do Azul, de acordo DE AVILA (2008) se encontra em condições adequadas de segurança tanto do ponto de vista de dimensionamento das estruturas hidráulicas, quanto da estabilidade física do maciço.



Figura 1: Barragem do Azul

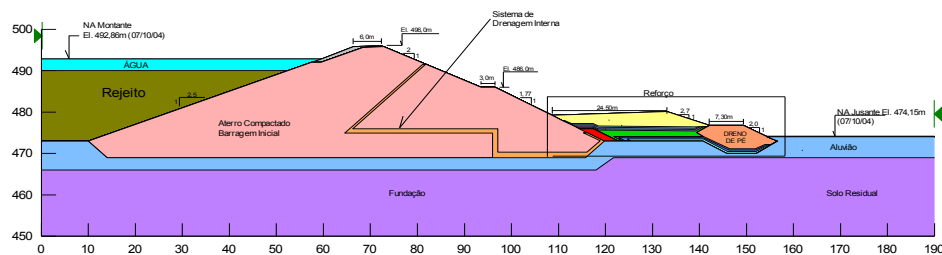


Figura 2: Corte do barramento da Barragem do Azul

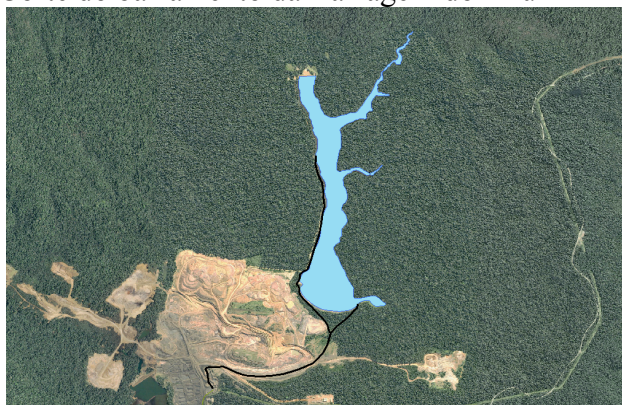


Figura 3: Imagem satélite da barragem do Azul

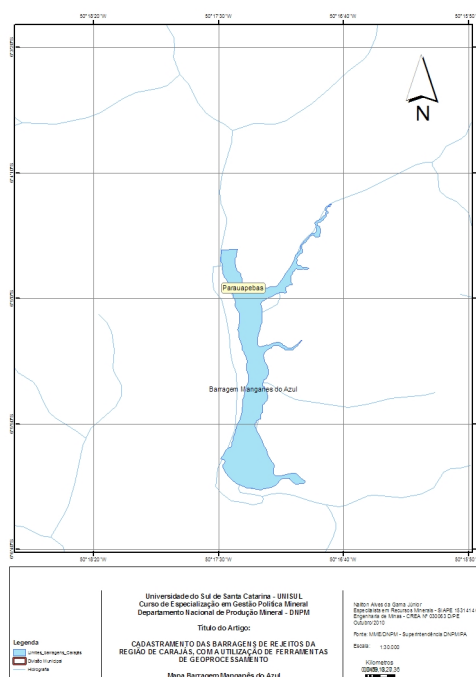


Figura 4: Mapa da barragem do Azul

4.2 DESCRIÇÕES DA ÁREA DA BARRAGEM DO KALUNGA

A barragem começou a operar em 1998 com a finalidade de contenção de rejeitos, amortecimento de cheias e fornecimento de água industrial, sendo que o eixo encontra-se a cerca de 4 km a norte do corpo Este da Mina de Manganês do Azul, posição de onde drena uma área com 15,31 km². O reservatório inicial apresentava um volume de 6.900×10^3 m³. e área da superfície igual a 1.040×10^3 m².

O projeto definiu o alteamento da estrutura em três etapas pelo método de jusante, sendo a etapa inicial e a intermediária para durar 5 anos e a última etapa para durar 10 anos.

No presente momento já se encontra praticamente esgotada a capacidade inicialmente prevista de contenção de rejeitos, bem como de abastecimento de água industrial pelo reservatório do Azul, de modo que os projetos executivos do primeiro alteamento da estrutura da barragem em 5 metros (crista à cota 501,00 e altura máxima de aproximadamente 31 m) já se encontram concluídos.

Para o presente caso da etapa inicial a crista da soleira livre da estrutura do Vertedouro com largura de 5 m foi definida à cota 493,00 e a crista da barragem à cota 496,00, resultando uma altura total máxima do aterro em 26,0 metros sobre a parte mais profunda das fundações, com cota da ordem de 470,00 m. O projeto prevê mais duas etapas de alteamento da estrutura em 5 metros cada uma, de modo que a crista final da barragem deverá alcançar a cota 506,00.



Figura 5: Barragem do Kalunga

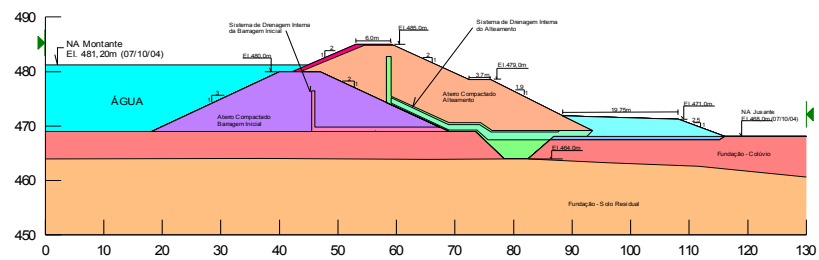


Figura 6: Corte do barramento da barragem do Kalunga



Figura 7: Imagem satélite da barragem do Kalunga

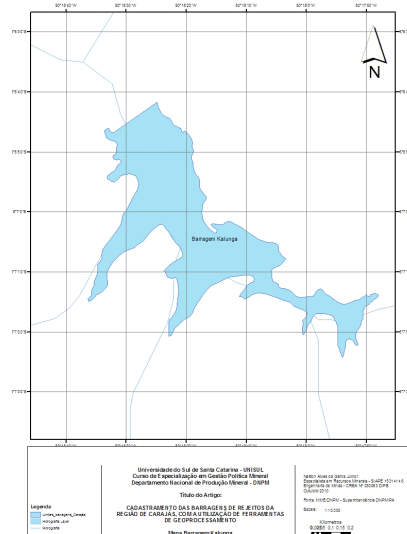


Figura 8: Mapa da barragem do Kalunga

4.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS BARRAGENS DE REJEITOS

Através dos dados técnicos coletados em campo, foram desenvolvidas tabelas onde estão disponíveis as principais características das barragens de rejeito, como a geometria do maciço, sistema extravasor e Instrumentação para controle e monitoramento, para efeito comparativo entre as mesmas. Segue abaixo as referidas tabelas:

Tabela 1 Geometria do maciço

Nome da Estrutura/ Barragem	Altura máx. (m)	Crista		Inclin. Max. Ttalude Jusante	Bermas largura (m)
		largura (m)	comp.(m)		
Azul	31,00	6,00	230,00	1,0V:2,0H	3,00
Kalunga	20,00	6,00	195,00	1,0V:2,5H	4,00

Fonte: DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA (2008)

Tabela 2 Sistema extravasor

Nome Barragem	Vertedouro			Calha Característica
	Tipo	largura	Localização	
Azul	Superfície Livre	5,00	Ombreira Direita	Concreto Armado
Kalunga	Superfície Livre	8,00	Ombreira Esquerda	Concreto Armado

Fonte: DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA (2008)

Tabela 3 Instrumentação para controle e monitoramento

Nome Barragem	Piezômetros	Medidores Nível d'água	Marcos Topográficos	Medidores Vazão	Escala Limnimétrica
Azul	13	7	1	1	0
Kalunga	20	4	1	1	0

Fonte: DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA (2008)

4.4 UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DE SATÉLITE E DADOS GEOREFERENCIADOS

Durante as vistorias na mina objeto do artigo, foram disponibilizados pela empresa vistoriada, arquivos com imagens de satélites IKONOS, como também os arquivos das áreas das barragens de rejeitos (shapes), dados georeferenciados. Com esses arquivos, foram elaborados mapas das barragens de rejeitos, com o software ArcGIS 9.2.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com base nos trabalhos efetuados de desenvolvimento de um cadastro técnico das barragens de rejeitos da mina de manganês do Azul, região do Complexo Mineral de Carajás, com utilização de imagens de satélites, chegamos às seguintes conclusões:

- Nos processo minerário da mina objeto do estudo, processo 818.153/1971 (mina de manganês do Azul), constatou-se que as informações contidas neste processo sobre gestão e segurança barragens de rejeitos são insuficientes e insatisfatórias, principalmente nos Planos de Aproveitamento Econômico – P.A.E.'s, tendo em vista o porte e complexidade da mina;

- A empresa Concessionária do direito minerário da mina foco do trabalho, possui um acervo satisfatório de dados e informações técnicas, sobre gestão e segurança de barragens de rejeitos, como por exemplo: projetos manuais de operação de barragem, relatórios de auditorias externas, relatórios de monitoramento, informações e dados georeferenciados e de sensoriamento remoto, lista de Anotações de Responsabilidade Técnica – ART's dos profissionais envolvidos nas diversas fases de implantação de uma barragem de rejeitos, como projeto, execução/construção, operação e monitoramento. Além deste acervo, a empresa dispõe de equipes técnicas providas de engenheiros de minas, geólogos, engenheiros civis, geotécnicos, técnicos de geologia/mineração, dedicadas a gestão e segurança de barragem de rejeitos;
- Para uma melhor caracterização e acompanhamento/monitoramento das áreas das barragens de rejeito se faz necessário a utilização de sensoriamento remoto com imagens de sensores de média (Landsat 5/TM, SPOT 4 e 5) e alta resolução (KickBoard ou Geoeye);
- Tendo em vista a constatação de que há uma carência e deficiência nas informações apresentadas no processo minerário, especificamente nos Planos de Aproveitamento Econômico – P.A.E.'s, onde pode haver uma proposta/sugestão de modificações no formulários de análise destes, visando uma exigência maior nas informações técnicas prestadas pelas titulares dos processos minerários sobre a área de barragens de rejeitos, principalmente na fase de requerimento de lavra onde é o momento propício para tal, sendo uma grande oportunidade se ter um acervo e uma memória técnica de informações e dados a respeito do tema, contidas dentro dos processos minerários dos projetos de médio a grande porte.
- Visando o aprimoramento do trabalho apresentado, o mesmo pode evoluir para a junção dos dados e informações técnicas sobre as barragens de rejeitos, consolidados em um cadastro único, com as informações georeferenciadas e de sensoriamento remoto, unidos em um ambiente ou software GIS, como o ArcGIS por exemplo, sendo de acesso rápido e fácil para o acompanhamento/monitoramento por parte da área de fiscalização da Superintendência do DNPM/PA.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FERRARI CONSULTORIA GEOTÉCNICA SCL, Ismar. **PLANO DE GESTÃO DAS BARRAGENS DO KALUNGA E DO AZUL RELATÓRIO - BARRAGEM DO AZUL - MANUAL DE OPERAÇÃO**. 2005.
2. DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA., Pimenta. **Complexo Carajás – Mina do Azul BARRAGEM DO AZUL - LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM**. 2008.
3. DE ÁVILA CONSULTORIA LTDA., Pimenta. **Complexo Carajás – Mina do Azul BARRAGEM DO KALUNGA - LAUDO TÉCNICO DE SEGURANÇA DE BARRAGEM**. 2008.
4. BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Leis e Decretos. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/>. Acessos diversos realizados nos meses de setembro a outubro de 2010.
5. BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL - DNPM. Disponível em <https://www.dnpm.gov.br/>. Acessos diversos realizados nos meses de setembro a outubro de 2010.